# MỤC LỤC

**Chương 9. Máy quay chuyên dụng** ..... 8
9.1 Vị trí của chương ..... 9
9.2 Sơ đồ khối máy quay ..... 10
9.3 Ống kính và sự tạo ảnh ..... 11
9.4 Cỡ cảm biến, góc nhìn và hệ số cắt ..... 13
9.5 Khẩu độ, f-stop và T-stop ..... 16
9.6 Độ sâu trường ảnh ..... 19
9.7 Bài thực hành số 1 — tiêu cự, khẩu độ và độ sâu trường ảnh ..... 22
9.8 Ống kính zoom ..... 23
9.9 Quang sai và chất lượng ống kính ..... 26
9.10 Ngàm ống kính, ống điện ảnh và ống ảnh ..... 29
9.11 Lấy nét ..... 33
9.12 Chống rung và giữ máy ..... 34
9.13 Kính lọc ..... 35
9.14 Bài thực hành số 2 — ống kính và kính lọc ..... 39
9.15 Từ photon tới điện tích ..... 40
9.16 Công nghệ CCD ..... 42
9.17 Công nghệ CMOS ..... 44
9.18 CCD so với CMOS ..... 46
9.19 Màn trập cuốn và màn trập toàn cục ..... 47
9.20 Ma trận Bayer và khử ghép màu ..... 49
9.21 Máy quay ba cảm biến ..... 53
9.22 Nhiễu, ISO gốc và dải động ..... 54
9.23 Bài thực hành số 3 — cảm biến, màn trập cuốn và nhiễu ..... 56
9.24 Phơi sáng cho video ..... 57
9.25 Góc màn trập và quy tắc 180 độ ..... 59
9.26 Cân bằng trắng trên máy ..... 62
9.27 Công cụ hỗ trợ trên máy và màn hình hiện trường ..... 64
9.28 Picture profile, log và RAW ..... 66
9.29 Nhiều máy quay và quy trình kiểm máy ..... 68
9.30 Bài thực hành số 4 — vận hành máy quay từ đầu tới cuối ..... 70
9.31 Các dòng máy quay hiện nay ..... 71
9.32 Máy quay trong trường quay ..... 72
9.33 Vật liệu ghi qua các thời kỳ ..... 75
9.34 Chân máy, thiết bị ổn định và phụ kiện ..... 78
9.35 Quay lập thể và VR ..... 79
9.36 Bảng tra nhanh và tổng kết Phần II ..... 82
9.37 Câu hỏi và bài tập ôn tập ..... 85

# DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 9.1 Bản đồ Chương 9 — năm phần và câu hỏi mỗi phần trả lời.....9
Hình 9.2 Sơ đồ chín khối của máy quay — bản đồ dùng cho cả Phần A tới C.....10
Hình 9.3 Thấu kính hội tụ tạo ảnh và công thức thấu kính.....12
Hình 9.4 Cảm biến CMOS khổ 35 mm trong thân máy ảnh (bên trái) và cảm biến nhỏ của một camera công nghiệp (bên phải).....13
Hình 9.5 Cùng một tiêu cự cho những góc nhìn khác nhau tuỳ cỡ cảm biến.....14
Hình 9.6 Các khổ cảm biến vẽ đúng tỉ lệ, kèm hệ số cắt và tiêu cự tương đương.....14
Hình 9.7 Thang khẩu độ: mỗi nấc nhân căn hai, lượng sáng giảm một nửa.....17
Hình 9.8 Ống kính điện ảnh 12 mm T2.2: thang T-stop (T2.2 đến T22), thang khoảng cách và các vòng răng cưa.....18
Hình 9.9 f-stop là số tính được, T-stop là số đo được.....18
Hình 9.10 Vòng tròn mờ — vì sao "nét" là một khoảng chứ không phải một điểm.....19
Hình 9.11 Khoảng siêu tiêu cự — lấy nét ở đó thì nét từ H/2 tới vô cùng.....20
Hình 9.12 Độ sâu trường ảnh theo ba biến: khẩu độ, tiêu cự và khoảng cách.....21
Hình 9.13 Zoom quang và zoom số so trên cùng một bảng thử hình sao.....24
Hình 9.14 Nguyên lý bù mặt phẳng hội tụ của ống kính zoom.....25
Hình 9.15 Sáu loại quang sai và khuyết tật thường gặp của ống kính.....27
Hình 9.16 Đường MTF và cách đọc chất lượng ống kính.....28
Hình 9.17 Ngàm EF trên thân máy: vành khoá, chấm đỏ định vị và tám tiếp điểm điện .....29
Hình 9.18 Khoảng cách mặt bích của các ngàm thường gặp.....30
Hình 9.19 Mặt sau ống kính ngàm Sony E với vành ngàm và các tiếp điểm điện.....31
Hình 9.20 Ống kính điện ảnh khác ống kính chụp ảnh ở đâu.....31
Hình 9.21 Thở tiêu cự — cùng một cú kéo nét trên hai ống khác nhau.....32
Hình 9.22 Ba cơ chế lấy nét tự động, và thao tác chỉnh nét sau cho ống B4.....33
Hình 9.23 Năm cách chống rung và giới hạn của từng cách.....35
Hình 9.24 Lắp tấm kính lọc vào hộp che sáng (matte box) gắn trên thanh ray của máy quay RED.....36
Hình 9.25 Hai vòng lọc riêng biệt trên thân máy quay chuyên dụng.....36
Hình 9.26 Cảnh nhìn qua kính ND4 (trong vòng kính) và cảnh nhìn trực tiếp.....37
Hình 9.27 Thang kính ND, hiện tượng chữ X của ND biến thiên, và kính phân cực….37
Hình 9.28 Cấu tạo một điểm ảnh và đường đi của photon.....41
Hình 9.29 Cảm biến đáp ứng tuyến tính, còn thị giác thì gần logarit.....42
Hình 9.30 CCD: chuyển điện tích theo nhịp, đọc qua một bộ khuếch đại.....43
Hình 9.31 CMOS: mỗi ô tự khuếch đại, mỗi cột có bộ biến đổi riêng.....44
Hình 9.32 Ba thế hệ kiến trúc CMOS: mặt trước, mặt sau và xếp chồng.....45
Hình 9.33 CCD so với CMOS theo các tiêu chí đo được.....46
Hình 9.34 Mỗi dòng phơi sáng và được chốt ở một thời điểm khác nhau.....47
Hình 9.35 Bốn hiện tượng do màn trập cuốn sinh ra.....48
Hình 9.36 Mảng lọc màu Bayer (RGGB) phủ lên lưới điểm ảnh của cảm biến.....50
Hình 9.37 Mảng lọc màu Bayer kiểu RGGB.....50
Hình 9.38 Từ ảnh khảm tới ảnh màu đầy đủ, và bản đồ sai lệch.....51
Hình 9.39 Vân moiré màu sinh ra thế nào, và bộ lọc quang thông thấp chữa ra sao…..52
Hình 9.40 Khối tách màu bằng lăng kính lưỡng sắc.....53
Hình 9.41 Tỉ số tín hiệu trên nhiễu, dual native ISO và dải động.....55
Hình 9.42 Phơi sáng cho video: màn trập bị ràng buộc, ND thế chỗ làm biến thứ ba…58
Hình 9.43 Đĩa màn trập của máy quay phim nhựa và bảng quy đổi sang thời gian.....59

Hình 9.44 Cùng một chuyển động ở bốn góc màn trập khác nhau.....60
Hình 9.45 Đèn nối lưới nhấp nháy ra sao, và tốc độ màn trập an toàn.....61
Hình 9.46 Cân bằng trắng làm gì, và ba cách đặt nó.....63
Hình 9.47 Sáu công cụ trên máy quay và màn hình hiện trường.....64
Hình 9.48 Zebra ở hai ngưỡng, và bảng false color.....65
Hình 9.49 Ba đường trong picture profile, và bảng năm nhóm chỉnh.....66
Hình 9.50 Cùng một cảnh ở ba mức detail.....67
Hình 9.51 Đường log dồn dải động ra sao, và cách phơi sáng cho nó.....67
Hình 9.52 Danh mục kiểm máy trước khi quay, chia theo bốn nhóm.....69
Hình 9.53 Tám dòng máy quay, phân loại theo mục đích sử dụng.....71
Hình 9.54 Máy quay điện ảnh ARRI Alexa Mini lắp ống zoom điện ảnh, kính ngắm điện tử, pin đeo sau, thanh ray 15 mm và đầu chân máy dầu.....73
Hình 9.55 Một máy quay trường quay đầy đủ và đường dây của nó.....73
Hình 9.56 Dây chuyền NDI cho một phòng thu nhỏ.....75
Hình 9.57 Vật liệu ghi của máy quay qua các thời kỳ.....76
Hình 9.58 Đọc nhãn trên một thẻ nhớ, và bảng tốc độ cần cho từng định dạng.....77
Hình 9.59 Chân máy, thiết bị ổn định và phụ kiện — và điều dễ quên ở mỗi loại.....78
Hình 9.60 Hình học của một cặp máy quay lập thể.....80
Hình 9.61 Ba hướng đang thật sự được dùng thay cho tivi 3D.....81
Hình 9.62 Bảng tra nhanh — những gì phải đặt trước mỗi cảnh quay.....82
Hình 9.63 Toàn cảnh Phần II — ba chương nối thành một đường liền.....83

# DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 9.1 Chỗ nối của Chương 9 với hai chương trước....11
Bảng 9.2 Ba nhóm ống kính và tính chất của chúng....13
Bảng 9.3 Bốn hệ quả thật sự của cỡ cảm biến....15
Bảng 9.4 Ba cách làm mỏng hoặc dày vùng nét....21
Bảng 9.5 Bốn phần của bài thực hành số 1....22
Bảng 9.6 Ống zoom so với ống tiêu cự cố định....26
Bảng 9.7 Sáu loại quang sai và cách xử lý....27
Bảng 9.8 Ba cơ chế lấy nét tự động....33
Bảng 9.9 Đối chiếu cách ghi mức giảm sáng của kính ND....38
Bảng 9.10 Các loại kính lọc khác và mục đích của chúng....39
Bảng 9.11 Bốn phần của bài thực hành số 2....40
Bảng 9.12 Bốn thông số quyết định chất lượng của một điểm ảnh....41
Bảng 9.13 Ba kiến trúc CCD và chỗ dùng của chúng....43
Bảng 9.14 Ba thế hệ kiến trúc CMOS....45
Bảng 9.15 Bốn hiện tượng của màn trập cuốn....49
Bảng 9.16 Ba cách xử lý màn trập cuốn, và cái giá của mỗi cách....49
Bảng 9.17 Vài cách bố trí mảng lọc màu khác....52
Bảng 9.18 Ba cảm biến so với một cảm biến phủ mảng lọc màu....53
Bảng 9.19 Bốn nguồn nhiễu của một cảm biến....54
Bảng 9.20 Bốn phần của bài thực hành số 3....56
Bảng 9.21 Ba cách đo sáng và chỗ dùng của chúng....59
Bảng 9.22 Đổi góc màn trập để làm gì....60
Bảng 9.23 Ba cách đặt cân bằng trắng....63
Bảng 9.24 Bốn phần của bài thực hành số 4....70
Bảng 9.25 Bốn câu hỏi để chọn dòng máy....72
Bảng 9.26 Bốn cách di chuyển máy và chỗ dùng....79
Bảng 9.27 Chín khối của máy quay và mục đã học từng khối....83

# DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

| Ký hiệu viết tắt | Thuật ngữ tiếng Anh đầy đủ | Ý nghĩa chuyên môn trong kỹ thuật Audio - Video |
|---|---|---|
| ADSR | Attack - Decay - Sustain - Release | Mô hình đường bao biên độ 4 giai đoạn theo thời gian trong thiết kế tiếng động |
| AES | Audio Engineering Society | Hội Kỹ sư Âm thanh Quốc tế — tổ chức ban hành các tiêu chuẩn âm thanh chuyên nghiệp |
| DAW | Digital Audio Workstation | Trạm làm việc âm thanh số (Pro Tools, DaVinci Resolve Fairlight, Nuendo, Reaper) |
| dB | Decibel | Đơn vị logarit biểu diễn tỷ số giữa hai đại lượng biên độ hoặc công suất |
| dB SPL | Decibel Sound Pressure Level | Mức áp suất âm thanh trong không khí quy chiếu theo ngưỡng nghe 20 µPa |
| dBFS | Decibels Relative to Full Scale | Thang đo decibel số toàn dải; 0 dBFS là trần tuyệt đối của hệ thống kỹ thuật số |
| dBTP | Decibels True Peak | Mức đỉnh thực của tín hiệu số có tính toán hiện tượng liên mẫu (inter-sample peaks) |
| dBA / dBC | A-weighted / C-weighted Decibels | Mức đo decibel qua mạch lọc bù trừ đặc tuyến độ nhạy của tai người |
| EBU | European Broadcasting Union | Hiệp hội Phát thanh Truyền hình Châu Âu (tác giả tiêu chuẩn EBU R128) |
| HRTF | Head-Related Transfer Function | Hàm truyền liên quan đến đầu người — cơ sở định vị không gian 3 chiều và âm thanh nhị nhĩ |
| ILD | Interaural Level Difference | Độ chênh lệch mức áp suất âm thanh giữa hai tai (chủ đạo ở tần số cao > 1,5 kHz) |
| ITD | Interaural Time Difference | Độ chênh lệch thời gian âm thanh truyền đến hai tai (chủ đạo ở tần số thấp < 1,5 kHz) |
| ITU-R | ITU Radiocommunication Sector | Phân ban Vô tuyến của Liên minh Viễn thông Quốc tế (tác giả chuẩn BS.1770) |
| LKFS / LUFS | Loudness K-weighted / Units Full Scale | Đơn vị đo lường độ to cảm nhận chuẩn hóa theo ITU-R BS.1770 |
| LRA | Loudness Range | Dải độ to — chỉ số mô tả độ động giữa đoạn to và đoạn nhỏ của chương trình (đơn vị LU) |
| NC / NR | Noise Criteria / Noise Rating | Đường cong tiêu chí đánh giá mức độ ồn nền của phòng thu |

| Ký hiệu viết tắt | Thuật ngữ tiếng Anh đầy đủ | Ý nghĩa chuyên môn trong kỹ thuật Audio - Video |
|---|---|---|
| NIOSH | National Institute for Occupational Safety and Health | Viện Quốc gia về An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp Hoa Kỳ |
| RMS | Root Mean Square | Giá trị căn bậc hai trung bình bình phương (năng lượng hiệu dụng của tín hiệu) |
| RT60 | Reverberation Time 60 dB | Thời gian để năng lượng âm vang suy giảm 60 dB sau khi ngắt nguồn âm |
| SMPTE | Society of Motion Picture and Television Engineers | Hiệp hội Kỹ sư Điện ảnh và Truyền hình Quốc tế |
| SNR | Signal-to-Noise Ratio | Tỷ số tín hiệu trên tạp âm (đo bằng dB) |

# CHƯƠNG 9
# MÁY QUAY CHUYÊN DỤNG

*Quang học · Cảm biến · Vận hành*

Tám chương trước của cuốn sách trải qua hai chặng liên tiếp: sáu chương đầu khảo sát miền âm thanh, từ sóng áp suất trong không khí đến bàn trộn và bản giao nộp, còn hai chương tiếp theo chuyển sang miền hình ảnh, trong đó Chương 7 đi từ ánh sáng thật đến con số và Chương 8 đi từ con số đến màn hình của khán giả.

Chương 9 quay lại với thiết bị đã tạo ra con số ấy, tức máy quay. Chương này khép lại Phần II của cuốn sách và là chương gần với thực hành nghề nghiệp nhất trong ba chương về video, bởi mọi nội dung được trình bày đều dẫn tới một thao tác cụ thể trên nút bấm, vòng xoay hoặc menu của máy quay.

***Mục tiêu của chương***

Sau khi đọc xong chương này, người đọc có thể:

1. Vẽ và giải thích sơ đồ chín khối của máy quay; nêu vai trò của từng khối, kể cả bộ biến đổi tương tự sang số và khối xử lý ảnh.
2. Giải thích sự tạo ảnh của thấu kính mỏng; tính hệ số phóng đại, góc nhìn, hệ số cắt và tiêu cự tương đương theo cỡ cảm biến.
3. Giải thích khẩu độ theo thang f-stop và T-stop; tính quan hệ lượng sáng giữa các nấc khẩu.
4. Tính vòng tròn mờ, khoảng siêu tiêu cự, giới hạn gần, giới hạn xa và độ sâu trường ảnh; phân tích ảnh hưởng của khẩu độ, tiêu cự, khoảng cách và cỡ cảm biến.
5. Mô tả ống kính zoom và các quang sai; đọc đường MTF; phân biệt ống kính điện ảnh với ống kính chụp ảnh.
6. Trình bày các loại ngàm và khoảng cách mặt bích; mô tả các cơ chế lấy nét và chống rung.
7. Chọn và tính kính lọc ND, kính phân cực; mô tả hai vòng lọc độc lập trên máy quay chuyên dụng.
8. Giải thích cơ chế CCD và CMOS, so sánh hai loại theo tiêu chí đo được; giải thích màn trập cuốn, màn trập toàn cục và tính độ nghiêng khi lia máy.
9. Giải thích ma trận Bayer, khử ghép màu, vân moiré và bộ lọc quang thông thấp; mô tả máy quay ba cảm biến.
10. Tính tỉ số tín hiệu trên nhiễu và dải động theo stop; giải thích ISO gốc và dual native ISO.

11. Đặt phơi sáng cho video bằng góc màn trập, quy tắc 180 độ và kính ND; chọn tốc độ màn trập an toàn dưới lưới điện 50 Hz.
12. Đặt cân bằng trắng trên máy; sử dụng waveform, zebra, false colour, picture profile, đường log và RAW.
13. Kiểm máy trước khi quay và vận hành nhiều máy cùng lúc; trình bày thiết bị trường quay, dây chuyền NDI, vật liệu ghi, thẻ nhớ, phụ kiện và quay lập thể.

***Cấu trúc của chương***

Chương gồm 36 mục chia thành năm phần. Phần A tới Phần C đi theo sơ đồ khối của máy quay, tức theo đường đi của ánh sáng từ ống kính qua kính lọc tới cảm biến; Phần D trình bày về vận hành, còn Phần E mở rộng sang toàn cảnh thiết bị và khép lại Phần II của cuốn sách.

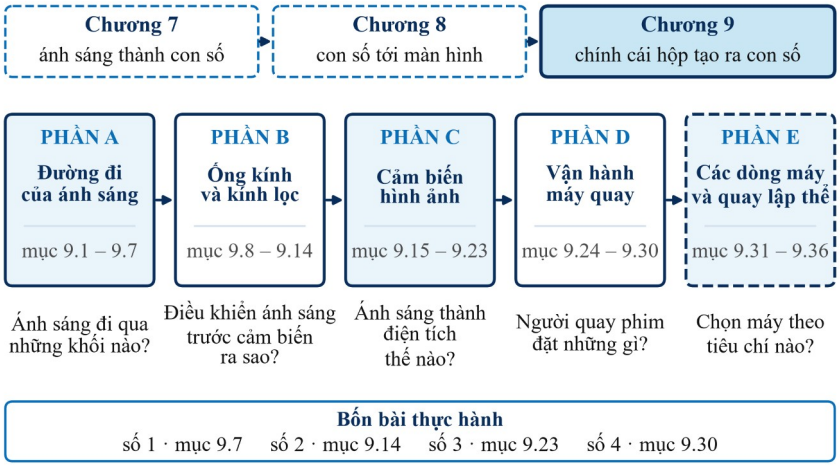
Bốn bài thực hành được đặt ở cuối bốn phần đầu, mỗi bài gồm bốn phần việc và đều tự thực hiện được bằng thiết bị thông thường của người làm video.

## 9.1 Vị trí của chương

### 9.1.1 Ba chương video và chỗ đứng của chương này

Chương 7 đi từ ánh sáng thật đến con số, qua vật lý ánh sáng, sinh lý thị giác, hệ toạ độ màu, gamma và đường log; Chương 8 đi tiếp quãng đường còn lại, khi con số trở thành dòng bit, dòng bit truyền qua dây và qua sóng, rồi trở lại thành ánh sáng trên màn hình khán giả.

Chương 9 quay lại với thiết bị đã tạo ra con số ấy, là chương cuối của Phần II và cũng là chương gần nghề nhất trong ba chương, bởi mọi nội dung ở đây đều dẫn tới một nút bấm, một vòng xoay hoặc một dòng trong menu máy quay.




*Hình 9.1 Bản đồ Chương 9 — năm phần và câu hỏi mỗi phần trả lời*

Thứ tự trình bày của sách là 7 rồi 8 rồi 9, trong khi thứ tự vật lý là 7 rồi 9 rồi 8, vì ánh sáng vào máy quay trước rồi mới thành tín hiệu. Cách sắp xếp này xuất phát từ yêu cầu phải hiểu tín hiệu video là gì trước khi tìm hiểu máy quay tạo ra tín hiệu ấy. Người đọc muốn theo trình tự vật lý có thể đọc Chương 9 trước Chương 8, với điều kiện chấp nhận một số tham chiếu về sau.

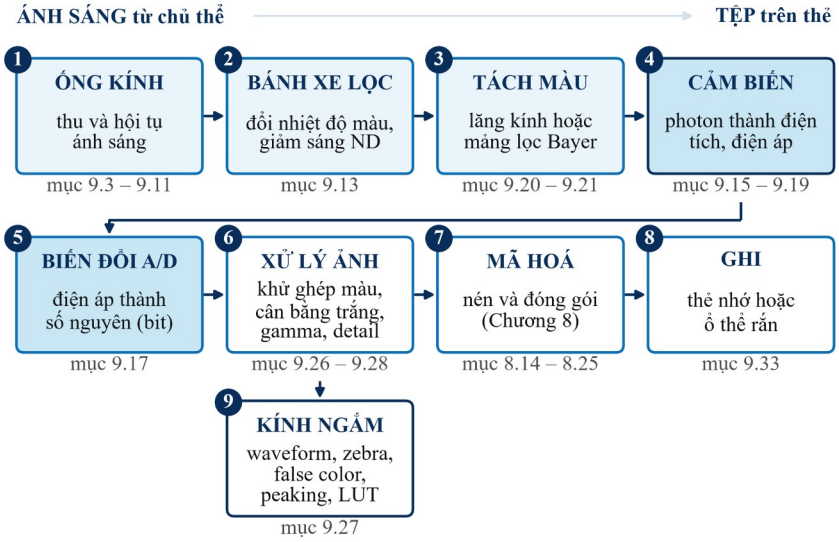
### 9.1.2 Bốn câu hỏi chương phải trả lời

- **Đường đi của ánh sáng qua các khối.** Từ ống kính tới thẻ nhớ, tín hiệu qua chín khối; nắm được sơ đồ ấy thì mọi hỏng hóc đều có thể truy về một khối cụ thể.
- **Cơ chế biến ánh sáng thành điện tích của cảm biến.** Chính cơ chế ấy sinh ra màn trập cuốn, vân moiré màu và nhiễu, ba hiện tượng mà người quay phim gặp hằng ngày.
- **Những thông số người quay phim điều khiển được.** Mỗi thông số được biểu diễn bằng những con số xác định và đi kèm một sự đánh đổi cụ thể.
- **Tiêu chí chọn máy.** Tiêu chí này giúp xác định máy ảnh không gương lật, điện thoại hay máy quay trường quay phù hợp với từng loại công việc.

## 9.2 Sơ đồ khối máy quay

### 9.2.1 Chín khối theo đường đi của ánh sáng

Chương mở đầu bằng một sơ đồ khối cùng phần mô tả đường đi của ánh sáng qua từng khối, và các phần A tới C của chương được tổ chức theo sơ đồ ấy.




*Hình 9.2 Sơ đồ chín khối của máy quay — bản đồ dùng cho cả Phần A tới C*

Ánh sáng phản xạ từ chủ thể đi vào ống kính ①, qua bánh xe lọc ② để hiệu chỉnh nhiệt độ màu và giảm bớt cường độ nếu cần, rồi tới bộ phận tách màu ③. Ở máy quay trường quay, bộ phận này là khối lăng kính lưỡng sắc chia ánh sáng thành ba đường đỏ, lục, lam; ở phần lớn máy quay khác, đó là màng lọc màu phủ ngay trên bề mặt cảm biến.

Tại cảm biến ④, photon sinh ra điện tích và điện tích được chuyển thành điện áp; bộ biến đổi tương tự sang số ⑤ biến điện áp ấy thành số nguyên. Khối xử lý ảnh ⑥ đảm nhiệm phần việc nặng nhất, gồm khử ghép màu, cân bằng trắng, áp đường gamma hoặc đường log, chỉnh ma trận màu và độ sắc nét. Sau đó tín hiệu chia thành hai đường: một đường vào khối mã hoá ⑦ rồi tới khối ghi ⑧, đường còn lại ra kính ngắm và màn hình ⑨ để người quay phim quan sát.

**GHI NHỚ 9.1 — HAI KHỐI QUYẾT ĐỊNH CHẤT LƯỢNG GHI**

Bộ biến đổi tương tự sang số ⑤ quyết định độ sâu bit của bản ghi: máy có bộ biến đổi mười hai bit nhưng chỉ ghi ra tám bit thì phần lớn dải động đã bị loại bỏ ngay tại khối ⑥.

Khối xử lý ảnh ⑥ là nơi thực hiện mọi thiết lập mà người quay phim đặt trong menu; việc xem đây là một khối riêng giúp giải thích vì sao có thiết lập sửa được ở hậu kỳ và có thiết lập thì không.

### 9.2.2 Hệ số độ chói trong máy quay

Phương trình độ chói của bộ trộn tín hiệu có dạng Y = 0,11B + 0,30R + 0,59G, với các hệ số của khuyến nghị ITU-R BT.601 làm tròn và chỉ áp dụng cho truyền hình độ nét tiêu chuẩn [7].

Máy quay độ nét cao dùng hệ số của BT.709, còn máy quay gam màu rộng dùng hệ số của BT.2020. Mục 8.8 đã trình bày vì sao ba bộ hệ số khác nhau và hậu quả khi dùng nhầm; ở đây chỉ cần ghi nhận hệ số đúng cho máy quay hiện nay:

$$Y' = 0{,}2126\,R' + 0{,}7152\,G' + 0{,}0722\,B' \qquad (9.1)$$

Cần lưu ý, nhất là ở mục 9.26 về cân bằng trắng, rằng các hệ số này là hằng số của hệ màu do chuẩn quy định: chúng không thay đổi theo nhiệt độ màu hay theo cảnh quay, và không phải đối tượng mà thao tác cân bằng trắng điều chỉnh.

### 9.2.3 Bốn khối đã học ở chương khác

*Bảng 9.1 Chỗ nối của Chương 9 với hai chương trước*

| Khối | Nội dung thuộc chương nào | Chương 9 nói thêm gì |
|---|---|---|
| ③ Tách màu | Nguyên lý ba màu cơ bản và ma trận RGB sang Y′CbCr — Chương 7 và mục 8.8 | Cách tách màu bằng vật lý: lăng kính lưỡng sắc và mảng lọc màu Bayer |
| ⑥ Xử lý ảnh — gamma và log | Đường truyền phi tuyến, HDR và LUT — mục 7.20 tới 7.23 | Vì sao bắt buộc phải có đường phi tuyến, và cách phơi sáng cho log tại hiện trường |
| ⑦ Mã hoá | Nén trong khung và liên khung, các chuẩn nén, profile và level — mục 8.14 tới 8.25 | Chỉ nhắc lại chỗ nối; riêng RAW của máy quay thì nói kỹ ở mục 9.28 |
| ⑧ Ghi | Bộ chứa, luồng truyền tải, quy trình sản xuất trên tệp — mục 8.25 và 8.32 | Vật liệu ghi qua các thời kỳ và cách đọc nhãn tốc độ thẻ — mục 9.33 |

## 9.3 Ống kính và sự tạo ảnh

### 9.3.1 Công thức thấu kính

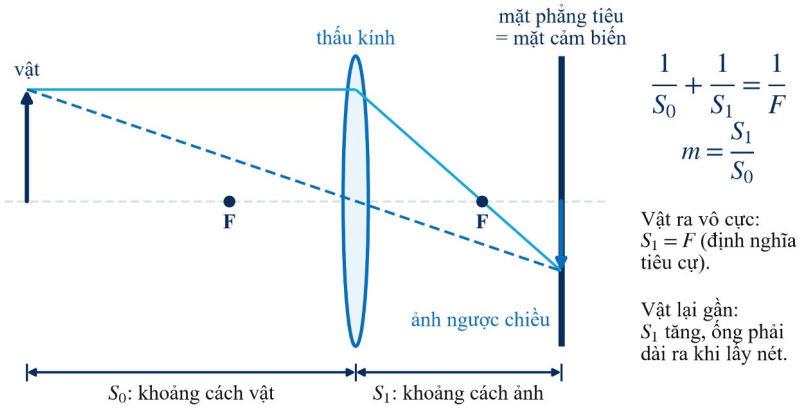
Ống kính là bộ phận thu nhận ánh sáng, có tác dụng tập trung ánh sáng lên một bề mặt gọi là mặt phẳng tiêu. Ống kính gồm nhiều thấu kính hội tụ và phân kỳ xếp trong một vỏ, trong đó thấu kính ở đầu vào và đầu ra luôn là thấu kính hội tụ [15].

Quan hệ giữa khoảng cách vật, khoảng cách ảnh và tiêu cự tuân theo công thức thấu kính mỏng:

$$\frac{1}{S_0} + \frac{1}{S_1} = \frac{1}{F} \tag{9.2}$$

trong đó $S_0$ là khoảng cách từ vật tới ống kính, $S_1$ là khoảng cách từ ống kính tới ảnh và F là tiêu cự. Độ phóng đại của ảnh được suy ra trực tiếp:

$$m = \frac{S_1}{S_0} = \frac{h_1}{h_0} \tag{9.3}$$




*Hình 9.3 Thấu kính hội tụ tạo ảnh và công thức thấu kính*

**GHI NHỚ 9.2 — HAI HỆ QUẢ THỰC HÀNH CỦA MỘT CÔNG THỨC**

Vật càng xa thì ảnh càng lùi sát về tiêu điểm; với vật ở vô cực, $S_1$ đúng bằng F, và đó là định nghĩa của tiêu cự.

Vật càng gần thì ảnh càng lùi ra xa phía sau tiêu điểm, vì vậy ống kính phải dài ra khi lấy nét gần và ống kính macro có hành trình lấy nét rất dài.

### 9.3.2 Ba nhóm ống kính theo tiêu cự

Ống kính được chia thành ba loại theo tiêu cự: ống thường khoảng 35 tới 50 mm, ống góc rộng dưới 35 mm và ống tele trên 50 mm. Tuy nhiên, các mốc milimét ấy chỉ có nghĩa khi gắn với một cỡ cảm biến cụ thể, ở đây là khổ phim 35 mm, tức khổ toàn khung 36 × 24 mm.

*Bảng 9.2 Ba nhóm ống kính và tính chất của chúng*

| Nhóm | Tiêu cự trên khổ toàn khung | Đặc điểm hình ảnh | Hay dùng cho |
|---|---|---|---|
| Góc rộng | Dưới 35 mm | Ôm được không gian rộng; nhấn mạnh chiều sâu; vật ở xa trông nhỏ đi so với mắt thường; dễ méo hình thùng ở mép | Không gian chật, cảnh toàn, cảnh có chuyển động vào ra khung hình |
| Thường | Khoảng 35 tới 50 mm | Tỉ lệ và chiều sâu gần với mắt người nhất; ít méo hình | Phóng sự, đối thoại, cảnh cần cảm giác tự nhiên |
| Tele | Trên 50 mm | Kéo vật ở xa lại gần; NÉN chiều sâu, làm hậu cảnh trông sát chủ thể; nền dễ mờ; dễ méo hình gối | Chân dung, thể thao, quay từ xa, tách chủ thể khỏi nền |

Đặc trưng ngôn ngữ hình ảnh của ống góc rộng là "lấy nét đối với các chủ thể ở rất gần mà vẫn thu được bối cảnh xung quanh khung hình"; nghĩa là ống góc rộng không chỉ "thấy rộng hơn" mà còn đặt được chủ thể sát máy trong khi vẫn giữ nguyên bối cảnh.

## 9.4 Cỡ cảm biến, góc nhìn và hệ số cắt

### 9.4.1 Góc nhìn tính được từ tiêu cự và cỡ cảm biến

Điều người xem cảm nhận được là góc nhìn chứ không phải tiêu cự, và góc nhìn phụ thuộc đồng thời vào tiêu cự và vào kích thước vùng ảnh:

Hình 9.4 đặt cạnh nhau hai cảm biến CMOS cỡ rất khác nhau, giúp hình dung vì sao cùng một tiêu cự lại cho góc nhìn khác nhau.

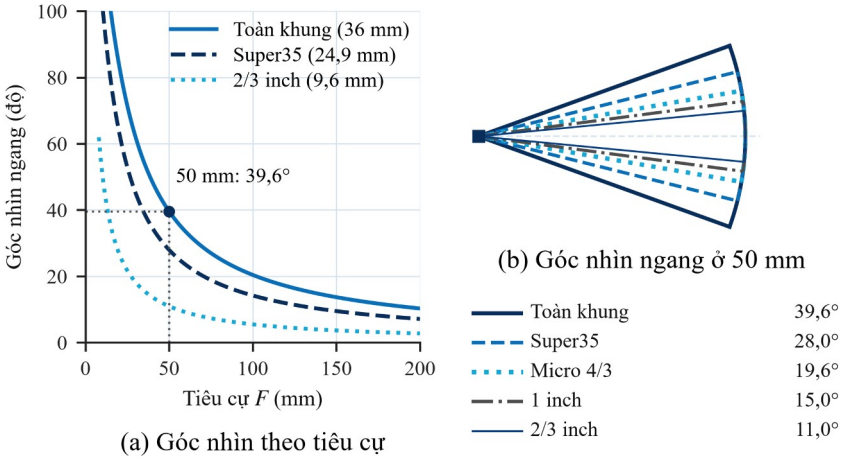



*Hình 9.4 Cảm biến CMOS khổ 35 mm trong thân máy ảnh (bên trái) và cảm biến nhỏ của một camera công nghiệp (bên phải)*

*Nguồn: 根川孝太郎, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*

$$\alpha = 2\arctan\left(\frac{d}{2F}\right) \tag{9.4}$$

trong đó d là kích thước cảm biến theo chiều đang xét: chiều ngang cho góc nhìn ngang, đường chéo cho góc nhìn chéo. Từ công thức này suy ra rằng cùng một ống kính 50 mm cho những góc nhìn rất khác nhau tuỳ theo cảm biến gắn sau nó.




*Hình 9.5 Cùng một tiêu cự cho những góc nhìn khác nhau tuỳ cỡ cảm biến*

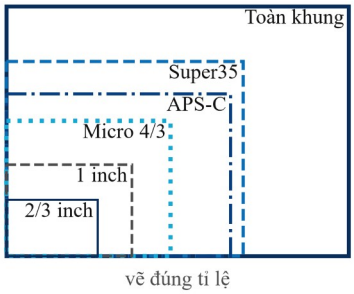
### 9.4.2 Hệ số cắt

Để so sánh nhanh, người ta lấy khổ toàn khung 36 × 24 mm làm mốc và định nghĩa hệ số cắt:

$$k = \frac{d_{\text{FF}}}{d} \quad , \quad d_{\text{FF}} = \sqrt{36^2 + 24^2} = 43{,}27 \text{ mm} \tag{9.5}$$

Tiêu cự tương đương, tức tiêu cự cần có trên khổ toàn khung để cho cùng góc nhìn, bằng:

$$F_{\text{eq}} = k \cdot F \tag{9.6}$$




| Khổ | Rộng × cao (mm) | Chéo (mm) | Hệ số cắt | 8 mm ↔ (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Toàn khung | 36,0 × 24,0 | 43,3 | × 1,00 | 8 |
| Super35 | 24,9 × 18,7 | 31,1 | × 1,39 | 11 |
| APS-C | 23,6 × 15,6 | 28,3 | × 1,53 | 12 |
| Micro 4/3 | 17,3 × 13,0 | 21,6 | × 2,00 | 16 |
| 1 inch | 13,2 × 8,8 | 15,9 | × 2,73 | 22 |
| 2/3 inch | 9,6 × 5,4 | 11,0 | × 3,93 | 31 |

Số inch là di sản của ống thu hình vidicon, không phải kích thước thật: so đường chéo (mm).

*Hình 9.6 Các khổ cảm biến vẽ đúng tỉ lệ, kèm hệ số cắt và tiêu cự tương đương*

Bảng trong hình cho thấy vì sao ống kính của máy quay trường quay có những con số tiêu cự khác thường: cảm biến 2/3 inch có hệ số cắt gần bốn, nên ống 8 mm trên máy ấy cho góc nhìn tương đương ống 31 mm trên khổ toàn khung.

### 9.4.3 Vì sao "1 inch" không phải một inch

Bốn cỡ cảm biến thường gặp là 1/4, 1/3, 1/2 và 2/3 inch; ý nghĩa của con số inch này là điểm dễ gây nhầm lẫn nhất khi đọc thông số máy.

**GHI NHỚ 9.3 — DI SẢN CỦA ỐNG THU HÌNH VIDICON**

Trước khi có cảm biến bán dẫn, máy quay dùng ống thu hình bằng thuỷ tinh. Tên gọi của ống dựa trên đường kính ngoài của ống thuỷ tinh, trong khi vùng ảnh dùng được chỉ khoảng hai phần ba đường kính ấy.

Khi cảm biến bán dẫn ra đời, cách gọi tên này được giữ lại để tương thích với ống kính sẵn có, nên cảm biến gọi là "1 inch" thực tế có đường chéo khoảng 15,9 mm chứ không phải 25,4 mm, còn cảm biến 2/3 inch có đường chéo 11 mm.

**Kết luận thực hành:** khi so sánh hai máy, nên so đường chéo cảm biến tính bằng milimét thay vì con số inch.

### 9.4.4 Full HD, 2K và kích thước cảm biến

Một nhận định phổ biến cho rằng định dạng được xem là Full HD khi cảm biến có kích cỡ tương đương phim 35 mm và độ phân giải xử lý là 2K (1920 × 1080). Nhận định này gộp hai khái niệm khác nhau, do đó cần phân biệt hai điểm sau.

**GHI NHỚ 9.4 — HAI ĐIỂM CẦN PHÂN BIỆT VỀ ĐỘ PHÂN GIẢI**

Thứ nhất, 1920 × 1080 là số điểm ảnh và không liên quan tới kích thước vật lý của cảm biến: cảm biến 1/2,3 inch của camera hành động vẫn cho 1920 × 1080 đúng chuẩn, và cảm biến khổ lớn vẫn có thể quay ở độ phân giải thấp hơn.

Thứ hai, 2K theo quy ước điện ảnh số DCI là 2048 × 1080, khác với Full HD 1920 × 1080; hai con số này hay bị dùng lẫn và gây khó khăn thực sự khi giao nộp bản hoàn chỉnh.

Máy dùng nội suy để "gia tăng thêm độ phân giải ảnh" thì không được coi là Full HD thật; nội dung này nối sang mục 9.20 về khử ghép màu.

### 9.4.5 Cỡ cảm biến ảnh hưởng tới cái gì

*Bảng 9.3 Bốn hệ quả thật sự của cỡ cảm biến*

| Cỡ cảm biến ảnh hưởng tới | Cơ chế | Hệ quả thực hành |
|---|---|---|
| Góc nhìn của một ống kính nhất định | Cảm biến nhỏ cắt bớt vòng ảnh do ống kính tạo ra | Phải quy đổi tiêu cự qua hệ số cắt khi đổi thân máy |
| Độ sâu trường ảnh ở cùng góc nhìn | Muốn giữ góc nhìn thì cảm biến nhỏ phải dùng tiêu cự ngắn hơn, mà tiêu cự ngắn cho vùng nét dày hơn | Cảm biến lớn dễ tách chủ thể khỏi nền; cảm biến nhỏ cho vùng nét dày, tiện cho truyền hình trực tiếp |
| Nhiễu và dải động | Cùng số điểm ảnh thì cảm biến lớn có ô lớn hơn, hứng nhiều photon hơn | Cảm biến lớn thường sạch hơn ở điều kiện thiếu sáng — xem mục 9.22 |
| Kích thước và giá của ống kính | Ống kính phải phủ hết vòng ảnh của cảm biến | Ống cho cảm biến lớn to hơn, nặng hơn và đắt hơn nhiều |

**CẢNH BÁO 9.1 — MỘT NHẦM LẪN RẤT PHỔ BIẾN**

Nhiều người cho rằng "cảm biến lớn thì nét hơn", nhưng độ phân giải thực tế do số điểm ảnh và chất lượng ống kính quyết định, không phụ thuộc vào kích thước cảm biến.

Điều cảm biến lớn thực sự mang lại là vùng nét mỏng hơn ở cùng góc nhìn và ảnh sạch hơn ở cùng số điểm ảnh, hai đặc tính khác hẳn với việc "nét hơn".

## 9.5 Khẩu độ, f-stop và T-stop

### 9.5.1 Màng chắn và đường kính hiệu dụng

Ở giữa màng ngăn sáng của ống kính có một lỗ tròn cho ánh sáng đi qua, kích thước lỗ này điều chỉnh được; đường kính của nó gọi là đường kính hiệu dụng, ký hiệu D. Khả năng tập hợp ánh sáng "thay đổi theo tỉ lệ nghịch của bình phương của tỉ số tiêu cự trên đường kính độ mở", và để dùng được trong thực hành, quan hệ này được biểu diễn bằng một thang số chuẩn [4].

Khẩu độ được định nghĩa là tỉ số giữa tiêu cự và đường kính hiệu dụng:

$$f = \frac{F}{D} \tag{9.7}$$

**CẢNH BÁO 9.2 — CHỖ NGƯỢC ĐỜI KHIẾN NGƯỜI MỚI HỌC HAY NHẦM**

Số f càng lớn thì lỗ mở càng nhỏ và ánh sáng vào càng ít.

**Nguyên nhân nằm ngay trong định nghĩa:** số f bằng tiêu cự chia cho đường kính nên đường kính nằm ở mẫu số.

Ống kính "nhanh" là ống có số f nhỏ nhất ở mức thấp, nghĩa là mở được to nhất và cho nhiều ánh sáng vào nhất, nên chụp được ở tốc độ màn trập nhanh hơn; đó là nguồn gốc của chữ "nhanh".

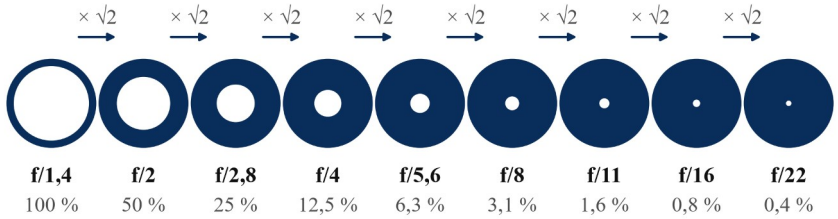
### 9.5.2 Vì sao thang khẩu độ chạy theo căn hai

Dãy khẩu độ trên mọi ống kính là 1,4 – 2 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22. Dãy này có vẻ tuỳ tiện nhưng thực ra rất chặt chẽ, vì mỗi nấc bằng nấc trước nhân với căn bậc hai của hai.

$$f_n = f_0 \cdot (\sqrt{2})^n \tag{9.8}$$

Lượng sáng đi qua tỉ lệ với diện tích lỗ mở, tức bình phương đường kính; do đó muốn diện tích giảm một nửa thì đường kính phải chia cho căn hai, và số f phải nhân với căn hai:

$$E \propto \frac{1}{f^2} \quad ; \quad \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \tag{9.9}$$




*Hình 9.7 Thang khẩu độ: mỗi nấc nhân căn hai, lượng sáng giảm một nửa*

Một nấc trên thang này gọi là một *stop*, đơn vị đo cơ bản của nghề quay phim: một stop luôn có nghĩa là gấp đôi hoặc một nửa lượng sáng, dù áp dụng cho khẩu độ, thời gian phơi sáng, ISO hay kính lọc ND. Toàn bộ mục 9.24 về phơi sáng dựa trên khái niệm này.

### 9.5.3 T-stop — con số đo được

Số f được tính từ hình học của ống kính, tức tiêu cự chia đường kính, nhưng ánh sáng đi qua ống kính còn bị mất một phần do phản xạ và hấp thụ ở mỗi mặt kính. Một ống có bảy nhóm thấu kính có mười bốn mặt kính, và tổng lượng mất có thể tới hai chục phần trăm.

Hình 9.8 cho thấy ống kính điện ảnh có thang T-stop khắc trên vòng khẩu độ và vòng răng cưa để gắn bộ điều khiển nét.



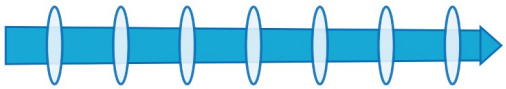

*Hình 9.8 Ống kính điện ảnh 12 mm T2.2: thang T-stop (T2.2 đến T22), thang khoảng cách và các vòng răng cưa*

*Nguồn: Bachrockt, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*

Vì vậy ống kính điện ảnh ghi T-stop, là con số đo thực sau khi đã trừ hao:

$$T = \frac{f}{\sqrt{\tau}} \tag{9.10}$$

bảy nhóm thấu kính, mười bốn mặt kính: mỗi mặt phản xạ và hấp thụ một phần



**100 %** ánh sáng đi qua **≈ 80 %**

$$T = \frac{f}{\sqrt{\tau}}$$

$\tau$: hệ số truyền qua đo được của ống kính

| Ống kính | f ghi trên vỏ (tính được) | $\tau$ đo được | T thật (đo được) | Mất sáng (nấc) |
|---|---|---|---|---|
| Ống ảnh giá phổ thông | f/2,0 | 0,72 | T/2,36 | 0,47 |
| Ống ảnh chất lượng cao | f/2,0 | 0,88 | T/2,13 | 0,18 |
| Ống điện ảnh | f/1,8 | 0,90 | T/1,90 | 0,15 |

Hai ống cùng ghi f/2,0 vẫn có thể chênh nhau gần một phần ba nấc; ống điện ảnh ghi T.

*Hình 9.9 f-stop là số tính được, T-stop là số đo được*

**GHI NHỚ 9.5 — VÌ SAO ĐIỀU NÀY QUAN TRỌNG KHI ĐI QUAY**

Hai ống cùng ghi f/2,0 nhưng độ trong suốt khác nhau có thể cho lượng sáng chênh nhau gần một phần ba nấc; sự chênh lệch này không đáng kể trong một cảnh quay chỉ dùng một ống.

Tuy nhiên, khi đổi ống kính giữa các cảnh của cùng một trường đoạn, hoặc khi quay nhiều máy với ống kính của các hãng khác nhau, chênh lệch ấy hiện ra thành hiện tượng nhảy sáng tại điểm cắt, và người chỉnh màu phải hiệu chỉnh từng cảnh một.

Vì vậy bộ ống kính điện ảnh luôn được ghi theo T-stop và được cung cấp theo bộ đã hiệu chuẩn đồng bộ với nhau.

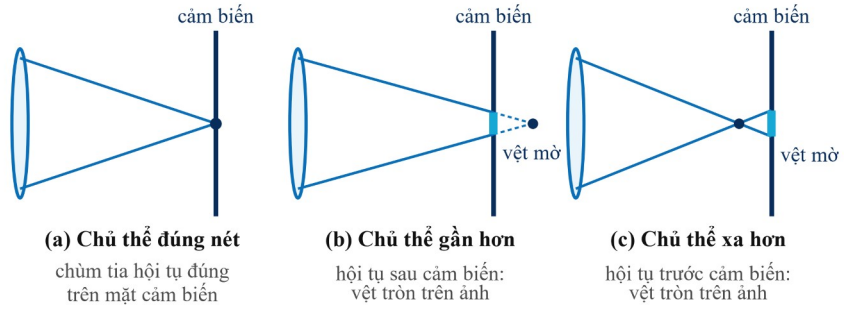
Độ trong suốt của ống kính là khả năng cho ánh sáng xuyên qua ống kính; để định lượng khả năng này bằng một con số dùng được trong thực hành, người ta sử dụng T-stop.

## 9.6 Độ sâu trường ảnh

### 9.6.1 Vòng tròn mờ — nền của mọi tính toán

Khái niệm này được gọi là chiều sâu độ nét của ống kính, tức khoảng cách dọc theo trục quang học mà mọi vật trong đó đều hiển thị trên đúng mặt phẳng của cảm biến. Cách mô tả này đúng về ý nghĩa nhưng chưa cho phép tính toán, vì còn thiếu một khái niệm bổ trợ là vòng tròn mờ [16].

Về mặt quang học, chỉ có một mặt phẳng duy nhất cho ảnh hội tụ thành điểm, còn vật ở gần hơn hoặc xa hơn mặt phẳng ấy cho ảnh là một vệt tròn nhỏ. Tuy nhiên, mắt người không phân biệt được vệt nhỏ hơn một ngưỡng nhất định, nên trong một khoảng quanh mặt phẳng lấy nét, ảnh vẫn được coi là nét.




**Vòng tròn mờ cho phép $c$ = đường chéo cảm biến ÷ 1.500**

| Toàn khung | Super35 | Micro 4/3 | 2/3 inch |
|---|---|---|---|
| $c$ = 0,0288 mm | $c$ = 0,0207 mm | $c$ = 0,0144 mm | $c$ = 0,0073 mm |

*Hình 9.10 Vòng tròn mờ — vì sao "nét" là một khoảng chứ không phải một điểm*

Ngưỡng ấy gọi là *vòng tròn mờ cho phép*; quy ước thông dụng nhất lấy đường chéo cảm biến chia cho 1500:

$$c = \frac{d}{1500} \tag{9.11}$$

**CẢNH BÁO 9.3 — CON SỐ 1500 KHÔNG PHẢI HẰNG SỐ VẬT LÝ**

Giá trị này là một quy ước, dựa trên giả định người xem đứng ở khoảng cách thông thường trước một bản in hoặc một màn hình cỡ vừa.

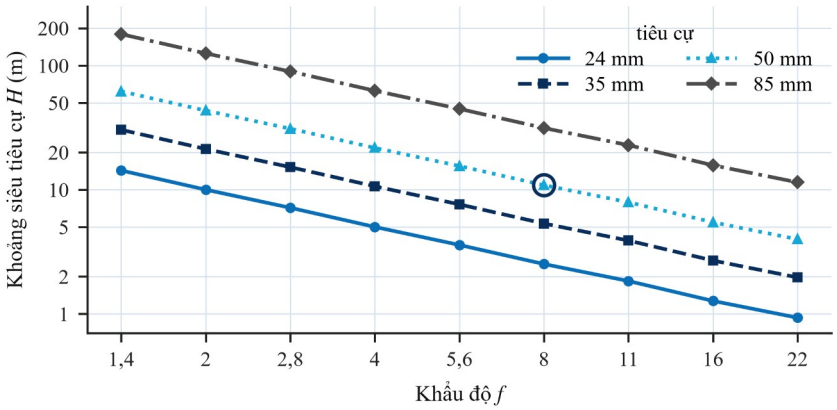
Khi ảnh được chiếu lên màn rạp hoặc xem trên màn hình rất lớn, người ta dùng ước số lớn hơn (2000 hoặc hơn), nghĩa là đòi hỏi khắt khe hơn và vùng nét tính ra sẽ mỏng hơn.

Vì vậy hai bảng tra độ sâu trường ảnh của hai hãng có thể cho hai con số khác nhau mà cả hai đều đúng, miễn là xác định rõ quy ước mà mỗi bảng sử dụng.

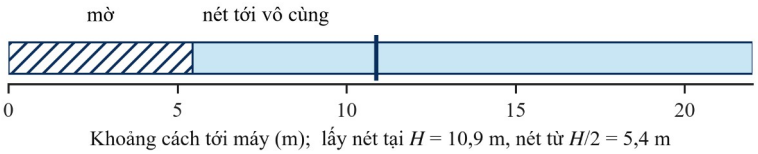
### 9.6.2 Khoảng siêu tiêu cự

Khi lấy nét càng xa, vùng nét càng kéo dài về phía sau, và tới một khoảng cách nhất định thì giới hạn xa của vùng nét chạm tới vô cực. Khoảng cách ấy gọi là *khoảng siêu tiêu cự*:

$$H = \frac{F^2}{f \cdot c} + F \tag{9.12}$$




(a) Khoảng siêu tiêu cự theo khẩu độ và tiêu cự




(b) Ống 50 mm, f/8

*Hình 9.11 Khoảng siêu tiêu cự — lấy nét ở đó thì nét từ H/2 tới vô cùng*

Khi đặt nét đúng ở khoảng siêu tiêu cự, mọi vật từ H chia hai tới vô cực đều nét. Đây là giá trị được người quay tin tức và quay tài liệu sử dụng nhiều nhất, vì chỉ cần đặt nét một lần là có thể tập trung vào bố cục và khoảnh khắc mà không phải chỉnh nét thêm.

Khoảng siêu tiêu cự cũng giải thích vì sao camera hành động và camera của điện thoại đời cũ gần như luôn nét mà không cần lấy nét: cảm biến rất nhỏ nên vòng tròn mờ rất nhỏ, đồng thời tiêu cự rất ngắn, và vì H tỉ lệ với *bình phương* tiêu cự nên H rút xuống chỉ còn vài chục xăng-ti-mét.

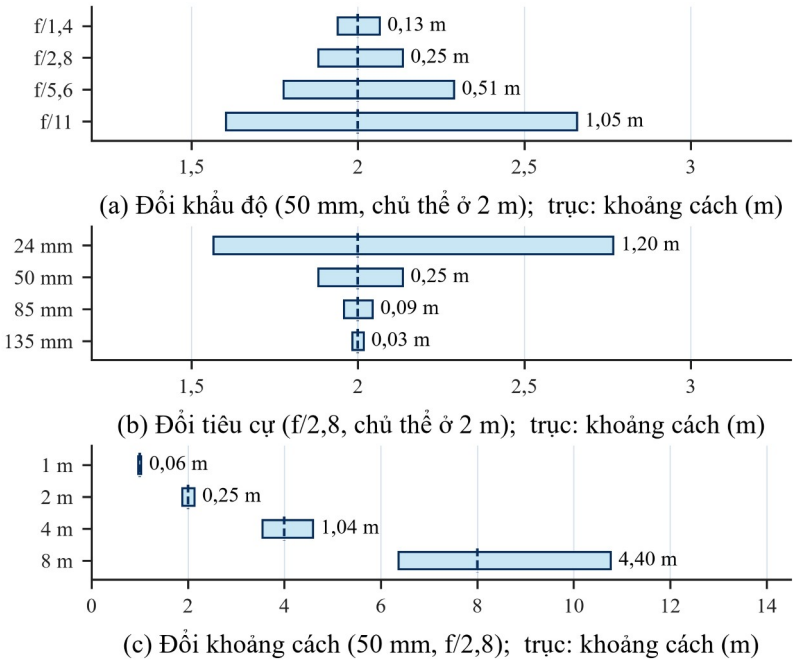
### 9.6.3 Hai giới hạn của vùng nét

Giới hạn gần và giới hạn xa của vùng nét được tính từ khoảng siêu tiêu cự và khoảng cách tới chủ thể:

$$D_n = \frac{s(H-F)}{H+s-2F} \quad ; \quad D_f = \frac{s(H-F)}{H-s} \tag{9.13}$$

$$\mathrm{DOF} = D_f - D_n \quad (s \geq H \;\Rightarrow\; D_f \to \infty) \tag{9.14}$$

Khi khoảng cách tới chủ thể bằng hoặc vượt khoảng siêu tiêu cự thì mẫu số của biểu thức giới hạn xa triệt tiêu hoặc đổi dấu, nghĩa là vùng nét kéo dài tới vô cực.




(a) Đổi khẩu độ (50 mm, chủ thể ở 2 m); trục: khoảng cách (m)

(b) Đổi tiêu cự (f/2,8, chủ thể ở 2 m); trục: khoảng cách (m)

(c) Đổi khoảng cách (50 mm, f/2,8); trục: khoảng cách (m)

*Hình 9.12 Độ sâu trường ảnh theo ba biến: khẩu độ, tiêu cự và khoảng cách*

### 9.6.4 Ba biến, và biến nào mạnh nhất

*Bảng 9.4 Ba cách làm mỏng hoặc dày vùng nét*

| Biến | Làm vùng nét MỎNG đi | Cái giá phải trả |
|---|---|---|
| Khẩu độ | Mở khẩu to hơn, tức giảm số f | Ánh sáng vào nhiều hơn nên phải bù bằng ND; ống mở hết cỡ thường kém nét và tối góc hơn |
| Tiêu cự | Dùng ống dài hơn | Góc nhìn hẹp lại nên phải lùi máy; hậu cảnh bị nén, cảm giác không gian đổi hẳn |
| Khoảng cách tới chủ thể | Lại gần chủ thể hơn | Cỡ cảnh đổi; nếu muốn giữ nguyên cỡ cảnh thì phải đổi tiêu cự, và khi ấy hai biến cùng đổi |

**GHI NHỚ 9.6 — BIẾN MẠNH NHẤT LÀ KHOẢNG CÁCH**

Theo ba nhóm cột trong hình vừa nêu, việc đổi khẩu từ f/1,4 lên f/11 làm vùng nét dày lên khoảng tám lần, trong khi việc đổi khoảng cách từ 1 mét lên 8 mét làm vùng nét dày lên tới hơn bảy chục lần.

Nguyên nhân là độ sâu trường ảnh gần như tỉ lệ với *bình phương* khoảng cách tới chủ thể, trong khi chỉ tỉ lệ bậc nhất với số f.

**Hệ quả trong thực hành:** khi vùng nét quá mỏng và khó giữ nét, biện pháp đầu tiên nên áp dụng là lùi máy ra xa và đổi sang ống kính có tiêu cự dài hơn để giữ nguyên cỡ cảnh, thay vì khép khẩu.

### 9.6.5 Vì sao cảm biến lớn cho nền mờ hơn

Câu hỏi này thường gặp, và lời giải thích không nằm ở nhận định "cảm biến lớn thì nền mờ": bản thân kích thước cảm biến không xuất hiện trong công thức độ sâu trường ảnh, ngoại trừ thông qua vòng tròn mờ.

Cơ chế thực sự như sau. Để có cùng một góc nhìn trên cảm biến nhỏ hơn, phải dùng tiêu cự ngắn hơn theo đúng hệ số cắt; tiêu cự ngắn hơn cho khoảng siêu tiêu cự ngắn hơn nhiều, vì H tỉ lệ với bình phương tiêu cự. Kết quả là vùng nét dày lên đáng kể.

Như vậy, cảm biến lớn không tự làm mờ nền mà cho phép dùng tiêu cự dài hơn ở cùng một góc nhìn, và chính tiêu cự dài làm mờ nền. Đây cũng là lý do máy quay trường quay 2/3 inch cho vùng nét rất dày, điều mà truyền hình trực tiếp cần vì người quay không có thời gian chỉnh nét liên tục.

## 9.7 Bài thực hành số 1 — tiêu cự, khẩu độ và độ sâu trường ảnh

Tiêu cự, khẩu độ và độ sâu trường ảnh. Mục tiêu: người đọc đo được bằng thực nghiệm những con số đã tính bằng công thức, đồng thời quan sát trực tiếp tác động của ba biến số lên độ sâu trường ảnh.

Cần chuẩn bị một máy quay có ống zoom và đặt được khẩu thủ công, một thước dây, một thước đo góc hoặc ứng dụng đo góc trên điện thoại, và một bảng thử nét; nếu có thêm một thân máy khác cỡ cảm biến thì có thể thực hiện trọn vẹn phần bốn.

*Bảng 9.5 Bốn phần của bài thực hành số 1*

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 1. Đo góc nhìn thật | Đặt máy trên chân, đo khoảng cách tới một bức tường. Đánh dấu hai mép khung hình lên tường ở ba tiêu cự khác nhau. Đo bề rộng phần tường lọt khung, rồi tính góc nhìn. So với góc tính từ công thức (9.4) với cỡ cảm biến của máy. | Sai lệch thường dưới vài độ. Chỗ nào lệch nhiều thì kiểm lại: số ghi trên vòng zoom là tiêu cự danh nghĩa, không phải lúc nào cũng đúng tuyệt đối. |

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 2. Đo vùng nét theo khẩu độ | Đặt một dãy vật nhỏ có chữ, cách nhau 10 cm, trải dài 2 mét. Lấy nét vào vật ở giữa. Quay dãy ấy ở f/2, f/4, f/8 và f/16, giữ nguyên mọi thứ khác. Đếm xem mỗi lần có bao nhiêu vật còn đọc được chữ. | Vùng nét dày lên rõ rệt theo từng nấc khép khẩu. So số đo với kết quả tính từ công thức (9.13) — dùng vòng tròn mờ của đúng cỡ cảm biến máy mình. |
| 3. Giữ cỡ cảnh, đổi tiêu cự | Quay một người ở cỡ trung. Lần một dùng ống rộng và đứng gần; lần hai dùng ống dài và lùi ra sao cho người vẫn chiếm đúng chừng ấy khung hình. Giữ nguyên khẩu độ. | Chủ thể trông như nhau nhưng HẬU CẢNH đổi hẳn: ống dài nén không gian và làm nền mờ hơn. Đây là bài học về ngôn ngữ hình ảnh, không chỉ về kỹ thuật. |
| 4. Hai cỡ cảm biến | Quay cùng một cảnh, cùng góc nhìn, cùng khẩu độ, bằng hai thân máy có cỡ cảm biến khác nhau. Tính trước tiêu cự cần dùng trên mỗi máy bằng hệ số cắt. | Góc nhìn khớp nhau nếu tính đúng, nhưng vùng nét khác nhau rõ. Giải thích bằng cơ chế ở mục 9.6.5, không bằng câu "cảm biến to thì nền mờ". |

Kết quả cần có gồm bảng đối chiếu góc nhìn đo được và tính được ở ba tiêu cự, bảng vùng nét đo được và tính được ở bốn khẩu độ, hai ảnh của phần ba đặt cạnh nhau kèm nhận xét về hậu cảnh, và nếu thực hiện phần bốn thì thêm hai ảnh cùng góc nhìn kèm giải thích chênh lệch vùng nét.

## 9.8 Ống kính zoom

### 9.8.1 Tỉ số zoom và cách đọc nó

Ống kính zoom là ống kính đổi được tiêu cự, được mô tả bằng tỉ số giữa tiêu cự dài nhất và tiêu cự ngắn nhất:

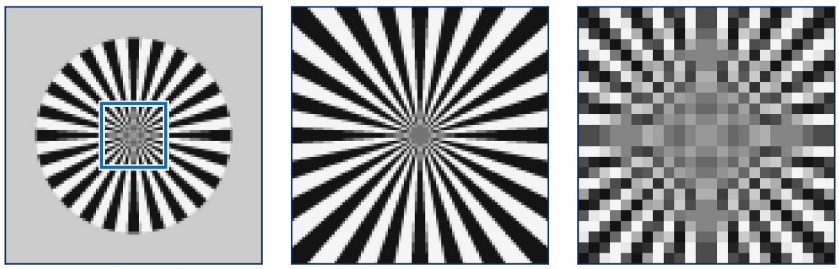
$$Z = \frac{F_{\max}}{F_{\min}} \tag{9.15}$$

Một ống đổi được từ 100 mm tới 400 mm là ống zoom 4x. Dải thông dụng của máy quay thời kỳ đầu vào khoảng 5x tới 7x, trong khi ống kính truyền hình chuyên nghiệp có thể đạt tới cả trăm lần; ống zoom truyền hình dùng cho thể thao ngày nay vẫn là loại ống kính dân dụng lớn nhất và đắt nhất trên thị trường.

> **CẢNH BÁO 9.4 — MỘT CHỖ HAY BỊ HIỂU NHẦM VỀ CON SỐ "x"**
>
> Con số x chỉ cho biết ống đổi được bao nhiêu lần, không cho biết ống rộng hay hẹp. Một ống 10 – 100 mm và một ống 50 – 500 mm đều là zoom 10x, nhưng ống thứ nhất bắt đầu ở góc rất rộng còn ống thứ hai bắt đầu ở góc thông thường. Khi mua hoặc thuê ống kính, thông số cần xem là dải tiêu cự tính bằng milimét, không phải con số x.

### 9.8.2 Zoom quang và zoom số

Có hai loại zoom cần phân biệt rõ: zoom quang "sử dụng sự sắp đặt các thấu kính quang học với các khoảng cách khác nhau", còn zoom số là "sự phóng lớn hình ảnh thông qua phần mềm đã được cài sẵn trong máy", với "kết quả hình ảnh dựa trên thuật toán mô phỏng chứ không dựa trên cường độ và sắc độ của ánh sáng".



(a) Ảnh gốc
khung xanh: vùng sẽ phóng to bốn lần

(b) Zoom quang
ống đổi tiêu cự: cảm biến lấy mẫu lại vùng ấy

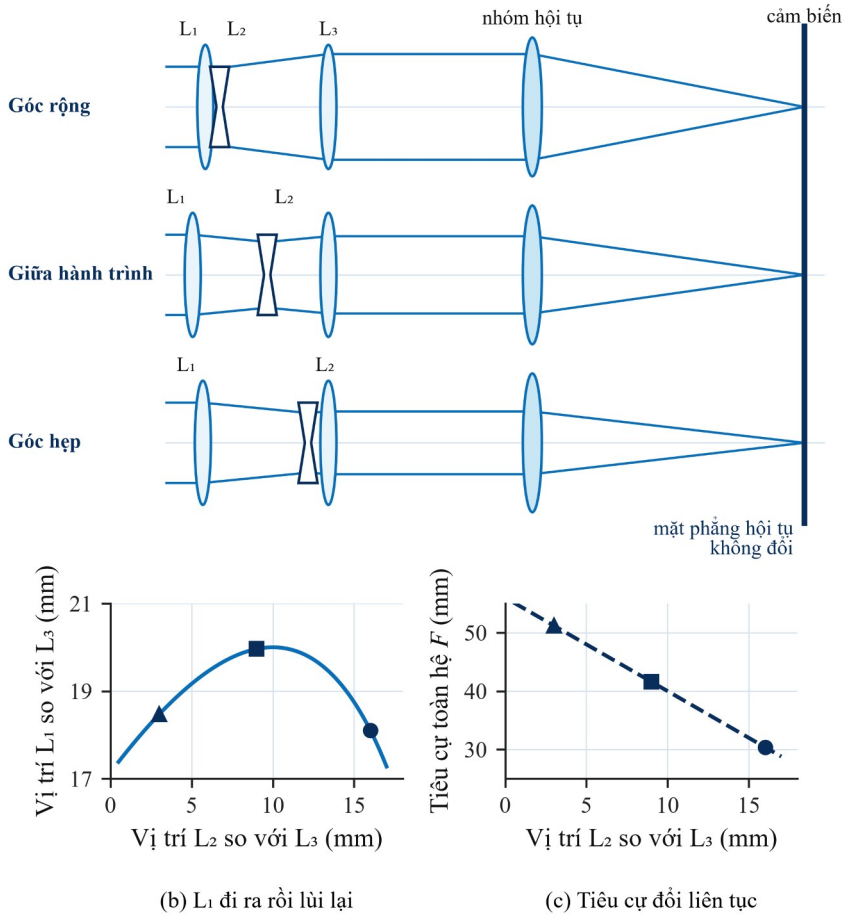
(c) Zoom số
phóng to số mẫu đã có: không thêm mẫu nào

*Hình 9.13 Zoom quang và zoom số so trên cùng một bảng thử hình sao*

Hình trên dùng bảng thử hình sao, là công cụ chuẩn để đo độ phân giải, nên hệ quả hiện ra rất rõ. Khi zoom quang, ống kính đổi tiêu cự nên cảm biến *lấy mẫu lại* vùng nhỏ ấy với đầy đủ số điểm ảnh, và các nan quạt vẫn tách bạch tới rất gần tâm; khi zoom số, phần mềm chỉ nội suy từ những mẫu đã có, nên các nan quạt nhoè thành khối vuông vì không có thêm mẫu nào được ghi.

### 9.8.3 Nguyên lý bù mặt phẳng hội tụ

Bài toán của người thiết kế ống zoom là đổi độ phóng đại của cả hệ mà vẫn giữ mặt phẳng hội tụ ở nguyên một vị trí, để ảnh không mất nét khi zoom.




*Hình 9.14 Nguyên lý bù mặt phẳng hội tụ của ống kính zoom*

Một sơ đồ đơn giản gồm hai phần: phần kính hội tụ phía sau, giống một ống kính tiêu cự cố định, và phía trước là một hệ thống kính không hội tụ. Hệ thống phía trước gồm hai thấu kính hội tụ cùng tiêu cự L1 và L3, và một thấu kính phân kỳ L2 ở giữa có tiêu cự nhỏ hơn một nửa tiêu cự của L1; trong đó L3 cố định, còn L1 và L2 di chuyển được với độ dịch chuyển liên hệ với nhau theo quan hệ *không tuyến tính*.

Cụ thể, L2 đi thẳng từ trước ra sau, còn L1 đi ra rồi lùi lại theo một hàm parabol. Việc di chuyển được thực hiện bằng một hệ thống bánh răng và cam phức tạp, hoặc bằng các bộ trợ động điều khiển bằng vi xử lý.

**GHI NHỚ 9.7 — VÌ SAO MẶT PHẲNG HỘI TỤ KHÔNG ĐỔI**

Ở ba vị trí đặc biệt trong hình, cụm ba thấu kính L1, L2, L3 tổng hợp lại không hội tụ cũng không phân kỳ, nên không làm đổi mặt phẳng hội tụ của cả ống kính.

Ở các vị trí khác, cụm ấy hơi hội tụ hoặc hơi phân kỳ nên mặt phẳng hội tụ thay đổi đôi chút, nhưng chỉ chừng 0,01 mm với ống thiết kế tốt, tức là có thể coi như không đáng kể.

Những ống zoom thời kỳ đầu chưa đạt được yêu cầu này nên người dùng phải chỉnh lại nét sau mỗi lần zoom; điều đó cũng giải thích vì sao thao tác chỉnh nét sau ở mục 9.11 tồn tại.

### 9.8.4 Cái giá của ống zoom

Một vấn đề quan trọng trong thiết kế ống kính zoom là sửa quang sai trên toàn bộ dải hoạt động của ống kính, và việc sửa sai này ở ống zoom khó hơn so với ống kính cố định. Đây là lý do ống zoom thời đầu chậm phổ biến và "thường chỉ hoạt động tốt trong một dải hẹp các độ mở ống kính tương đối".

*Bảng 9.6 Ống zoom so với ống tiêu cự cố định*

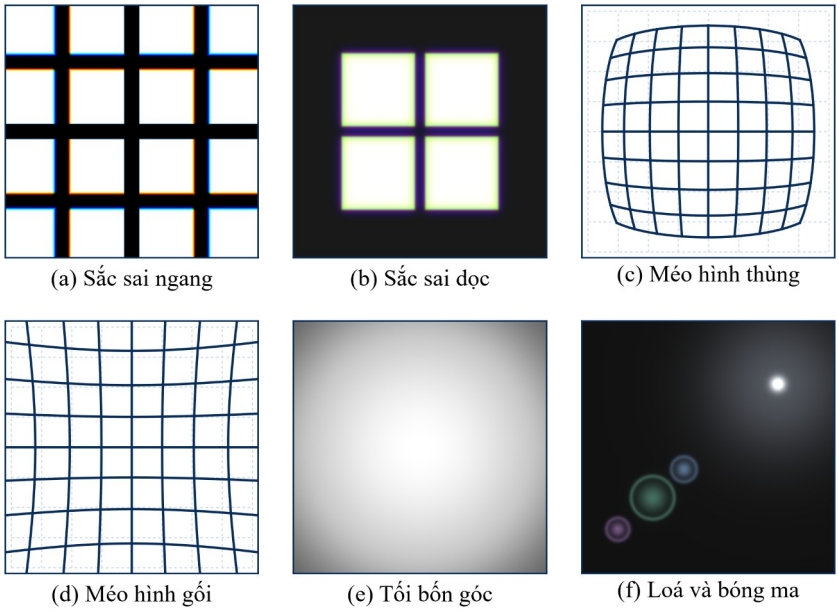
| Tiêu chí | Ống zoom | Ống tiêu cự cố định |
|---|---|---|
| Số thấu kính | Nhiều — thiết kế phức tạp nhất tới ba mươi thấu kính | Ít hơn hẳn |
| Sửa quang sai | Phải sửa trên TOÀN dải tiêu cự nên khó hơn nhiều | Chỉ phải tối ưu cho một tiêu cự |
| Khẩu độ lớn nhất | Thường f/2,8 hoặc nhỏ hơn về số f; ống zoom rẻ còn đổi khẩu theo tiêu cự | Dễ đạt f/1,4 hoặc thấp hơn |
| Độ nét ở khẩu mở hết | Kém hơn, nhất là ở hai đầu dải tiêu cự | Tốt hơn ở cùng tầm giá |
| Khối lượng và giá | Nặng và đắt hơn ở cùng chất lượng | Nhẹ và rẻ hơn |
| Ưu thế thực dụng | Đổi cỡ cảnh KHÔNG cần dừng máy hoặc đổi ống — điều kiện sống còn của truyền hình trực tiếp | Phải đổi ống hoặc di chuyển máy |

Kết luận trong thực hành: ống zoom không kém hơn ống cố định, mà đánh đổi một phần chất lượng quang học để lấy khả năng đổi cỡ cảnh tức thời. Trong truyền hình trực tiếp, đó là sự đánh đổi bắt buộc; trong điện ảnh, nơi có thời gian đổi ống, người ta thường chọn ống cố định.

## 9.9 Quang sai và chất lượng ống kính

### 9.9.1 Sáu hiện tượng nhận ra được bằng mắt

Việc sửa quang sai, như sai màu và đặc biệt là sự cong hình, được thực hiện cho từng loại quang sai riêng. Sáu hiện tượng dưới đây đều nhận ra được bằng mắt, và mỗi loại có cách xử lý riêng [5].




*Hình 9.15 Sáu loại quang sai và khuyết tật thường gặp của ống kính*

*Bảng 9.7 Sáu loại quang sai và cách xử lý*

| Hiện tượng | Biểu hiện | Nguyên nhân | Xử lý |
|---|---|---|---|
| Sắc sai ngang | Hai mép của cùng một vật mang hai viền màu ngược nhau, rõ nhất ở rìa khung | Các bước sóng khác nhau bị phóng đại khác nhau | Phần mềm sửa rất tốt; nhiều máy tự sửa ngay khi ghi |
| Sắc sai dọc | Viền tím quanh vùng sáng chói, thấy cả ở giữa khung | Các bước sóng hội tụ ở những mặt phẳng khác nhau | Khó sửa bằng phần mềm; giảm bằng cách khép khẩu một tới hai nấc |
| Méo hình thùng | Đường thẳng cong ra ngoài như thành thùng | Độ phóng đại giảm dần từ tâm ra rìa | Sửa bằng phần mềm theo hồ sơ ống kính; hay gặp ở ống góc rộng |
| Méo hình gối | Đường thẳng cong vào trong | Độ phóng đại tăng dần từ tâm ra rìa | Cũng sửa bằng phần mềm; hay gặp ở ống tele |
| Tối bốn góc | Bốn góc khung tối hơn giữa | Chùm tia tới rìa bị chắn bớt; nặng nhất khi mở khẩu hết cỡ | Khép khẩu một tới hai nấc; hoặc bù bằng phần mềm |
| Loá và bóng ma | Vệt sáng mờ phủ toàn khung, hoặc các đốm sáng xếp thẳng hàng đối xứng qua tâm | Ánh sáng phản xạ nhiều lần giữa các mặt kính | Loa che nắng; lớp phủ chống phản xạ; bớt số kính lọc chồng lên nhau |

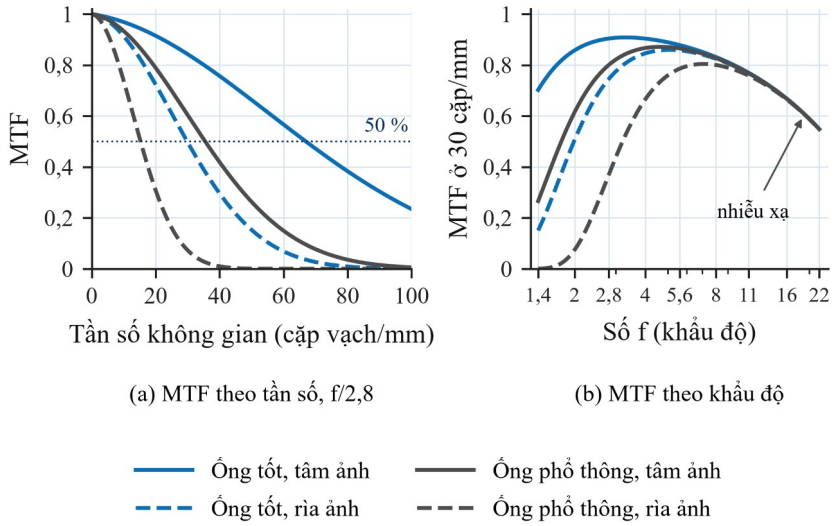
### 9.9.2 Cong trường ảnh — hiện tượng ít được nhắc

Trong sáu hiện tượng trên, cong trường ảnh là hiện tượng ít được nhắc tới nhất nhưng lại gây nhiều phiền toái nhất khi quay. Mặt cho ảnh nét của ống kính không phải một mặt phẳng thực sự mà là một mặt cong nhẹ; hệ quả là khi lấy nét vào giữa khung thì rìa hơi mờ, còn khi lấy nét vào rìa thì giữa hơi mờ.

Với chân dung, hiện tượng này gần như vô hại, thậm chí có lợi. Tuy nhiên, khi quay một bức tranh, một bảng biểu hay một trang tài liệu trải phẳng, nó làm bốn góc không bao giờ nét cùng lúc với giữa, và cách xử lý là khép khẩu để vùng nét dày lên đủ trùm cả mặt cong ấy.

### 9.9.3 Hàm truyền điều biến

Để so sánh hai ống kính bằng con số thay vì bằng cảm tính, có một công cụ khách quan là *hàm truyền điều biến*, quen gọi tắt là MTF [3], [6].




*Hình 9.16 Đường MTF và cách đọc chất lượng ống kính*

Cách đo khá trực tiếp: chiếu vào ống kính một dãy vạch đen trắng ngày càng mảnh, rồi đo xem độ tương phản còn lại bao nhiêu phần trăm sau khi qua ống. Vạch càng mảnh thì tương phản còn lại càng ít, và tới một mức nào đó đen trắng nhập thành xám, khi ấy ống kính coi như không phân giải được nữa.

> **GHI NHỚ 9.8 — BA ĐIỀU KHI ĐỌC BIỂU ĐỒ MTF**
>
> Biểu đồ luôn có ít nhất hai đường, ứng với tâm ảnh và rìa ảnh. Ống kính giá rẻ suy giảm rất nhanh ở rìa, và đó là khác biệt lớn nhất giữa ống giá rẻ và ống cao cấp, thay vì khác biệt ở tâm.
>
> Hãng thường công bố MTF ở khẩu mở hết và ở một khẩu đã khép; với cùng một ống, khép hai nấc thường cải thiện rất rõ.
>
> MTF cao không đồng nghĩa với ảnh đẹp, vì chỉ số này không phản ánh chất lượng vùng ngoài nét, màu sắc, hay cách ống xử lý ánh sáng ngược, tức những yếu tố quyết định "cá tính" của một ống kính.

Điều thực dụng nhất rút ra từ biểu đồ MTF, đúng với gần như mọi ống kính, là khép khẩu một tới hai nấc so với mức mở hết thì ống nào cũng nét hơn hẳn. Tuy nhiên, khép quá nhiều (từ f/16 trở đi trên cảm biến nhỏ) thì chất lượng lại giảm do hiện tượng nhiễu xạ.

## 9.10 Ngàm ống kính, ống điện ảnh và ống ảnh

### 9.10.1 Khoảng cách mặt bích

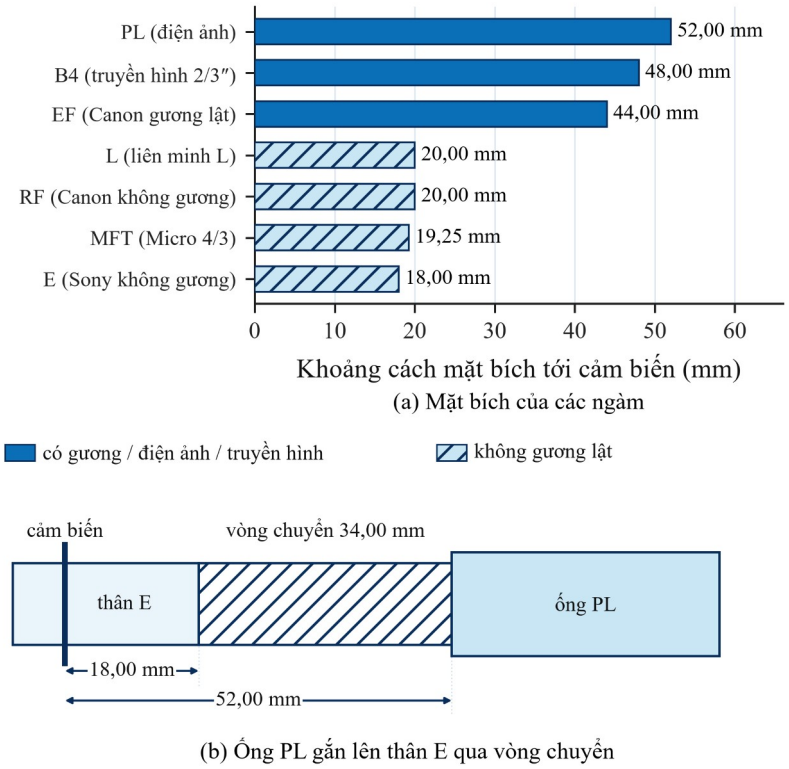
Ngàm là vị trí ống kính gắn vào thân máy. Thông số quan trọng nhất của một ngàm không phải đường kính mà là *khoảng cách mặt bích*, tức khoảng cách từ mặt phẳng tiếp xúc của ngàm tới mặt cảm biến.

Hình 9.17 cho thấy ngàm EF phía thân máy với vành khoá ngàm và hàng tiếp điểm điện truyền tín hiệu giữa thân máy và ống kính.



*Hình 9.17 Ngàm EF trên thân máy: vành khoá, chấm đỏ định vị và tám tiếp điểm điện*

*Nguồn: Nebrot, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*




*Hình 9.18 Khoảng cách mặt bích của các ngàm thường gặp*

Thông số này quyết định ống kính của ngàm nào lắp được lên thân máy của ngàm nào.

**QUY TẮC 9.1 — QUY TẮC CỦA VÒNG CHUYỂN NGÀM**

Chỉ lắp được ống kính của ngàm có mặt bích dài hơn lên thân máy có mặt bích ngắn hơn, và phần chênh lệch chính là bề dày của vòng chuyển.

Vì thế ống PL, EF hay B4 lắp được lên thân E, L, RF và Micro 4/3, còn chiều ngược lại thì không, trừ khi vòng chuyển có thêm thấu kính, mà thêm thấu kính đồng nghĩa với thêm quang sai.

Do đó các thân máy không gương lật mặt bích ngắn trở thành thân máy vạn năng của người làm phim, vì gần như mọi ống kính cũ đều lắp được lên chúng qua một vòng chuyển thuần cơ khí.

### 9.10.2 Ống điện ảnh khác ống chụp ảnh ở đâu

Thông thường, các hãng sản xuất camera đặt hàng các chi tiết nói chung và ống kính nói riêng từ những hãng sản xuất khác. Trong lĩnh vực này, cần phân biệt ống kính điện ảnh với ống kính chụp ảnh, một sự phân biệt quan trọng đối với người làm phim.

Hình 9.19 là mặt sau của một ống kính ngàm E, cho thấy phần ngàm ngắn và hàng tiếp điểm điện, khác với ngàm điện ảnh có khoảng cách mặt bích lớn.



*Hình 9.19 Mặt sau ống kính ngàm Sony E với vành ngàm và các tiếp điểm điện*

*Nguồn: Tiia Monto, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*

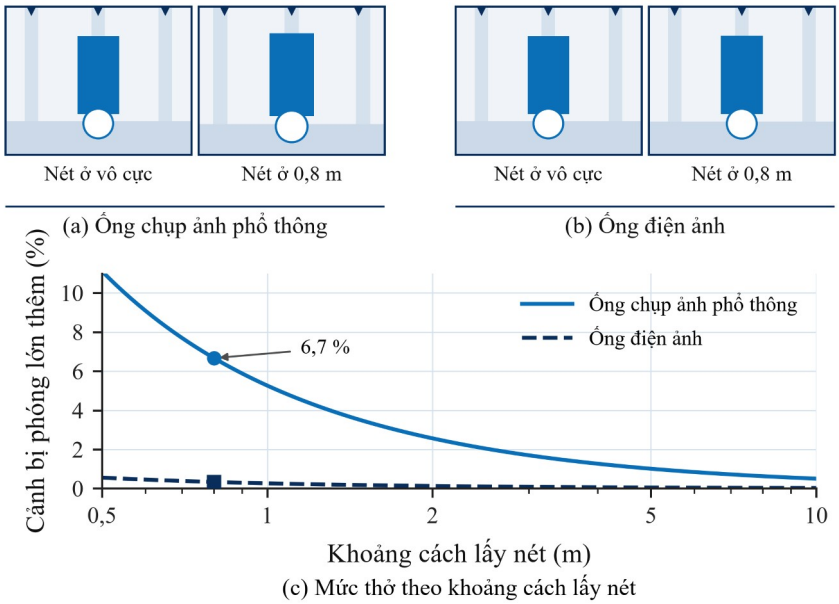
| Tiêu chí | Ống chụp ảnh | Ống điện ảnh |
|---|---|---|
| **Hành trình vòng nét** | Ngắn, thường dưới 120°; xoay nhẹ đã đổi nét nhiều | Dài, thường từ 270° trở lên; chỉnh được rất tinh |
| **Thang khoảng cách** | Có nhưng thưa, nhiều ống không có | Khắc dày và chính xác, để người phụ nét đặt trước |
| **Điểm dừng ở vô cực** | Thường có chốt cứng | Không có chốt, để bù giãn nở vì nhiệt |
| **Vòng khẩu** | Nhảy theo nấc, có tiếng tách | Vô cấp, không nấc; đổi sáng mượt khi đang quay |
| **Ghi khẩu độ** | Ghi số f, tính từ hình học | Ghi số T, đo thực tế |
| **Bánh răng** | Không có | Có, đúng chuẩn 0,8 mô-đun cho bộ theo nét |
| **Đường kính ngoài** | Mỗi ống một cỡ | Thống nhất trong cùng bộ; đổi ống không phải chỉnh lại giá đỡ |
| **Thở tiêu cự** | Thường rõ | Thiết kế để giảm tới mức tối đa |
| **Khối lượng và giá** | Nhẹ, rẻ | Nặng và đắt gấp nhiều lần |

*Hình 9.20 Ống kính điện ảnh khác ống kính chụp ảnh ở đâu*

Cần lưu ý rằng ống điện ảnh không phải lúc nào cũng nét hơn; khác biệt chính nằm ở khả năng điều khiển chính xác và lặp lại được, điều mà đoàn phim cần khi phải quay đi quay lại một cảnh với đúng cùng một điểm nét và đúng cùng một độ sáng.

### 9.10.3 Thở tiêu cự

*Thở tiêu cự* là hiện tượng góc nhìn thay đổi khi kéo nét, khiến khán giả thấy khung hình như bị zoom nhẹ trong lúc điểm nét chuyển.




*Hình 9.21 Thở tiêu cự — cùng một cú kéo nét trên hai ống khác nhau*

Với ảnh tĩnh, hiện tượng này vô hại vì không ai thấy quá trình lấy nét. Với phim thì khác: cảnh chuyển nét từ người này sang người kia là thủ pháp kể chuyện được dùng thường xuyên, và nếu ống thở nhiều thì cả khung hình "nhảy" theo, làm mất độ liền mạch của cú chuyển. Vì vậy ống kính điện ảnh được thiết kế để triệt tiêu hiện tượng này, và đó là một phần lý do chúng có giá thành cao.

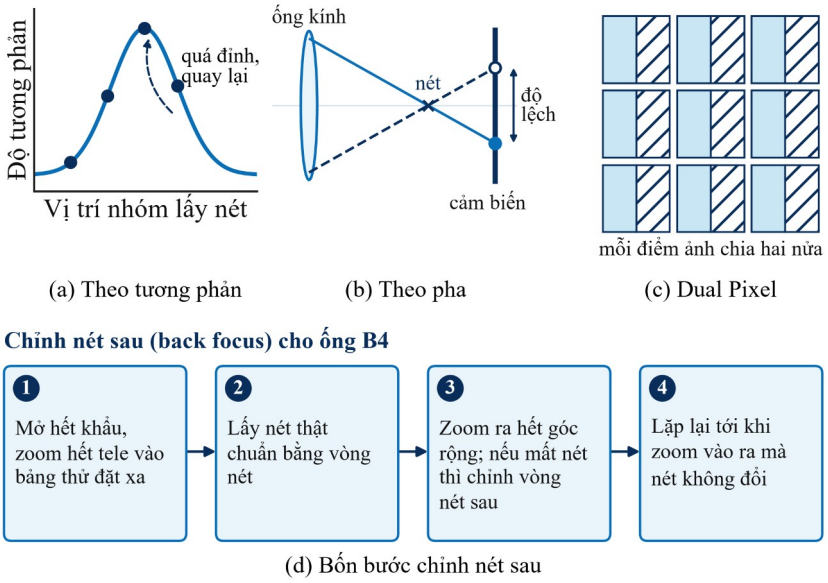
### 9.10.4 Ống anamorphic

Ống anamorphic là loại ống kính đáng nhắc tới vì người đọc thường gặp trong phim điện ảnh: ống này *nén* ảnh theo chiều ngang khi ghi, thường với hệ số hai, rồi khâu chiếu hoặc khâu dựng giãn lại. Nhờ vậy có thể quay khuôn hình rất rộng mà vẫn dùng hết chiều cao của vùng ảnh.

Ngày nay, khi cảm biến đã đủ rộng thì lý do kỹ thuật ban đầu không còn cấp thiết, nhưng ống anamorphic vẫn được dùng nhờ hai đặc trưng thị giác của nó: vùng ngoài nét có hình bầu dục thay vì hình tròn, và vệt loá kéo dài thành một vạch ngang. Hai đặc trưng ấy đã trở thành một phần của ngôn ngữ hình ảnh điện ảnh.

## 9.11 Lấy nét

### 9.11.1 Ba cơ chế lấy nét tự động




*Hình 9.22 Ba cơ chế lấy nét tự động, và thao tác chỉnh nét sau cho ống B4*

*Bảng 9.8 Ba cơ chế lấy nét tự động*

| Cơ chế | Cách làm | Ưu | Nhược |
|---|---|---|---|
| Theo tương phản | Dịch nhóm lấy nét và đo độ tương phản; đỉnh tương phản là điểm nét | Chính xác cao; không cần phần cứng riêng | Phải đi QUÁ đỉnh rồi mới quay lại nên chậm và "dò" thấy được trên hình |
| Theo pha | So hai ảnh tạo bởi hai nửa khác nhau của ống kính; độ lệch cho biết phải chỉnh bao nhiêu và theo hướng nào | Nhanh vì biết ngay hướng chỉnh; bám được vật chuyển động | Cần điểm ảnh chuyên dụng trên cảm biến; kém chính xác hơn ở ánh sáng yếu |
| Dual Pixel | Mỗi điểm ảnh chia thành hai nửa, so hai nửa với nhau | Vừa nhanh như theo pha vừa dày đặc trên toàn khung | Cần thiết kế cảm biến riêng; chỉ có ở một số dòng máy |

### 9.11.2 Chỉnh nét sau cho ống B4

Đây là thao tác bắt buộc trước mỗi buổi quay truyền hình và cũng là thao tác người mới vào nghề thường bỏ qua nhất. Nếu mặt phẳng hội tụ của ống zoom bù chưa chuẩn do nhiệt độ, va chạm hoặc hao mòn cơ khí, ảnh sẽ nét ở đầu tele nhưng mất nét ở đầu góc rộng.

**QUY TẮC 9.2 — BỐN BƯỚC CHỈNH NÉT SAU**

① Mở khẩu hết cỡ để vùng nét mỏng nhất, rồi zoom vào hết tele một bảng thử đặt ở xa.

② Lấy nét cho thật chuẩn bằng vòng nét.

③ Zoom ra hết góc rộng; nếu ảnh mất nét thì chỉnh vòng nét sau, là vòng riêng trên thân ống, thường có vít khoá.

④ Lặp lại vài lần cho tới khi zoom vào và ra mà nét không đổi.

Nếu bỏ qua bước này, cảnh quay rộng sẽ bị mờ mà người quay không nhận ra, vì trên kính ngắm nhỏ rất khó phát hiện lỗi ấy.

### 9.11.3 Vì sao điện ảnh vẫn cần người phụ nét

Lấy nét tự động ngày nay đạt chất lượng cao, nhưng trên phim trường chuyên nghiệp, điểm nét vẫn do một người đặt bằng tay theo thang khoảng cách đã đo trước bằng thước, với ba lý do sau.

- **Điểm nét là một quyết định kể chuyện.** Máy chọn theo thuật toán, thường là mặt người gần nhất hoặc vật ở giữa khung, trong khi đạo diễn có thể muốn nét ở bàn tay, ở vật sau lưng nhân vật, hoặc muốn chuyển nét đúng vào nhịp một câu thoại.
- **Nét có thể trôi giữa cảnh.** Máy phải dò liên tục, và một người đi ngang trước ống kính cũng đủ làm điểm nét nhảy sang chỗ khác, khiến một cú máy dài bị hỏng toàn bộ đúp quay.
- **Tốc độ chuyển nét không khớp nhịp.** Người phụ nét chuyển nét nhanh hay chậm theo yêu cầu của cảnh, còn máy chuyển nét theo tốc độ mặc định của nó.

Với người mới bắt đầu và với sản xuất quy mô nhỏ, lấy nét tự động là công cụ hiệu quả và nên dùng; tuy vậy, cần biết máy đang chọn đối tượng nào và biết tắt chế độ này khi cảnh đòi hỏi một điểm nét cụ thể.

## 9.12 Chống rung và giữ máy

Cơ chế chống rung quang học là dùng một chip cảm biến để nhận biết độ rung của máy quay theo góc nào, từ đó gửi thông tin về bộ vi xử lý điều khiển một thấu kính cơ động nằm trong lòng ống kính theo góc đó, sao cho hình ảnh thu được trên cảm biến vẫn giữ nguyên. Đây chỉ là một trong năm cách chống rung trong thực tế, và mỗi cách xử lý một loại rung khác nhau.

| Cách | Nguyên lý | Mạnh ở | Giới hạn |
|---|---|---|---|
| **Quang học trong ống** | Một thấu kính cơ động trong ống dịch ngược chiều rung, theo tín hiệu cảm biến con quay | Không mất chi tiết; hiệu quả với rung tay tần số cao | Không chữa được rung biên độ lớn khi đi bộ; chỉ có ở ống có trang bị |
| **Dịch cảm biến** | Cả khối cảm biến dịch và xoay để bù, kể cả xoay quanh trục quang | Dùng được với mọi ống kính, kể cả ống cũ không có mạch | Hành trình dịch có hạn; ống tele dài kém hiệu quả hơn |
| **Điện tử** | Máy cắt bớt mép khung rồi dịch vùng cắt ngược chiều rung | Không cần cơ khí; kết hợp được với hai cách trên | Mất góc nhìn và một phần độ phân giải; dễ sinh méo hình |
| **Gimbal ba trục** | Ba mô-tơ giữ thân máy đứng yên trong không gian khi người cầm di chuyển | Cú máy di chuyển dài mà mượt như trượt trên ray | Nặng, tốn pin, phải cân bằng lại mỗi khi đổi ống kính |
| **Chân máy có đầu dầu** | Loại bỏ rung, đồng thời cho lia và ngóc có lực cản dầu | Rẻ nhất và chắc chắn nhất; lia mượt theo tốc độ đều | Không di chuyển được trong lúc quay |

*Hình 9.23 Năm cách chống rung và giới hạn của từng cách*

**QUY TẮC 9.3 — CHỌN CÁCH NÀO CHO LOẠI RUNG NÀO**

**Rung tay tần số cao khi cầm máy đứng yên:** chống rung quang học hoặc chống rung dịch cảm biến là đủ.

**Rung biên độ lớn khi đi bộ:** hai cách trên không xử lý được, cần dùng gimbal hoặc steadicam.

Cú máy hoàn toàn tĩnh, hoặc cú lia và ngóc đều tay: dùng chân máy có đầu dầu, là giải pháp chi phí thấp nhất và ổn định nhất.

**Cần lưu ý một nguyên tắc nghề:** rung không phải lúc nào cũng là lỗi, vì cú máy cầm tay có chủ ý là một thủ pháp ngôn ngữ điện ảnh, còn điều cần tránh là rung không có chủ ý.

Riêng chống rung điện tử cần một lưu ý. Kỹ thuật này cắt bớt mép khung rồi dịch vùng cắt ngược chiều rung, nghĩa là làm mất một phần góc nhìn và một phần độ phân giải. Với máy quay ở độ phân giải cao hơn mức cần thiết thì đó là sự đánh đổi chấp nhận được, nhưng khi đã quay đúng độ phân giải giao nộp thì nên tắt chức năng này.

## 9.13 Kính lọc

### 9.13.1 Hai vòng lọc độc lập trên máy quay chuyên dụng

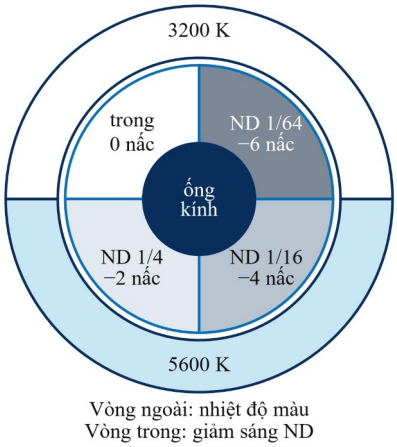
Trên máy quay chuyên dụng, các nấc lọc thường được mô tả theo nhiệt độ ánh sáng môi trường: nấc 1 cho ánh sáng yếu dưới 3200 K, nấc 3 cho ngoài trời vừa phải từ 4000 tới 5600 K, nấc 4 cho nắng gắt từ 6500 K. Cách mô tả bằng một danh sách như vậy gộp hai chức năng khác nhau vào một dãy duy nhất.

Hình 9.24 minh hoạ hộp che sáng gắn trước ống kính, nơi kính lọc dạng tấm được lắp vào khay riêng.



*Hình 9.24 Lắp tấm kính lọc vào hộp che sáng (matte box) gắn trên thanh ray của máy quay RED*

*Nguồn: MariahMartinez1, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*




| Cảnh quay | Vòng ngoài | Vòng ND |
|---|---|---|
| **Trong nhà, đèn sợi đốt** | 3200 K | trong |
| **Ngoài trời râm** | 5600 K | trong hoặc 1/4 |
| **Nắng gắt** | 5600 K | 1/16 hoặc 1/64 |

Hai vòng xoay độc lập; đặt xong cả hai mới cân bằng trắng.

*Hình 9.25 Hai vòng lọc riêng biệt trên thân máy quay chuyên dụng*

**GHI NHỚ 9.9 — THỰC TẾ CÓ HAI VÒNG ĐỘC LẬP**

Vòng chuyển đổi nhiệt độ màu đưa ánh sáng của cảnh về đúng nhiệt độ màu mà phần điện tử phía sau yêu cầu; các nấc thường là "trong" cho 3200 K và một nấc chuyển đổi cho 5600 K.

Vòng giảm sáng ND giảm cường độ ánh sáng mà không làm đổi màu; các nấc thường là trong, 1/4, 1/16 và 1/64.

Hai vòng xoay độc lập với nhau, nên khi quay ngoài nắng gắt phải vặn cả hai: vòng ngoài về 5600 K và vòng ND về 1/16 hoặc 1/64. Nếu gộp chúng vào một danh sách, người vận hành khó xác định cần vặn vòng nào.

### 9.13.2 Kính ND và thang giảm sáng

Kính ND làm giảm lượng ánh sáng đi qua mà không làm đổi màu. Mức giảm được ghi theo hai cách: theo phần ánh sáng còn lại, hoặc theo số nấc.

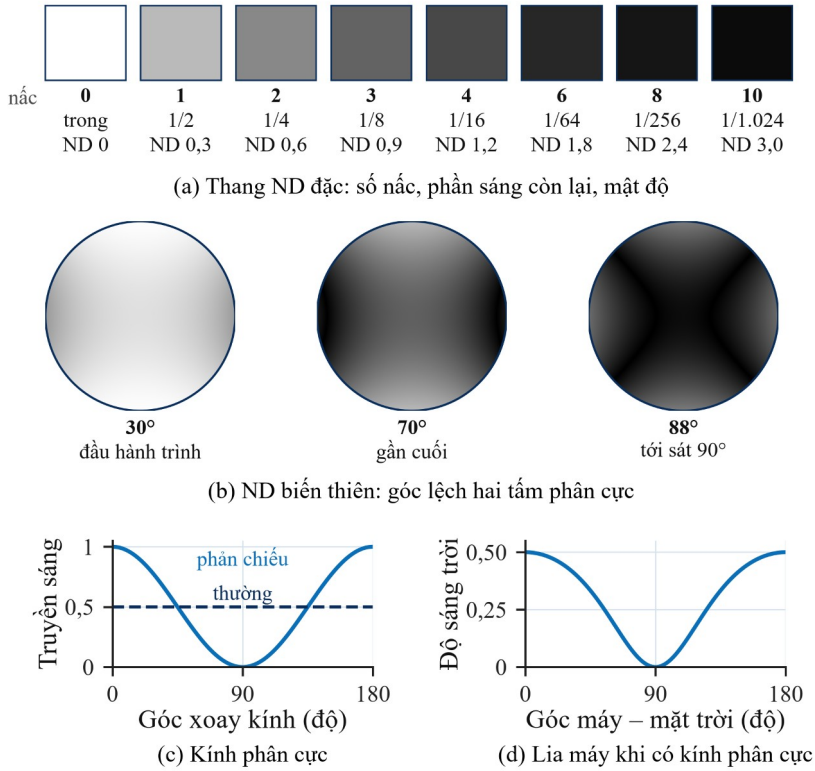
Hình 9.26 so sánh cùng một cảnh nhìn qua kính ND và nhìn trực tiếp, cho thấy kính lọc trung tính giảm đồng đều lượng sáng vào ống kính.



*Hình 9.26 Cảnh nhìn qua kính ND4 (trong vòng kính) và cảnh nhìn trực tiếp*

*Nguồn: Robert Emperley, CC BY-SA 2.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*

$$\tau_{\text{ND}} = 2^{-N} \quad ; \quad f_{\text{new}} = f \cdot 2^{N/2} \tag{9.16}$$




*Hình 9.27 Thang kính ND, hiện tượng chữ X của ND biến thiên, và kính phân cực*

*Bảng 9.9 Đối chiếu cách ghi mức giảm sáng của kính ND*

| Số nấc giảm | Phần sáng còn lại | Ghi kiểu phân số | Ghi kiểu mật độ | Dùng khi |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1/2 | ND2 | ND 0.3 | Trời râm nhẹ, muốn mở thêm một nấc |
| 2 | 1/4 | ND4 | ND 0.6 | Trời râm, hoặc trong nhà rất sáng |
| 4 | 1/16 | ND16 | ND 1.2 | Ngoài trời có nắng |
| 6 | 1/64 | ND64 | ND 1.8 | Nắng gắt buổi trưa |
| 10 | 1/1024 | ND1000 | ND 3.0 | Phơi sáng rất dài để làm mượt nước hoặc mây |

Có thể đặt câu hỏi vì sao cần kính ND trong khi có thể đơn giản khép khẩu. Lý do thứ nhất là khép khẩu làm dày vùng nét, trong khi người quay nhiều khi muốn giữ vùng nét mỏng để tách chủ thể khỏi nền; lý do thứ hai là màn trập không được thay đổi, theo quy tắc 180 độ ở mục 9.25. Vì vậy ND đóng vai trò biến điều chỉnh thứ ba thay cho màn trập, như sẽ trình bày kỹ ở mục 9.24.

### 9.13.3 ND biến thiên và hiện tượng chữ X

Kính ND biến thiên gồm hai tấm phân cực xoay được so với nhau. Khi xoay tấm ngoài, mức giảm sáng thay đổi liên tục, rất thuận tiện khi ánh sáng biến động trong lúc quay.

Tuy nhiên, khi hai tấm xoay lệch nhau gần chín mươi độ, tức ở đầu mút của hành trình, ánh sáng bị chặn không đều trên toàn khung và sinh ra một vệt tối hình chữ X. Hiện tượng này rõ nhất với ống góc rộng.

> **QUY TẮC 9.4 — BA QUY TẮC KHI DÙNG ND BIẾN THIÊN**
>
> Không vặn tới hết hành trình mà dừng lại trước mốc tối đa do hãng ghi trên vành kính.
>
> Kiểm tra bằng cách quay thử một mặt phẳng sáng đều, như bầu trời hoặc một bức tường trắng, rồi quan sát toàn khung trên màn hình.
>
> Với ống góc rộng, nên cân nhắc dùng ND đặc theo nấc thay cho ND biến thiên.

### 9.13.4 IRND và hiện tượng lệch màu vùng đen

Kính ND lý tưởng chặn đều mọi bước sóng. Kính ND thực tế, nhất là loại giá thấp, chặn ánh sáng nhìn thấy tốt nhưng để lọt phần *hồng ngoại*. Do cảm biến vẫn nhạy với phần ấy, nên khi dùng ND dày ngoài nắng, tỉ lệ hồng ngoại trong tổng ánh sáng tăng mạnh.

Hậu quả dễ nhận biết là vải đen, nhất là vải tổng hợp, ngả tím hoặc ngả đỏ. Kính IRND là kính ND có thêm lớp chặn hồng ngoại, và đó là lý do giá của nó cao hơn ND thường đáng kể.

### 9.13.5 Kính phân cực và các kính khác

Kính phân cực loại bỏ ánh sáng phản chiếu từ bề mặt không kim loại như mặt nước, mặt kính hay lá cây bóng, nhờ đó làm màu trời đậm lên và màu vật bão hoà hơn. Hiệu quả phụ thuộc góc xoay kính và góc giữa máy với mặt trời.

> **CẢNH BÁO 9.5 — CÁI BẪY CỦA KÍNH PHÂN CỰC KHI QUAY PHIM**
>
> Hiệu quả của kính phân cực phụ thuộc vào góc giữa hướng máy và hướng mặt trời. Khi lia máy, góc ấy thay đổi liên tục nên hiệu quả cũng thay đổi liên tục, khiến bầu trời đậm nhạt thất thường trong cùng một cú máy.
>
> Lỗi này thường gặp khi quay phong cảnh và không khắc phục được ở khâu hậu kỳ.
>
> Kính phân cực còn làm mất khoảng một tới hai nấc sáng, nên cần được tính vào phơi sáng.

*Bảng 9.10 Các loại kính lọc khác và mục đích của chúng*

| Loại kính | Tác dụng | Lưu ý khi dùng |
|---|---|---|
| Kính bảo vệ | Che bụi, nước và va quệt cho thấu kính đầu tiên | Thêm hai mặt phản xạ; kính rẻ làm giảm chất lượng thấy được |
| Kính tán sắc, mist | Làm mềm vùng chuyển sáng tối, giảm bớt độ gắt của nguồn sáng mạnh, tạo quầng nhẹ quanh đèn | KHÔNG gỡ được ở hậu kỳ; nên thử trước và quay cả bản không kính |
| Kính chặn hồng ngoại | Chặn phần hồng ngoại cho cảm biến | Nhiều máy đã tích hợp sẵn |
| Kính hiệu ứng sao | Kéo nguồn sáng điểm thành hình sao nhiều cánh | Còn gọi là "kính sao"; hiệu ứng rất mạnh, dùng dè dặt |

Cuối cùng là thứ tự xếp kính. Việc xếp nhiều kính chồng lên nhau làm tăng phản xạ giữa các mặt, sinh loá và bóng ma. Quy tắc thực dụng là đặt kính tán sắc trong cùng sát ống kính, ND ở giữa, kính phân cực ngoài cùng để có thể xoay mà không phải tháo; nguyên tắc chung là càng ít kính càng tốt.

## 9.14 Bài thực hành số 2 — ống kính và kính lọc

Ống kính và kính lọc. Mục tiêu: người đọc nhận ra được bằng mắt bốn hiện tượng đã nêu ở phần này và biết cách kiểm tra thiết bị trước khi mang ra hiện trường.

Cần chuẩn bị một máy quay đặt được khẩu thủ công, một ống kính có vòng nét xoay tay, một bộ kính ND đặc, một kính ND biến thiên, một kính phân cực, một chân máy và một thẻ xám. Bài thực hành ngoài trời có nắng cho kết quả rõ nhất.

*Bảng 9.11 Bốn phần của bài thực hành số 2*

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 1. Đo thở tiêu cự | Đặt máy trên chân, khung hình cố định có một vật ở gần và một vật ở xa. Quay một cú kéo nét từ vật gần sang vật xa. Lặp lại với ống kính khác nếu có. Dừng hình ở hai đầu và so bề rộng phần nền lọt khung. | Đo được mức thở tính bằng phần trăm bề rộng khung. Thấy được vì sao ống thở nhiều làm cú chuyển nét kém mượt. |
| 2. Hiện tượng chữ X | Lắp ND biến thiên, chĩa vào bầu trời hoặc tường trắng sáng đều. Xoay từ mức nhẹ nhất tới hết hành trình, quay liên tục. Lặp lại với ống góc rộng và ống tele. | Vệt tối hình chữ X hiện ra ở gần cuối hành trình, và rõ hơn hẳn với ống góc rộng. Xác định được mốc an toàn của chính chiếc kính đang có. |
| 3. Kính phân cực khi lia máy | Quay một cú lia ngang chừng chín mươi độ dưới trời nắng, có bầu trời trong khung. Lần một không kính, lần hai có kính phân cực đã xoay tới hiệu quả mạnh nhất ở điểm bắt đầu. | Ở bản có kính phân cực, độ đậm của bầu trời đổi rõ trong lúc lia. Rút ra quy tắc: cân nhắc kỹ trước khi dùng kính phân cực cho cú lia rộng. |
| 4. IRND và vùng đen | Đặt một mảnh vải đen tổng hợp và thẻ xám cạnh nhau ngoài nắng. Quay ba bản: không ND, có ND thường dày (bốn tới sáu nấc), và có IRND cùng mức. Giữ nguyên cân bằng trắng. | Bản dùng ND thường cho vải đen ngả tím rõ; bản IRND thì không. Nếu lớp chỉ có ND thường, ghi nhận mức ngả màu để biết mà tránh. |

Kết quả cần có: hai ảnh dừng hình đầu và cuối của phần một kèm số đo mức thở; ảnh chụp hiện tượng chữ X kèm mốc an toàn xác định được; hai đoạn lia của phần ba đặt cạnh nhau; và bốn ảnh của phần bốn có chú thích màu vùng đen.

**GHI NHỚ 9.10 — NẾU THIẾU THIẾT BỊ**

Nếu không có ND biến thiên thì bỏ phần hai và thay bằng việc đo mức ngả màu của từng nấc ND đặc có sẵn, đây cũng là một bài học hữu ích.

Nếu không có IRND thì phần bốn vẫn thực hiện được với ND thường, khi đó chỉ cần ghi nhận rằng hiện tượng ngả màu có xảy ra và xảy ra ở mức nào.

Phần ba chỉ cần một kính phân cực cho cả lớp, thực hiện chung trên một máy.

## 9.15 Từ photon tới điện tích

### 9.15.1 Cơ chế cảm quang

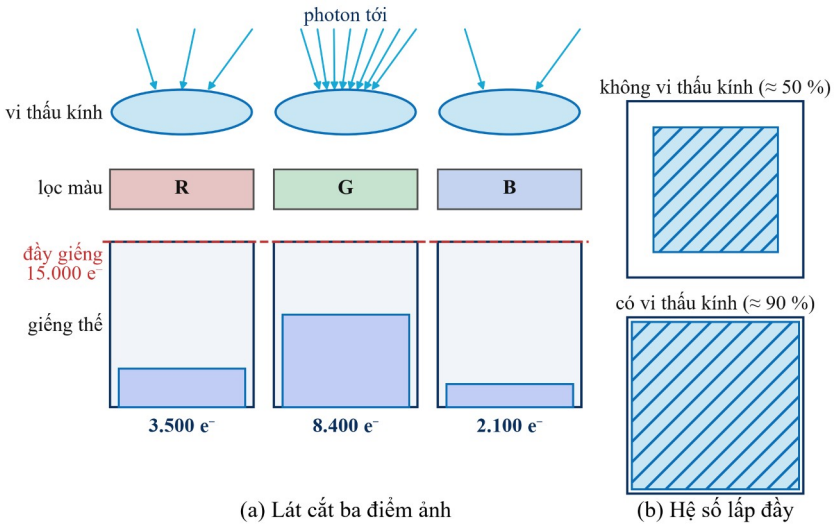
Cảm biến là thiết bị chuyển ánh sáng thành điện tích và xử lý thành tín hiệu điện tử: một tấm lưới gồm vô số ô nhỏ, trong đó mỗi ô biến ánh sáng từ vật thể thành điện năng. Phần dưới đây trình bày cơ chế chi tiết, vì chính cơ chế ấy giải thích mọi khác biệt về nhiễu và dải động giữa các máy [17], [18].

Mỗi ô của cảm biến là một điốt quang làm bằng silic. Khi một photon đủ năng lượng đập vào silic, nó giải phóng một cặp điện tử và lỗ trống, gọi là hiệu

ứng quang điện trong. Điện tử sinh ra bị giữ lại trong một vùng thế năng gọi là *giếng thế* và tích tụ ở đó suốt thời gian phơi sáng.

$$N_e = \mathrm{QE} \cdot N_{\mathrm{ph}} \tag{9.17}$$

trong đó QE là hiệu suất lượng tử, tức tỉ lệ photon tới thật sự sinh ra một điện tử. Cảm biến hiện nay đạt khoảng năm mươi tới chín mươi phần trăm ở vùng bước sóng nhạy nhất.




*Hình 9.28 Cấu tạo một điểm ảnh và đường đi của photon*

### 9.15.2 Bốn khái niệm của một điểm ảnh

*Bảng 9.12 Bốn thông số quyết định chất lượng của một điểm ảnh*

| Khái niệm | Định nghĩa | Ảnh hưởng tới |
|---|---|---|
| Hiệu suất lượng tử | Phần trăm photon tới sinh ra được một điện tử | Độ nhạy: cùng lượng ánh sáng, hiệu suất cao thì tín hiệu mạnh hơn |
| Dung lượng giếng | Số điện tử tối đa một ô chứa được trước khi bão hoà | Giới hạn TRÊN của dải động; giếng đầy nghĩa là cháy trắng |
| Hệ số lấp đầy | Phần diện tích của ô thật sự cảm quang, phần còn lại là mạch điện | Lượng ánh sáng thu được trên mỗi ô |
| Vi thấu kính | Thấu kính tí hon đặt trên mỗi ô, gom ánh sáng của cả ô về phần cảm quang | Bù lại hệ số lấp đầy thấp — nhất là với cảm biến CMOS |

**GHI NHỚ 9.11 — VÌ SAO ĐIỂM ẢNH LỚN HƠN THÌ TỐT HƠN**

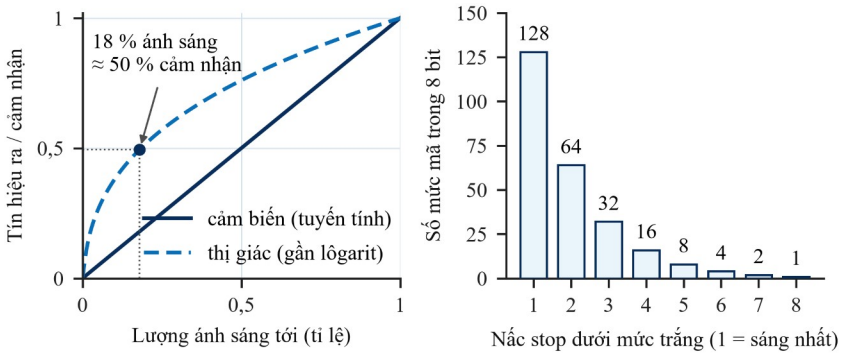
Với cùng một công nghệ, ô lớn hơn thì giếng sâu hơn và hứng được nhiều photon hơn trong cùng thời gian phơi sáng.

Đó là lý do một cảm biến mười hai triệu điểm ảnh khổ toàn khung thường ít nhiễu hơn một cảm biến bốn mươi tám triệu điểm ảnh cùng khổ, và cũng là lý do máy quay điện ảnh không chạy đua về megapixel.

Với video, nơi độ phân giải cần thiết chỉ là 1920 × 1080 hoặc 3840 × 2160, việc tăng thêm điểm ảnh không đem lại lợi ích mà còn làm giảm chất lượng.

### 9.15.3 Cảm biến tuyến tính, thị giác thì không

Đây là một tính chất quan trọng và là gốc rễ của toàn bộ Chương 7. Vì cảm biến đếm photon nên số điện tử tỉ lệ thuận với lượng ánh sáng: ánh sáng tăng gấp đôi thì số điện tử cũng tăng gấp đôi.




(a) Hai đáp ứng (b) Mã tuyến tính 8 bit

*Hình 9.29 Cảm biến đáp ứng tuyến tính, còn thị giác thì gần logarit*

Mắt người thì không đáp ứng như vậy: mắt nhạy với thay đổi ở vùng tối hơn nhiều so với vùng sáng, và đáp ứng của nó gần với hàm logarit. Nếu ghi thẳng tín hiệu tuyến tính ở tám bit thì phần lớn trong 256 mức sẽ rơi vào vùng sáng, nơi mắt ít phân biệt, còn vùng tối chỉ được vài mức và lập tức sinh hiện tượng dải màu.

Vì thế mọi máy quay đều áp một đường phi tuyến trước khi ghi: gamma cho ảnh xem ngay, hoặc đường log khi cần giữ dải động cho khâu chỉnh màu. Nội dung này đã học ở mục 7.20 và nay được xét ở đúng chỗ phát sinh của nó là mặt cảm biến: Chương 7 trình bày đường log là gì, còn ở đây giải thích vì sao đường log bắt buộc phải có.

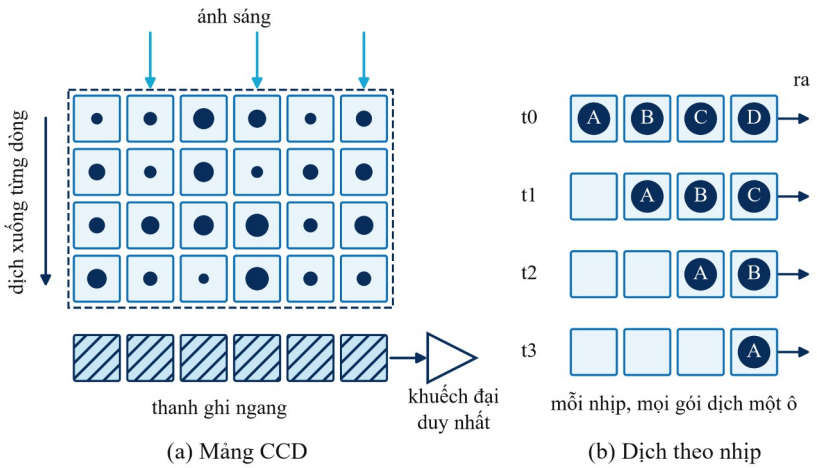
## 9.16 Công nghệ CCD

### 9.16.1 Hai chế độ của mỗi ô

Mỗi tế bào trong mảng CCD có hai chế độ hoạt động.

– **Chế độ lưu trữ.** Điện tích tích tụ trong tế bào, tỉ lệ với ánh sáng rơi lên vùng cảm nhận ánh sáng của tế bào ấy.

– **Chế độ truyền.** Điện tích nạp trong tế bào di chuyển tới một tế bào kề bên, theo hàng ngang cũng như hàng dọc; cả một dòng, thậm chí cả mảng hai chiều, được thực hiện cùng nhau.




*Hình 9.30 CCD: chuyển điện tích theo nhịp, đọc qua một bộ khuếch đại*

Kiến trúc thông dụng của CCD là: "hầu hết các CCD gồm có hai mảng tế bào: một là vùng tạo ảnh, tại đó ảnh quang được hội tụ, và một vùng đọc được che khuất ánh sáng. Chế độ truyền đạt được sử dụng để di chuyển ảnh điện tử từ vùng tạo ảnh sang vùng đọc, thường ở trong chu kỳ xóa dòng."

> **GHI NHỚ 9.12 — ĐIỂM MẤU CHỐT ĐỂ HIỂU CẢ MỤC 9.19**
> Vì cả mảng dịch chuyển cùng lúc nên mọi điểm ảnh của một khung CCD ứng với cùng một khoảnh khắc.
> Đây chính là điểm khác biệt giữa CCD và CMOS thông thường, và là gốc của toàn bộ hiện tượng màn trập cuốn ở mục 9.19.

### 9.16.2 Ba kiến trúc CCD

*Bảng 9.13 Ba kiến trúc CCD và chỗ dùng của chúng*

| Kiến trúc | Cách làm | Ưu và nhược |
|---|---|---|
| Full frame | Cả mảng vừa cảm quang vừa truyền điện tích | Đơn giản và hệ số lấp đầy cao nhất, nhưng phải có màn trập cơ khí che trong lúc đọc; dùng cho thiên văn và khoa học |
| Frame transfer | Có thêm một vùng đọc che sáng bằng đúng vùng tạo ảnh; chép cả khung sang vùng ấy rất nhanh rồi mới đọc thong thả | Không cần màn trập cơ khí; đây là một kiến trúc của máy quay CCD; kiến trúc interline cũng chốt cả khung cùng lúc. Nhược: diện tích chip gấp đôi nên đắt |
| Interline | Xen giữa các cột cảm quang là các cột che sáng; chuyển ngang một bước là xong | Nhanh nhất và rẻ nhất, nhưng hệ số lấp đầy thấp nên phải bù bằng vi thấu kính |

### 9.16.3 Hiện tượng loang dọc

Một hiện tượng đặc trưng của CCD là khi trong khung có nguồn sáng rất chói, như đèn sân khấu, mặt trời hay đèn pha xe, điện tích tràn khỏi giếng của

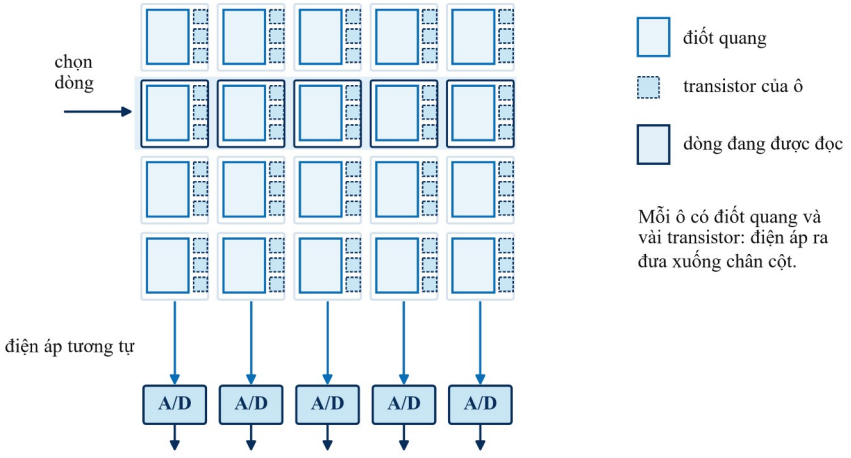
những ô bị chiếu quá mức và chảy sang các ô kề bên theo cột, tạo một vệt sáng dọc chạy suốt khung hình.

Các CCD đời sau có mạch chống tràn để hạn chế hiện tượng này nhưng không loại bỏ hoàn toàn. Đây là một dấu hiệu giúp nhận ra tư liệu quay bằng CCD, và cũng là một trong những lý do CMOS được ưa chuộng hơn ở sân khấu và sự kiện.

## 9.17 Công nghệ CMOS

### 9.17.1 Điểm ảnh chủ động

Nguyên lý của CMOS được mô tả như sau: "trong hầu hết những thiết bị CMOS có vài transistor cho mỗi một pixel", "mỗi pixel được đọc giá trị riêng biệt", và "cạnh mỗi điểm bắt sáng đã có sẵn mạch điện bổ trợ dễ dàng tích hợp ngay quá trình xử lý điểm ảnh".




(a) Mảng điểm ảnh chủ động

*Hình 9.31 CMOS: mỗi ô tự khuếch đại, mỗi cột có bộ biến đổi riêng*

Mỗi ô CMOS gồm một điốt quang cùng vài transistor làm nhiệm vụ xoá, đọc và khuếch đại ngay tại chỗ, vì vậy được gọi là điểm ảnh *chủ động*. Điện áp ra của mỗi ô được đưa xuống chân cột, nơi có một bộ biến đổi tương tự sang số riêng cho từng cột.

### 9.17.2 Tín hiệu ra của điểm ảnh CMOS

**GHI NHỚ 9.13 — ĐIỂM ẢNH CMOS XUẤT ĐIỆN ÁP TƯƠNG TỰ, KHÔNG PHẢI SỐ**

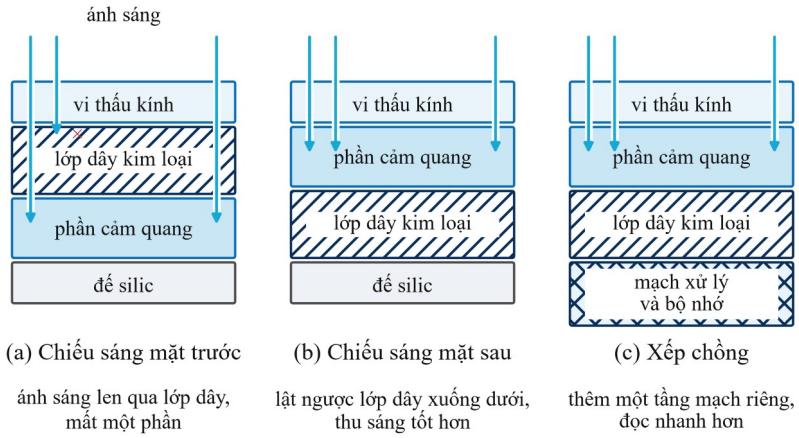
Điểm ảnh CMOS xuất điện áp tương tự, giống như CCD. Điểm khác biệt là bộ biến đổi tương tự sang số nằm ngay trên cùng đế silic, ở chân mỗi cột, thay vì nằm ở một chip riêng bên ngoài.

Cảm biến CMOS không mang tính "số" ở mức điểm ảnh. Nếu hiểu sai điểm này thì không giải thích được vì sao vẫn có nhiễu đọc, vì sao vẫn phải xét độ sâu bit của bộ biến đổi, và vì sao vẫn có dual native ISO ở mục 9.22.

### 9.17.3 Ba hệ quả của kiến trúc CMOS

- **Đọc song song.** Cả một dòng được số hoá cùng lúc thay vì nối tiếp qua một bộ khuếch đại duy nhất; đây là lý do CMOS đọc nhanh hơn CCD rất nhiều và là nền tảng của quay tốc độ cao.
- **Đọc được một vùng.** Vì mỗi ô có địa chỉ riêng, máy đọc được riêng một vùng ảnh, và "cấu trúc này cung cấp chức năng tương tác một vùng điểm ảnh, điều mà chip cảm biến CCD khó làm được". Đặc điểm này cũng là nền tảng của lấy nét theo pha trên cảm biến.
- **Phải đọc lần lượt từng dòng.** Đây là hệ quả quan trọng nhất đối với người quay phim, vì nó sinh ra màn trập cuốn ở mục 9.19 và là cái giá phải trả cho hai ưu điểm trên.

### 9.17.4 Ba thế hệ kiến trúc CMOS




*Hình 9.32 Ba thế hệ kiến trúc CMOS: mặt trước, mặt sau và xếp chồng*

CMOS có một hạn chế cố hữu: "vì các tế bào quang điện đó không nằm sát nhau và chỉ chiếm một phần diện tích của phần tử pixel". Ba thế hệ kiến trúc dưới đây tương ứng với ba cách giải quyết hạn chế ấy.

*Bảng 9.14 Ba thế hệ kiến trúc CMOS*

| Kiến trúc | Cách làm | Được gì |
|---|---|---|
| Chiếu sáng mặt trước | Thứ tự từ trên xuống: vi thấu kính, lớp dây kim loại, phần cảm quang, đế silic | Đơn giản và rẻ, nhưng ánh sáng phải len qua lớp dây nên mất một phần |
| Chiếu sáng mặt sau | Lật ngược: phần cảm quang lên trên, lớp dây xuống dưới | Thu sáng tốt hơn rất đáng kể mà không cần ô lớn hơn; nay là chuẩn của hầu hết cảm biến tốt |
| Cảm biến xếp chồng | Gắn thêm một tầng mạch xử lý và bộ nhớ ngay dưới tầng cảm quang | Đọc hết cảm biến NHANH HƠN NHIỀU LẦN — cách hiệu quả nhất để giảm màn trập cuốn mà không phải chuyển sang màn trập toàn cục |

## 9.18 CCD so với CMOS

### 9.18.1 Bảng so sánh viết lại

| Tiêu chí | CCD | CMOS |
|---|---|---|
| Tín hiệu tại điểm ảnh | Gói điện tích | **Điện áp tương tự** |
| Nơi biến đổi sang số | Một bộ ở cuối chuỗi | **Một bộ ở chân mỗi cột** |
| Cách đọc | Nối tiếp qua một bộ khuếch đại | Song song theo cột |
| Thời điểm của một khung | Mọi điểm ảnh cùng một khoảnh khắc | **Lần lượt từng dòng (màn trập cuốn)** |
| Tốc độ đọc | Thấp | Cao; rất cao với loại xếp chồng |
| Điện năng tiêu thụ | Cao hơn | Thấp hơn |
| Đọc riêng một vùng ảnh | Khó | Dễ; nền của quay tốc độ cao |
| Nhiễu và độ đồng đều | Rất đồng đều, vì chung một bộ khuếch đại | Mỗi ô một mạch nên phải hiệu chỉnh; nay đã tốt |
| Hiện tượng loang dọc | Có, khi có nguồn sáng chói | Gần như không có |
| Giá thành | Cao, dây chuyền riêng | Thấp, chung dây chuyền vi mạch |
| Tình trạng hiện nay | Đã ngừng phát triển; gần như không còn trong máy mới | Gần như mọi máy quay và máy ảnh mới |

*Hình 9.33 CCD so với CMOS theo các tiêu chí đo được*

### 9.18.2 Cảnh chuyển động: CMOS và CCD

**GHI NHỚ 9.14 — CMOS VÀ CCD VỚI CẢNH CHUYỂN ĐỘNG**

Cảm biến CMOS thông thường đọc lần lượt từng dòng, nên vật chuyển động nhanh bị nghiêng và biến dạng (hiện tượng màn trập cuốn, trình bày ở mục sau), trong khi CCD (kiến trúc frame transfer hoặc interline) chốt cả khung cùng một lúc nên không có hiện tượng ấy.

CMOS có tốc độ đọc nhanh hơn, nhưng tốc độ đọc nhanh không đồng nghĩa với việc chốt cả khung cùng lúc.

### 9.18.3 Cập nhật trạng thái thị trường

Ở giai đoạn đầu, ranh giới giữa các ứng dụng của hai công nghệ không rõ ràng: các nhà thiết kế CMOS tập trung phát triển chất lượng ảnh, còn phía thiết kế CCD tập trung làm giảm kích thước cũng như tiêu hao năng lượng. Tuy nhiên, cuộc đua này đã kết thúc từ lâu.

Hãng cảm biến lớn nhất thế giới đã công bố dừng phát triển CCD từ giữa thập niên 2010 và chỉ duy trì hỗ trợ cho khách hàng công nghiệp trong một thời hạn xác định, vì vậy máy quay và máy ảnh mới sản xuất ngày nay gần như đều dùng CMOS.

**GHI NHỚ 9.15 — VẬY CÓ CÒN CẦN HỌC CCD KHÔNG**

Có, vì hai lý do.

Thứ nhất, kho tư liệu của các đài truyền hình có hàng chục nghìn giờ quay bằng máy CCD, nên người làm hậu kỳ cần nhận ra các đặc trưng của loại cảm biến này, gồm hiện tượng loang dọc và việc không có màn trập cuốn.

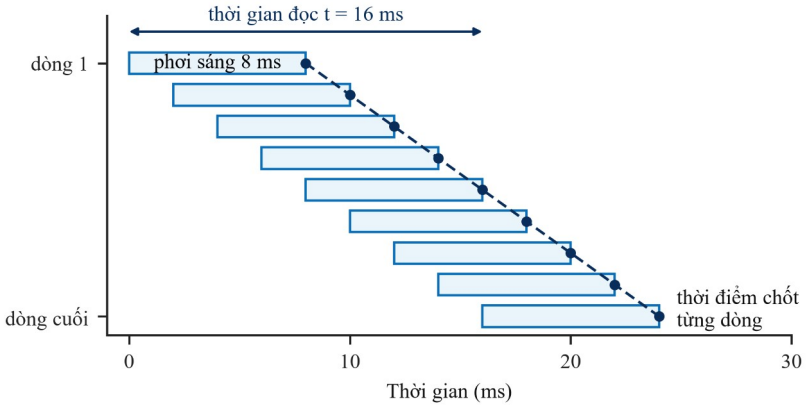
Thứ hai, và quan trọng hơn, việc hiểu cách CCD chốt cả khung cùng lúc là con đường nhanh nhất để hiểu vì sao CMOS sinh ra màn trập cuốn, bởi nếu thiếu mốc so sánh thì hiện tượng ở mục sau rất khó hình dung.

## 9.19 Màn trập cuốn và màn trập toàn cục

Màn trập cuốn là hiện tượng người quay phim gặp hằng ngày, đồng thời là nguyên nhân của bốn loại hỏng hình rất phổ biến.

### 9.19.1 Cơ chế

Cảm biến CMOS thông thường không chốt cả khung cùng lúc mà xoá và đọc lần lượt *từng dòng*, từ trên xuống. Mỗi dòng phơi sáng đúng bằng thời gian màn trập đã đặt, nhưng thời điểm *bắt đầu* và *kết thúc* của mỗi dòng lệch nhau một chút.




(a) Mỗi dòng một thời điểm

| Thời gian đọc | Lia 30°/s | Lia 60°/s | Lia 120°/s |
|---|---|---|---|
| 4 ms | 0,2° | 0,3° | 0,7° |
| 8 ms | 0,3° | 0,7° | 1,4° |
| 16 ms | 0,7° | 1,4° | 2,8° |
| 30 ms | 1,3° | 2,6° | 5,2° |

$\tan\beta = \omega \cdot t / \alpha$; $\alpha = 39{,}6°$ (ống 50 mm, khổ toàn khung)

(b) Góc nghiêng β khi lia

*Hình 9.34 Mỗi dòng phơi sáng và được chốt ở một thời điểm khác nhau*

Tổng thời gian để quét hết từ dòng đầu tới dòng cuối gọi là *thời gian đọc*. Với cảm biến đời cũ hoặc chế độ quay độ phân giải cao, thời gian ấy có thể tới hai ba chục mili giây, còn với cảm biến xếp chồng, nó xuống dưới năm mili giây.

### 9.19.2 Tính độ nghiêng khi lia máy

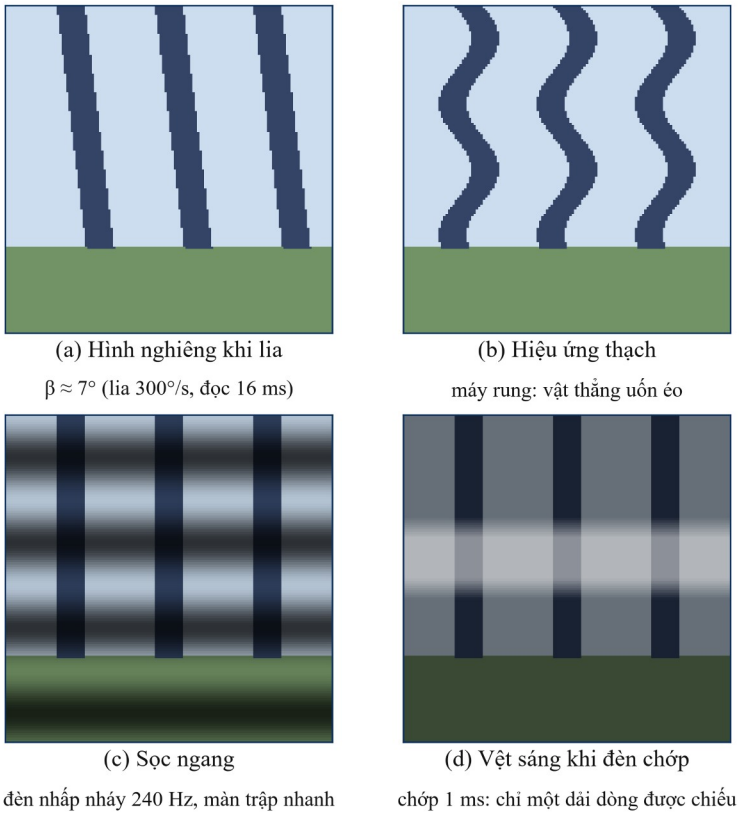
Khi máy lia ngang, ảnh dịch đi trong lúc cảm biến đang đọc, nên dòng trên và dòng dưới ghi lại vật ở hai vị trí khác nhau và vật thẳng đứng trở thành nghiêng. Góc nghiêng được tính như sau:

$$\tan\beta = \frac{\omega \cdot t_{\text{read}}}{\alpha} \tag{9.18}$$

trong đó ω là tốc độ lia tính bằng độ trên giây, t là thời gian đọc, và α là góc nhìn ngang. Bảng số trong hình vừa rồi được tính theo đúng công thức này với ống 50 mm trên khổ toàn khung.

> **GHI NHỚ 9.16 — ĐỌC CON SỐ TRONG BẢNG**
>
> Với cảm biến đọc trong 30 mili giây, lia 120 độ mỗi giây làm vật thẳng đứng nghiêng hơn năm độ, mức mà mắt thấy rõ.
>
> Với cảm biến xếp chồng đọc trong 4 mili giây, cùng tốc độ lia ấy chỉ gây nghiêng dưới một độ, mức gần như không nhận thấy.
>
> Các con số này là cơ sở cụ thể để cân nhắc việc đầu tư máy cảm biến xếp chồng: nếu công việc có nhiều cú lia nhanh, như thể thao hoặc sự kiện, thì khoản đầu tư đáng giá; nếu chủ yếu quay cảnh tĩnh và phỏng vấn thì không cần thiết.

### 9.19.3 Bốn hiện tượng



(a) Hình nghiêng khi lia β ≈ 7° (lia 300°/s, đọc 16 ms)

(b) Hiệu ứng thạch máy rung: vật thẳng uốn éo

(c) Sọc ngang đèn nhấp nháy 240 Hz, màn trập nhanh

(d) Vệt sáng khi đèn chớp chớp 1 ms: chỉ một dải dòng được chiếu

*Hình 9.35 Bốn hiện tượng do màn trập cuốn sinh ra*

*Bảng 9.15 Bốn hiện tượng của màn trập cuốn*

| Hiện tượng | Khi nào xảy ra | Cách tránh |
|---|---|---|
| Hình nghiêng | Lia máy ngang, hoặc quay vật chuyển động ngang nhanh: cột điện, thanh chắn, chân người chạy | Lia chậm hơn; dùng ống rộng hơn; chọn chế độ có thời gian đọc ngắn |
| Hiệu ứng thạch | Máy rung khi cầm tay hoặc gắn lên phương tiện đang chạy: vật thẳng uốn éo như thạch | Chống rung cơ khí hoặc gimbal; giảm rung tần số cao ở gốc |
| Sọc ngang | Quay dưới đèn nhấp nháy — đèn LED điều chế xung, đèn huỳnh quang — với màn trập nhanh | Đặt màn trập đúng bội của chu kỳ nhấp nháy; xem kỹ mục 9.25 |
| Vệt sáng khi có đèn chớp | Trong khung có đèn flash của máy ảnh, hoặc đèn chớp sân khấu: chỉ một phần khung được chiếu | Gần như không tránh được; ở sự kiện có nhiều máy ảnh thì phải chấp nhận và chọn đúp không dính |

### 9.19.4 Màn trập toàn cục

Màn trập toàn cục là cơ chế xoá và chốt *toàn bộ* điểm ảnh cùng một lúc, rồi mới đọc dữ liệu với tốc độ thong thả. Về hiệu quả, nó giống CCD frame transfer: không xuất hiện hiện tượng nào trong bốn hiện tượng trên.

Cái giá phải trả là mỗi ô phải có thêm một vùng nhớ điện tích riêng, chiếm bớt diện tích của phần cảm quang. Hệ quả là ô nhỏ đi, giếng nông hơn, và dải động thường thấp hơn khoảng một tới hai stop so với cảm biến cùng thế hệ dùng màn trập cuốn.

*Bảng 9.16 Ba cách xử lý màn trập cuốn, và cái giá của mỗi cách*

| Cách | Được | Mất |
|---|---|---|
| Chấp nhận và điều chỉnh thao tác | Không tốn tiền; giữ nguyên dải động của máy | Phải lia chậm, phải chọn ống, phải để ý đèn |
| Dùng cảm biến xếp chồng | Giảm thời gian đọc xuống vài lần; giữ được dải động | Máy đắt hơn đáng kể |
| Dùng màn trập toàn cục | Triệt tiêu hoàn toàn hiện tượng | Dải động thấp hơn một tới hai stop; máy đắt; ít lựa chọn |

## 9.20 Ma trận Bayer và khử ghép màu

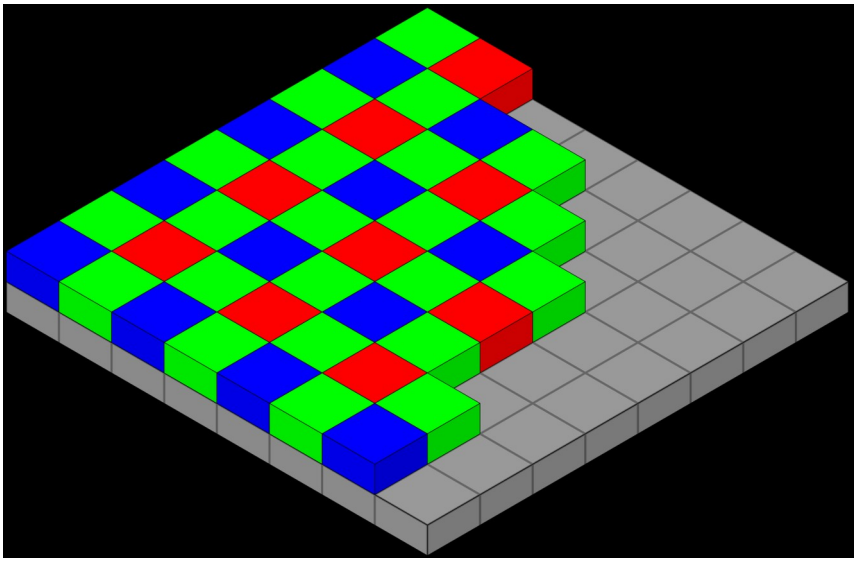
Bên cạnh khối lăng kính ba cảm biến (xem mục 9.21), phần lớn máy quay hiện nay dùng *một* cảm biến phủ mảng lọc màu.

### 9.20.1 Mảng lọc màu

Điốt quang bằng silic không phân biệt được màu mà chỉ đếm photon, nên muốn có màu thì phải phủ lên mỗi ô một kính lọc chỉ cho một dải bước sóng đi

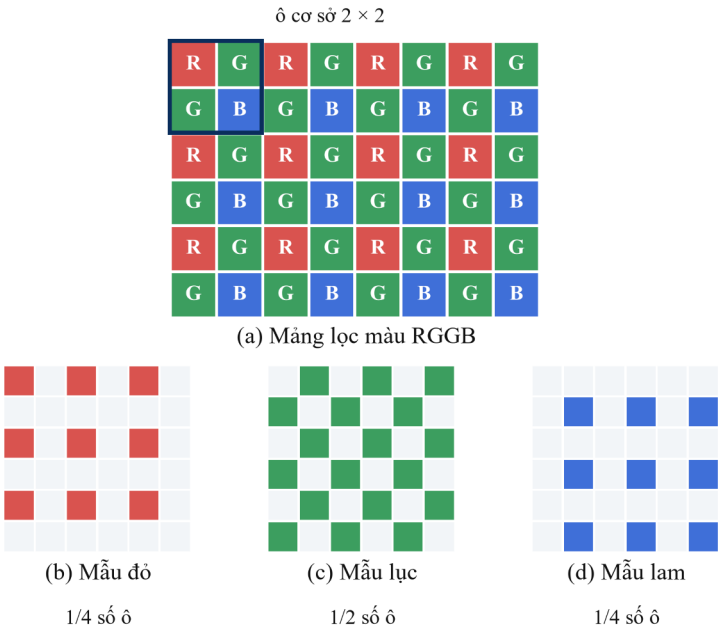
qua. Cách bố trí thông dụng nhất xếp bốn ô thành một ô cơ sở 2 × 2 gồm một ô đỏ, hai ô lục và một ô lam [19].

Hình 9.36 biểu diễn mảng lọc màu Bayer đặt phía trên lưới điểm ảnh, với số ô xanh lá gấp đôi số ô đỏ và xanh lam.



*Hình 9.36 Mảng lọc màu Bayer (RGGB) phủ lên lưới điểm ảnh của cảm biến*

*Nguồn: Cburnett, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*



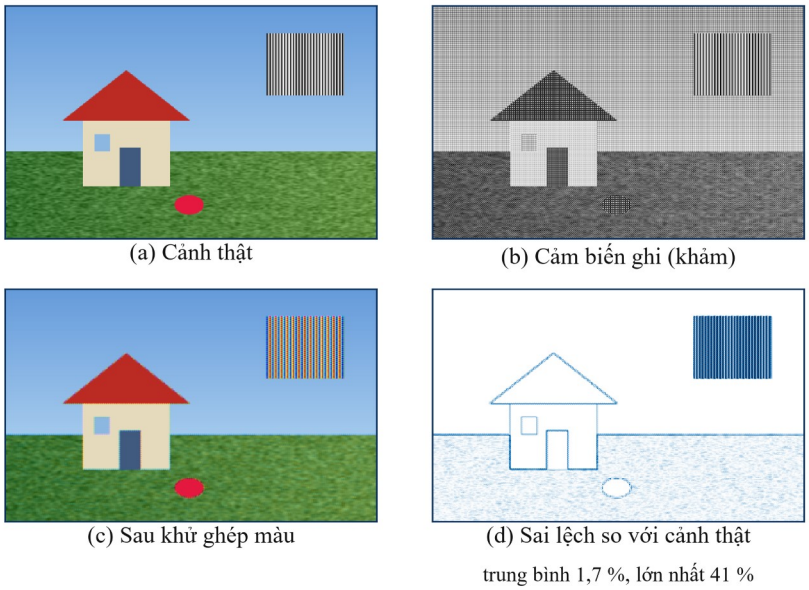

*Hình 9.37 Mảng lọc màu Bayer kiểu RGGB*

$$N_R = \frac{N}{4} \quad ; \quad N_G = \frac{N}{2} \quad ; \quad N_B = \frac{N}{4} \tag{9.19}$$

Số ô lục gấp đôi là do mắt người nhạy nhất với vùng lục, đây cũng là lý do hệ số của G trong phương trình độ chói lớn nhất, như đã trình bày ở mục 7.17.4 và mục 8.8. Việc cấp cho lục gấp đôi số ô nghĩa là cấp cho thông tin *độ chói* độ phân giải cao nhất.

### 9.20.2 Khử ghép màu và ý nghĩa thật của megapixel

Mỗi điểm ảnh chỉ đo được *một* màu, còn hai màu còn lại phải được suy ra từ các ô lân cận bằng phép nội suy, gọi là khử ghép màu.



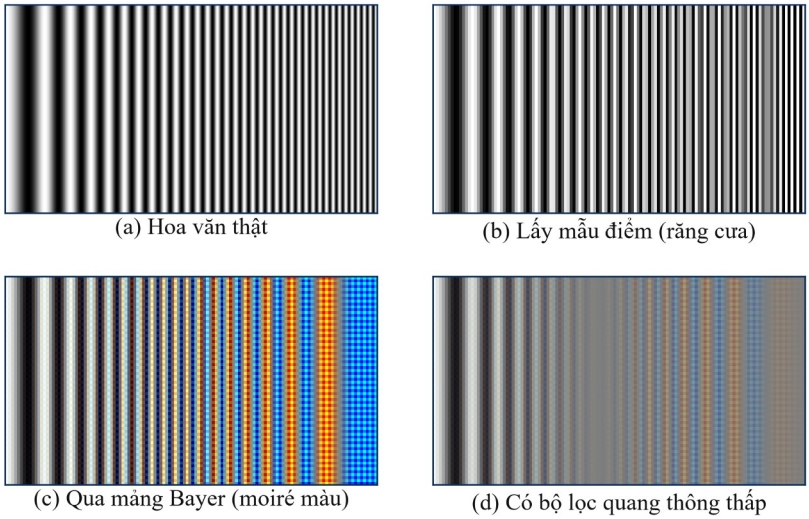

*Hình 9.38 Từ ảnh khảm tới ảnh màu đầy đủ, và bản đồ sai lệch*

> **GHI NHỚ 9.17 — CON SỐ MEGAPIXEL NGHĨA LÀ GÌ**
>
> Con số ghi trên máy là số ô, không phải số điểm ảnh có đủ ba màu đo thật.
>
> Một cảm biến "50 megapixel" thật ra chỉ đo được 25 triệu mẫu lục, 12,5 triệu mẫu đỏ và 12,5 triệu mẫu lam, còn phần còn lại là kết quả nội suy.
>
> Vì vậy, độ phân giải *màu* của một cảm biến Bayer luôn thấp hơn độ phân giải *độ chói*. Điều này liên hệ chặt chẽ với mục 8.9 về lấy mẫu con màu, bởi cả hai đều khai thác cùng một đặc điểm của mắt người.

Bản đồ sai lệch trong hình cho thấy nơi phép nội suy khó thực hiện nhất là các *mép* tương phản mạnh và vùng có hoa văn mảnh, đồng thời cũng là nơi sinh ra răng cưa màu và vân moiré màu.

### 9.20.3 Moiré màu và bộ lọc quang thông thấp

Mục 8.3 đã giải thích răng cưa và vân moiré theo định lý lấy mẫu hai chiều. Ở đây có thể thấy *nguồn gốc* vật lý của hiện tượng, cùng một đặc điểm mà ảnh đơn sắc không có: vì ba màu được lấy mẫu ở ba lưới lệch nhau, vân giả không chỉ sai về hình mà còn sai về *màu*.




*Hình 9.39 Vân moiré màu sinh ra thế nào, và bộ lọc quang thông thấp chữa ra sao*

Biện pháp khắc phục là đặt ngay trước cảm biến một *bộ lọc quang thông thấp*, tức một tấm tinh thể lưỡng chiết tách mỗi tia sáng thành hai tia lệch nhau đúng một bước lưới, làm ảnh nhoè đi vừa đủ để tần số vượt giới hạn không lọt qua. Biện pháp này thực hiện đúng nguyên tắc lọc *trước* khi lấy mẫu đã học ở mục 8.3.

**GHI NHỚ 9.18 — MỘT ĐÁNH ĐỔI CÓ THẬT, VÀ KHÔNG CÓ ĐÁP ÁN ĐÚNG CHUNG**

**Có bộ lọc:** hết vân giả, nhưng ảnh mềm hơn một chút.

**Không có bộ lọc:** ảnh sắc nét hơn, nhưng khi gặp vải hoa văn mảnh hoặc mái ngói ở xa thì sinh vân giả không thể sửa được.

Nhiều máy ảnh đời mới bỏ bộ lọc này vì độ phân giải đã đủ cao để đẩy giới hạn lấy mẫu lên rất xa, còn máy quay điện ảnh thường giữ lại, vì khi quay phim hay gặp trang phục có hoa văn và không có cơ hội chụp lại.

### 9.20.4 Các cách bố trí khác

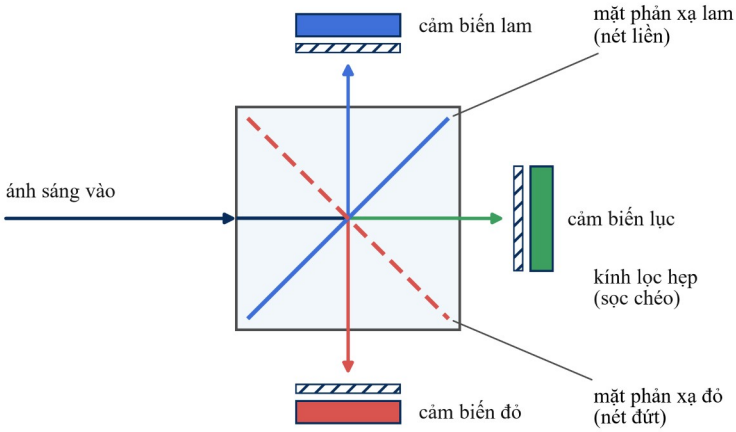
*Bảng 9.17 Vài cách bố trí mảng lọc màu khác*

| Cách bố trí | Nguyên lý | Được và mất |
|---|---|---|
| X-Trans | Ô cơ sở 6 × 6 với cách xếp không tuần hoàn theo hàng và cột | Giảm vân moiré mà không cần bộ lọc quang thông thấp; đổi lại thuật toán khử ghép màu phức tạp hơn |
| Foveon ba lớp | Ba lớp cảm quang chồng lên nhau, lợi dụng việc các bước sóng khác nhau xuyên vào silic tới các độ sâu khác nhau | Không cần khử ghép màu nên màu rất chính xác; nhưng chậm và kém ở ISO cao. |
| Cảm biến đơn sắc | Bỏ hẳn mảng lọc màu | Nhạy sáng hơn nhiều và sắc nét hơn hẳn, nhưng chỉ cho ảnh đen trắng; dùng trong khoa học và một số máy ảnh chuyên dụng |

## 9.21 Máy quay ba cảm biến

### 9.21.1 Khối lăng kính lưỡng sắc

Khối tách màu "là một khối lăng trụ được liên kết bởi ba hoặc nhiều khối kính. Ưu điểm của cấu trúc này là các bề mặt lưỡng sắc chứa trong khối lăng trụ và các mảnh kính được liên kết chặt chẽ với nhau sẽ tạo ra quá trình định vị các phần tử quang học ổn định và chính xác."




*Hình 9.40 Khối tách màu bằng lăng kính lưỡng sắc*

Khối lăng trụ gồm hai bề mặt lưỡng sắc phản xạ ánh sáng đỏ và lam; ánh sáng không bị phản xạ tại hai bề mặt này truyền thẳng tới bộ cảm biến màu lục. Các bộ lọc nhỏ đặt giữa lăng trụ và các bộ tạo ảnh đỏ và lam để thu hẹp đặc tuyến của chúng ở biên vùng nhìn thấy.

### 9.21.2 Ba cảm biến so với một cảm biến Bayer

*Bảng 9.18 Ba cảm biến so với một cảm biến phủ mảng lọc màu*

| Tiêu chí | Ba cảm biến | Một cảm biến Bayer |
|---|---|---|
| Màu tại mỗi điểm ảnh | ĐỦ ba màu, đo thật | Một màu đo thật, hai màu nội suy |
| Độ phân giải màu | Bằng độ phân giải độ chói | Thấp hơn độ phân giải độ chói |
| Moiré màu | Không có | Có, phải chống bằng bộ lọc quang thông thấp |
| Cỡ cảm biến khả thi | Nhỏ — thường 2/3 inch trở xuống | Không giới hạn, tới khổ lớn |
| Lượng sáng thu được | Chia ba đường nên mỗi cảm biến nhận ít hơn | Toàn bộ ánh sáng vào một cảm biến |
| Giá và kích thước | Đắt và cồng kềnh | Rẻ và gọn |

### 9.21.3 Vì sao điện ảnh không dùng lăng kính

Vì ba cảm biến cho màu chính xác hơn, câu hỏi vì sao điện ảnh không dùng cấu trúc này là hoàn toàn chính đáng. Có ba lý do, và cả ba đều mang tính vật lý chứ không phải thị hiếu.

- **Cỡ cảm biến.** Lăng kính chia ánh sáng cho ba cảm biến nên mỗi cảm biến phải nhỏ; với khổ Super35 hay toàn khung, khối lăng kính sẽ to và nặng tới mức không dùng được, và giá thành lăng kính tăng nhanh theo kích thước.
- **Độ sâu trường ảnh.** Cảm biến nhỏ cho vùng nét dày, phù hợp với truyền hình vì người quay không có thời gian chỉnh nét, nhưng trái với yêu cầu của điện ảnh.
- **Khoảng cách mặt bích.** Do phải chừa chỗ cho khối lăng kính nên mặt bích rất dài, chẳng hạn ngàm B4 là 48 mm; ống kính điện ảnh ngàm PL với mặt bích 52 mm thì phù hợp, nhưng ống ngàm ngắn thì không lắp được, và vòng ảnh của ống B4 lại quá nhỏ cho cảm biến lớn.

Vì vậy, lăng kính vẫn được dùng rộng rãi ở máy quay trường quay 2/3 inch, nơi vùng nét dày và ống zoom tỉ số lớn là những yêu cầu chính, và gần như vắng bóng trong điện ảnh.

## 9.22 Nhiễu, ISO gốc và dải động

Ba khái niệm dưới đây cho phép so sánh hai máy quay bằng con số thay vì bằng cảm tính.

### 9.22.1 Bốn nguồn nhiễu

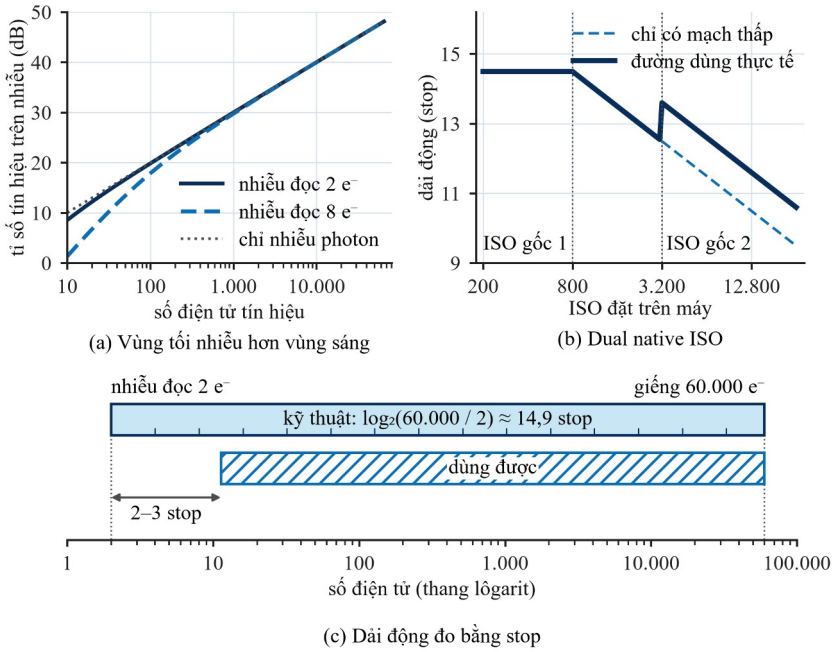
*Bảng 9.19 Bốn nguồn nhiễu của một cảm biến*

| Nguồn nhiễu | Bản chất | Phụ thuộc vào |
|---|---|---|
| Nhiễu bắn photon | Photon tới cảm biến một cách ngẫu nhiên; số photon đếm được dao động quanh giá trị trung bình theo phân bố Poisson | Chỉ phụ thuộc lượng ánh sáng. KHÔNG khắc phục được bằng công nghệ — đây là giới hạn vật lý |
| Nhiễu đọc | Do mạch khuếch đại và bộ biến đổi tương tự sang số sinh ra | Chất lượng mạch; không phụ thuộc lượng ánh sáng |
| Dòng tối | Điện tử sinh ra do NHIỆT chứ không do ánh sáng | Nhiệt độ cảm biến và thời gian phơi sáng. Tăng gấp đôi mỗi khi nhiệt độ tăng chừng bảy độ |
| Nhiễu cố định theo mẫu | Từng ô có độ nhạy và độ lệch hơi khác nhau | Đồng đều của quy trình chế tạo; máy hiệu chỉnh được bằng phần mềm |

$$\sigma_{\text{tot}} = \sqrt{N_e + \sigma_r^2 + \sigma_d^2} \tag{9.20}$$

Vì nhiễu bắn photon tỉ lệ với *căn bậc hai* của số photon, còn tín hiệu tỉ lệ thẳng với số photon, nên tỉ số tín hiệu trên nhiễu tăng theo căn bậc hai của lượng ánh sáng [2], [20]:

$$\mathrm{SNR} = 20\log_{10}\frac{N_e}{\sigma_{\mathrm{tot}}} \quad (\mathrm{dB}) \tag{9.21}$$




*Hình 9.41 Tỉ số tín hiệu trên nhiễu, dual native ISO và dải động*

**GHI NHỚ 9.19 — HỆ QUẢ QUAN TRỌNG NHẤT CỦA CÔNG THỨC NÀY**

Vùng tối luôn nhiễu hơn vùng sáng, trong cùng một khung hình và trên cùng một máy.

Do đó, khi kéo sáng vùng tối ở khâu chỉnh màu thì nhiễu hiện ra rõ, còn kéo tối vùng sáng thì nhiễu không đáng kể.

**Đây cũng là cơ sở của một nguyên tắc quen thuộc:** khi có thể, nên phơi sáng hơi dư rồi kéo xuống ở hậu kỳ, thay vì phơi thiếu rồi kéo lên, với điều kiện không để cháy trắng.

### 9.22.2 ISO gốc

ISO là khái niệm dễ bị hiểu nhầm nhất trong cả chương [1].

**CẢNH BÁO 9.6 — TĂNG ISO KHÔNG LÀM CẢM BIẾN NHẠY HƠN**

Cảm biến chỉ có *một* độ nhạy vật lý, được quyết định bởi hiệu suất lượng tử và kích thước ô, và con số ấy không đổi.

Tăng ISO chỉ là khuếch đại mạnh hơn tín hiệu yếu đã thu được, đồng thời khuếch đại cả nhiễu đi kèm.

*ISO gốc* là mức mà tín hiệu đi thẳng qua mạch khuếch đại với hệ số thấp nhất, tại đó dải động lớn nhất và nhiễu ít nhất. Đặt ISO cao hơn thì dải động ở phía vùng sáng giảm dần, còn đặt thấp hơn ISO gốc thì không mang lại lợi ích mà đôi khi còn gây bất lợi.

Máy quay có *dual native ISO* có *hai* mạch khuếch đại tương tự riêng biệt, mỗi mạch có một ISO gốc. Nhờ vậy có hai mức ISO cùng "sạch", và quay đêm ở ISO gốc thứ hai cho kết quả sạch hơn hẳn so với đẩy ISO từ mức gốc thứ nhất lên

cùng con số. Đường đậm nhạt trong hình vừa rồi là dải động mà máy thực sự cho, với một chỗ "nhô lên" ngay tại ISO gốc thứ hai.

### 9.22.3 Dải động đo bằng stop

Dải động của cảm biến là tỉ số giữa tín hiệu lớn nhất ghi được và mức nhiễu nền. Khi đo bằng stop, công thức có dạng gọn như sau:

$$\mathrm{DR} = \log_2 \frac{\mathrm{FWC}}{\sigma_r} \quad \text{(stop)} \tag{9.22}$$

Ví dụ, một cảm biến có dung lượng giếng 60 000 điện tử và nhiễu đọc 2 điện tử cho dải động khoảng 14,9 stop.

> **GHI NHỚ 9.20 — HAI CON SỐ DẢI ĐỘNG, VÀ CON SỐ NÀO ĐÁNG TIN**
>
> *Dải động kỹ thuật* được tính tới mức nhiễu bằng tín hiệu. Đây là con số các hãng công bố và thường là con số lớn.
>
> *Dải động dùng được* được tính tới mức mà ảnh còn chấp nhận được về mặt thị giác, và thường thấp hơn con số kỹ thuật hai tới ba stop.
>
> Vì thế, khi so sánh hai máy, cần xác định con số đó do ai đo và theo tiêu chí nào. Các phòng thử nghiệm độc lập thường công bố cả hai loại, và đó là nguồn đáng tin cậy để so sánh.

## 9.23 Bài thực hành số 3 — cảm biến, màn trập cuốn và nhiễu

Cảm biến, màn trập cuốn và nhiễu. Mục tiêu: người đọc tái tạo được bằng thiết bị sẵn có ba hiện tượng vừa nêu, và đo được ISO gốc của chính chiếc máy đang sử dụng.

Cần chuẩn bị một máy quay đặt được ISO và tốc độ màn trập thủ công, một chân máy, một chiếc quạt hoặc vật quay nhanh, một bóng đèn LED loại thông thường không ghi "flicker-free", và một phần mềm dựng có thể đo nhiễu hoặc ít nhất là phóng to ảnh.

*Bảng 9.20 Bốn phần của bài thực hành số 3*

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 1. Màn trập cuốn khi lia | Đặt máy trên chân trước một hàng cột hoặc thanh chắn thẳng đứng. Lia ngang ở ba tốc độ: chậm, vừa, nhanh hết mức. Dừng hình và đo góc nghiêng của cột bằng công cụ đo góc. | Góc nghiêng tăng theo tốc độ lia. So với con số tính từ công thức (9.18) — từ đó SUY NGƯỢC ra thời gian đọc của cảm biến máy mình, một con số hãng ít công bố. |
| 2. Sọc do đèn nhấp nháy | Quay bóng đèn LED rẻ tiền ở các tốc độ màn trập 1/50, 1/60, 1/100, 1/250 và 1/500 giây, giữ nguyên 25 hình mỗi giây. | Ở 1/50 và 1/100 giây thường không có sọc; càng nhanh càng sọc rõ. Ghi lại tốc độ an toàn của chính bóng đèn ấy — đây là việc phải làm ở mọi hiện trường có đèn lạ. |

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 3. Nhiễu theo ISO | Đặt máy trên chân, quay một cảnh có cả vùng sáng và vùng tối sâu, giữ nguyên phơi sáng bằng cách bù khẩu hoặc ND. Quay ở dãy ISO tăng dần, mỗi mức 5 giây. | Nhiễu tăng theo ISO, và tăng nhanh nhất ở VÙNG TỐI. Đối chiếu với công thức (9.21): nhiễu ở vùng tối luôn nặng hơn vùng sáng trong cùng một khung. |
| 4. Tìm ISO gốc | Từ dãy ảnh của phần ba, so nhiễu ở vùng tối giữa các mức ISO liền kề. Chú ý tìm chỗ nhiễu ĐỘT NGỘT giảm hoặc không tăng khi lên một nấc ISO. | Chỗ ấy là ISO gốc thứ hai nếu máy có dual native ISO. Nếu không thấy, ghi nhận rằng máy chỉ có một ISO gốc và xác định nó là mức thấp nhất mà nhiễu chưa tăng. |

Kết quả cần có: bảng góc nghiêng đo được ở ba tốc độ lia kèm thời gian đọc suy ra; bảng tốc độ màn trập và mức độ sọc của bóng đèn đã thử; dãy ảnh cắt vùng tối ở các mức ISO đặt cạnh nhau; và kết luận về ISO gốc của máy.

> **CẢNH BÁO 9.7 — LƯU Ý VỀ ĐỘ TIN CẬY CỦA PHÉP ĐO**
>
> Phần một cho kết quả gần đúng chứ không chính xác tuyệt đối, vì tốc độ lia bằng tay không đều, do đó nên quay vài lần và lấy trung bình.
>
> Phần ba phải giữ *nguyên* phơi sáng khi đổi ISO, nếu không thì hai điều kiện so sánh khác nhau; cách chắc chắn nhất là bù bằng kính ND.
>
> Phần bốn cần quan sát *ảnh gốc* ở tỉ lệ một trên một, không quan sát qua màn hình nhỏ hoặc ảnh đã nén.

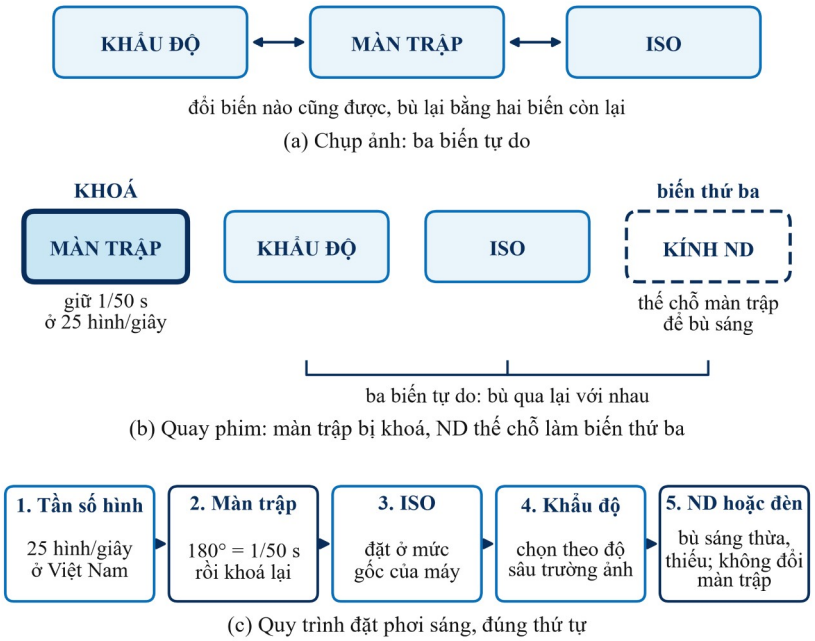
## 9.24 Phơi sáng cho video

Bốn phần đầu của chương trình bày máy quay được chế tạo như thế nào, còn phần này trình bày cách sử dụng, là nội dung người quay phim tiếp xúc nhiều nhất.

### 9.24.1 Ba biến của nhiếp ảnh, hai biến rưỡi của quay phim

Người chụp ảnh đã quen với tam giác phơi sáng gồm khẩu độ, tốc độ màn trập và ISO. Ba biến này độc lập với nhau, đổi biến nào cũng được, miễn là bù lại bằng hai biến còn lại.

Quay phim khác ở một điểm căn bản: *màn trập bị ràng buộc*. Màn trập phải giữ ở một giá trị cố định suốt cảnh quay, vì thời gian phơi sáng quyết định mức nhoè chuyển động, và mức nhoè ấy là một phần của ngôn ngữ hình ảnh chứ không phải một nút để bù sáng. Lý do đầy đủ được trình bày ở mục 9.25.




*Hình 9.42 Phơi sáng cho video: màn trập bị ràng buộc, ND thế chỗ làm biến thứ ba*

Do đó còn lại hai biến tự do là khẩu độ và ISO, nhưng khẩu độ cũng không hoàn toàn tự do vì nó quyết định độ sâu trường ảnh. Chỗ trống ấy được lấp bằng biến thứ ba của quay phim là *kính lọc ND*.

### 9.24.2 Quy trình đặt phơi sáng

> **QUY TẮC 9.5 — NĂM BƯỚC, ĐÚNG THỨ TỰ NÀY**
>
> ① Đặt *tần số hình* theo nơi phát hành, ở Việt Nam là 25 hình mỗi giây, xem mục 8.11.
>
> ② Đặt *màn trập* theo quy tắc 180 độ, tức 1/50 giây ở 25 hình mỗi giây, sau đó khoá lại và không thay đổi nữa.
>
> ③ Đặt ISO ở mức GỐC của máy — mục 9.22.2.
>
> ④ Chọn *khẩu độ* theo độ sâu trường ảnh mà cảnh cần, không theo lượng sáng.
>
> ⑤ Khi thừa hoặc thiếu sáng thì bù bằng ND hoặc bằng đèn, không bù bằng cách đổi màn trập.

Bước năm là điểm phân biệt người quay phim với người chụp ảnh chuyển sang quay. Phản xạ tự nhiên khi thấy dư sáng là tăng tốc độ màn trập, nhưng với video, làm vậy phá vỡ cảm giác chuyển động của cả cảnh và thậm chí có thể sinh sọc dưới đèn nhấp nháy.

### 9.24.3 Đo sáng bằng gì

*Bảng 9.21 Ba cách đo sáng và chỗ dùng của chúng*

| Cách đo | Nguyên lý | Ưu và nhược |
|---|---|---|
| Đo sáng tới | Máy đo cầm tay có cầu trắng, đặt ở vị trí chủ thể và hướng về ống kính; đo ánh sáng RƠI LÊN chủ thể | Không phụ thuộc màu áo hay màu nền nên rất nhất quán. Nhưng phải đi tới chỗ chủ thể để đo |
| Đo sáng phản xạ | Đo ánh sáng PHẢN LẠI từ chủ thể; đây là cách máy quay đo | Đo được từ xa, nhưng áo trắng và áo đen cho hai kết quả khác nhau dù ánh sáng như nhau |
| Thẻ xám 18 phần trăm | Đặt thẻ vào cảnh và đo trên nó | Hai cách trên cho cùng một kết quả khi đo trên thẻ xám. Đây là lý do thẻ xám vẫn cần, nhất là khi quay nhiều máy |

Con số 18 phần trăm không ngẫu nhiên: đó xấp xỉ độ phản xạ trung bình của một cảnh thông thường, và cũng xấp xỉ mức mà mắt người coi là "xám giữa", liên hệ trực tiếp với đường cong đáp ứng phi tuyến của thị giác ở mục 9.15.3.

## 9.25 Góc màn trập và quy tắc 180 độ

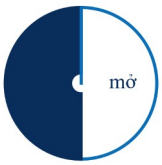
Mục này giữ vai trò quan trọng nhất của Phần D, vì ba nội dung được trình bày ở đây, gồm quy tắc 180 độ, con số 1/50 giây và quan hệ với lưới điện 50 Hz, là những điểm người mới quay mắc lỗi nhiều nhất khi quay thực tế.

### 9.25.1 Từ đĩa quay tới thời gian phơi sáng

Máy quay phim nhựa dùng một đĩa tròn có khoét một góc, quay đồng bộ với cơ cấu kéo phim. Khi phần khoét đi qua cửa sổ phim thì phim được chiếu sáng; khi phần đặc đi qua thì phim bị che, và đó là lúc cơ cấu kéo phim sang khuôn hình kế tiếp.




**(a) 90°**
10 ms = 1/100 s




**(b) 180°**
20 ms = 1/50 s




**(c) 270°**
30 ms = 1/33 s

| Góc màn trập | 24 hình/giây | 25 hình/giây | 30 hình/giây | 50 hình/giây |
|---|---|---|---|---|
| 45° | 1/192 s | 1/200 s | 1/240 s | 1/400 s |
| 90° | 1/96 s | 1/100 s | 1/120 s | 1/200 s |
| **180°** | **1/48 s** | **1/50 s** | **1/60 s** | **1/100 s** |
| 270° | 1/32 s | 1/33 s | 1/40 s | 1/67 s |
| 360° | 1/24 s | 1/25 s | 1/30 s | 1/50 s |

(d) Thời gian phơi sáng theo góc màn trập và tần số hình

*Hình 9.43 Đĩa màn trập của máy quay phim nhựa và bảng quy đổi sang thời gian*

Góc của phần khoét được gọi là *góc màn trập*, và quan hệ của nó với thời gian phơi sáng mang tính trực tiếp:

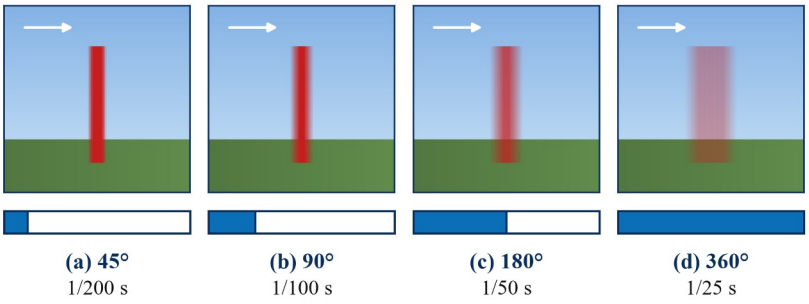
$$t_{\text{exp}} = \frac{\theta}{360^\circ \cdot f_{\text{fr}}} \quad ; \quad \theta = t_{\text{exp}} \cdot 360^\circ \cdot f_{\text{fr}} \tag{9.23}$$

Máy quay số không có đĩa nào, nhưng cách gọi này vẫn được giữ lại vì nó mô tả quan hệ với tần số hình chính xác hơn so với việc ghi thời gian tuyệt đối: góc 180 độ đúng ở mọi tần số hình, còn 1/50 giây chỉ đúng ở 25 hình mỗi giây.

### 9.25.2 Quy tắc 180 độ

$$\theta = 180^\circ \Rightarrow t_{\text{exp}} = \frac{1}{2f_{\text{fr}}} \quad ; \quad f_{\text{fr}} = 25 \Rightarrow \frac{1}{50}\ \text{s} \tag{9.24}$$

Quy tắc 180 độ quy định đặt góc màn trập bằng 180 độ, tức thời gian phơi sáng bằng đúng *một nửa* chu kỳ một khung hình. Quy tắc này không phải định luật vật lý mà là một quy ước hình thành qua hơn một trăm năm điện ảnh, vì vậy nó cho mức nhoè chuyển động mà khán giả đã quen mắt.




*Hình 9.44 Cùng một chuyển động ở bốn góc màn trập khác nhau*

*Bảng 9.22 Đổi góc màn trập để làm gì*

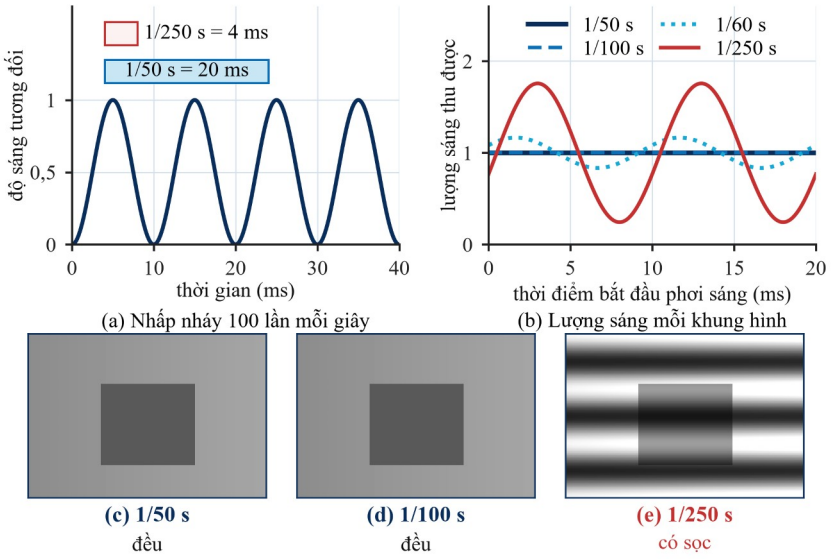
| Góc | Thời gian ở 25 hình/giây | Cảm giác | Dùng khi |
|---|---|---|---|
| 45° | 1/200 giây | Từng khung rất sắc, chuỗi khung GIẬT như tua nhanh | Cảnh chiến trận, cảnh va chạm, cảnh muốn gây bất an |
| 90° | 1/100 giây | Hơi giật, sắc hơn bình thường | Cảnh hành động cần thấy rõ chi tiết chuyển động |
| 180° | 1/50 giây | Tự nhiên, quen mắt | Mặc định cho gần như mọi thứ |
| 270° | 1/33 giây | Mềm hơn, hơi mơ | Cảnh mơ, hồi tưởng; hoặc để cứu sáng khi thiếu đèn |
| 360° | 1/25 giây | Nhoè nhiều, mềm oặt | Hiệu ứng đặc biệt; cũng dùng để cứu sáng khi không còn cách nào |

Cần lưu ý rằng việc đổi góc màn trập là một quyết định nghệ thuật, không phải một cách bù sáng. Khi thiếu sáng, thứ tự ưu tiên là thêm đèn, rồi mở khẩu, rồi

tăng ISO; đổi màn trập là lựa chọn cuối cùng và cần ý thức rằng cảm giác chuyển động sẽ thay đổi.

### 9.25.3 Lưới điện 50 Hz — món quà cho người quay ở Việt Nam

Đèn nối trực tiếp vào lưới điện xoay chiều không sáng đều. Dòng điện đổi chiều 50 lần mỗi giây, và độ sáng của đèn đạt cực đại *hai* lần trong mỗi chu kỳ, tức nhấp nháy 100 lần mỗi giây.




*Hình 9.45 Đèn nối lưới nhấp nháy ra sao, và tốc độ màn trập an toàn*

Muốn mọi khung hình nhận cùng một lượng ánh sáng thì thời gian phơi sáng phải là bội số nguyên của nửa chu kỳ lưới điện:

$$t_{\text{exp}} = \frac{m}{2f_{\text{main}}} \quad , \quad m = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots \tag{9.25}$$

**GHI NHỚ 9.21 — VÌ SAO 1/50 GIÂY LẠI TIỆN ĐẾN THẾ Ở VIỆT NAM**

Ở 25 hình mỗi giây, quy tắc 180 độ cho đúng 1/50 giây.

Lưới điện Việt Nam là 50 Hz nên nửa chu kỳ nhấp nháy là 1/100 giây, và thời gian phơi sáng 1/50 giây bằng đúng hai nửa chu kỳ.

Nghĩa là mỗi khung hình hứng trọn hai chu kỳ nhấp nháy, do đó tổng ánh sáng luôn bằng nhau và không xuất hiện sọc.

Ở Việt Nam, quy tắc thẩm mỹ và quy tắc kỹ thuật vì vậy trùng nhau. Vùng lưới 60 Hz quay 30 hình mỗi giây cũng có sự trùng hợp tương tự, nhưng người quay 24 hình mỗi giây dưới lưới 50 Hz phải lựa chọn giữa việc theo quy tắc 180 độ và chịu nhấp nháy, hoặc đặt 1/50 giây và chấp nhận góc 172,8 độ.

### 9.25.4 Đèn LED điều chế độ rộng xung

Đèn LED chi phí thấp không nhấp nháy theo lưới điện mà theo mạch điều khiển của chính nó. Nhiều loại chỉnh độ sáng bằng cách bật tắt rất nhanh, gọi là

điều chế độ rộng xung, với tần số từ vài trăm Hz tới vài chục nghìn Hz; tần số này không liên quan tới lưới điện và khác nhau giữa các hãng.

**QUY TẮC 9.6 — BA BƯỚC XỬ LÝ KHI GẶP ĐÈN LẠ**

① Quay thử ở tốc độ màn trập định dùng, xem trên màn hình lớn nhất có sẵn và phóng to nếu cần, vì sọc thường mờ trên kính ngắm nhỏ.

② Nếu có sọc, thử các tốc độ khác; nhiều máy có chức năng quét tinh cho phép chỉnh tốc độ màn trập liên tục thay vì theo nấc, nhờ đó dò được tới khi hết sọc.

③ **Nếu sọc vẫn còn, thay đèn:** đèn chuyên dụng cho quay phim có ghi "flicker-free" và thường chỉnh được tần số cho khớp tần số hình.

Ngoài ra, nếu chỉ một phần khung có sọc thì nguyên nhân là một nguồn sáng cụ thể chứ không phải toàn bộ hệ đèn, và có thể tìm ra nguồn ấy bằng cách tắt lần lượt từng đèn.

### 9.25.5 Hiệu ứng bánh xe quay ngược

Một hiện tượng khác liên quan tới tần số hình, hay gặp khi quay xe chạy hoặc quạt quay, là nan hoa của bánh xe trông như đứng yên hoặc quay ngược chiều.

Nguyên nhân là *răng cưa theo thời gian*, cùng bản chất với vân moiré ở mục 9.20, chỉ khác ở chỗ việc lấy mẫu diễn ra theo trục thời gian thay vì trục không gian. Khi bánh xe quay đủ nhanh để trong mỗi khung hình nan hoa đi được gần trọn một khoảng cách giữa hai nan, mắt người hiểu thành chuyển động ngược.

Hiện tượng này không thể triệt tiêu hoàn toàn nếu không đổi tần số hình hoặc đổi tốc độ quay của vật, nên trong thực tế người ta chấp nhận nó và tránh đặt bánh xe ở giữa khung.

## 9.26 Cân bằng trắng trên máy

### 9.26.1 Cân bằng trắng tác động lên kênh nào

Khi chuẩn bị ghi hình, người quay luôn thực hiện thao tác cân bằng trắng vì ánh sáng ở mỗi địa điểm khác nhau. Tuy vậy, thao tác này không điều chỉnh lại phương trình độ chói Y = 0,11B + 0,30R + 0,59G [7], như được làm rõ dưới đây.

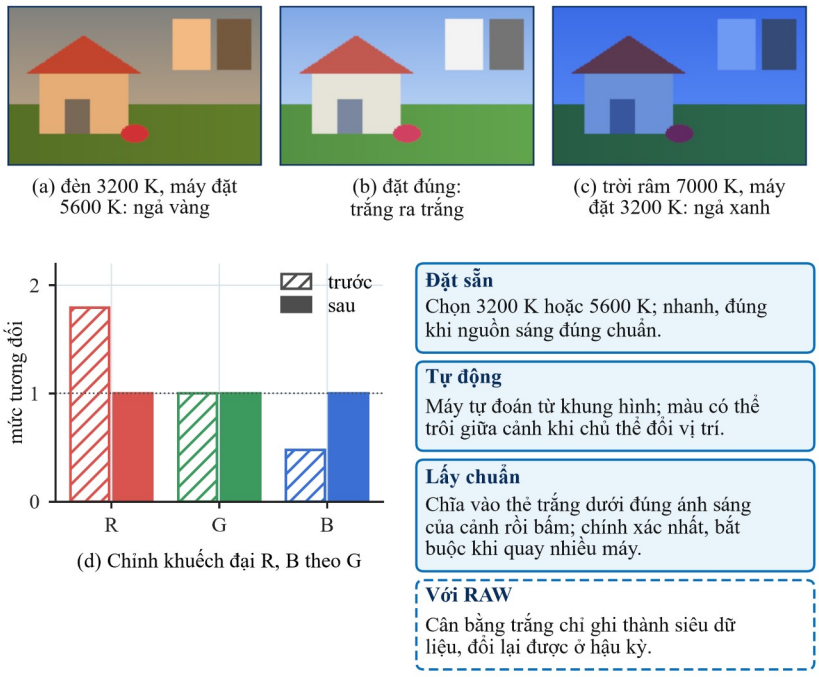
**GHI NHỚ 9.22 — CÂN BẰNG TRẮNG KHÔNG CHỈNH PHƯƠNG TRÌNH ĐỘ CHÓI**

Phương trình độ chói là hằng số của hệ màu, do chuẩn BT.601, BT.709 hay BT.2020 quy định. Nó không đổi theo nhiệt độ màu hay theo cảnh quay, và thao tác cân bằng trắng không tác động tới nó.

Cân bằng trắng điều chỉnh *hệ số khuếch đại* của kênh R và kênh B sao cho một vật trắng cho ba giá trị R, G, B bằng nhau, trong đó kênh G thường được giữ làm mốc.

Thứ tự đúng là cân bằng trắng trước, rồi mới tính Y từ ba kênh đã cân bằng.

$$R' = g_R R \quad ; \quad G' = G \quad ; \quad B' = g_B B \tag{9.26}$$




*Hình 9.46 Cân bằng trắng làm gì, và ba cách đặt nó*

## 9.26.2 Ba cách đặt và chỗ dùng của mỗi cách

*Bảng 9.23 Ba cách đặt cân bằng trắng*

| Cách | Thao tác | Khi nào dùng | Rủi ro |
|---|---|---|---|
| Đặt sẵn | Chọn 3200 K hoặc 5600 K theo bảng có sẵn trong máy | Nguồn sáng đúng chuẩn và biết rõ; cần nhanh | Sai khi nguồn sáng không đúng chuẩn — đèn LED rẻ hay lệch |
| Tự động | Máy tự đoán nhiệt độ màu từ nội dung khung hình | Quay nhanh, điều kiện ánh sáng đổi liên tục | RẤT nguy hiểm khi quay: màu có thể TRÔI giữa cảnh nếu chủ thể đổi vị trí hoặc một vật lớn màu mạnh đi vào khung |
| Lấy chuẩn | Chĩa máy vào thẻ trắng đặt dưới đúng ánh sáng của cảnh rồi bấm nút | Mọi trường hợp cần chính xác; BẮT BUỘC khi quay nhiều máy | Phải làm lại khi ánh sáng đổi; quên làm lại thì sai cả trường đoạn |

**GHI NHỚ 9.23 — MỘT LƯU Ý KHI GHI RAW**

Với bản ghi RAW, cân bằng trắng không được áp vào dữ liệu mà chỉ được ghi thành siêu dữ liệu.

Nghĩa là có thể đổi lại tuỳ ý ở khâu hậu kỳ mà không mất thông tin. Tuy vậy vẫn nên đặt đúng khi quay, vì màn hình hiện trường và những người theo dõi đều căn cứ vào giá trị ấy.

## 9.26.3 Trục thứ hai — trục tint

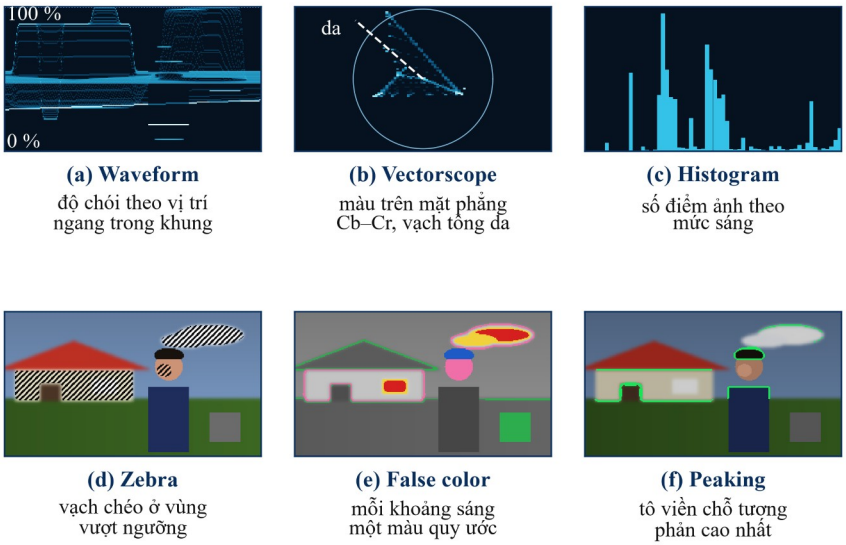
Nhiệt độ màu chỉ mô tả được sự lệch dọc theo trục vàng – xanh lam, tức trục của vật đen tuyệt đối đã học ở Chương 7. Tuy nhiên, có những nguồn sáng lệch theo một trục khác: trục lục – tím.

Đèn huỳnh quang là ví dụ điển hình, vì nó ngả lục rõ rệt mà không giá trị nhiệt độ màu nào bù được. Do đó máy quay có thêm một tham số thứ hai, thường gọi là tint hoặc CC, để bù theo trục ấy.

Điều này cũng liên quan tới chỉ số hoàn màu ở mục 7.28: một nguồn sáng có chỉ số hoàn màu thấp không chỉ lệch theo một trục mà còn thiếu hẳn một số dải bước sóng, nên không tham số cân bằng trắng nào bù được và giải pháp duy nhất là đổi đèn.

## 9.27 Công cụ hỗ trợ trên máy và màn hình hiện trường

Kính ngắm thường cho hình ảnh đen trắng để việc lấy nét dễ dàng và chính xác hơn: khi bỏ màu đi, mắt tập trung vào tương phản nên lấy nét chuẩn hơn.



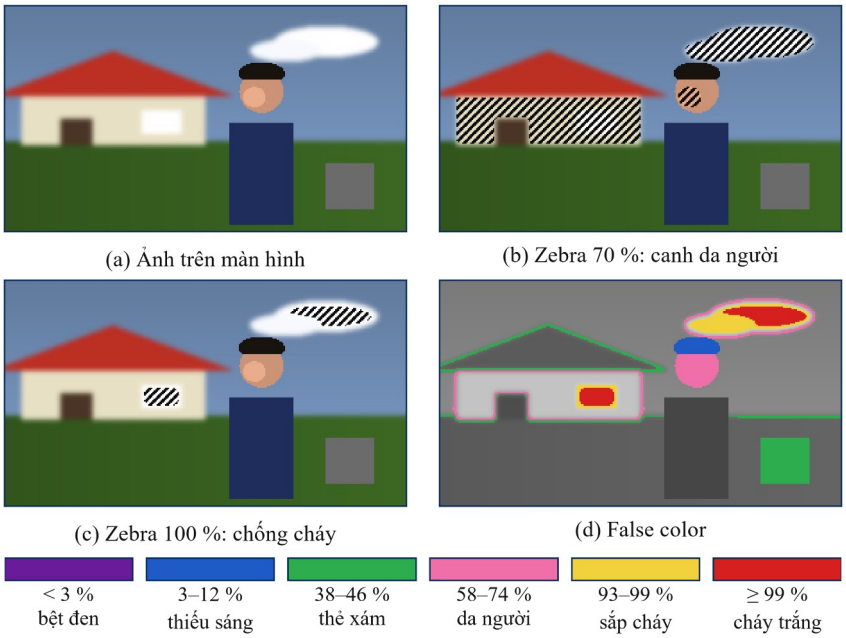

*Hình 9.47 Sáu công cụ trên máy quay và màn hình hiện trường*

### 9.27.1 Waveform — công cụ đáng tin nhất

Waveform vẽ độ chói của tín hiệu theo vị trí ngang trong khung, trong đó trục ngang tương ứng với chiều ngang khung hình và trục dọc là mức tín hiệu. Cách đọc waveform đã được trình bày ở Chương 7 trong bối cảnh phòng hậu kỳ; ở hiện trường, nó phục vụ ba mục đích sau.

- Đặt phơi sáng chính xác, nhờ nhìn thấy ngay vùng nào chạm trần và vùng nào chạm sàn.
- Kiểm phạm vi mức: bản ghi dải hẹp phải nằm trong khoảng 16 tới 235 ở tám bit, xem mục 8.5.3; waveform cho biết ngay tín hiệu có tràn ra ngoài khoảng đó hay không.
- Canh mức da người: mặt người được phơi sáng đúng thường nằm quanh 60 tới 70 phần trăm với gamma thường.

### 9.27.2 Zebra và false color




*Hình 9.48 Zebra ở hai ngưỡng, và bảng false color*

Zebra phủ vạch chéo lên những vùng vượt một ngưỡng đặt trước. Trong thực tế, người quay đặt hai mức:

- **Zebra 70 phần trăm** dùng để canh da người: chĩa máy vào mặt diễn viên và mở khẩu tới khi vạch chéo bắt đầu xuất hiện trên má, đó là mức phơi sáng đúng cho da sáng.
- **Zebra 100 phần trăm** dùng để chống cháy sáng: vạch chéo chỉ hiện ở vùng đã mất hết chi tiết, và khi thấy nó trên mây trời hoặc trên áo trắng thì cần xử lý.

False color tô mỗi khoảng độ sáng bằng một màu quy ước, nên cho phép đọc được phân bố sáng của cả khung trong một lần quan sát. Zebra trả lời câu hỏi vùng nào đạt mức X, còn false color cho biết cả khung đang phân bố ra sao.

**CẢNH BÁO 9.8 — BẢNG MÀU KHÔNG THỐNG NHẤT GIỮA CÁC HÃNG**

Mỗi hãng máy và mỗi hãng màn hình dùng một bảng mã màu riêng cho false color. Vì vậy cần đọc tài liệu của đúng thiết bị đang dùng trước khi dựa vào nó, và cần nhớ mức nào ứng với da người trên bảng ấy.

Đó cũng là lý do nhiều người quay phim vẫn tin zebra hơn, bởi ngưỡng của zebra là giá trị do chính họ đặt chứ không phải quy ước của hãng.

### 9.27.3 Histogram, peaking và LUT hiển thị

Histogram cho biết phân bố số điểm ảnh theo mức sáng. Nó tiện để nắm nhanh tổng thể nhưng có một hạn chế lớn là không cho biết vùng sáng ấy nằm ở đâu trong khung: một histogram chạm trần bên phải có thể là bầu trời cháy, chấp nhận được, hoặc là mặt nhân vật cháy, không chấp nhận được. Vì thế nó không thay thế được waveform.

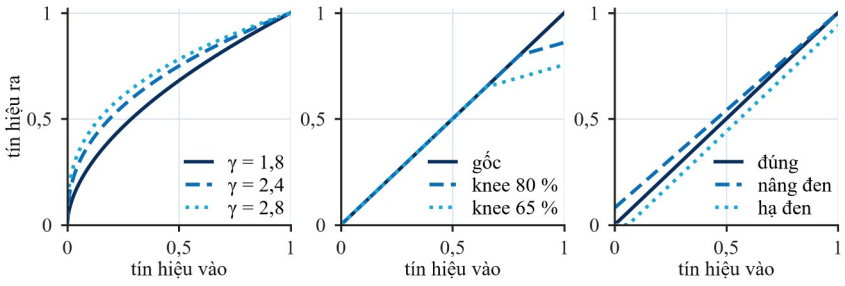
Peaking tô viền các chỗ có tương phản cao nhất, giúp lấy nét thủ công nhanh và chắc chắn. Khi kết hợp với chức năng phóng đại, độ chính xác tăng đáng kể, nhất là khi quay 4K trên màn hình hiện trường chỉ có độ phân giải Full HD.

> **GHI NHỚ 9.24 — LUT HIỂN THỊ CHỈ ĐỂ XEM**
>
> Khi quay ở đường log, ảnh trên màn hình trông xám và nhạt, nên người ta nạp một LUT hiển thị vào màn hình để xem tạm ảnh đã "lên màu".
>
> Tuy nhiên, LUT ấy không được ghi vào tệp, và tệp vẫn là bản log phẳng.
>
> Nếu bỏ qua điều này, người dựng nhận một bản trông như "lệch màu" và có thể nhầm là máy hỏng. Vì vậy khi giao tư liệu log, cần ghi rõ trong biên bản là bản ghi ở đường log nào, và nếu có thể thì gửi kèm LUT đã dùng ở hiện trường.

## 9.28 Picture profile, log và RAW

### 9.28.1 Năm nhóm chỉnh trong menu

Khối xử lý ảnh ⑥ trong sơ đồ ở mục 9.2 là nơi thực hiện mọi thiết lập mà người quay phim đặt trong menu. Năm nhóm dưới đây có mặt trên gần như mọi máy quay chuyên dụng, dù tên gọi khác nhau giữa các hãng.




(a) Gamma (b) Knee (c) Mức đen

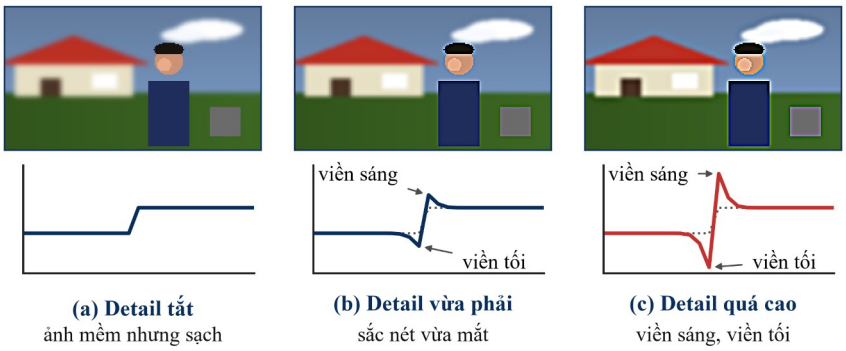
| Mục chỉnh | Làm gì | Sửa được ở hậu kỳ không |
|---|---|---|
| Gamma, đường log | Đặt độ dốc chung của đường truyền | Đổi được nhưng có giới hạn; log giữ nhiều dữ liệu nhất |
| Knee | Nén vùng sáng để cứu chi tiết mây trời | Không khôi phục được phần đã nén |
| Mức đen (pedestal) | Nâng hoặc hạ chân đường | Nâng thì sửa được; hạ quá tay thì mất chi tiết vùng tối |
| Detail (sắc nét điện tử) | Tăng tương phản ở các mép | Không sửa được |
| Matrix, độ bão hoà | Đổi ma trận màu và độ bão hoà | Sửa được khá tốt nếu chưa cắt ngọn |

*Hình 9.49 Ba đường trong picture profile, và bảng năm nhóm chỉnh*

Nguyên tắc chung cần nhớ là mọi thiết lập *cắt bỏ* dữ liệu thì không thể lấy lại ở hậu kỳ, còn mọi thiết lập chỉ *đổi cách trình bày* thì có thể sửa được. Khi chưa chắc chắn, nên chọn cấu hình giữ nhiều dữ liệu nhất và xử lý màu ở khâu sau.

### 9.28.2 Detail — chỗ hại nhất nếu đặt sai

Detail là độ sắc nét *điện tử*: máy tăng tương phản ngay tại các mép trong ảnh, tạo kèm theo một viền sáng và một viền tối. Trên kính ngắm nhỏ, ảnh trông nét hơn hẳn, và đó chính là điểm gây nhầm lẫn.




*Hình 9.50 Cùng một cảnh ở ba mức detail*

**CẢNH BÁO 9.9 — VÌ SAO DETAIL CAO LÀ HỎNG KHÔNG SỬA ĐƯỢC**

Viền sáng và viền tối do detail tạo ra đã nằm trong dữ liệu ghi, và không có phép xử lý nào loại chúng ra được.

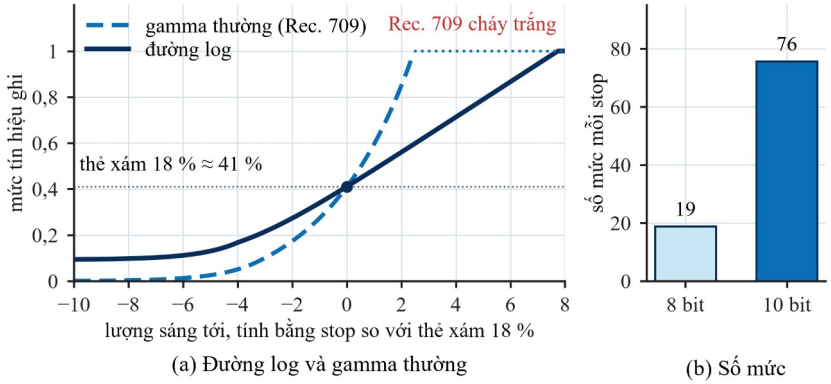
Khi chiếu lên màn lớn, các viền lộ rõ và ảnh trông thiếu tự nhiên.

Detail cao còn làm khuếch đại nhiễu, vì nhiễu cũng là những thay đổi đột ngột tương tự như mép.

Quy tắc là để detail ở mức thấp hoặc tắt hẳn, rồi làm sắc nét ở khâu dựng nếu cần, vì ở đó có thể hoàn tác nếu xử lý quá tay.

### 9.28.3 Ghi ở đường log

Mỗi hãng máy có một hoặc vài đường log riêng, tên gọi khác nhau nhưng nguyên lý giống nhau: dồn dải động rất rộng của cảm biến vào số mức có hạn của bản ghi bằng một đường gần logarit.




(a) Đường log và gamma thường (b) Số mức

*Hình 9.51 Đường log dồn dải động ra sao, và cách phơi sáng cho nó*

**GHI NHỚ 9.25 — PHƠI SÁNG CHO LOG KHÁC PHƠI SÁNG THƯỜNG**

Ảnh log trên màn hình trông xám và nhạt, đó là hiện tượng bình thường chứ không phải dấu hiệu phơi sáng thiếu, nên không đẩy sáng để ảnh trông đẹp mắt.

Cách đúng là đặt phơi sáng theo một *mốc đo được*: thẻ xám 18 phần trăm phải rơi vào mức mà hãng quy định cho đường log của máy, thường quanh 40 tới 45 phần trăm.

**Một cách khác là dùng false color:** da người được phơi sáng đúng nằm ở dải màu mà bảng của hãng quy định.

Nếu xem qua LUT hiển thị, cần nhớ rằng đó chỉ là ảnh xem chứ không phải ảnh ghi.

Về log có một quy tắc tuyệt đối mà người mới hay vi phạm: ghi log thì tối thiểu mười bit. Lý do nằm ở mục 8.5: đường log kéo giãn vùng tối để giữ dải động, nên vùng tối chỉ được cấp rất ít mức trong thang ghi. Ở tám bit chỉ có 256 mức cho toàn dải, và sau khi chỉnh màu, tức kéo giãn lại vùng tối, những mức thưa ấy hiện thành dải màu rõ rệt trên bầu trời và trên da người. Máy chỉ ghi được tám bit thì nên quay ở gamma thường và làm màu nhẹ tay.

### 9.28.4 RAW của máy quay thật sự là gì

Mục 8.24 đã nêu rằng RAW không phải video đã mã hoá, khi bàn về chọn codec cho từng khâu. Tại đây, sau khi đã trình bày ma trận Bayer ở mục 9.20 và cân bằng trắng ở mục 9.26, có thể làm rõ bản chất của RAW.

**GHI NHỚ 9.26 — RAW LÀ DỮ LIỆU TRƯỚC KHI KHỬ GHÉP MÀU**

Bản ghi RAW lưu giá trị *đọc trực tiếp* từ mảng Bayer, mỗi ô một số ứng với một màu duy nhất, và chưa qua khử ghép màu, cân bằng trắng, ma trận màu hay gamma.

Cân bằng trắng, ISO và ma trận màu được ghi thành *siêu dữ liệu*, nên có thể đổi lại ở hậu kỳ mà không mất thông tin.

Bù lại, tệp có dung lượng rất lớn, máy tính phải khử ghép màu khi phát lại nên tải xử lý nặng, và bản ghi bắt buộc phải qua khâu chuyển đổi trước khi dựng.

Vì thế RAW phù hợp với phim truyện và quảng cáo, nơi có thời gian hậu kỳ và cần tối đa khả năng chỉnh màu, nhưng không phù hợp với thời sự.

Cần phân biệt RAW thật với hai loại thường bị gọi nhầm là RAW. Loại thứ nhất là các định dạng *RAW nén* của một số hãng, đã qua một phần xử lý và nén tổn hao nhẹ nên vẫn giữ được phần lớn ưu thế nhưng không phải dữ liệu thô tuyệt đối. Loại thứ hai là bản ghi ở đường log, vốn là video đã khử ghép màu và đã áp đường truyền nên không phải RAW, dù nhiều người gọi như vậy.

## 9.29 Nhiều máy quay và quy trình kiểm máy

### 9.29.1 Khớp màu giữa các máy

Quay nhiều máy là tình huống thường gặp: phỏng vấn hai máy, sự kiện bốn máy, truyền hình trực tiếp sáu máy trở lên. Nếu các máy không khớp màu thì mỗi lần cắt cảnh sẽ có một lần nhảy màu, và người chỉnh màu phải sửa từng cảnh một.

**QUY TẮC 9.7 — BA VIỆC PHẢI LÀM, THEO ĐÚNG THỨ TỰ NÀY**

① Đặt cùng picture profile hoặc cùng đường log trên mọi máy, vì đây là việc dễ thực hiện nhất nhưng bị bỏ sót nhiều nhất.

② Lấy chuẩn cân bằng trắng trên từng máy bằng cùng một tấm thẻ trắng, dưới cùng ánh sáng, và không dùng chế độ tự động.

③ Quay bảng màu chuẩn mười giây ở đầu mỗi buổi, trên từng máy, dưới ánh sáng của cảnh, làm mốc để người chỉnh màu khớp các máy.

Khi có đủ ba điều ấy, việc khớp màu chỉ mất vài phút; nếu thiếu, có thể mất cả ngày mà vẫn không khớp vì không có mốc tham chiếu.

Trong trường quay chuyên nghiệp, việc này được làm tập trung tại đơn vị điều khiển máy quay, xem mục 9.32. Người quay phim ở đó không chỉnh khẩu và màu trên thân máy; kỹ thuật hình chỉnh cho tất cả các máy từ một vị trí, theo dõi trên cùng một màn hình kiểm tra.

### 9.29.2 Danh mục kiểm máy trước khi quay

**1. Nguồn và vật liệu ghi**

- ☐ Pin đầy, có pin dự phòng đã sạc; tính thời lượng cho cả buổi
- ☐ Thẻ đã đổ hết và định dạng ngay trong máy, không định dạng trên máy tính
- ☐ Đủ dung lượng thẻ cho khối lượng dự kiến, tính theo tốc độ bit

**2. Thông số hình**

- ☐ Độ phân giải, tần số hình và kiểu quét đúng hồ sơ giao nộp
- ☐ Codec và mức ghi đúng; kiểm cả cấu trúc lấy mẫu con màu và độ sâu bit
- ☐ Picture profile hoặc đường log giống nhau trên mọi máy
- ☐ Màn trập đặt theo quy tắc 180 độ và khoá lại

**3. Quang học**

- ☐ Chỉnh nét sau cho ống B4, làm lại mỗi buổi
- ☐ Ống kính và kính lọc sạch; kiểm mốc thấu kính, nhất là mùa nồm
- ☐ ND và vòng chuyển nhiệt độ màu đặt đúng điều kiện ánh sáng

**4. Màu và tiếng**

- ☐ Cân bằng trắng lấy chuẩn bằng thẻ trắng, không để tự động
- ☐ Quay bảng màu chuẩn 10 giây ở đầu mỗi buổi, trên từng máy
- ☐ Thời mã đặt đúng và đồng bộ giữa các máy
- ☐ Micro gắn máy hoạt động; ghi tiếng tham chiếu để đồng bộ

*Hình 9.52 Danh mục kiểm máy trước khi quay, chia theo bốn nhóm*

Danh mục này nên được in ra và dán vào hộp máy, vì chỉ mất năm phút để thực hiện hết và giúp tránh được những buổi quay hỏng.

**CẢNH BÁO 9.10 — BA MỤC HAY BỊ BỎ QUA NHẤT, THEO KINH NGHIỆM DẠY THỰC HÀNH**

Định dạng thẻ ngay trong máy, không định dạng trên máy tính. Cấu trúc thư mục do máy quay quy định, nên định dạng ở máy tính có thể làm máy không ghi được hoặc ghi sai vị trí.

Chỉnh nét sau cho ống B4 và thực hiện lại mỗi buổi quay, không chỉ ở lần đầu.

Thời lượng pin cho cả buổi quay cần được tính toán chứ không ước lượng. Công thức ở mục 9.34 lấy dung lượng pin tính bằng Wh chia cho tổng công suất tiêu thụ của máy cộng phụ kiện.

Một mục kiểm tra nữa đặc thù cho khí hậu Việt Nam là *nấm mốc thấu kính*, nhất là vào mùa nồm. Nấm mốc phát triển trong lòng ống kính ở điều kiện ẩm và tối, bám vào lớp phủ và không thể tẩy được, nên cách phòng ngừa là cất ống kính trong tủ chống ẩm và mang ra sử dụng thường xuyên. Cùng lý do đó, khi đưa máy từ phòng lạnh ra ngoài trời nóng ẩm, cần để máy trong túi kín chừng mười lăm phút cho nhiệt độ cân bằng, nhờ đó tránh được hơi nước đọng trên thấu kính và trên cảm biến.

## 9.30 Bài thực hành số 4 — vận hành máy quay từ đầu tới cuối

Nội dung thực hành là vận hành máy quay từ đầu tới cuối, với mục tiêu để người đọc thực hiện được trọn quy trình từ kiểm tra máy tới đặt phơi sáng và tự khớp màu được hai máy khác dòng.

Cần chuẩn bị hai máy quay khác dòng, một màn hình hiện trường có false color (nếu có), một bảng màu chuẩn, một thẻ xám, một cảnh có cửa sổ hoặc vùng sáng chênh lệch mạnh, và phần mềm dựng.

*Bảng 9.24 Bốn phần của bài thực hành số 4*

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 1. Chạy danh mục kiểm máy | Chạy trọn danh mục ở mục 9.29 trên cả hai máy, ghi lại từng mục đạt hay không đạt. Với máy có ống B4 thì làm đủ bốn bước chỉnh nét sau. | Phát hiện được ít nhất một mục không đạt — điều này gần như luôn xảy ra và chính là bài học. Ghi lại thời gian chạy hết danh mục. |
| 2. Zebra so với false color | Đặt phơi sáng cho một cảnh có cửa sổ, lần một chỉ dùng zebra ở 70 và 100 phần trăm, lần hai chỉ dùng false color. Ghi lại khẩu độ và ND đã chọn ở mỗi lần. | So hai kết quả trên waveform ở khâu dựng. Nhận ra hai công cụ trả lời hai câu hỏi khác nhau, và biết mình quen dùng cái nào hơn. |
| 3. Gamma thường so với log | Quay cùng cảnh ấy hai lần: một ở gamma thường, một ở đường log của máy với thẻ xám đặt đúng mức hãng quy định. Ở khâu dựng, thử kéo lại vùng cửa sổ trong cả hai bản. | Bản log cứu được nhiều chi tiết vùng sáng hơn hẳn. Nếu máy chỉ ghi tám bit thì thấy luôn hiện tượng dải màu — đúng như mục 9.28.3 nói. |

| Phần | Việc phải làm | Kết quả cần rút ra |
|---|---|---|
| 4. Khớp màu hai máy | Đặt cùng picture profile, cân bằng trắng lấy chuẩn bằng cùng một thẻ trắng, quay bảng màu chuẩn mười giây trên từng máy. Sau đó quay cùng một chủ thể bằng cả hai máy. Ở khâu dựng, dùng bảng màu để khớp hai máy rồi cắt qua lại. | Đo thời gian khớp màu. Sau đó thử lại với hai máy KHÔNG quay bảng màu và để cân bằng trắng tự động — so thời gian và kết quả. |

Kết quả cần có gồm danh mục kiểm đã điền của cả hai máy, hai ảnh waveform của phần hai kèm thông số đã chọn, hai ảnh của phần ba sau khi kéo lại vùng sáng kèm nhận xét, và một đoạn dựng ngắn cắt qua lại giữa hai máy đã khớp màu, kèm ghi chú về thời gian khớp trong hai trường hợp.

## 9.31 Các dòng máy quay hiện nay

### 9.31.1 Đổi khung phân loại

Máy quay trước đây thường được phân loại theo *vật liệu ghi*: băng từ, thẻ nhớ, ổ cứng và đĩa quang. Cách phân loại ấy hợp lý ở thời điểm vật liệu ghi quyết định gần như mọi đặc điểm khác, như kích thước máy, thời lượng quay và quy trình hậu kỳ.

Hiện nay gần như mọi máy đều ghi lên thẻ hoặc ổ thể rắn, nên cách phân loại theo vật liệu không còn khả năng phân biệt. Sách vì vậy phân loại theo mục đích sử dụng, một cách phân loại diễn đạt được nhiều hơn và giúp người đọc định vị ngay thiết bị mình đang có.

| Dòng máy | Cỡ cảm biến | Ngàm | Định dạng ghi | Chỗ dùng hợp lý |
|---|---|---|---|---|
| **Máy quay điện ảnh** | Super35, toàn khung, khổ lớn | PL, E, RF, L | RAW của hãng; ProRes, DNxHR | Phim truyện, quảng cáo, phim tài liệu đầu tư cao |
| **Máy quay trường quay và ENG** | 2/3 inch, ba cảm biến | B4 | XAVC-I, MPEG-2 HD; ra SDI trực tiếp | Truyền hình trực tiếp, thời sự, thể thao |
| **Camcorder chuyên nghiệp** | 1 inch, Super35 | Liền máy hoặc E | XAVC-S, XAVC-I, AVCHD | Phóng sự, sự kiện, phim tài liệu gọn nhẹ |
| **Máy ảnh không gương lật** | APS-C, toàn khung | E, RF, L, MFT | H.264, HEVC, ProRes; một số có RAW | Sinh viên, phim ngắn, nội dung mạng |
| **Máy PTZ có NDI** | 1/2,3 inch tới 1 inch | Liền máy, zoom lớn | H.264 hoặc NDI qua mạng | Phòng thu nhỏ, hội trường, giảng đường |
| **Flycam** | 1/2 inch tới 4/3 | Liền máy hoặc đổi được | H.264, HEVC; bản cao có RAW | Cảnh trên cao, cảnh di chuyển dài |
| **Camera hành động** | 1/2,3 inch tới 1/1,3 inch | Liền máy, góc rất rộng | H.264, HEVC | Góc máy nguy hiểm, gắn lên người và phương tiện |
| **Điện thoại** | 1/2,55 inch tới 1 inch | Nhiều ống liền máy | HEVC; bản cao có ProRes và log | Quay nhanh, quay dự phòng, nội dung dọc |

*Hình 9.53 Tám dòng máy quay, phân loại theo mục đích sử dụng*

### 9.31.2 Chọn máy theo việc, không theo giá

*Bảng 9.25 Bốn câu hỏi để chọn dòng máy*

| Câu hỏi | Nếu trả lời là… | Thì hướng tới |
|---|---|---|
| Có phải quay TRỰC TIẾP nhiều máy không? | Có | Máy quay trường quay hoặc PTZ có NDI — cần ra tín hiệu không nén và điều khiển được từ xa |
| Có cần vùng nét MỎNG để tách chủ thể không? | Có | Cảm biến Super35 trở lên: máy quay điện ảnh hoặc máy ảnh không gương lật |
| Có phải quay LIÊN TỤC hàng giờ không? | Có | Camcorder chuyên nghiệp hoặc máy quay trường quay — có tản nhiệt chủ động và nguồn ngoài; máy ảnh dễ quá nhiệt |
| Có phải mang vác nhiều, hoặc đặt ở chỗ nguy hiểm không? | Có | Camera hành động, flycam hoặc điện thoại — chấp nhận cảm biến nhỏ để đổi lấy khả năng đặt máy |

**GHI NHỚ 9.27 — MỘT LỜI VỀ THIẾT BỊ CỦA NGƯỜI MỚI BẮT ĐẦU**

Phần lớn sản phẩm đầu tay của người mới làm video được quay bằng máy ảnh không gương lật hoặc bằng điện thoại, và điều này hoàn toàn bình thường.

Điện thoại cao cấp hiện nay ghi được HEVC 10 bit, có đường log, và một số máy còn ghi được ProRes, nên về mặt kỹ thuật chúng đủ để làm phim ngắn có chất lượng phát hành.

Điều chúng còn thiếu không phải chất lượng ảnh mà là khả năng *điều khiển* và *lặp lại*, thể hiện ở vòng nét có thang khoảng cách, khẩu vô cấp, ND tích hợp và thời mã đồng bộ; đây chính là điểm phân biệt máy chuyên dụng.

## 9.32 Máy quay trong trường quay

### 9.32.1 Cấu hình đầy đủ của một máy

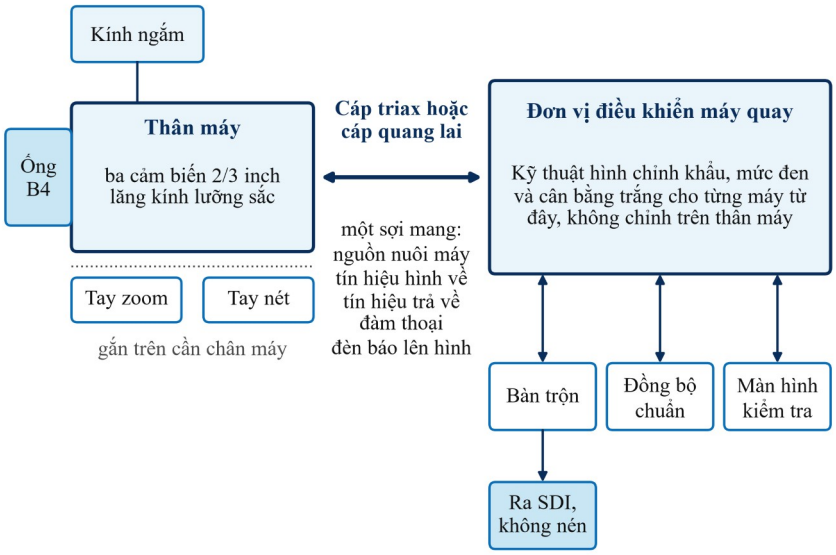
Các phụ kiện của máy quay gồm "bộ phận cấp nguồn cho Camera… nguồn điện lưới được điều chỉnh và được dẫn bởi những sợi cáp Triax", "bộ phận chân đế" và "bộ phận ghi âm", và cần được xét trong mối liên hệ với nhau như một hệ thống.

Hình 9.54 cho thấy một cấu hình máy quay điện ảnh hoàn chỉnh, trong đó thân máy chỉ là một khối nhỏ giữa các phụ kiện bao quanh.




*Hình 9.54 Máy quay điện ảnh ARRI Alexa Mini lắp ống zoom điện ảnh, kính ngắm điện tử, pin đeo sau, thanh ray 15 mm và đầu chân máy dầu*

*Nguồn: Rémi sim, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).*




*Hình 9.55 Một máy quay trường quay đầy đủ và đường dây của nó*

Một máy quay trường quay là một *hệ thống* chứ không phải thiết bị đơn lẻ, gồm thân máy có ba cảm biến 2/3 inch và khối lăng kính, ống kính B4 có tay điều khiển zoom và tay điều khiển nét gắn trên cần chân máy, kính ngắm, và một sợi cáp nối về đơn vị điều khiển.

### 9.32.2 Sợi cáp mang những gì

Cáp triax, hoặc cáp quang lai ở hệ hiện đại, là một sợi duy nhất mang đồng thời nhiều loại tín hiệu theo cả hai chiều [9]:

- Nguồn nuôi máy quay, truyền từ đơn vị điều khiển ra máy.
- Tín hiệu hình từ máy quay về.

– Tín hiệu trả về, thường là tín hiệu đang lên sóng, để người quay biết cảnh nào đang được phát.
– Đàm thoại giữa đạo diễn hình và người quay.
– Đèn báo máy đang lên hình, sáng cả ở phía trước máy để người dẫn chương trình biết cần nhìn vào máy nào.

Việc dồn mọi tín hiệu vào một sợi cáp cũng là ưu thế của SDI nói chung: một sợi cáp và một đầu cắm mang trọn tín hiệu của một máy quay, nên với trường quay sáu máy thì chỉ cần sáu sợi thay vì hàng chục.

### 9.32.3 Đơn vị điều khiển máy quay

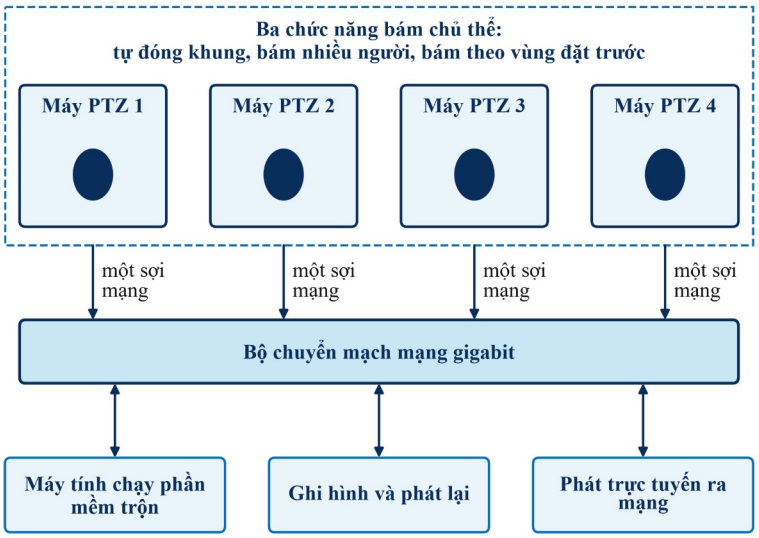
Thiết bị này ít khi được người ngoài trường quay nhìn thấy nhưng lại quyết định chất lượng hình của cả buổi trực tiếp. Người kỹ thuật hình ngồi trước một dãy bàn điều khiển, mỗi bàn ứng với một máy quay, và chỉnh khẩu độ, mức đen và cân bằng trắng cho từng máy trên cùng một màn hình kiểm tra và cùng một waveform.

> **GHI NHỚ 9.28 — VÌ SAO PHẢI TẬP TRUNG**
>
> Nếu mỗi người quay tự chỉnh trên thân máy thì sáu máy sẽ có sáu cách hiểu về "sáng đúng" và "trắng đúng", và mỗi lần cắt cảnh sẽ gây ra một lần nhảy hình.
>
> Ngược lại, khi việc chỉnh được tập trung về một chỗ thì một người quyết định, nhìn trên một màn hình, và cả sáu máy luôn khớp nhau.
>
> Hệ quả với người quay phim trong trường quay là nhiệm vụ của họ gồm *bố cục*, *nét* và *chuyển động máy*, không bao gồm phơi sáng; đây là cách phân công lao động khác hẳn so với quay phim tài liệu hay điện ảnh.

Ngoài đơn vị điều khiển, dây chuyền còn có bàn trộn, bộ phát tín hiệu đồng bộ chuẩn và hệ màn hình kiểm tra. Phần đồng bộ đã được trình bày ở mục 8.27.5; ở đây chỉ cần nhớ rằng mọi máy quay trong trường quay phải quét hình cùng một nhịp, nếu không thì bàn trộn chuyển cảnh sẽ giật một khung.

### 9.32.4 Máy PTZ và dây chuyền NDI

Với điều kiện của một phòng thu nhỏ, dây chuyền SDI đầy đủ vượt quá khả năng đầu tư, nhưng có một lựa chọn thực tế là máy PTZ nối qua mạng bằng NDI.




*Hình 9.56 Dây chuyền NDI cho một phòng thu nhỏ*

Máy PTZ là máy quay có mô-tơ tích hợp cho phép quay ngang, ngóc lên xuống và zoom từ xa. Điểm khiến loại máy này lan nhanh vào trường học và hội trường là ba chức năng bám chủ thể: tự đóng khung theo người, bám nhiều người cùng lúc, và bám theo vùng đặt trước.

**GHI NHỚ 9.29 — VÌ SAO PHÙ HỢP VỚI PHÒNG THU NHỎ**

Hệ thống chạy trên mạng máy tính sẵn có, nên không cần kéo cáp SDI riêng.

Phần mềm trộn phần lớn miễn phí hoặc rẻ.

Một người vận hành được cả bốn máy, do đó không cần bốn người quay.

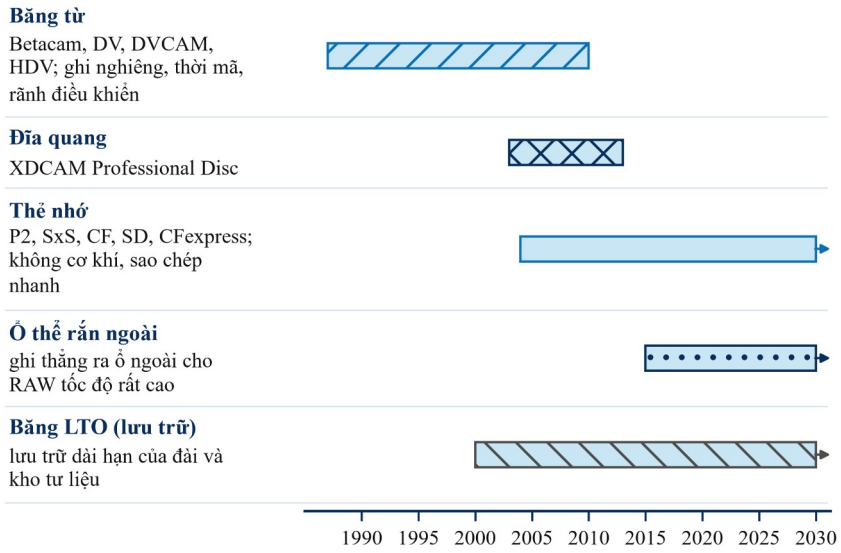
Hệ thống đủ để thực hành trọn một dây chuyền nhiều máy, gồm dựng kịch bản hình, gọi máy, chuyển cảnh, chèn chữ, ghi và phát trực tuyến.

Hạn chế cần biết trước là độ trễ cao hơn SDI và chất lượng phụ thuộc vào mạng, như trình bày trong bảng ba mức truyền video ở mục 8.28.4.

## 9.33 Vật liệu ghi qua các thời kỳ

### 9.33.1 Băng từ — phần lịch sử

Máy quay dùng băng từ từng giữ vị trí quan trọng và nay được rút gọn thành một mục lịch sử ngắn, trong đó vẫn có vài ý đáng ghi nhớ.




*Hình 9.57 Vật liệu ghi của máy quay qua các thời kỳ*

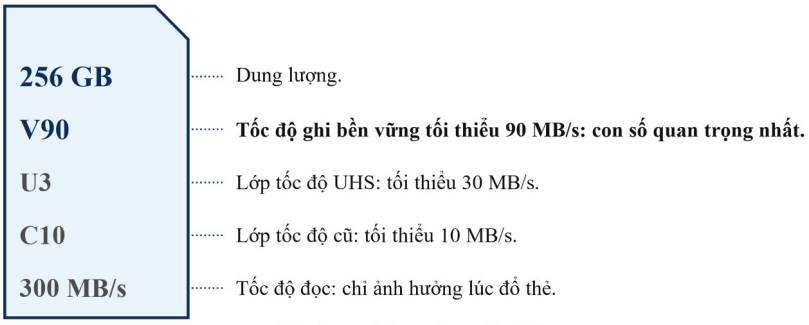
Về cách ghi, "trên băng Analog thì tín hiệu hình ảnh được ghi toàn bộ lên mặt băng từ, âm thanh được ghi thành hai kênh… ngoài ra ở phía dưới băng từ còn có tín hiệu điều khiển và tín hiệu thời gian." Việc ghi nghiêng được giải thích rằng "sở dĩ phải ghi với góc nhỏ như vậy là vì ghi như vậy sẽ làm tăng tốc độ ghi của đầu từ và băng từ", tức tăng tốc độ tương đối giữa đầu từ và mặt băng, điều kiện để ghi được tín hiệu băng thông rộng.

> **GHI NHỚ 9.30 — BĂNG TỪ TRONG LƯU TRỮ DÀI HẠN**
>
> Tín hiệu ghi trên băng từ có thể được lưu trữ rất lâu; thực tế cho thấy băng từ lưu trữ được gần 100 năm, trong khi các loại ổ ghi khác chưa được kiểm chứng bằng thời gian.
>
> Vì vậy băng LTO, một dạng băng từ hiện đại, vẫn là phương tiện lưu trữ dài hạn của các đài truyền hình và các kho tư liệu, như đã nói ở mục 8.32.4.
>
> Như vậy băng từ không bị loại bỏ hoàn toàn mà chỉ rời khỏi khâu *quay* để lui về khâu *lưu trữ*, nơi ưu điểm bền vững của nó được phát huy đúng chỗ.

Các nhược điểm của băng từ cũng giải thích vì sao nó rời khỏi khâu quay: tốn điện vì phải chạy cơ khí, và "khi ghi hình ảnh lên băng từ thì việc đưa tín hiệu sang dạng số là khá rắc rối… khi nạp thì rất lâu, bằng chính thời gian ghi hình ảnh lên băng". Với thời sự, nơi mỗi phút đều tính, đây là nhược điểm nghiêm trọng.

### 9.33.2 Thẻ nhớ và cách đọc nhãn

Ưu điểm của máy quay dùng thẻ gồm nhỏ gọn, dễ sao chép, độ bền cao, và "thẻ nhớ có thể ghi đi ghi lại hàng nghìn lần, tính ra thì chi phí cho mỗi lần ghi hình thấp hơn băng từ rất nhiều". Cách chọn thẻ cần được đặc biệt chú ý, vì đây là khâu người mới quay mất cảnh quay nhiều nhất [12].




(a) đọc nhãn trên mặt thẻ

| Định dạng ghi | Tốc độ bit (Mbit/s) | Cần (MB/s) | Thẻ tối thiểu |
|---|---|---|---|
| H.264 Full HD | 25 | 3,1 | V30 |
| XAVC-I Full HD | 100 | 12,5 | V30 |
| XAVC-I UHD | 500 | 62,5 | V90 |
| ProRes 422 HQ UHD | 900 | 112,5 | CFexpress |
| RAW nén UHD | 2.000 | 250 | CFexpress |

(b) tốc độ ghi cần cho từng định dạng

*Hình 9.58 Đọc nhãn trên một thẻ nhớ, và bảng tốc độ cần cho từng định dạng*

Máy quay ghi liên tục, nên con số quyết định không phải tốc độ đỉnh mà là *tốc độ ghi bền vững*, tức tốc độ thẻ duy trì được trong suốt thời gian ghi. Cách tính như sau:

$$R_{\text{card}} \geq \frac{R_{\text{bit}}}{8} \quad [\text{MB/s}] \tag{9.27}$$

**QUY TẮC 9.8 — BA QUY TẮC VỀ THẺ**

① Con số lớn in trên mặt thẻ thường là *tốc độ đọc*, chỉ ảnh hưởng lúc đổ thẻ và không quyết định máy quay có ghi được hay không.

② Con số cần xem là tốc độ ghi bền vững, ký hiệu bằng V (V30, V60, V90), nghĩa là tối thiểu 30, 60 hoặc 90 MB mỗi giây.

③ Thẻ cần được *định dạng ngay trong máy* trước mỗi buổi quay, không định dạng trên máy tính, vì cấu trúc thư mục do máy quay quy định.

Thẻ nóng lên khi ghi liên tục ở tốc độ bit cao và tốc độ ghi bền vững giảm khi nóng, vì vậy nên chọn thẻ dư một bậc so với mức tính ra, nhất là khi quay ngoài trời nắng ở Việt Nam.

### 9.33.3 Ổ thể rắn ngoài

Với các định dạng RAW hoặc ProRes ở độ phân giải cao, tốc độ bit vượt quá khả năng của thẻ thông dụng, nên giải pháp là ghi thẳng ra một ổ thể rắn gắn ngoài nối qua cổng tốc độ cao.

Cách này còn có ưu điểm về quy trình là ổ ghi xong có thể cắm thẳng vào máy dựng mà không cần đổ thẻ. Tuy nhiên cần lưu ý hai điều: dây nối là điểm yếu cơ khí, và ổ chất lượng thấp có thể giảm tốc độ đột ngột khi nóng, làm máy dừng ghi giữa chừng.

## 9.34 Chân máy, thiết bị ổn định và phụ kiện

| Thiết bị | Làm gì | Điều dễ quên |
|---|---|---|
| **Chân máy có đầu dầu** | Cản dầu cho lia và ngóc đều tay; cân bằng tải trọng theo khối lượng máy | Cân bằng sai thì máy tự gục hoặc tự ngửa khi buông tay; chỉnh lại mỗi khi đổi ống hay phụ kiện |
| **Ray và xe đẩy** | Cú máy tiến, lùi hoặc đi ngang mượt trên mặt phẳng | Cần thời gian dựng ray; không dùng được ở hiện trường chật |
| **Cần trục** | Đưa máy lên cao hoặc hạ xuống trong một cú liền mạch | Cần ít nhất hai người, phải tính đối trọng, cần trần đủ cao |
| **Gimbal ba trục** | Giữ máy đứng yên khi người cầm di chuyển | Phải cân bằng lại mỗi khi đổi ống kính hoặc thêm phụ kiện; tốn pin |
| **Steadicam** | Cú máy dài theo chân nhân vật, có cảm giác trôi đặc trưng | Người vận hành phải được đào tạo |
| **Nguồn V-mount** | Pin lớn gắn sau máy, cấp điện cho cả máy và phụ kiện | Tính thời lượng bằng Wh chia cho tổng công suất tiêu thụ |
| **Màn hình hiện trường** | Màn hình rời có waveform, false color, peaking, nạp được LUT | Ăn pin đáng kể; phải tính vào dự toán nguồn |
| **Micro gắn máy** | Thu tiếng tham chiếu để đồng bộ với bản thu chính ở hậu kỳ | Không dùng làm tiếng chính; luôn thu tiếng riêng bằng máy ghi |

*Hình 9.59 Chân máy, thiết bị ổn định và phụ kiện — và điều dễ quên ở mỗi loại*

### 9.34.1 Chân máy có đầu dầu

Chân đế có vai trò quan trọng vì "không phải lúc nào người quay phim cũng có thể cầm tay hoặc vác trên vai một chiếc camera ghi hình", và cần đặt máy lên chân đế để ghi được hình ảnh không bị rung giật.

Chân máy quay phim khác chân máy ảnh ở *đầu chân*. Đầu chân máy quay có cơ cấu cản dầu, cho phép lia và ngóc với một lực cản đều, nhờ đó cú lia bắt đầu và kết thúc êm thay vì giật. Đây là khác biệt quyết định và cũng là lý do không nên dùng chân máy ảnh để quay phim.

> **CẢNH BÁO 9.11 — CÂN BẰNG TẢI TRỌNG — VIỆC HAY BỊ BỎ QUA**
>
> Đầu chân máy có một cơ cấu lò xo bù trọng lượng, cần chỉnh theo khối lượng của máy cộng ống kính cộng phụ kiện.
>
> Khi cân bằng đúng, buông tay ra thì máy giữ nguyên góc ngóc; khi cân bằng sai, máy tự gục xuống hoặc tự ngửa lên.
>
> Cần chỉnh lại mỗi khi đổi ống kính hoặc thêm bớt phụ kiện, chứ không chỉ ở lần đầu.

### 9.34.2 Thiết bị di chuyển máy

*Bảng 9.26 Bốn cách di chuyển máy và chỗ dùng*

| Thiết bị | Cho cú máy gì | Điều kiện cần |
|---|---|---|
| Ray và xe đẩy | Tiến, lùi hoặc đi ngang mượt trên mặt phẳng | Thời gian dựng ray và mặt sàn tương đối phẳng; không dùng được ở hiện trường chật |
| Cần trục | Đưa máy lên cao hoặc hạ xuống trong một cú liền mạch | Ít nhất hai người, tính đối trọng, và không gian trần đủ cao |
| Gimbal ba trục | Đi bộ, chạy, lên xuống cầu thang mà hình vẫn mượt | Phải CÂN BẰNG LẠI mỗi khi đổi ống kính; tốn pin; người cầm phải tập |
| Steadicam | Cú máy dài theo chân nhân vật, có cảm giác "trôi" đặc trưng | Người vận hành phải được đào tạo; áo giáp và cần trục tay đắt |

### 9.34.3 Nguồn, màn hình và tiếng

Bộ phận cấp nguồn gồm pin và bộ đổi nguồn, và điều cần chú ý là cách *tính* thời lượng pin vì thông số này thường bị ước lượng sai:

$$t_{\text{bat}} = \frac{E_{\text{bat}}}{P_{\text{tot}}} \tag{9.28}$$

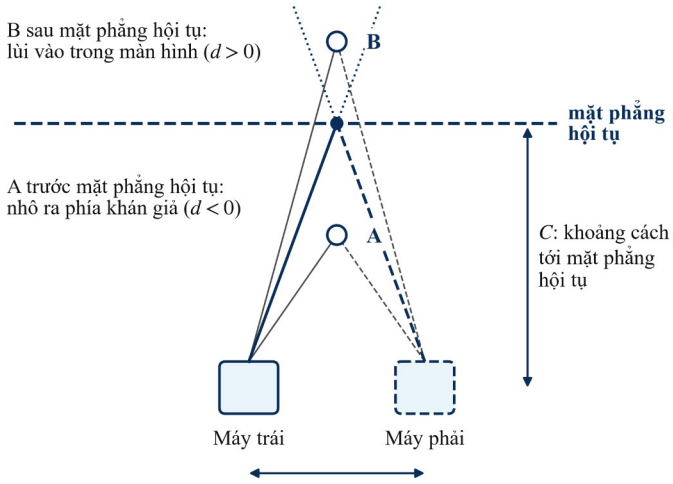
Trong đó dung lượng pin tính bằng oát giờ, là con số ghi trên thân pin V-mount, còn tổng công suất tiêu thụ là của máy quay cộng mọi phụ kiện lấy nguồn từ pin ấy: màn hình hiện trường, bộ thu micro không dây, bộ phát tín hiệu không dây. Màn hình hiện trường sáng ngoài trời tiêu thụ đáng kể và thường bị bỏ sót khi tính.

Về tiếng, "camera dùng micro để bắt âm thanh… âm thanh được ghi dưới dạng một file âm thanh, file này đồng bộ với file hình". Micro gắn máy dùng để thu tiếng *tham chiếu* phục vụ đồng bộ ở khâu dựng, không dùng làm tiếng chính. Tiếng chính luôn được thu riêng bằng micro đặt gần nguồn âm và máy ghi riêng, với lý do đã học ở Chương 5.

## 9.35 Quay lập thể và VR

### 9.35.1 Nguyên lý ảo giác lập thể

Nguyên lý của quay lập thể được mô tả như sau: "hai mắt của người đã trưởng thành cách nhau khoảng 6,3 cm, do đó cùng một vật thể mỗi mắt nhìn theo một góc hơi khác nhau. Hai hình ảnh trên màn hình cũng được quay theo hai góc hơi khác nhau, nhưng thông qua cái kính đặc biệt, hai ảnh được tổng hợp lại trong não thành một và tạo ra ảo giác có chiều sâu." Hiệu ứng ấy gọi là *ảo giác lập thể*.




$$d = ft\left(\frac{1}{C} - \frac{1}{Z}\right)$$

*f*: tiêu cự; *Z*: khoảng cách tới điểm; $d = 0$ khi $Z = C$ (điểm trên mặt phẳng màn hình)

*Hình 9.60 Hình học của một cặp máy quay lập thể*

Người quay lập thể phải đặt hai tham số: *khoảng cách hai trục* (khoảng cách giữa hai trục quang) quyết định độ mạnh của hiệu ứng nổi, còn *mặt phẳng hội tụ* (nơi hai trục quang gặp nhau) quyết định vật nào nhô ra phía khán giả và vật nào lùi vào trong màn hình. Độ lệch của một điểm giữa hai ảnh được tính như sau:

$$p = \frac{b(D - Z)}{D} \cdot \frac{F}{Z} \tag{9.29}$$

Trong (9.29), p là độ lệch thị sai trên mặt phẳng ảnh, b là khoảng cách hai trục, D là khoảng cách từ máy tới mặt phẳng hội tụ, Z là khoảng cách từ máy tới vật và F là tiêu cự. Vật nằm đúng mặt phẳng hội tụ (Z = D) cho p = 0, tức nằm trên mặt phẳng màn hình; vật gần hơn cho p dương và nổi ra trước màn hình, vật xa hơn cho p âm và lùi vào sau màn hình. Hình 9.60 dùng các ký hiệu t, C, Z, f và d tương ứng với b, D, Z, F và −p.

Nếu đặt sai một trong hai tham số thì khán giả bị nhức đầu thay vì cảm nhận được hiệu ứng đẹp, và đây là lý do quay lập thể tốn kém vì đòi hỏi một người chuyên trách theo dõi hai tham số ấy suốt buổi quay.

### 9.35.2 Vì sao tivi 3D thất bại

Năm 2010 từng "được nhận định là năm bùng nổ về công nghệ tivi 3D", và công nghệ kính tinh thể lỏng chủ động khi đó "tuần tự che mắt bên này mở mắt bên kia theo tần số 120 lần mỗi giây". Mô tả kỹ thuật ấy chính xác, nhưng dự báo thị trường đã không thành hiện thực vì tivi 3D biến mất khỏi thị trường chỉ vài năm sau đó.

**GHI NHỚ 9.31 — BA LÝ DO, VÀ MỘT BÀI HỌC VỀ DỰ BÁO CÔNG NGHỆ**

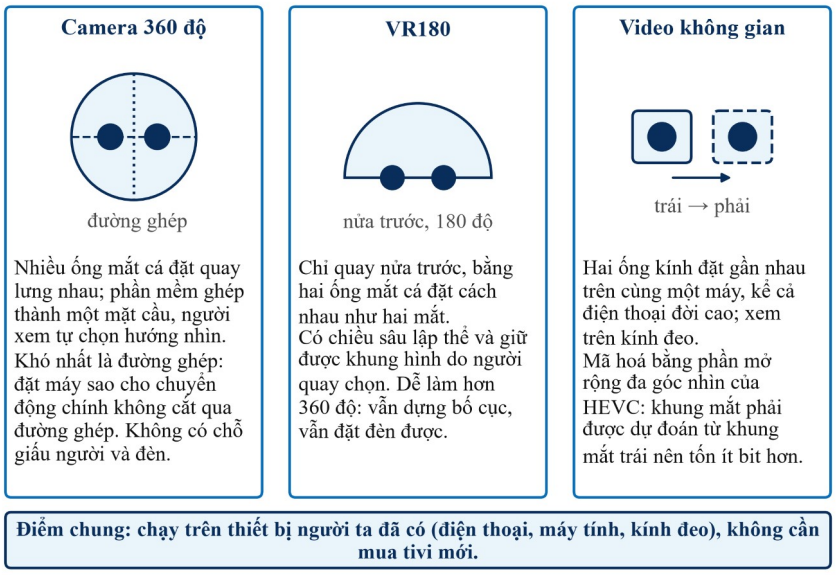
① ***Phải đeo kính.* Điều này được nhận ra từ sớm:** "chắc chắn sẽ rất ít người muốn đeo cặp kính nặng nề này mỗi khi ngồi xuống tập trung xem một bộ phim", và nhận xét ấy hoàn toàn đúng.

② *Mỏi mắt.* Mắt hội tụ ở mặt phẳng màn hình nhưng phải điều tiết theo chiều sâu giả, nên hai cơ chế vốn đi cùng nhau trong đời thực bị tách rời và xem lâu thì nhức đầu. Đây là lý do sinh lý và không thể khắc phục bằng công nghệ hiển thị.

③ *Thiếu nội dung.* Quay lập thể tốn kém và khó, nên số chương trình làm ra không đủ nuôi thị trường thiết bị.

Bài học rút ra là một công nghệ có thể hoàn hảo về kỹ thuật mà vẫn thất bại vì đòi khán giả thay đổi thói quen quá nhiều so với lợi ích nó mang lại.

### 9.35.3 Ba hướng đang thật sự được dùng




*Hình 9.61 Ba hướng đang thật sự được dùng thay cho tivi 3D*

Điểm chung của cả ba hướng dưới đây là chúng không đòi khán giả mua một chiếc tivi mới mà chạy trên thiết bị người ta đã có, như điện thoại, máy tính và kính đeo, và đó là khác biệt căn bản so với tivi 3D [10], [11].

- **Camera 360 độ.** Nhiều ống mắt cá đặt quay lưng nhau, phần mềm ghép ảnh thành một mặt cầu và người xem tự chọn hướng nhìn. Khó khăn lớn nhất là *đường ghép*: chủ thể đi ngang chỗ ghép thì dễ đứt hình nên phải đặt máy sao cho chuyển động chính không cắt qua đường ghép, và cần lưu ý rằng không có chỗ nào để giấu người và đèn.
- **VR180.** Chỉ quay nửa trước, bằng hai ống mắt cá đặt cách nhau như hai mắt, nên vừa có chiều sâu lập thể, vừa giữ được *khung hình* do người quay chọn. Cách này dễ thực hiện hơn 360 độ rất nhiều vì vẫn dựng được bố cục và vẫn đặt được đèn mà không lo lọt vào khung.
- **Video không gian.** Nội dung được quay bằng hai ống kính đặt gần nhau trên cùng một máy, kể cả điện thoại đời cao, và được xem trên kính đeo. Việc mã

hoá dùng phần mở rộng *đa góc nhìn* của HEVC, trong đó khung của mắt phải được dự đoán từ khung của mắt trái nên tốn ít bit hơn hẳn so với ghi hai luồng riêng. Cơ chế này chính là nguyên lý dự đoán liên khung đã học ở mục 8.17, với điểm khác biệt là dự đoán diễn ra giữa hai *góc nhìn* thay vì giữa hai thời điểm.

## 9.36 Bảng tra nhanh và tổng kết Phần II

### 9.36.1 Mười hai thông số phải đặt trước mỗi cảnh

| Thông số | Đặt theo nguyên tắc | Con số cụ thể | Mục |
|---|---|---|---|
| **Tần số hình** | Theo nơi phát hành | 25 hình/giây ở Việt Nam | 9.25 |
| **Kiểu quét** | Theo hồ sơ giao nộp | Quét liên tục nếu được chọn | 8.10 |
| **Góc màn trập** | Quy tắc 180 độ | 1/50 giây ở 25 hình/giây | 9.25 |
| **ISO** | Đặt ở mức gốc của máy | Đổi sang ISO gốc thứ hai khi thiếu sáng | 9.22 |
| **Khẩu độ** | Theo độ sâu trường ảnh cảnh cần | Khép một tới hai nấc so với mở hết thì nét nhất | 9.5, 9.6 |
| **ND** | Bù phần sáng thừa | ND 1/4 giảm hai nấc; ND 1/64 giảm sáu nấc | 9.13 |
| **Cân bằng trắng** | Lấy chuẩn bằng thẻ trắng | Không để tự động khi quay | 9.26 |
| **Picture profile** | Giống nhau trên mọi máy | Log thì tối thiểu mười bit | 9.28 |
| **Detail** | Để thấp hoặc tắt | Không sửa được ở hậu kỳ | 9.28 |
| **Thời mã** | Đặt đúng và đồng bộ giữa các máy | Bản giao nộp bắt đầu ở 10:00:00:00 | 8.12 |
| **Định dạng ghi** | Theo hồ sơ giao nộp | Kiểm tốc độ ghi bền vững của thẻ | 9.33 |
| **Chỉnh nét sau** | Bắt buộc với ống B4 | Làm lại mỗi buổi quay | 9.11 |

*Hình 9.62 Bảng tra nhanh — những gì phải đặt trước mỗi cảnh quay*

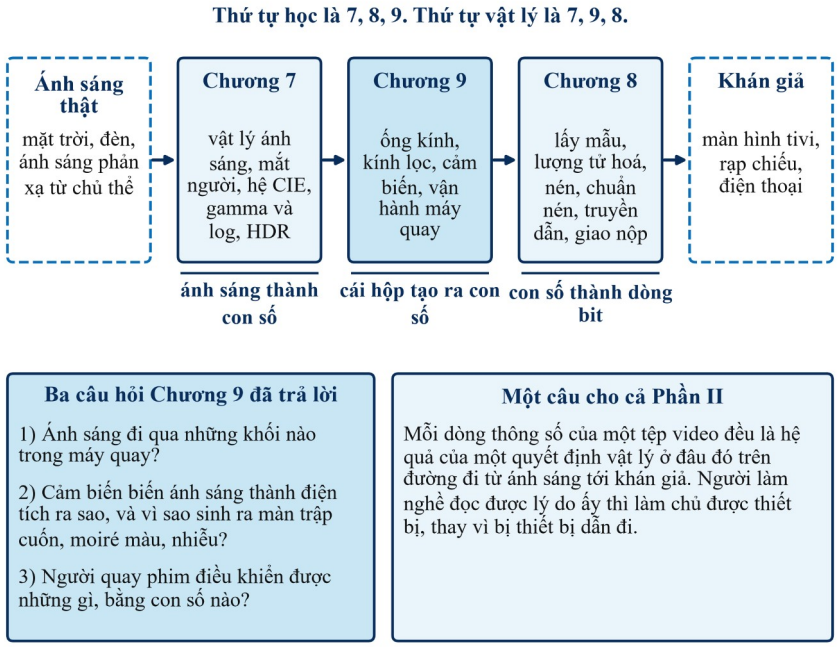
Bảng này nên được chép vào sổ tay nghề nghiệp, vì mỗi dòng trong số mười hai dòng đều có một mục của chương giải thích lý do. Khi người quay phim đã đặt xong mười hai thông số này thì phần kỹ thuật cơ bản được xem là hoàn tất, phần còn lại thuộc về ánh sáng và bố cục.

### 9.36.2 Chín khối, nhìn lại lần cuối

*Bảng 9.27 Chín khối của máy quay và mục đã học từng khối*

| Khối | Làm gì | Điều quan trọng nhất | Mục |
|---|---|---|---|
| ① Ống kính | Thu và hội tụ ánh sáng | Góc nhìn phụ thuộc CẢ tiêu cự lẫn cỡ cảm biến; khép khẩu một tới hai nấc thì nét nhất | 9.3 – 9.11 |
| ② Bánh xe lọc | Đổi nhiệt độ màu và giảm sáng | HAI vòng độc lập, không phải một danh sách | 9.13 |
| ③ Tách màu | Chia ánh sáng thành ba màu cơ bản | Lăng kính cho màu chính xác hơn; Bayer cho cảm biến lớn hơn | 9.20 – 9.21 |
| ④ Cảm biến | Photon thành điện tích | Đọc lần lượt từng dòng nên sinh màn trập cuốn | 9.15 – 9.19 |
| ⑤ Biến đổi A/D | Điện áp thành số nguyên | Quyết định độ sâu bit; ghi log thì tối thiểu mười bit | 9.17 |
| ⑥ Xử lý ảnh | Khử ghép màu, cân bằng trắng, gamma, detail | Thứ CẮT BỎ dữ liệu thì không lấy lại được | 9.26 – 9.28 |
| ⑦ Mã hoá | Nén và đóng gói | Chọn theo hồ sơ giao nộp của nơi phát hành | 8.20 – 8.25 |
| ⑧ Ghi | Lưu lên thẻ hoặc ổ thể rắn | Tốc độ GHI BỀN VỮNG mới là con số quyết định | 9.33 |
| ⑨ Kính ngắm | Cho người quay quan sát và đo | Waveform và false color đáng tin hơn mắt | 9.27 |

### 9.36.3 Ba chương nối thành một đường liền




*Hình 9.63 Toàn cảnh Phần II — ba chương nối thành một đường liền*

Phần II của cuốn sách khép lại ở đây. Ba chương của phần này nối thành một mạch liền từ ánh sáng thật tới tệp giao nộp, và mỗi chương giải đáp một đoạn của mạch ấy.

Chương 7 đi từ ánh sáng thật tới con số, gồm vật lý ánh sáng, sinh lý thị giác, hệ toạ độ màu, gamma và đường log. Chương 9 mô tả thiết bị thực hiện phép biến đổi ấy, tức ống kính, kính lọc, cảm biến và những gì người quay phim điều khiển được. Chương 8 đưa con số đi tiếp qua các khâu nén, đóng gói, truyền dẫn, phát sóng và giao nộp.

> **GHI NHỚ 9.32 — MỘT CÂU CHO CẢ PHẦN II**
>
> Mỗi dòng thông số của một tệp video đều là hệ quả của một quyết định vật lý nào đó trên đường đi từ ánh sáng tới khán giả.
>
> Người làm nghề đọc được lý do ấy thì làm chủ được thiết bị, thay vì bị thiết bị chi phối.

## TÓM TẮT CHƯƠNG 9

***Phần A — đường đi của ánh sáng***

- Máy quay gồm chín khối sắp xếp theo đường đi của ánh sáng, và sơ đồ này là bản đồ giúp truy mọi hiện tượng về đúng khối sinh ra nó.
- Công thức thấu kính giải thích vì sao ống kính phải dài ra khi lấy nét gần. Góc nhìn phụ thuộc đồng thời vào tiêu cự và cỡ cảm biến, được quy đổi qua hệ số cắt.
- Con số inch của cảm biến là di sản của ống vidicon chứ không phải kích thước thật, nên việc so sánh phải dùng đường chéo tính bằng milimét.
- Thang khẩu độ chạy theo căn hai vì lượng sáng tỉ lệ với diện tích lỗ mở. Do đó một *stop* luôn có nghĩa là gấp đôi hoặc một nửa lượng sáng.
- T-stop là số đo thật sau khi đã trừ hao truyền qua, và ống kính điện ảnh ghi T thay vì f để nhiều ống kính khớp nhau về độ sáng.
- Độ sâu trường ảnh tính được từ vòng tròn mờ. Trong ba biến điều khiển độ sâu trường ảnh, khoảng cách tới chủ thể là biến mạnh nhất.

***Phần B — ống kính và kính lọc***

- Ống zoom giữ mặt phẳng hội tụ cố định nhờ cụm ba thấu kính di chuyển theo quỹ đạo không tuyến tính, với sai số chỉ chừng 0,01 mm.
- Zoom số không thêm được mẫu nào nên cũng không thêm được chi tiết nào.
- Sáu loại quang sai đều nhận ra được bằng mắt; sắc sai ngang và méo hình sửa được bằng phần mềm, còn sắc sai dọc và cong trường ảnh thì phải khép khẩu để giảm.
- Ống của ngàm mặt bích dài lắp được lên thân mặt bích ngắn, không ngược lại.
- Bánh xe lọc trên máy quay chuyên dụng có hai vòng độc lập, gồm vòng chuyển đổi nhiệt độ màu và vòng giảm sáng ND.

– ND biến thiên vặn quá tay sinh hiện tượng chữ X; ND thường không có lớp chặn hồng ngoại làm vải đen ngả tím; kính phân cực đổi hiệu quả khi lia máy.

***Phần C — cảm biến***

– Cảm biến đếm photon nên đáp ứng *tuyến tính*, trong khi thị giác đáp ứng gần với hàm logarit, và đó là lý do bắt buộc phải có gamma và đường log.
– CCD chốt cả khung tại cùng một khoảnh khắc, còn CMOS đọc lần lượt từng dòng. Điểm ảnh CMOS xuất *điện áp tương tự*, và bộ biến đổi tương tự sang số nằm ở chân cột.
– Do đọc lần lượt nên CMOS sinh ra màn trập cuốn, với các biểu hiện là hình nghiêng khi lia, hiệu ứng thạch, sọc dưới đèn nhấp nháy và vệt sáng khi có đèn chớp.
– Ma trận Bayer cho mỗi ô chỉ một màu, còn hai màu còn lại được nội suy. Con số megapixel là số ô chứ không phải số điểm ảnh đủ ba màu.
– Tăng ISO không làm cảm biến nhạy hơn mà chỉ khuếch đại to hơn cả tín hiệu lẫn nhiễu, và vùng tối luôn nhiễu hơn vùng sáng.

***Phần D — vận hành***

– Với video, *màn trập* bị ràng buộc bởi quy tắc 180 độ, nên ND thay vị trí của nó làm biến điều chỉnh thứ ba.
– Ở 25 hình mỗi giây, quy tắc 180 độ cho 1/50 giây, vừa đúng hai nửa chu kỳ của lưới điện 50 Hz nên tránh được nhấp nháy.
– Cân bằng trắng chỉnh *hệ số khuếch đại* của kênh R và B chứ không chỉnh phương trình độ chói. Khi quay nhiều máy, giá trị này phải được lấy chuẩn thay vì để chế độ tự động.
– Waveform và false color đáng tin hơn mắt thường, còn LUT hiển thị chỉ dùng để xem và không được ghi vào tệp.
– Detail đặt cao gây hỏng không sửa được; ghi log yêu cầu tối thiểu mười bit; RAW là dữ liệu trước khi khử ghép màu và trước cân bằng trắng.

***Phần E — thiết bị và quay lập thể***

– Máy quay được phân loại theo mục đích sử dụng chứ không theo vật liệu ghi.
– Trong trường quay, phơi sáng và màu được chỉnh tập trung tại đơn vị điều khiển để nhiều máy luôn khớp nhau.
– Con số quyết định của thẻ nhớ là tốc độ *ghi bền vững*, tính bằng tốc độ bit chia cho tám.
– Tivi 3D thất bại vì phải đeo kính, gây mỏi mắt và thiếu nội dung. Ba hướng còn tồn tại gồm camera 360, VR180 và video không gian, và cả ba đều chạy trên thiết bị người xem đã có.

## 9.37 Câu hỏi và bài tập ôn tập

### *A. Câu hỏi lý thuyết*

**Phần A**

1. Kể tên chín khối của máy quay theo đúng thứ tự đường đi của ánh sáng. Hai khối nào dễ bị bỏ sót nhất khi mô tả máy quay, và vì sao chúng quan trọng?
2. Vì sao ống kính phải dài ra khi lấy nét ở vật rất gần? Hãy trả lời bằng công thức thấu kính.
3. Một cảm biến được ghi là "1 inch". Đường chéo thật của nó là bao nhiêu, và vì sao có sự khác biệt ấy?
4. Vì sao thang khẩu độ chạy theo bội của căn bậc hai mà không theo bội của hai?
5. Số f càng lớn thì lỗ mở càng nhỏ. Hãy giải thích nghịch lý bề ngoài này bằng định nghĩa của f.
6. Phân biệt f-stop và T-stop. Trong tình huống nào sự khác nhau giữa hai con số ấy gây hậu quả thấy được?
7. Vòng tròn mờ là gì, và vì sao thiếu khái niệm này thì không tính được độ sâu trường ảnh?
8. Trong ba biến điều khiển độ sâu trường ảnh, biến nào mạnh nhất và vì sao?
9. Vì sao camera hành động gần như luôn nét mà không cần lấy nét? Hãy trả lời bằng khoảng siêu tiêu cự.
10. Nhận định "cảm biến lớn thì nền mờ hơn" đúng hay sai? Hãy giải thích cơ chế thật.

**Phần B**

1. Mô tả nguyên lý bù mặt phẳng hội tụ của ống kính zoom. Vì sao ống zoom thời kỳ đầu phải chỉnh lại nét sau mỗi lần zoom?
2. Vì sao zoom số không thêm được chi tiết? Hãy trả lời bằng khái niệm lấy mẫu.
3. Kể sáu loại quang sai. Loại nào sửa được bằng phần mềm, và loại nào chỉ giảm được bằng cách khép khẩu?
4. Đọc một biểu đồ MTF cần chú ý ba điều gì?
5. Ống kính ngàm PL có lắp được lên thân máy ngàm E không, và chiều ngược lại thì sao? Hãy giải thích bằng khoảng cách mặt bích.
6. Kể năm khác biệt giữa ống kính điện ảnh và ống kính chụp ảnh. Khác biệt nào quan trọng nhất đối với đoàn phim?
7. Thở tiêu cự là gì, và vì sao hiện tượng này gây phiền toái khi quay phim nhưng không gây phiền toái khi chụp ảnh?
8. Mô tả bốn bước chỉnh nét sau cho ống B4. Nếu không thực hiện bước này thì hậu quả là gì?
9. Bánh xe kính lọc trên máy quay chuyên dụng có mấy vòng? Khi quay ngoài nắng gắt buổi trưa, cần vặn những vòng nào và về nấc nào?
10. Vì sao ND dày dùng ngoài nắng làm vải đen ngả tím, và kính IRND khắc phục hiện tượng đó ra sao?
11. Vì sao kính phân cực gây khó khăn khi quay một cú lia rộng?

**Phần C**

1. Kể bốn khái niệm của một điểm ảnh và cho biết mỗi khái niệm ảnh hưởng tới yếu tố nào.
2. Vì sao cảm biến đáp ứng tuyến tính buộc phải có gamma hoặc đường log trước khi ghi?
3. Mô tả hai chế độ của một ô CCD. Vì sao nhờ hai chế độ này mà mọi điểm ảnh của một khung CCD ứng với cùng một khoảnh khắc?
4. Chip CMOS xuất tín hiệu số hay tín hiệu tương tự ở mức điểm ảnh? Hãy giải thích bộ biến đổi tương tự sang số nằm ở đâu.
5. Kể ba hệ quả của kiến trúc CMOS. Hệ quả nào quan trọng nhất đối với người quay phim?
6. Vì sao cảnh động không nên dùng cảm biến đọc lần lượt từng dòng, và cảnh tĩnh thì loại cảm biến nào có lợi thế? Hãy giải thích dựa trên cơ chế đọc của CCD và CMOS.
7. Một cảm biến có thời gian đọc 20 ms, dùng ống cho góc nhìn ngang 40 độ. Khi lia 90 độ mỗi giây thì vật thẳng đứng nghiêng bao nhiêu độ?
8. Kể bốn hiện tượng do màn trập cuốn sinh ra và cách tránh từng hiện tượng.
9. Vì sao màn trập toàn cục thường cho dải động thấp hơn?
10. Vì sao mảng Bayer có hai ô lục trong mỗi ô cơ sở?
11. Một cảm biến được ghi là 24 megapixel. Có bao nhiêu mẫu đỏ, lục và lam được đo thật?
12. Vì sao vân moiré trên ảnh Bayer có màu, trong khi trên ảnh đơn sắc thì không?
13. Nêu ba lý do máy quay điện ảnh không dùng khối lăng kính ba cảm biến.
14. Kể bốn nguồn nhiễu của cảm biến. Nguồn nào không khắc phục được bằng công nghệ?
15. Vì sao vùng tối trong cùng một khung hình luôn nhiễu hơn vùng sáng?
16. Giải thích vì sao tăng ISO không làm cảm biến nhạy hơn. Dual native ISO khác ở điểm nào?

**Phần D**

1. Vì sao quay phim chỉ có "hai biến rưỡi" phơi sáng trong khi chụp ảnh có ba biến?
2. Nêu năm bước đặt phơi sáng theo đúng thứ tự. Vì sao ở bước năm không được dùng màn trập?
3. Phân biệt đo sáng tới và đo sáng phản xạ. Thẻ xám giải quyết vấn đề gì?
4. Góc màn trập 180 độ ở 25 hình mỗi giây cho thời gian phơi sáng bao nhiêu? Ở 50 hình mỗi giây thì kết quả ra sao?
5. Vì sao ở Việt Nam quy tắc 180 độ và yêu cầu tránh nhấp nháy đèn lại trùng nhau?
6. Một người quay 24 hình mỗi giây dưới lưới điện 50 Hz sẽ gặp mâu thuẫn gì, và có những lựa chọn nào?

7. Đèn LED điều chế độ rộng xung khác đèn nối lưới ở điểm nào? Nêu ba bước xử lý khi gặp đèn lạ.
8. Cân bằng trắng thật sự điều chỉnh đại lượng nào, và vì sao không thể giải thích nó như một phép chỉnh phương trình độ chói?
9. Vì sao không nên để cân bằng trắng tự động khi quay phim?
10. Trục tint dùng để làm gì, và loại đèn nào bắt buộc phải dùng tới nó?
11. So sánh waveform, histogram và false color. Vì sao histogram không thay thế được waveform?
12. Zebra thường được đặt ở hai mức nào, và mỗi mức dùng để làm gì?
13. LUT hiển thị có được ghi vào tệp không? Việc hiểu nhầm điều này gây hậu quả gì?
14. Vì sao detail đặt cao gây hỏng không sửa được ở hậu kỳ?
15. Vì sao ghi ở đường log mà chỉ có tám bit thì sinh dải màu?
16. RAW của máy quay là gì? Hãy phân biệt nó với bản ghi ở đường log.
17. Nêu ba việc phải làm để khớp màu nhiều máy quay, theo đúng thứ tự.

**Phần E**

1. Vì sao cách phân loại máy quay theo vật liệu ghi nay không còn phù hợp, và cách phân loại theo mục đích sử dụng có ưu điểm gì?
2. Sợi cáp triax nối máy quay trường quay với đơn vị điều khiển mang những tín hiệu và nguồn nào?
3. Vì sao trong trường quay, người quay phim không tự chỉnh khẩu và màu trên thân máy?
4. Nêu ba chức năng bám chủ thể của máy PTZ và cho biết vì sao dây chuyền NDI phù hợp với phòng thu nhỏ.
5. Ý nào về băng từ vẫn còn đúng tới nay, và nó liên hệ với mục nào của Chương 8?
6. Một máy quay ghi ở 400 Mbit/s. Thẻ cần tối thiểu bao nhiêu MB mỗi giây và thuộc lớp tốc độ nào?
7. Vì sao phải định dạng thẻ ngay trong máy quay mà không định dạng trên máy tính?
8. Một pin V-mount 150 Wh nuôi máy quay 40 W và màn hình 10 W. Thời gian quay được là bao lâu?
9. Vì sao micro gắn máy không dùng làm tiếng chính?
10. Hai tham số người quay lập thể phải đặt là gì, và mỗi tham số quyết định yếu tố nào?
11. Nêu ba lý do tivi 3D thất bại. Lý do nào không khắc phục được bằng công nghệ hiển thị?
12. So sánh camera 360 độ và VR180. Vì sao VR180 dễ thực hiện hơn?
13. Video không gian dùng nguyên lý nén nào đã học ở Chương 8?

### *B. Bài tập tính toán*

**Bài 1 — Góc nhìn và hệ số cắt**

Một ống kính 35 mm được gắn lần lượt lên ba thân máy: toàn khung 36 × 24 mm, Super35 24,89 × 18,66 mm, và 2/3 inch 9,59 × 5,39 mm.

- a) Tính hệ số cắt của mỗi thân máy.
- b) Tính góc nhìn NGANG trên mỗi thân máy.
- c) Để có cùng góc nhìn như ống 35 mm trên toàn khung, cần dùng ống bao nhiêu milimét trên hai thân còn lại?

***Hướng dẫn.** Dùng công thức (9.5) cho hệ số cắt, (9.4) cho góc nhìn với d là bề rộng cảm biến, và (9.6) cho tiêu cự tương đương. Đáp số phần a: xấp xỉ 1,00; 1,39 và 3,93.*

**Bài 2 — Độ sâu trường ảnh**

Quay một người ở khoảng cách 3 mét bằng ống 85 mm trên thân máy toàn khung.

- a) Tính vòng tròn mờ cho phép.
- b) Tính khoảng siêu tiêu cự ở f/2,8 và ở f/8.
- c) Tính giới hạn gần, giới hạn xa và bề dày vùng nét ở f/2,8.
- d) Nếu lùi ra 6 mét và đổi sang ống 170 mm để giữ nguyên cỡ cảnh thì vùng nét dày lên hay mỏng đi? Hãy tính và giải thích.

***Hướng dẫn.** Dùng (9.11), (9.12), (9.13) và (9.14). Cần đổi mọi khoảng cách về milimét trước khi tính. Kết quả phần d có thể trái với trực giác, vì vậy cần tính xong rồi mới kết luận.*

**Bài 3 — Màn trập và nhấp nháy đèn**

Một đoàn phim quay trong nhà ở Việt Nam, đèn nối trực tiếp lưới điện 50 Hz.

- a) Tần số nhấp nháy của đèn là bao nhiêu?
- b) Liệt kê ba tốc độ màn trập an toàn ở 25 hình mỗi giây.
- c) Đoàn chuyển sang quay chậm 100 hình mỗi giây. Quy tắc 180 độ cho tốc độ màn trập nào, và tốc độ ấy có an toàn với đèn lưới không?
- d) Nếu không an toàn thì có những cách xử lý nào?

***Hướng dẫn.** Dùng (9.23) và (9.25). Phần c là tình huống thực tế thường gặp khi quay chậm trong nhà, và câu trả lời giải thích vì sao quay chậm gần như luôn phải dùng đèn chuyên dụng.*

**Bài 4 — Màn trập cuốn**

Một máy quay có thời gian đọc hết cảm biến là 22 mili giây ở chế độ 4K và 9 mili giây ở chế độ Full HD, quay bằng ống cho góc nhìn ngang 50 độ.

- a) Khi lia 60 độ mỗi giây thì vật thẳng đứng nghiêng bao nhiêu độ ở mỗi chế độ?
- b) Để giữ độ nghiêng dưới 1 độ ở chế độ 4K thì được lia nhanh nhất bao nhiêu độ mỗi giây?

– c) Nếu đổi sang ống cho góc nhìn 90 độ, đáp số phần b thay đổi thế nào?

***Hướng dẫn.** Dùng (9.18). Phần c cho thấy vì sao "dùng ống rộng hơn" là một trong bốn cách giảm màn trập cuốn.*

**Bài 5 — Dải động và nhiễu**

Hai cảm biến: cảm biến A có dung lượng giếng 50 000 điện tử và nhiễu đọc 3 điện tử; cảm biến B có dung lượng giếng 80 000 điện tử và nhiễu đọc 6 điện tử.

– a) Tính dải động của mỗi cảm biến, tính bằng stop.
– b) Cảm biến nào tốt hơn về dải động, và hơn bao nhiêu stop?
– c) Tính tỉ số tín hiệu trên nhiễu của cảm biến A ở mức 100 điện tử và ở mức 10 000 điện tử. Hai giá trị chênh nhau bao nhiêu dB?
– d) Kết quả phần c minh hoạ điều gì về vùng tối và vùng sáng?

***Hướng dẫn.** Dùng (9.22) cho phần a, (9.20) và (9.21) cho phần c. Bỏ qua dòng tối.*

**Bài 6 — Thẻ nhớ và pin**

Một buổi quay kéo dài 6 giờ, trong đó thời gian ghi thực tế là 2 giờ; máy ghi XAVC-I ở 4K với tốc độ bit 500 Mbit/s. Máy tiêu thụ 35 W, màn hình hiện trường tiêu thụ 12 W và bộ thu micro không dây tiêu thụ 3 W, nguồn là pin V-mount loại 98 Wh.

– a) Xác định tốc độ ghi bền vững tối thiểu của thẻ nhớ (MB/s) và lớp tốc độ tương ứng.
– b) Tính dung lượng cần cho hai giờ ghi (gigabyte) và số thẻ 128 GB cần mang theo.
– c) Xác định thời gian hoạt động của một viên pin và số viên cần cho cả buổi quay, biết rằng máy vẫn tiêu thụ điện cả khi không ghi.

***Hướng dẫn.** Áp dụng (9.27) và (9.28). Phần c cần một giả định về thời gian máy bật; người đọc nêu rõ giả định ấy và tính theo đó, đồng thời cộng thêm biên an toàn.*

**Bài 7 — Đặt phơi sáng trọn vẹn**

Một buổi quay phỏng vấn ngoài trời nắng ở Hà Nội vào buổi trưa, sản phẩm giao nộp cho một đài truyền hình trong nước. Máy có ISO gốc 800, ống kính f/1,4 tới f/16, bánh xe ND với các nấc trong, 1/4, 1/16 và 1/64.

– a) Đặt tần số hình và tốc độ màn trập, đồng thời giải thích lựa chọn.
– b) Chọn khẩu độ phù hợp để có vùng nét mỏng, nhằm tách chủ thể khỏi nền.
– c) Với ISO gốc, màn trập và khẩu độ đã chọn, ánh sáng ngoài nắng trưa dư khoảng năm nấc; xác định nấc ND cần dùng và lượng nấc còn thiếu hoặc thừa.
– d) Nêu cách xử lý phần dư còn lại mà không thay đổi tốc độ màn trập.

***Hướng dẫn.** Dùng (9.16) để quy đổi nấc ND. Phần d có nhiều đáp án đúng; người đọc nêu ít nhất hai cách và so sánh cái giá phải trả của mỗi cách.*

### *C. Bài thảo luận*

**Bài 1 — Chọn máy cho một dự án có thật**

Một đơn vị được cấp kinh phí mua thiết bị cho một phòng thu nhỏ phục vụ ba việc: ghi hình bài giảng, làm chương trình đối thoại hai người và phát trực tuyến các sự kiện của đơn vị.

Hãy lập luận để chọn giữa hai phương án: bốn máy PTZ có NDI cộng một máy tính chạy phần mềm trộn, hoặc hai máy quay camcorder chuyên nghiệp cộng một bàn trộn SDI nhỏ. Lập luận cần cân nhắc số người vận hành, chất lượng hình, độ trễ, khả năng mở rộng và giá trị rèn nghề cho người vận hành, đồng thời nêu rõ giả định về kinh phí và nhân lực.

**Bài 2 — Khi quy chuẩn và kỹ thuật xung đột**

Một đoàn phim tài liệu quay ở nước ngoài, nơi lưới điện có tần số 60 Hz, để phát hành ở Việt Nam. Đạo diễn muốn giữ 25 hình mỗi giây và quy tắc 180 độ theo đúng chuẩn giao nộp trong nước.

Hãy phân tích các mâu thuẫn kỹ thuật sẽ gặp và đề xuất phương án xử lý cho từng tình huống: quay trong nhà dưới đèn lưới, quay ngoài trời, quay có màn hình máy tính trong khung. Sau đó so sánh phương án này với phương án "quay 30 hình mỗi giây rồi chuyển đổi ở hậu kỳ", tham chiếu mục 8.13 về chuyển đổi tần số hình.

**Bài 3 — Bao nhiêu là đủ**

Một số ý kiến cho rằng người mới học quay nên làm quen với thiết bị chuyên dụng cao cấp ngay từ đầu, vì đó là thiết bị họ sẽ gặp khi đi làm. Ý kiến khác cho rằng nên bắt đầu bằng máy ảnh không gương lật hoặc điện thoại, vì thiết bị đơn giản buộc người quay tập trung vào ánh sáng, bố cục và kể chuyện.

Hãy trình bày lập luận của cả hai phía dựa trên nội dung chương này, chỉ rõ những kỹ năng chỉ học được trên máy chuyên dụng và những kỹ năng học được trên bất kỳ máy nào. Từ đó nêu quan điểm của mình và một phương án dung hoà cụ thể cho điều kiện của bản thân.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 9

[1] ISO 12232. Photography — Digital still cameras — Determination of exposure index, ISO speed ratings, standard output sensitivity, and recommended exposure index. Geneva: International Organization for Standardization.

[2] ISO 15739. Photography — Electronic still picture imaging — Noise measurements. Geneva: International Organization for Standardization.

[3] ISO 12233. Photography — Electronic still picture imaging — Resolution and spatial frequency responses. Geneva: International Organization for Standardization.

[4] ISO 517. Photography — Apertures and related properties pertaining to photographic lenses — Designations and measurements. Geneva: International Organization for Standardization.

[5] ISO 9039. Optics and photonics — Quality evaluation of optical systems — Determination of distortion. Geneva: International Organization for Standardization.

[6] ISO 9334 và ISO 9335. Optics and photonics — Optical transfer function — Definitions và Principles and procedures of measurement. Geneva: International Organization for Standardization.

[7] ITU-R. Recommendation ITU-R BT.709: Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. Geneva: International Telecommunication Union.

[8] ITU-R. Recommendation ITU-R BT.2020 và BT.2100: Parameter values for ultra-high definition television systems và Image parameter values for high dynamic range television. Geneva: International Telecommunication Union.

[9] SMPTE ST 292-1, ST 424 và ST 2082 (họ giao diện SDI); SMPTE ST 12-1 (thời mã); SMPTE ST 2059 (đồng bộ thời gian trên hạ tầng IP).

[10] ISO/IEC 14496-10 = ITU-T H.264. Advanced Video Coding for generic audiovisual services.

[11] ISO/IEC 23008-2 = ITU-T H.265. High Efficiency Video Coding (kể cả phần mở rộng đa góc nhìn).

[12] SD Association. Đặc tả lớp tốc độ thẻ SD; CompactFlash Association. Đặc tả CFexpress.

[13] Bộ Thông tin và Truyền thông (2020). QCVN 63:2020/BTTTT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về thiết bị thu truyền hình số mặt đất DVB-T2, ban hành kèm Thông tư số 17/2020/TT-BTTTT, Hà Nội.

[14] Bộ Thông tin và Truyền thông (2017). QCVN 115:2017/BTTTT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về mức âm thanh của nội dung truyền hình, Hà Nội.

[15] Hecht, E. (2017). *Optics* (5th ed.). Harlow: Pearson.

[16] Kingslake, R., & Johnson, R. B. (2010). *Lens Design Fundamentals* (2nd ed.). Burlington, MA: Academic Press.

[17] Janesick, J. R. (2001). *Scientific Charge-Coupled Devices*. Bellingham, WA: SPIE Press.

[18] Nakamura, J. (Ed.) (2006). *Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras*. Boca Raton, FL: CRC Press.

[19] Bayer, B. E. (1976). Color imaging array. US Patent 3,971,065.

[20] Holst, G. C., & Lomheim, T. S. (2011). *CMOS/CCD Sensors and Camera Systems* (2nd ed.). Bellingham, WA: SPIE Press.

[21] Poynton, C. (2012). *Digital Video and HD: Algorithms and Interfaces* (2nd ed.). Waltham, MA: Morgan Kaufmann.