MỤC LỤC

Chương 11. Công nghệ hiển thị và màn hình 9
11.1 Vị trí của chương trong cuốn sách 10
11.2 Tám đại lượng đánh giá một màn hình 13
11.3 Ba nguyên lý phát ảnh và cây phân loại 18
11.4 Van ánh sáng tinh thể lỏng 20
11.5 Ba họ tấm nền tinh thể lỏng 23
11.6 Đèn nền và chấm lượng tử 24
11.7 Bài thực hành số 1 — đo đặc tuyến một màn hình 28
11.8 Nguyên lý điốt phát quang hữu cơ 31
11.9 Bốn kiến trúc OLED 34
11.10 Ba giới hạn thật của tấm nền tự phát sáng 37
11.11 Micro-LED và LED vô cơ 41
11.12 Bảng đối chiếu toàn bộ công nghệ tấm nền 43
11.13 Chọn màn hình cho từng vị trí công việc 44
11.14 Bài thực hành số 2 — so sánh hai công nghệ tấm nền 46
11.15 Ba họ cơ cấu tạo ảnh của máy chiếu 47
11.16 Nguồn sáng máy chiếu 51
11.17 Đo máy chiếu và màn ảnh 54
11.18 Chuẩn chiếu rạp và HDR trong rạp 58
11.19 Bài thực hành số 3 — tính hệ máy chiếu cho một phòng 62
11.20 Thiết bị đo và bảng thử 64
11.21 Ba phép kiểm bắt buộc 67
11.22 Hiệu chuẩn màn hình 71
11.23 Ánh xạ tông khi màn hình không với tới bản gốc 74
11.24 LED Volume — cấu tạo và thông số chọn 77
11.25 Khoảng cách máy quay và hiện tượng lộ lưới 80
11.26 Đồng bộ máy quay với tường LED 81
11.27 Bài thực hành số 4 — đo, hiệu chuẩn và đo lại 84
11.28 Bảng tra nhanh và tổng kết chương 85
11.29 Câu hỏi và bài tập ôn tập 89

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 11.1 Bản đồ Chương 11 — bốn phần và bốn câu hỏi mà cả chương phải trả lời..11
Hình 11.2 Tám đại lượng đánh giá màn hình và câu hỏi kiểm tra đi kèm.....14
Hình 11.3 Hộp thoại Project Settings > Color của After Effects: bộ máy Adobe color managed, độ sâu 8 bit mỗi kênh, không gian làm việc ACEScg (ACES AMPAS S-2014-004); các lựa chọn gamma, tuyến tính hoá và không gian hiển thị phụ thuộc vào không gian đã chọn.....17
Hình 11.4 Ba gam màu chuẩn trong mặt phẳng sắc độ CIE 1931 và phần diện tích BT.2020 mà mỗi gam phủ được.....18
Hình 11.5 Cây phân loại hai tầng: nguyên lý phát ảnh ở tầng một, công nghệ cụ thể ở tầng hai.....19
Hình 11.6 Cắt lớp một điểm ảnh tinh thể lỏng theo đường đi của ánh sáng.....20
Hình 11.7 Đường cong Malus và sàn rò — chỗ quyết định mức đen của mọi tấm nền tinh thể lỏng.....21
Hình 11.8 Ảnh chụp cận cảnh màn hình tinh thể lỏng: mỗi điểm ảnh gồm ba vạch đỏ, lục, lam; chữ trên màn hình được dựng từ các điểm ảnh con này.....22
Hình 11.9 Ba họ tấm nền tinh thể lỏng và đánh đổi không gỡ được giữa chúng.....23
Hình 11.10 Bốn thế hệ đèn nền và số điểm ảnh mà mỗi vùng làm mờ phải phục vụ….25
Hình 11.11 Quầng sáng quanh một ô trắng nhỏ, với hai mật độ vùng làm mờ khác nhau 26
Hình 11.12 Phổ phát của chấm lượng tử theo kích thước hạt, và vì sao vạch hẹp lại quyết định gam màu.....27
Hình 11.13 Phổ đèn nền lam phủ lân quang so với phổ đèn nền RGB ba vạch hẹp.....28
Hình 11.14 Năm bước của bài thực hành số 1.....29
Hình 11.15 Ảnh hiển vi điểm ảnh con của một màn hình điốt phát quang hữu cơ (kính hiển vi số phóng đại khoảng 200 lần).....32
Hình 11.16 Cắt lớp một điểm ảnh phát quang hữu cơ.....32
Hình 11.17 Điện tử gặp lỗ trống trong lớp phát quang và giải phóng photon.....33
Hình 11.18 Bốn kiến trúc OLED và điểm mạnh, điểm yếu của từng kiến trúc.....35
Hình 11.19 Vì sao xếp chồng nhiều lớp phát quang ăn đứt một lớp.....36
Hình 11.20 Đường cong độ chói theo tỉ lệ cửa sổ — hình quan trọng nhất của cả chương.....38
Hình 11.21 Hai mức lưu ảnh và bốn thứ trên màn hình dựng là kẻ thù của tấm nền tự phát sáng.....39
Hình 11.22 Ba màu không xuống cấp cùng tốc độ, và hệ quả là điểm trắng trôi dần….40
Hình 11.23 Micro-LED — nguyên lý đẹp, ba rào cản chế tạo, và hiện trạng năm 2026 41
Hình 11.24 Bản đồ định vị các công nghệ tấm nền theo độ chói toàn màn và tương phản.....43
Hình 11.25 Bốn vị trí công việc và bốn yêu cầu khác hẳn nhau.....45
Hình 11.26 Năm bước của bài thực hành số 2.....46
Hình 11.27 Ba họ cơ cấu tạo ảnh của máy chiếu.....48
Hình 11.28 Chip gương vi cơ (DMD) của máy chiếu DLP, đặt cạnh thước để so cỡ....49
Hình 11.29 Bánh màu của máy chiếu DLP một chip (mặt trước, sáu phân đoạn lọc màu).....49
Hình 11.30 Gương vi cơ và cách sinh mức xám bằng điều biến độ rộng xung.....50
Hình 11.31 Ba thế hệ nguồn sáng máy chiếu.....51
Hình 11.32 Gam màu của ba thế hệ nguồn sáng trên biểu đồ sắc độ.....53
Hình 11.33 Quan hệ giữa quang thông máy chiếu, bề rộng màn ảnh và độ chói.....55

Hình 11.34 Quy trình đo chín điểm và quan hệ giữa bề rộng màn với độ chói.....55
Hình 11.35 Phòng chiếu hạng cao nhìn từ hàng ghế sau: màn ảnh lớn, tường và trần sẫm màu để hạn chế ánh sáng lạc.....56
Hình 11.36 Bốn loại màn ảnh và chỗ dùng của từng loại.....57
Hình 11.37 Hệ số khuếch đại và cái giá của nó: vùng nhìn hẹp lại.....57
Hình 11.38 Độ chói mức trắng theo từng nơi xem, và tác động của ánh sáng lạc.....59
Hình 11.39 Màn LED thay máy chiếu trong rạp: ba cái được, ba cái mất.....61
Hình 11.40 Năm bước của bài thực hành số 3.....62
Hình 11.41 Đầu đo màu (colorimeter) mã nguồn mở gắn lên màn hình trong lúc hiệu chuẩn; hộp thoại cho thấy số phép đo và ngưỡng ΔE đang dùng.....65
Hình 11.42 Hai loại đầu đo và cách phối hợp chúng trong một phòng.....65
Hình 11.43 Waveform (Luma) và RGB Parade của dải xám trong Adobe Premiere Pro (tệp dải xám mẫu tổng hợp).....66
Hình 11.44 Sáu bảng thử của một bộ đo màn hình đầy đủ.....67
Hình 11.45 Đồ thị bám đường PQ và đồ thị sai số của một màn hình đỉnh 600 cd/m².68
Hình 11.46 Sai lệch màu trên 24 ô màu chuẩn, trước và sau hiệu chuẩn.....70
Hình 11.47 Ba mức hiệu chuẩn và chỗ nạp bảng hiệu chuẩn.....71
Hình 11.48 Hộp thoại Edit > Color Settings của Photoshop: cài đặt không gian làm việc (RGB sRGB IEC61966-2.1) và chính sách quản lý màu, không phải hộp hiệu chuẩn màn hình.....72
Hình 11.49 Hiệu chuẩn phần mềm ăn mất số mức, hiệu chuẩn phần cứng thì không…73
Hình 11.50 Siêu dữ liệu HDR10 của một tệp mẫu tổng hợp trong MediaInfo (chế độ Text): Color primaries BT.2020, Transfer characteristics PQ, Mastering display luminance 0,0001–1000 cd/m², MaxCLL 1000 cd/m², MaxFALL 400 cd/m².....75
Hình 11.51 Ba cách xử lý phần độ chói vượt quá khả năng màn hình.....75
Hình 11.52 Cận cảnh mặt tường LED (chỉ bật màu lam): mỗi điểm ảnh là một cụm LED riêng; một điểm hỏng ở giữa khung.....77
Hình 11.53 Cấu tạo một tường LED và các con số tính ra cho một tường 15 × 6 mét. .77
Hình 11.54 Chọn bước điểm ảnh theo cỡ cảnh sẽ quay.....79
Hình 11.55 Khoảng cách tới hạn cho mắt người và cho ba tiêu cự ống kính.....80
Hình 11.56 Cơ chế sinh sọc: quan hệ giữa tần số quét tường LED và thời gian phơi sáng.....82
Hình 11.57 Bốn thiết bị phải chạy chung một nhịp và hệ quả khi mất đồng bộ.....83
Hình 11.58 Năm bước của bài thực hành số 4.....84
Hình 11.59 Bảng tra nhanh — các con số của Chương 11.....86
Hình 11.60 Trả lời lại bốn câu hỏi mở đầu chương.....87

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 11.1 Bốn phần của chương.....10
Bảng 11.2 Ranh giới của Chương 11 với các chương lân cận.....12
Bảng 11.3 Thuật ngữ và quy ước của chương.....13
Bảng 11.4 Sáu đại lượng còn lại và câu hỏi kiểm tra.....15
Bảng 11.5 Phủ gam màu giữa các chuẩn — tính theo công thức (11.2).....18
Bảng 11.6 Từ nguyên lý suy ra đặc tính.....19
Bảng 11.7 Ánh sáng đèn nền mất đi ở đâu.....22
Bảng 11.8 Ba họ tấm nền LCD đối chiếu theo bộ thước ở mục 11.2.....24
Bảng 11.9 Bốn thế hệ đèn nền.....25
Bảng 11.10 Số điểm ảnh trên một vùng làm mờ, tấm nền UHD.....26
Bảng 11.11 Đèn nền RGB được gì và mất gì.....28
Bảng 11.12 Điều kiện đo — sai một điều là số đo mất giá trị.....30
Bảng 11.13 Kết quả cần có của bài thực hành số 1.....31
Bảng 11.14 Các lớp của một điểm ảnh phát quang hữu cơ.....33
Bảng 11.15 WRGB và QD-OLED — so bằng cơ chế.....36
Bảng 11.16 Độ chói theo tỉ lệ cửa sổ, tính từ (11.4).....38
Bảng 11.17 Hai mức lưu ảnh.....39
Bảng 11.18 Ba rào cản của micro-LED.....42
Bảng 11.19 Micro-LED bán được ở đâu.....42
Bảng 11.20 Bảng đối chiếu các công nghệ tấm nền.....43
Bảng 11.21 Bốn vị trí công việc và yêu cầu của từng vị trí.....45
Bảng 11.22 Kết quả cần có của bài thực hành số 2.....47
Bảng 11.23 Ba họ cơ cấu tạo ảnh.....50
Bảng 11.24 Ba thế hệ nguồn sáng đối chiếu.....52
Bảng 11.25 Quang thông còn lại theo giờ chiếu, mô hình bán rã.....53
Bảng 11.26 Ví dụ chọn ống kính cho màn ảnh rộng 8 m.....56
Bảng 11.27 Chọn hệ số khuếch đại theo loại phòng.....58
Bảng 11.28 Ánh sáng lạc phá tương phản rạp nhanh đến mức nào.....60
Bảng 11.29 Rạp máy chiếu và rạp màn LED.....61
Bảng 11.30 Khoảng cách mà mắt hết phân giải lưới điểm ảnh, tính từ (11.9).....62
Bảng 11.31 Ví dụ tính mẫu cho bài thực hành số 3.....63
Bảng 11.32 Kết quả cần có của bài thực hành số 3.....64
Bảng 11.33 Đầu đo ba kích thích và đầu đo phổ.....66
Bảng 11.34 Sáu bảng thử và câu hỏi tương ứng.....67
Bảng 11.35 Độ chói chuẩn ứng với một số mã PQ 10 bit, tính từ chuẩn ST 2084.....68
Bảng 11.36 Dùng thước nào cho việc nào.....70
Bảng 11.37 Ngưỡng chấp nhận theo loại việc.....70
Bảng 11.38 Ba mức hiệu chuẩn.....72
Bảng 11.39 Bước mã PQ tại một số mức độ chói, tính từ (11.13).....74
Bảng 11.40 Ba cách ánh xạ tông.....76
Bảng 11.41 Các hệ HDR có siêu dữ liệu, tình trạng 2026.....76
Bảng 11.42 Chuỗi thiết bị của một tường LED.....78
Bảng 11.43 Tường chính 15 × 6 mét — các con số theo bước điểm ảnh.....78
Bảng 11.44 Các con số không phụ thuộc bước điểm ảnh.....78
Bảng 11.45 Bảng chọn bước điểm ảnh.....79
Bảng 11.46 Khoảng cách hết phân giải lưới điểm ảnh — mắt và máy quay.....80
Bảng 11.47 Tần số quét tối thiểu theo (11.14).....82

Bảng 11.48 Bốn thiết bị và cái phải khớp.....83
Bảng 11.49 Kết quả cần có của bài thực hành số 4.....85
Bảng 11.50 Mười bốn công thức của chương.....86

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 11
CÔNG NGHỆ HIỂN THỊ VÀ MÀN HÌNH

Tấm nền · Máy chiếu · Đo kiểm · LED Volume

Mười chương đầu của cuốn sách đi theo một chiều duy nhất, từ thế giới thật vào máy: sóng âm được chuyển thành điện áp rồi thành con số; ánh sáng qua ống kính, tới cảm biến và cũng thành con số; các con số tiếp tục thành dòng bit, thành tệp, đi qua phòng dựng để trở thành một bản phim có thể bàn giao.

Chương 11 đi theo chiều ngược lại và chỉ xét đoạn cuối cùng, từ con số trở lại thành ánh sáng cho mắt người xem. Đoạn này ngắn nhưng có ý nghĩa quyết định, vì mọi kỷ luật kỹ thuật của mười chương trước chỉ có giá trị khi khâu cuối cùng được kiểm soát.

Đây là chương thứ hai trong ba chương cuối của cuốn sách. Chương 10 đã trình bày hậu kỳ ở mức quy trình và hệ thống, trong đó mục 10.6 nêu bốn tiêu chí chọn màn hình tham chiếu; chương này đi tiếp vào chính công nghệ của những màn hình ấy, còn Chương 12 sẽ bàn về trí tuệ nhân tạo và các công nghệ mới.

Mục tiêu của chương

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

1. Phân biệt ba nguyên lý phát ảnh, đọc đúng tám đại lượng đánh giá màn hình; tính tỉ số tương phản trong phòng có ánh sáng lạc và độ phủ gam màu bằng các công thức (11.1) và (11.2).
2. Mô tả cấu tạo van tinh thể lỏng, giải thích định luật Malus (11.3) và lý do mức đen của tấm nền tinh thể lỏng không bao giờ đạt không tuyệt đối.
3. So sánh ba họ tấm nền tinh thể lỏng, các thế hệ đèn nền (đèn nền cạnh, thẳng, làm mờ cục bộ, RGB) và vai trò của chấm lượng tử.
4. Mô tả nguyên lý điốt phát quang hữu cơ và bốn kiến trúc OLED; dùng công thức (11.4) để đọc đường cong độ chói theo tỉ lệ cửa sổ.
5. Nêu ba giới hạn của tấm nền tự phát sáng (độ chói, lưu ảnh, suy giảm không đều), vị trí của micro-LED năm 2026 và cách chọn màn hình cho từng vị trí công việc.
6. Phân biệt ba họ cơ cấu tạo ảnh với ba thế hệ nguồn sáng của máy chiếu; tính quang thông cần thiết, tỉ số chiếu và chọn ống kính từ các công thức (11.5) tới (11.8).
7. Trình bày chuẩn chiếu rạp 48 cd/m², ảnh hưởng của ánh sáng lạc và khoảng cách xem tới hạn theo công thức (11.9).
8. Chọn thiết bị đo và bảng thử; thực hiện ba phép kiểm bắt buộc (bám đường EOTF, sai lệch màu ΔE, độ đồng đều) bằng các công thức (11.10) tới (11.12).

9. Phân biệt các mức hiệu chuẩn, tính bước mã theo (11.13) và nêu ba cách ánh xạ tông khi màn hình không với tới độ chói của bản gốc chính.
10. Tính các thông số của tường LED (bước điểm ảnh, khoảng cách, lộ lưới) và tần số quét tối thiểu theo (11.14); mô tả chuỗi đồng bộ giữa máy quay và tường LED.

Cấu trúc của chương

Chương gồm 28 mục chia thành bốn phần, mỗi phần kết thúc bằng một bài thực hành, theo đúng khuôn của các chương trước.

Bảng 11.1 Bốn phần của chương

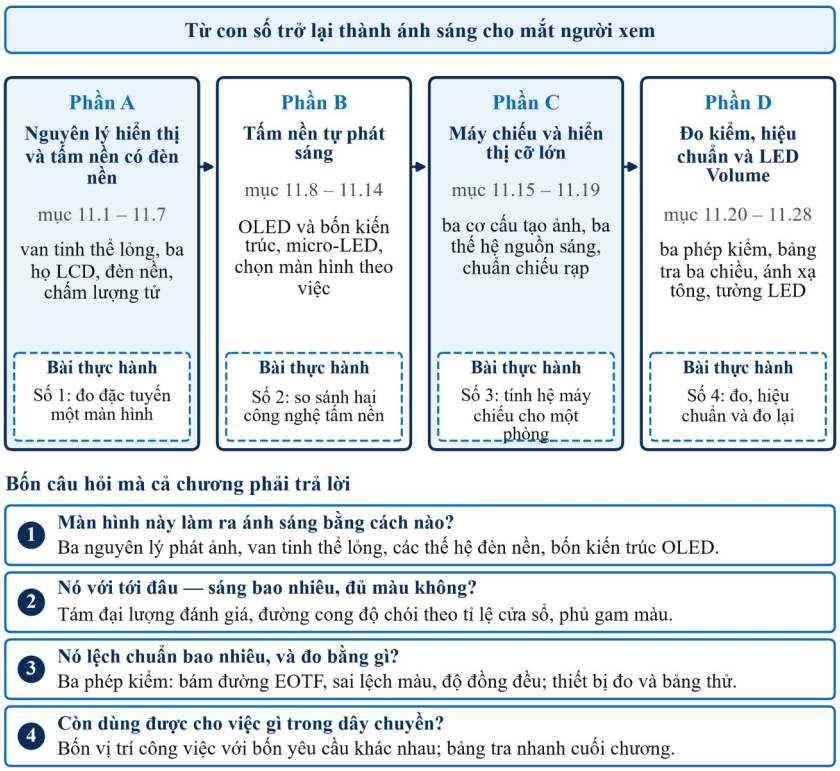
Phần	Mục	Nội dung	Bài thực hành
A	11.1 – 11.7	Nguyên lý hiển thị và tấm nền có đèn nền: van tinh thể lỏng, ba họ LCD, đèn nền và chấm lượng tử	Số 1 — đo đặc tuyến một màn hình
B	11.8 – 11.14	Tấm nền tự phát sáng: điốt phát quang hữu cơ, bốn kiến trúc OLED, micro-LED, chọn màn hình theo việc	Số 2 — so sánh hai công nghệ tấm nền
C	11.15 – 11.19	Máy chiếu và hiển thị cỡ lớn: ba cơ cấu tạo ảnh, ba thế hệ nguồn sáng, chuẩn chiếu rạp	Số 3 — tính hệ máy chiếu cho một phòng
D	11.20 – 11.28	Đo kiểm, hiệu chuẩn và LED Volume: ba phép kiểm, bảng tra ba chiều, ánh xạ tông, tường LED	Số 4 — đo, hiệu chuẩn và đo lại

11.1 Vị trí của chương trong cuốn sách

11.1.1 Mười chương trước đã đi hết một chiều

Mười chương đầu của cuốn sách đi theo một chiều duy nhất, từ thế giới thật vào máy: sóng âm được chuyển thành điện áp rồi thành con số; ánh sáng qua ống kính, tới cảm biến và cũng thành con số; các con số tiếp tục thành dòng bit, thành tệp, đi qua phòng dựng để trở thành một bản phim có thể bàn giao.

Chương 11 đi theo chiều ngược lại và chỉ xét đoạn cuối cùng, từ con số trở lại thành ánh sáng cho mắt người xem. Đoạn này ngắn nhưng có ý nghĩa quyết định, vì mọi kỷ luật kỹ thuật của mười chương trước chỉ có giá trị khi khâu cuối cùng được kiểm soát. Nếu phòng dựng đo sáng chuẩn và chỉnh màu chuẩn nhưng màn hình dùng để ra quyết định lại lệch, toàn bộ công sức ấy bị mất đi một cách lặng lẽ, vì sai số nhất quán thì không ai nhận thấy.



Hình 11.1 Bản đồ Chương 11 — bốn phần và bốn câu hỏi mà cả chương phải trả lời

11.1.2 Bốn câu hỏi mà chương phải trả lời

- **Màn hình tạo ra ánh sáng bằng cách nào?** Phần A và Phần B trả lời bằng ba nguyên lý phát ảnh, cấu tạo van tinh thể lỏng, các thế hệ đèn nền và bốn kiến trúc của tấm nền tự phát sáng.
- **Màn hình đạt tới mức nào về độ sáng và độ phủ màu?** Câu hỏi này được trả lời bằng tám đại lượng đánh giá, bằng đường cong độ chói theo tỉ lệ cửa sổ và bằng độ phủ gam màu tính từ diện tích trong mặt phẳng sắc độ.
- **Màn hình lệch chuẩn bao nhiêu và đo bằng gì?** Phần D trả lời bằng ba phép kiểm bắt buộc (bám đường EOTF, sai lệch màu, độ đồng đều) cùng thiết bị đo và bảng thử tương ứng.
- **Màn hình dùng được cho việc gì trong dây chuyền?** Câu hỏi này được trả lời bằng bốn vị trí công việc với bốn yêu cầu khác biệt và bằng bảng tra nhanh ở cuối chương.

11.1.3 Bốn ranh giới phải giữ cho rõ

Chương 11 có phạm vi giao với bốn chương khác; bảng dưới đây xác định rõ ranh giới để người đọc biết nội dung nào cần quay lại tra cứu và nội dung nào là mới.

Bảng 11.2 Ranh giới của Chương 11 với các chương lân cận

Chương	Chương đó đã trình bày gì	Chương 11 làm gì tiếp
7 — Ánh sáng và màu sắc	Gam màu và biểu đồ sắc độ (7.16); ba hàm OETF, EOTF, OOTF (7.20); đường Rec.709 và sRGB (7.20); PQ theo ST 2084 và HLG theo ARIB STD-B67 (7.22); quản lý màu và ACES (7.23)	Không nhắc lại lý thuyết đường cong. Chương này hỏi câu khác: một tấm nền thật bám được đường PQ tới đâu, lệch ở chỗ nào, và khi nó không với tới độ chói của bản gốc thì nó làm gì với phần vượt ngưỡng
8 — Tín hiệu video và tiêu chuẩn	Độ phân giải và tỉ lệ điểm ảnh (8.3); độ sâu bit và hiện tượng dải màu (8.5); lấy mẫu con màu (8.9); tần số hình (8.11)	Nhận các khái niệm ấy làm đầu vào và hỏi tiếp: tấm nền có đủ điểm ảnh vật lý không, có 10 bit thật hay 8 bit cộng nhiễu rung, và cổng vào có chở nổi luồng dữ liệu ấy không
9 — Thiết bị camera	Độ sâu trường ảnh và vòng tròn mờ (9.6); kích thước cảm biến và điểm ảnh cảm biến	Dùng lại đúng các công thức ấy ở mục 11.26, để giải bài toán đặt tường LED ra ngoài vùng nét
10 — Hậu kỳ dựng phim	Mục 10.6: bốn tiêu chí chọn màn hình tham chiếu, môi trường xem, khoảng cách ngồi, vì sao màn hình dựng không dùng để duyệt màu	Mục 10.6 nói ở mức tiêu chí MUA và dùng. Chương này nói ở mức công nghệ và phép đo: vì sao tấm nền này đạt được tiêu chí ấy còn tấm nền kia không, và đo bằng gì để biết
12 — AI và công nghệ mới	Sẽ nói về sản xuất ảo ở góc độ QUY trình và công cụ dựng cảnh thời gian thực	Chương này chỉ nói phần phần cứng hiển thị của LED Volume: tường LED là màn hình gì, chọn bước điểm ảnh thế nào, đồng bộ với máy quay ra sao

GHI NHỚ 11.1 — MỘT CÂU ĐỂ NHỚ RANH GIỚI

Chương 7 trình bày đường cong; Chương 10 trình bày tiêu chí chọn và môi trường xem; Chương 11 trình bày tấm nền vật lý và phép đo.

Cả ba chương đều đề cập tới cùng một màn hình nhưng từ ba góc độ khác nhau.

11.1.4 Vài thuật ngữ dùng thống nhất trong chương

Bảng 11.3 Thuật ngữ và quy ước của chương

Thuật ngữ	Nghĩa dùng trong chương này
Độ chói	Đại lượng trắc quang đo bằng cd/m², thường gọi tắt là "nit". Đây là độ sáng mà mắt nhận được từ một đơn vị diện tích mặt phát sáng. Đã định nghĩa ở mục 7.4
Tấm nền	Bộ phận tạo ra hoặc điều biến ánh sáng của màn hình, không kể mạch xử lý và vỏ máy
Điểm ảnh con	Phần đỏ, lục hoặc lam của một điểm ảnh. Một số tấm nền có thêm điểm ảnh con thứ tư màu trắng
Bước điểm ảnh	Khoảng cách giữa tâm hai điểm ảnh kề nhau, ký hiệu p, đo bằng milimet. Với tường LED đây là thông số quan trọng nhất
Cửa sổ đo	Vùng trắng chiếm một tỉ lệ diện tích cho trước trên nền đen, dùng để đo độ chói. Nói "đỉnh trên cửa sổ 10 %" nghĩa là đo trên một ô trắng chiếm một phần mười diện tích màn hình
Ánh sáng lạc	Phần ánh sáng của phòng phản xạ từ mặt màn hình vào mắt người xem. Nó cộng vào cả mức trắng lẫn mức đen nên phá tương phản
Đầu đo	Thiết bị đo màu và độ chói đặt áp lên mặt màn hình. Có hai loại: đo ba kích thích và đo phổ, phân biệt ở mục 11.20.2

QUY TẮC 11.1 — CÁCH ĐỌC CÁC CON SỐ TRONG CHƯƠNG

Những con số có nguồn tiêu chuẩn (đường PQ, ngưỡng ΔE, chuẩn 48 cd/m², toạ độ các gam màu, ngưỡng Barten) được nêu đúng như tiêu chuẩn quy định.

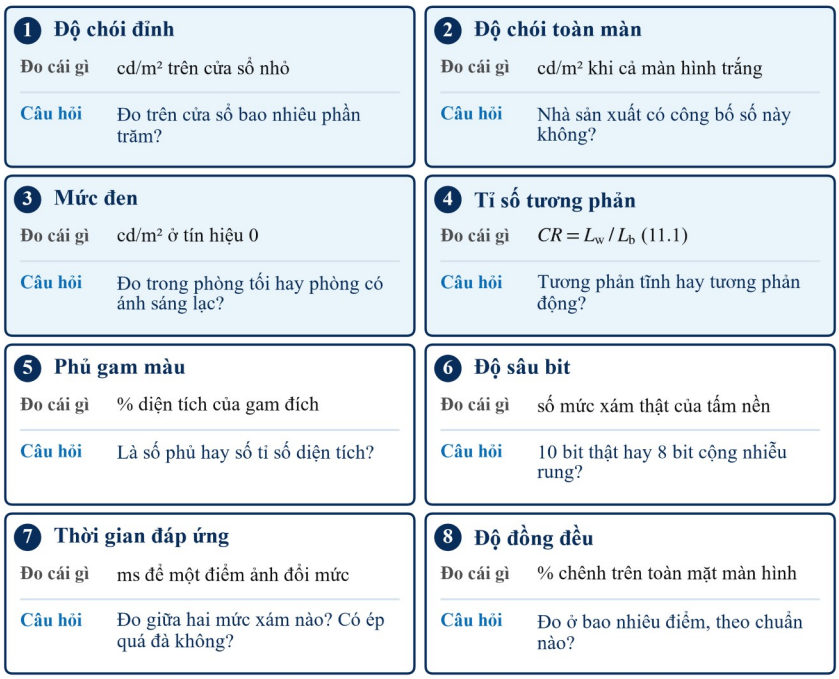
Những con số mô tả sản phẩm (độ chói của từng loại tấm nền, tuổi thọ nguồn sáng, khoảng bước điểm ảnh) là giá trị tiêu biểu dùng để so sánh cơ chế, không phải số đo của một sản phẩm cụ thể. Các giá trị này sẽ thay đổi theo thời gian, còn thứ tự giữa các công nghệ và lý do của thứ tự ấy thì không đổi.

Mọi con số tính toán trong chương đều xuất phát từ mười bốn công thức đã nêu, nên người đọc chỉ cần thay tham số của mình vào để có kết quả cho trường hợp cụ thể; đó là mục đích của cách trình bày này.

11.2 Tám đại lượng đánh giá một màn hình

Trước khi bàn tới bất kỳ công nghệ nào, cần có một bộ thước đo, và tám đại lượng dưới đây đóng vai trò ấy. Chúng được dùng lại xuyên suốt chương: mỗi khi giới thiệu một công nghệ mới, chương sẽ chỉ ra vị trí của công nghệ đó trên tám thang đo này.

Điều quan trọng hơn con số là câu hỏi đi kèm mỗi đại lượng. Bảy trong tám đại lượng đều có một cách công bố thuận lợi cho sản phẩm và một cách công bố trung thực, và việc đọc thông số màn hình chính là đặt đúng câu hỏi để phân biệt hai cách ấy.



Hình 11.2 Tám đại lượng đánh giá màn hình và câu hỏi kiểm tra đi kèm

11.2.1 Hai con số độ chói, không phải một

Đây là hiểu nhầm phổ biến nhất khi chọn mua màn hình. Một tấm nền tự phát sáng có ngân sách công suất cố định: mỗi điểm ảnh tự tạo ra ánh sáng của mình, nên càng nhiều điểm ảnh cùng sáng thì mỗi điểm càng phải giảm bớt độ chói [17].

Hệ quả là độ chói của loại tấm nền này phụ thuộc vào tỉ lệ diện tích sáng trên màn hình. Một màn hình QD-OLED chuyên nghiệp có thể cho khoảng 2.000 cd/m² trên một cửa sổ nhỏ nhưng chỉ còn khoảng 250 cd/m² khi cả màn hình cùng trắng; hai con số chênh nhau tám lần và cả hai đều đúng.

Tấm nền có đèn nền thì khác: đèn nền là nguồn sáng ngoài, không nằm trong điểm ảnh, nên độ sáng của nó không phụ thuộc vào nội dung ảnh và đường cong độ chói gần như nằm ngang. Đó là lợi thế lớn nhất còn lại của họ có đèn nền, và mục 11.10 sẽ dựng đường cong ấy bằng số đo.

> **QUY TẮC 11.2 — CÂU HỎI PHẢI ĐẶT KHI ĐỌC MỘT CON SỐ ĐỘ CHÓI**
>
> **"Đo trên cửa sổ bao nhiêu phần trăm?":** nếu tài liệu không nêu, con số ấy gần như chắc chắn được đo trên cửa sổ rất nhỏ và không cho biết màn hình chịu được cảnh sáng tới mức nào.
>
> **"Có công bố số liệu toàn màn hình không?":** nhà sản xuất công bố cả hai số liệu là nhà sản xuất đáng tin cậy hơn.

11.2.2 Mức đen và tỉ số tương phản

Tỉ số tương phản là thương của mức trắng chia cho mức đen.

$$CR = \frac{L_w}{L_b} \quad ; \quad CR_{real} = \frac{L_w + L_f}{L_b + L_f} \tag{11.1}$$

Công thức thứ hai trong (11.1) quan trọng hơn vì nó tính tương phản thực trong một căn phòng có ánh sáng. Ánh sáng lạc từ phòng phản xạ trên mặt màn hình và cộng vào cả hai mức, do đó mức đen tăng lên nhiều hơn hẳn về tỉ lệ so với mức trắng.

- Một màn hình có mức trắng 100 cd/m² và mức đen 0,1 cd/m² cho tương phản 1.000 : 1 trong phòng tối tuyệt đối.
- Cũng màn hình ấy, trong một phòng làm việc có ánh sáng lạc 0,5 cd/m², chỉ còn tương phản 168 : 1.
- Nghĩa là ánh sáng phòng đã làm mất hơn tám phần mười tương phản của màn hình, và không thông số nào của màn hình bù đắp được mức suy giảm đó.

CẢNH BÁO 11.1 — BA CÁCH THỔI PHỒNG TỈ SỐ TƯƠNG PHẢN

Tương phản động đo mức trắng khi đèn nền mở hết và mức đen khi đèn nền tắt hẳn, tại hai thời điểm khác nhau. Con số này có thể lên tới hàng triệu nhưng không phản ánh ảnh thật, vì trong một khung hình thật luôn có cả vùng sáng lẫn vùng tối cùng lúc.

Đo trong phòng tối tuyệt đối rồi công bố như thông số dùng chung, trong khi không phòng làm việc nào tối đến như vậy.

Với tấm nền tự phát sáng, nhà sản xuất công bố "vô cùng" hoặc một số rất lớn. Về toán học điều này đúng vì mức đen bằng 0, nhưng nó che khuất câu hỏi đáng đặt ra hơn là màn hình ấy sáng được tới mức nào.

11.2.3 Sáu đại lượng còn lại

Bảng 11.4 Sáu đại lượng còn lại và câu hỏi kiểm tra

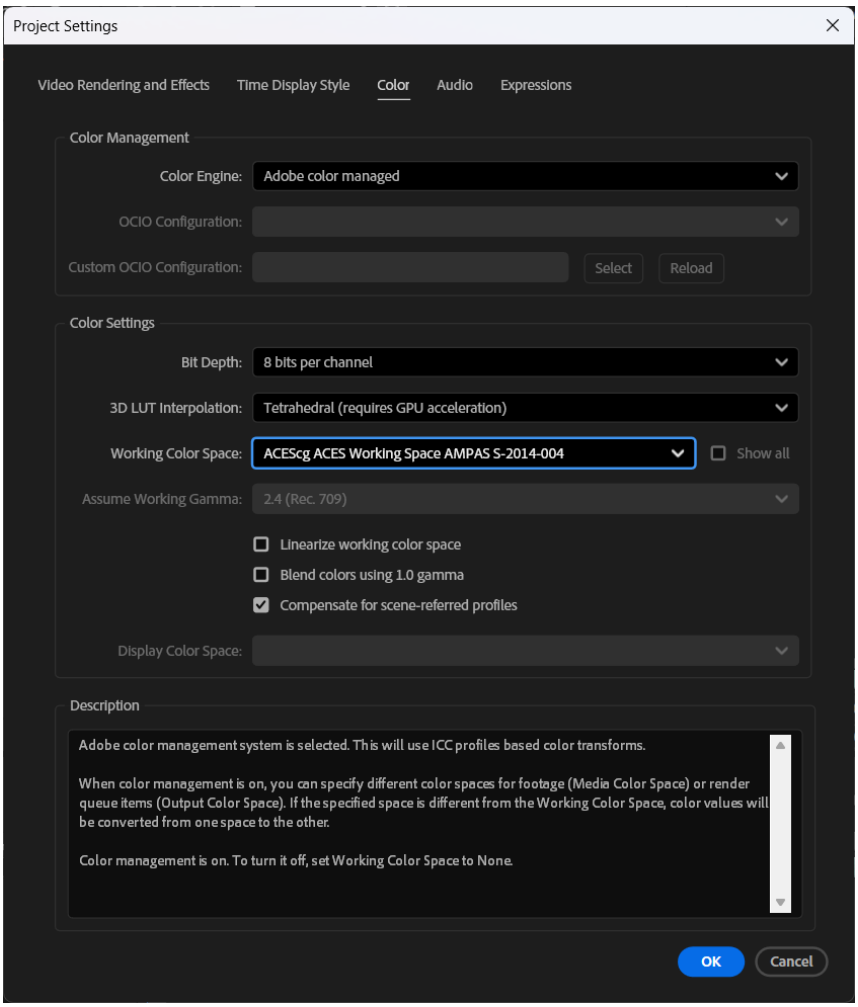
Đại lượng	Đo cái gì	Câu hỏi phải đặt
Phủ gam màu	Phần diện tích của một gam màu chuẩn mà tấm nền tái tạo được, tính trong mặt phẳng sắc độ	Là số phủ hay số tỉ số diện tích? Hai số này khác nhau, và số thứ hai có thể vượt 100 % ngay cả khi tấm nền còn nhiều màu không tái tạo nổi. Xem mục 11.2.4
Độ sâu bit	Số mức xám thật sự phân biệt được của tấm nền, cho mỗi kênh màu	10 bit thật hay 8 bit cộng nhiễu rung? Nhiễu rung là kỹ thuật trộn hai mức kề nhau theo thời gian hoặc theo không gian để mắt thấy như một mức trung gian. Nó có tác dụng, nhưng không thay được bit thật khi ảnh có chuyển động
Thời gian đáp ứng	Thời gian một điểm ảnh đổi từ mức này sang mức khác	Đo giữa hai mức xám nào? Con số nhỏ nhất thường đo giữa hai mức xám trung bình, là chỗ tấm nền nhanh nhất. Và có ép quá đà không — kỹ thuật đẩy điện áp vượt mức đích rồi kéo lại, làm nhanh hơn nhưng sinh vệt sáng ngược ở mép vật chuyển động

Đại lượng	Đo cái gì	Câu hỏi phải đặt
Độ đồng đều	Mức chênh độ chói và chênh màu giữa các vùng trên cùng một mặt màn hình	Đo ở bao nhiêu điểm, theo chuẩn nào? Chín điểm là mức tối thiểu. Và đây là thông số hiếm khi được công bố, vì nó thay đổi giữa từng cá thể sản phẩm chứ không phải giữa từng đời sản phẩm
Góc nhìn	Góc lệch khỏi trục mà tại đó ảnh vẫn giữ được chất lượng	Tiêu chí "giữ được chất lượng" là gì? Nếu là "tương phản còn trên 10 : 1" thì con số rất đẹp mà vô nghĩa, vì màu đã lệch từ lâu trước khi tương phản rơi xuống mức ấy
Độ chói khi phản xạ	Bao nhiêu phần ánh sáng phòng bị hắt lại từ mặt màn hình	Mặt màn hình mờ hay bóng? Mặt bóng cho màu sâu hơn trong phòng tối nhưng thành gương trong phòng sáng. Đây là đại lượng ít được công bố nhất và ảnh hưởng nhiều nhất tới trải nghiệm thật

11.2.4 Phủ gam màu — chỗ dễ bị đánh tráo nhất

Gam màu của một màn hình là tam giác nối ba toạ độ sắc độ của ba màu cơ bản, vẽ trong mặt phẳng sắc độ đã học ở mục 7.16. Câu hỏi màn hình phủ được bao nhiêu phần trăm DCI-P3 có hai cách trả lời hoàn toàn khác nhau [5], [6], [8].

Hình 11.3 là thẻ Color trong hộp thoại Project Settings của After Effects, nơi người dựng khai báo bộ máy quản lý màu, độ sâu bit và không gian màu làm việc của dự án.



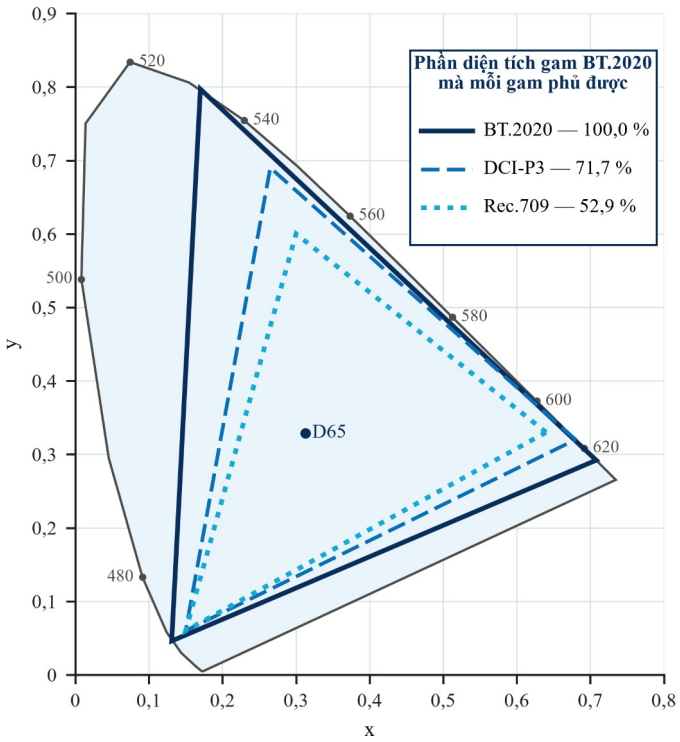
Hình 11.3 Hộp thoại Project Settings > Color của After Effects: bộ máy Adobe color managed, độ sâu 8 bit mỗi kênh, không gian làm việc ACEScg (ACES AMPAS S-2014-004); các lựa chọn gamma, tuyến tính hoá và không gian hiển thị phụ thuộc vào không gian đã chọn

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe After Effects 2025), 07/11/2026.

$$C = \frac{S(G_{\text{pan}} \cap G_{\text{tgt}})}{S(G_{\text{tgt}})} \cdot 100\ \% \tag{11.2}$$

Công thức (11.2) định nghĩa độ phủ: lấy phần giao giữa tam giác của tấm nền và tam giác của gam đích, chia cho diện tích gam đích. Con số này không bao giờ vượt 100 % và trả lời đúng câu hỏi của người dùng, tức là tấm nền tái tạo thật sự được bao nhiêu phần của gam đích.

Cách công bố còn lại là tỉ số diện tích: lấy thẳng diện tích tam giác tấm nền chia cho diện tích tam giác đích mà không lấy phần giao. Con số này có thể vượt 100 % trong khi tấm nền vẫn hụt ở một góc nào đó, vì nó chỉ cho biết tam giác lớn bao nhiêu chứ không cho biết tam giác nằm đúng vị trí hay không.



Hình 11.4 Ba gam màu chuẩn trong mặt phẳng sắc độ CIE 1931 và phần diện tích BT.2020 mà mỗi gam phủ được

Bảng 11.5 Phủ gam màu giữa các chuẩn — tính theo công thức (11.2)

Gam của tấm nền	Phủ Rec.709	Phủ DCI-P3	Phủ BT.2020
Rec.709	100,0 %	73,7 %	52,9 %
DCI-P3	100,0 %	100,0 %	71,7 %
BT.2020	100,0 %	100,0 %	100,0 %

QUY TẮC 11.3 — ĐỌC BẢNG NÀY THẾ NÀO

Một tấm nền chỉ đạt gam Rec.709 phủ được 73,7 % gam DCI-P3, nghĩa là hơn một phần tư số màu của một bản chiếu rạp nằm ngoài khả năng của nó: tấm nền không hiển thị sai các màu ấy mà hoàn toàn không hiển thị được.

Ngay cả gam DCI-P3, vốn là chuẩn của rạp chiếu phim, cũng chỉ phủ 71,7 % gam BT.2020. Vì vậy chưa có màn hình nào phủ trọn BT.2020, và đó cũng là lý do đèn nền RGB ở mục 11.6 được chú ý.

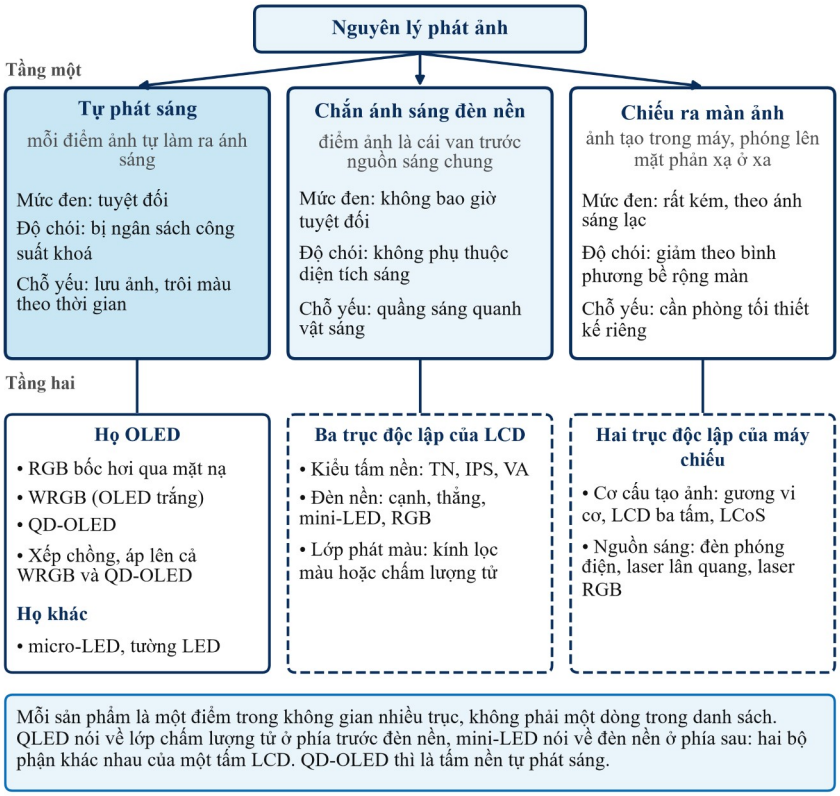
11.3 Ba nguyên lý phát ảnh và cây phân loại

11.3.1 Chỉ có ba cách làm ra một bức ảnh sáng

Bỏ qua mọi tên thương mại, mọi màn hình chỉ dùng một trong ba nguyên lý sau. Nguyên lý quyết định gần như toàn bộ điểm mạnh và điểm yếu, còn công nghệ cụ thể chỉ quyết định mức độ.

– **Tự phát sáng.** Mỗi điểm ảnh tự tạo ra ánh sáng của mình mà không có nguồn sáng chung, nên tín hiệu bằng 0 nghĩa là điểm ảnh tắt hẳn.

– **Chắn ánh sáng của đèn nền.** Có một nguồn sáng chung luôn bật ở phía sau và mỗi điểm ảnh chỉ là một van cho ánh sáng đi qua nhiều hay ít; tín hiệu bằng 0 nghĩa là van đóng hết mức, nhưng đóng hết mức vẫn chưa phải là tắt.
– **Chiếu ra màn ảnh.** Ảnh được tạo ra bên trong máy trên một cơ cấu nhỏ rồi được phóng to lên một mặt phản xạ ở xa, còn nguồn sáng là một bộ phận riêng, độc lập với cơ cấu tạo ảnh.



Hình 11.5 Cây phân loại hai tầng: nguyên lý phát ảnh ở tầng một, công nghệ cụ thể ở tầng hai

11.3.2 Suy ra đặc tính từ nguyên lý

Bảng dưới đây là cách dùng cây phân loại: người đọc không cần học thuộc mà suy ra, vì khi đã biết nguyên lý thì ba cột bên phải gần như tự xác định.

Bảng 11.6 Từ nguyên lý suy ra đặc tính

Nguyên lý	Mức đen	Độ chói	Chỗ yếu cố hữu
Tự phát sáng	Tuyệt đối — không có dòng thì không có photon	Bị ngân sách công suất khoá: càng nhiều diện tích sáng thì mỗi điểm càng phải nhường	Vật liệu lão hoá theo lượng dòng đã chạy qua, nên có lưu ảnh và trôi màu theo thời gian
Chắn ánh sáng đèn nền	Không bao giờ tuyệt đối — van đóng vẫn rò	Gần như không phụ thuộc diện tích sáng, vì nguồn sáng nằm ngoài điểm ảnh	Quầng sáng quanh vật sáng trên nền tối, do một vùng đèn nền phải phục vụ hàng nghìn điểm ảnh
Chiếu ra màn ảnh	Rất kém — phụ thuộc ánh sáng lạc trong phòng nhiều hơn phụ thuộc máy	Chia cho diện tích màn ảnh, nên giảm theo bình phương chiều rộng màn	Cần một căn phòng tối được thiết kế riêng; ngoài phòng ấy thì không dùng được

11.3.3 Hai trục độc lập: đừng gộp thành một danh sách

Hai cách gọi tên thường gây nhầm lẫn là "QLED mini-LED" gộp thành một dòng và "máy chiếu DLP" đặt ngang hàng với "máy chiếu laser", vì cả hai trường hợp đều trộn hai trục độc lập vào một danh sách.

GHI NHỚ 11.2 — HAI TRỤC ĐỘC LẬP, KHÔNG PHẢI MỘT DANH SÁCH

Với màn hình LCD, kiểu tấm nền (TN, IPS, VA), đèn nền (cạnh, thẳng, mini-LED, RGB) và lớp phát màu (kính lọc thường hay chấm lượng tử) là ba trục riêng. Một sản phẩm là một điểm trong không gian ba trục ấy chứ không phải một dòng trong danh sách.

Với máy chiếu, cơ cấu tạo ảnh (gương vi cơ, LCD ba tấm, LCoS) và nguồn sáng (đèn phóng điện, laser lân quang, laser RGB) là hai trục riêng. Một máy chiếu rạp hiện đại kết hợp gương vi cơ với laser.

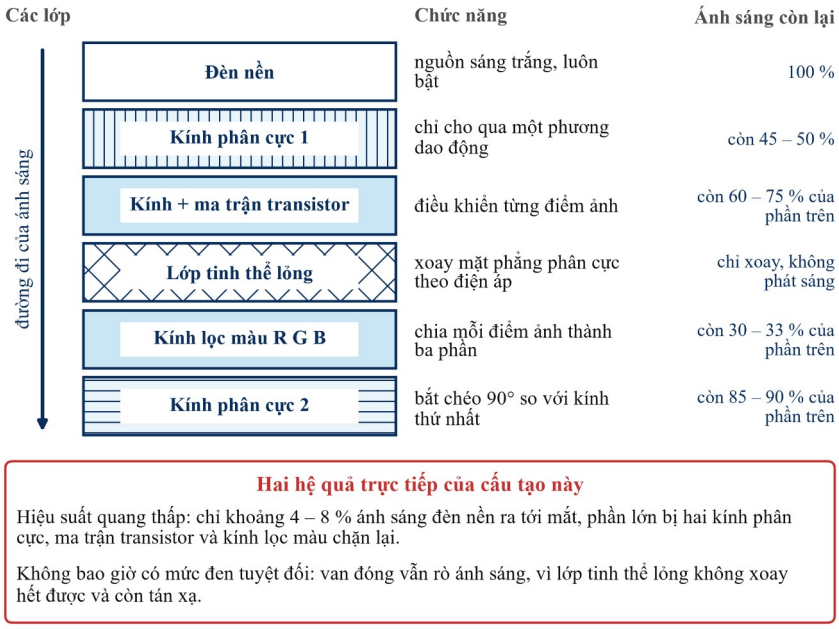
Sự phân biệt này có ý nghĩa thực tế: việc trộn lẫn các trục bị lợi dụng để bán tấm nền VA giá thấp có gắn thêm màng chấm lượng tử với giá của một sản phẩm cao cấp.

11.4 Van ánh sáng tinh thể lỏng

11.4.1 Sáu lớp trên đường đi của ánh sáng

Tinh thể lỏng là một trạng thái vật chất nằm giữa chất lỏng và tinh thể: các phân tử vẫn di chuyển được như chất lỏng nhưng vẫn giữ hướng sắp xếp chung như tinh thể. Chính khả năng vừa di chuyển vừa giữ hướng ấy cho phép điều khiển chúng bằng điện áp.

Bản thân tinh thể lỏng không phát sáng và cũng không có màu; nó chỉ xoay mặt phẳng phân cực của ánh sáng đi qua. Toàn bộ cơ chế tạo ảnh của màn hình LCD được xây dựng trên chức năng duy nhất này.



Hình 11.6 Cắt lớp một điểm ảnh tinh thể lỏng theo đường đi của ánh sáng

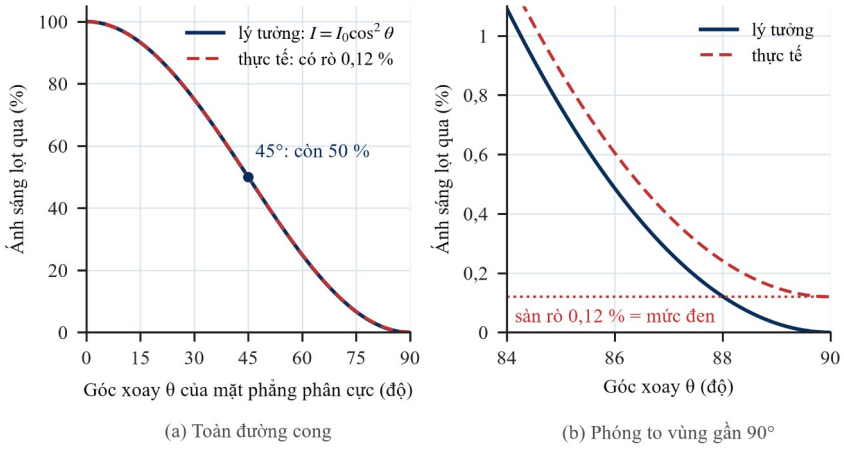
11.4.2 Định luật Malus và cái van không bao giờ đóng kín

Hai kính phân cực được đặt bắt chéo nhau 90 độ: kính thứ nhất chỉ cho qua thành phần ánh sáng dao động theo một phương, kính thứ hai chỉ cho qua thành phần vuông góc với phương ấy. Nếu không có gì ở giữa thì không có ánh sáng nào đi ra được.

Lớp tinh thể lỏng nằm giữa hai kính làm nhiệm vụ xoay mặt phẳng phân cực đi một góc θ tuỳ theo điện áp đặt vào, và phần ánh sáng qua được kính thứ hai tuân theo định luật Malus.

$$I = I_0 \cos^2 \theta \tag{11.3}$$

Ở góc 0 độ, van mở hoàn toàn; ở góc 45 độ, còn đúng một nửa ánh sáng; ở góc 90 độ, theo lý thuyết không còn ánh sáng nào đi qua, song thực tế không đạt được như vậy.



(a) Toàn đường cong (b) Phóng to vùng gần 90°

Đèn nền 100 đơn vị sáng, phần rò 0,12 % là 0,12 đơn vị: tương phản tối đa của tấm nền là 100 / 0,12 ≈ 833 : 1, bất kể mạch xử lý tốt đến đâu.

Hình 11.7 Đường cong Malus và sàn rò — chỗ quyết định mức đen của mọi tấm nền tinh thể lỏng

GHI NHỚ 11.3 — CÁI VAN THẬT LUÔN RÒ, VÀ CHỖ RÒ ẤY LÀ MỨC ĐEN

Lớp tinh thể lỏng không xoay được đúng 90 độ trên toàn bộ bề dày, nhất là ở sát hai mặt kính nơi phân tử bị neo lại. Ngoài ra ánh sáng còn bị tán xạ trên các biên tinh thể và trên ma trận transistor.

Phần ánh sáng rò này cỡ một tới vài phần nghìn ánh sáng đèn nền. Tuy nhỏ, nó chính là mức đen của màn hình và khoá tương phản của cả tấm nền ở mức đó.

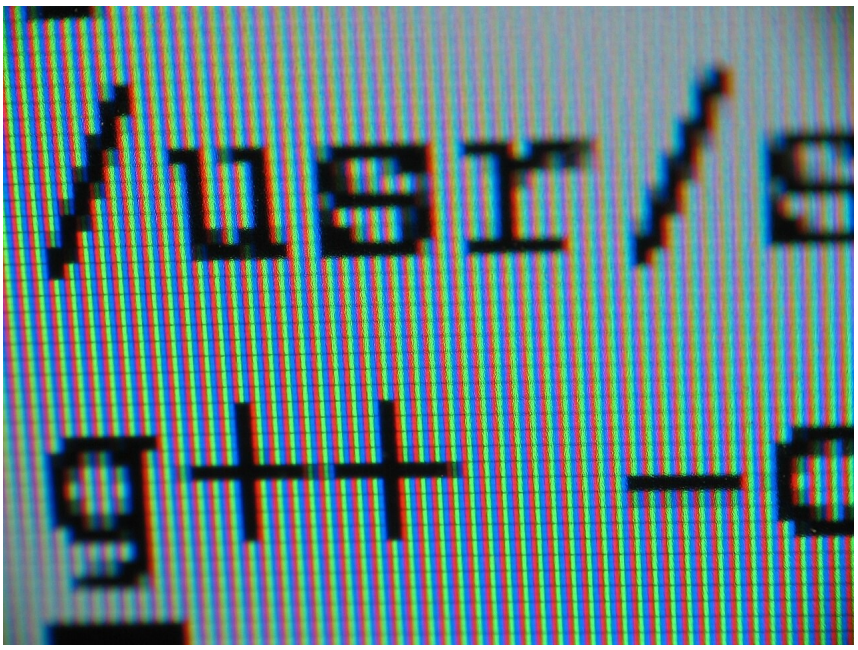
Ví dụ: đèn nền cho 100 đơn vị sáng, phần rò 0,12 % là 0,12 đơn vị, nên tương phản tối đa của tấm nền ấy là 833 : 1, bất kể mạch xử lý tốt đến đâu.

11.4.3 Ba điểm ảnh con và cái giá của kính lọc màu

Ánh sáng đèn nền là ánh sáng trắng. Muốn có màu, mỗi điểm ảnh được chia thành ba phần, mỗi phần phủ một kính lọc đỏ, lục hoặc lam; kính lọc hoạt động

bằng cách *hấp thụ* hai phần ba phổ và chỉ cho qua một phần ba, đúng cơ chế đã trình bày ở mục 7.3.5.

Hình 11.8 cho thấy ảnh chụp cận cảnh một tấm nền tinh thể lỏng, trong đó mỗi điểm ảnh được chia thành ba điểm ảnh con đỏ, lục và lam xếp thành các vạch đứng.



Hình 11.8 Ảnh chụp cận cảnh màn hình tinh thể lỏng: mỗi điểm ảnh gồm ba vạch đỏ, lục, lam; chữ trên màn hình được dựng từ các điểm ảnh con này

Nguồn: Daniel Schwen, CC BY-SA 2.5, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

Tổng hợp tất cả các chặng mất mát, hiệu suất quang của một tấm nền LCD chỉ còn khoảng 4 tới 8 phần trăm.

Bảng 11.7 Ánh sáng đèn nền mất đi ở đâu

Chặng	Còn lại khoảng	Vì sao mất
Kính phân cực thứ nhất	45 – 50 %	Chỉ cho qua một phương dao động trong hai phương của ánh sáng tự nhiên
Ma trận transistor và mạch dẫn	60 – 75 % của phần trên	Phần diện tích bị transistor và dây dẫn che mất, gọi là hệ số lấp đầy
Kính lọc màu	30 – 33 % của phần trên	Mỗi kính lọc hấp thụ hai phần ba phổ đi qua nó
Kính phân cực thứ hai và các lớp còn lại	85 – 90 % của phần trên	Hấp thụ và phản xạ trên các mặt phân cách
Tổng cộng	4 – 8 %	Nghĩa là hơn chín phần mười công suất đèn nền biến thành nhiệt bên trong màn hình

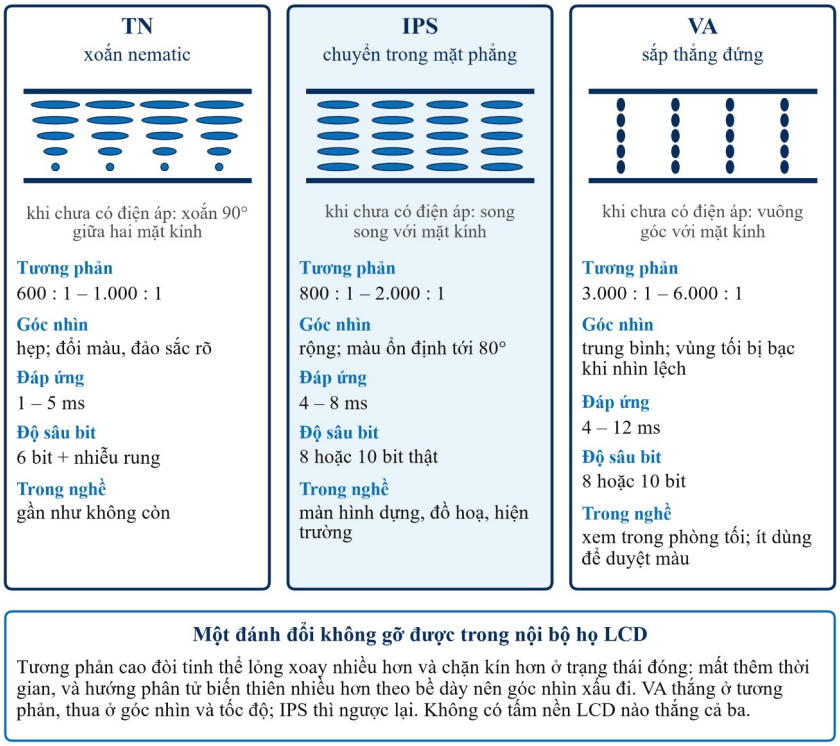
GHI NHỚ 11.4 — VÌ SAO CON SỐ NÀY ĐÁNG NHỚ

Điều này giải thích vì sao một màn hình LCD 1.000 cd/m² tỏa nhiều nhiệt và tiêu thụ nhiều điện: để có 1.000 đơn vị sáng tới mắt người xem, đèn nền phải phát ra khoảng 15.000 đơn vị.

Điều này cũng giải thích vì sao mọi hướng cải tiến LCD trong hai mươi năm qua đều nhắm vào một mục tiêu duy nhất là giảm mất mát: chấm lượng tử giảm mất mát ở kính lọc màu, còn đèn nền RGB loại bỏ nhu cầu lọc gắt. Hai công nghệ ấy quan trọng vì lý do đó, không phải vì chúng là công nghệ mới.

11.5 Ba họ tấm nền tinh thể lỏng

Ba họ tấm nền LCD khác nhau ở một chi tiết: cách sắp xếp các phân tử tinh thể lỏng khi chưa có điện áp và hướng mà điện trường kéo chúng. Chỉ riêng chi tiết ấy đã quyết định tương phản, góc nhìn và tốc độ.



Hình 11.9 Ba họ tấm nền tinh thể lỏng và đánh đổi không gỡ được giữa chúng

11.5.1 Ba cách sắp phân tử

- **TN (xoắn nematic).** Phân tử sắp thành một đường xoắn 90 độ giữa hai mặt kính, và điện áp kéo chúng dựng thẳng, phá đường xoắn, đóng van. Cấu tạo đơn giản nhất nên tấm nền này nhanh nhất và chi phí thấp nhất, nhưng hướng phân tử thay đổi theo bề dày nên màu đổi ngay khi nhìn lệch góc.
- **IPS (chuyển trong mặt phẳng).** Phân tử nằm song song với mặt kính và cũng xoay trong chính mặt phẳng ấy; vì hướng phân tử không đổi theo bề dày, hình ảnh nhìn từ mọi góc gần như giống nhau, và đây là nguồn gốc của góc nhìn rộng và màu ổn định.

– **VA (sắp thẳng đứng).** Phân tử đứng vuông góc với mặt kính khi chưa có điện áp nên chặn ánh sáng rất tốt ở trạng thái đóng, và đó là nguồn gốc của tương phản cao; tuy nhiên, để mở van phải kéo chúng nằm xuống, quãng đường dài hơn nên tốc độ chậm hơn.

11.5.2 Bảng đối chiếu theo tám đại lượng

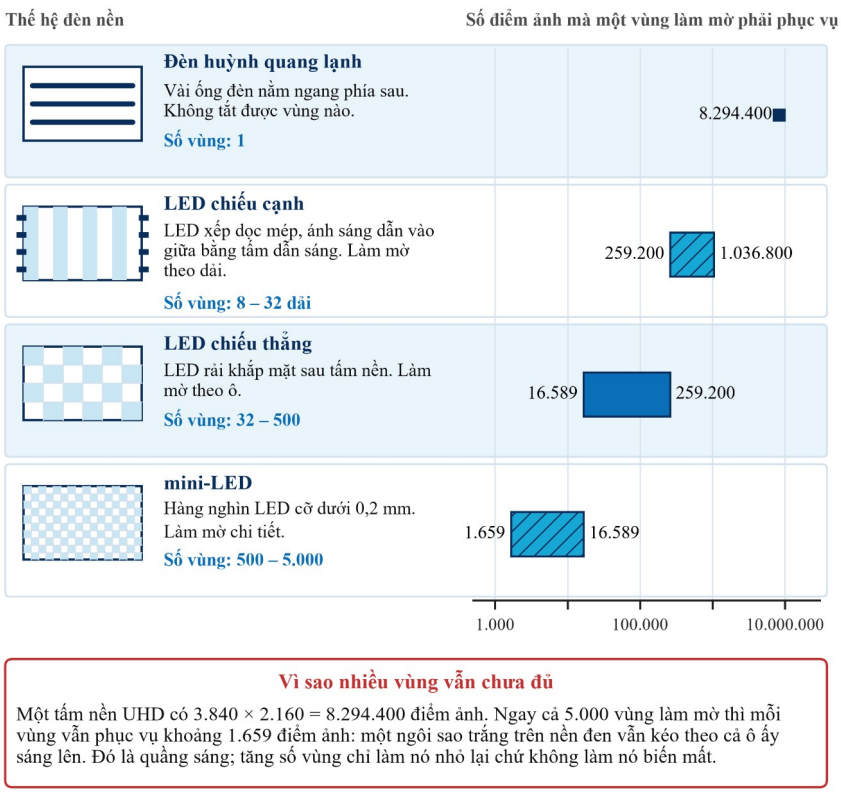
Bảng 11.8 Ba họ tấm nền LCD đối chiếu theo bộ thước ở mục 11.2

Đại lượng	TN	IPS	VA
Tỉ số tương phản	600 : 1 – 1.000 : 1	800 : 1 – 2.000 : 1	3.000 : 1 – 6.000 : 1
Góc nhìn	Hẹp; đổi màu và đảo sắc rõ	Rộng; màu ổn định tới 80 độ	Trung bình; vùng tối bị bạc khi nhìn lệch
Thời gian đáp ứng	1 – 5 ms	4 – 8 ms	4 – 12 ms
Độ sâu bit thường gặp	6 bit + nhiễu rung	8 hoặc 10 bit thật	8 hoặc 10 bit
Chuyển sắc vùng tối	Kém	Tốt	Kém nhất — hay có hiện tượng đen bệt
Chỗ dùng trong nghề	Gần như không còn	Màn hình dựng, đồ hoạ, hiện trường	Màn hình xem trong phòng tối; ít dùng để duyệt màu

> **GHI NHỚ 11.5 — MỘT ĐÁNH ĐỔI KHÔNG GỠ ĐƯỢC TRONG NỘI BỘ HỌ LCD**
>
> Tương phản cao đòi hỏi lớp tinh thể lỏng phải xoay nhiều hơn và chặn kín hơn ở trạng thái đóng. Xoay nhiều hơn nghĩa là mất thêm thời gian, đồng thời hướng phân tử biến thiên nhiều hơn theo bề dày, tức là góc nhìn xấu đi.
>
> Vì thế VA thắng ở tương phản nhưng thua ở góc nhìn và tốc độ, còn IPS thì ngược lại. Không có tấm nền LCD nào thắng cả ba tiêu chí, và đó là hệ quả của vật lý chứ không phải của trình độ chế tạo.

11.6 Đèn nền và chấm lượng tử

Nếu tấm nền tinh thể lỏng chỉ đóng vai trò van, chất lượng ảnh của một màn hình LCD phụ thuộc vào đèn nền ít nhất ngang bằng vào tấm nền. Toàn bộ tiến bộ của LCD trong hai thập niên qua nằm ở phía sau tấm nền chứ không phải ở bản thân tấm nền.



Hình 11.10 Bốn thế hệ đèn nền và số điểm ảnh mà mỗi vùng làm mờ phải phục vụ

11.6.1 Từ đèn huỳnh quang tới mini-LED

Bảng 11.9 Bốn thế hệ đèn nền

Thế hệ	Bố trí	Số vùng làm mờ	Chỗ yếu
Đèn huỳnh quang lạnh	Vài ống đèn nằm ngang phía sau	1	Không tắt được vùng nào; gam màu hẹp; khởi động chậm; chứa thuỷ ngân
LED chiếu cạnh	LED xếp dọc mép, ánh sáng dẫn vào giữa bằng tấm dẫn sáng	8 – 32 dải	Chỉ làm mờ được theo dải ngang hoặc dọc; độ chói không đều từ mép vào giữa
LED chiếu thẳng	LED rải khắp mặt sau tấm nền	32 – 500	Dày hơn; quầng sáng còn rất rõ vì mỗi vùng phục vụ hàng chục nghìn điểm ảnh
mini-LED	Hàng nghìn LED cỡ dưới 0,2 mm rải khắp mặt sau	500 – 5.000	Quầng sáng nhỏ đi nhưng không mất; mạch điều khiển phức tạp và đắt

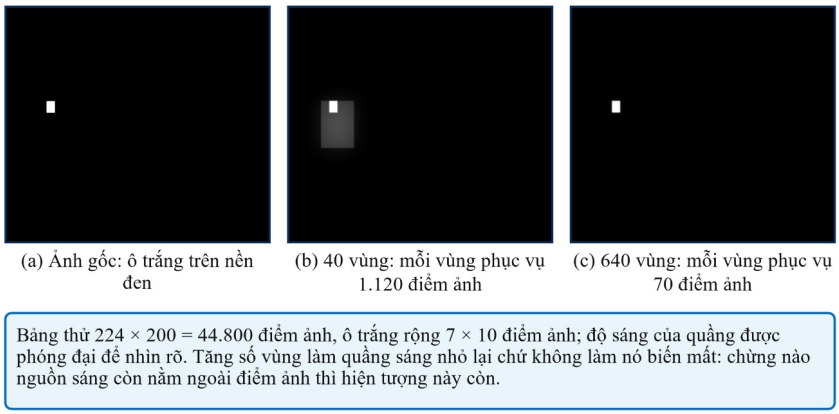
11.6.2 Vì sao nhiều vùng vẫn chưa đủ

Một tấm nền UHD có 3.840 × 2.160 = 8.294.400 điểm ảnh; chia số này cho số vùng làm mờ sẽ được số điểm ảnh mà mỗi vùng phải phục vụ chung.

Bảng 11.10 Số điểm ảnh trên một vùng làm mờ, tấm nền UHD

Số vùng làm mờ	Điểm ảnh trên một vùng	Cỡ một vùng trên màn 55 inch
32	259.200	khoảng 21 × 15 cm
500	16.589	khoảng 5,4 × 3,8 cm
2.000	4.147	khoảng 2,7 × 1,9 cm
5.000	1.659	khoảng 1,7 × 1,2 cm

Một ngôi sao trắng trên nền trời đen chỉ chiếm vài điểm ảnh, nhưng để hiển thị nó, cả vùng chứa nó phải sáng lên, kéo theo hàng nghìn điểm ảnh xung quanh cùng bị nâng mức đen. Đó chính là hiện tượng *quầng sáng*.



Hình 11.11 Quầng sáng quanh một ô trắng nhỏ, với hai mật độ vùng làm mờ khác nhau

GHI NHỚ 11.6 — QUẦNG SÁNG LÀ GIỚI HẠN CỦA NGUYÊN LÝ, KHÔNG PHẢI CỦA CÔNG NGHỆ

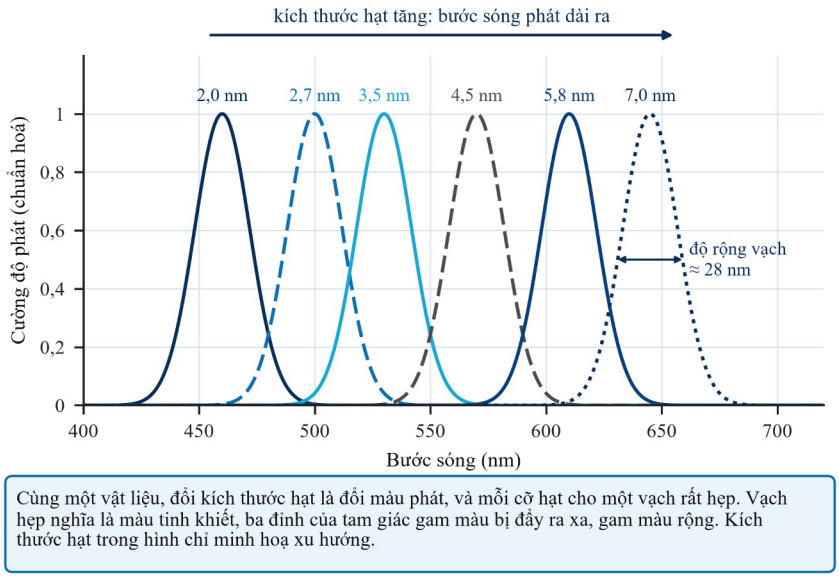
Tăng số vùng làm quầng sáng nhỏ lại chứ không làm nó biến mất, vì chừng nào nguồn sáng còn nằm ngoài điểm ảnh thì hiện tượng này còn tồn tại.

Muốn quầng sáng biến mất hoàn toàn thì số vùng phải bằng số điểm ảnh; khi đó mỗi điểm ảnh đã có nguồn sáng riêng, tức là hệ thống đã chuyển sang nguyên lý tự phát sáng. Nói cách khác, mini-LED phát triển tới cùng chính là micro-LED.

11.6.3 Chấm lượng tử

Chấm lượng tử là hạt bán dẫn cỡ vài nanomet. Ở kích thước ấy, các mức năng lượng cho phép của electron trong hạt phụ thuộc trực tiếp vào kích thước hạt: hạt càng nhỏ thì khoảng cách giữa các mức càng lớn, và photon phát ra càng ngắn bước sóng.

Hệ quả thực tế khá gọn: với cùng một vật liệu, chỉ cần thay đổi kích thước hạt là thay đổi được màu ánh sáng phát ra. Quan trọng hơn, mỗi cỡ hạt cho một vạch phát rất hẹp, hẹp hơn nhiều so với lớp lân quang truyền thống.



Hình 11.12 Phổ phát của chấm lượng tử theo kích thước hạt, và vì sao vạch hẹp lại quyết định gam màu

Vạch phát hẹp cho màu tinh khiết, màu tinh khiết đẩy ba đỉnh của tam giác gam màu ra xa nhau, và tam giác rộng tương ứng với gam màu rộng. Đó là toàn bộ lý do chấm lượng tử được đưa vào màn hình.

CẢNH BÁO 11.2 — CHẤM LƯỢNG TỬ KHÔNG PHẢI MỘT LOẠI TẤM NỀN

Chấm lượng tử là một lớp vật liệu phát màu, và có thể được đặt ở hai vị trí hoàn toàn khác nhau.

Khi đặt trước đèn nền của một tấm LCD, đèn nền lam kích lớp chấm lượng tử và tạo ra ánh sáng trắng có phổ tốt hơn; sản phẩm này thường được gọi là QLED. Bên trong vẫn là một tấm nền tinh thể lỏng, với đầy đủ mọi giới hạn của họ tấm nền ấy.

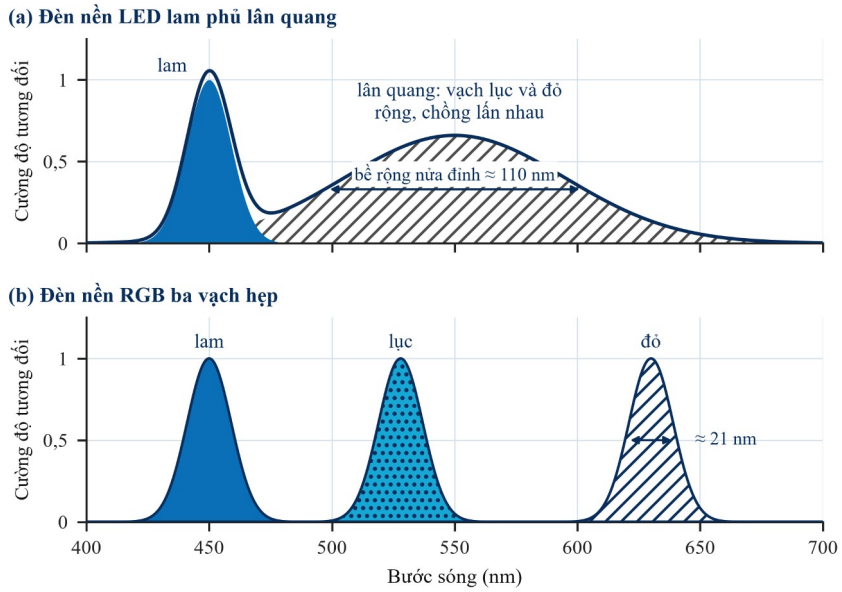
Khi đặt trước lớp phát lam của một tấm OLED, ta có QD-OLED, được trình bày ở mục 11.9; đây là một tấm nền tự phát sáng.

Hai loại này chỉ giống nhau ở ba chữ đầu, và việc nhầm lẫn giữa chúng là nhầm giữa hai nguyên lý phát ảnh khác hẳn nhau.

11.6.4 Đèn nền RGB — bước nhảy của 2025 – 2026

Đèn nền LED thông thường, kể cả mini-LED, thực chất là LED lam phủ một lớp lân quang để sinh ra phần lục và đỏ. Lớp lân quang ấy cho hai vạch rất rộng, chồng lấn nhau, nên kính lọc màu ở phía trước buộc phải cắt rất gắt, làm mất sáng mà gam màu vẫn hẹp.

Thế hệ đèn nền mới bỏ hẳn lớp lân quang và dùng ba nhóm LED đỏ, lục, lam riêng biệt, cho ba vạch hẹp, tách bạch, không còn cần cắt gắt.



Hình 11.13 Phổ đèn nền lam phủ lân quang so với phổ đèn nền RGB ba vạch hẹp

Bảng 11.11 Đèn nền RGB được gì và mất gì

Được	Mất
Gam màu trên 90 % BT.2020 — vượt cả tấm nền OLED, và là lần đầu tiên một tấm nền LCD dẫn đầu ở đại lượng này	Hiện tượng lẫn màu giữa các vùng làm mờ kề nhau: một vùng đang phát nghiêng về đỏ có thể làm vùng bên cạnh ngả sắc theo
Hiệu suất cao hơn vì không mất năng lượng ở chặng chuyển đổi lân quang, và kính lọc màu không phải cắt gắt	Mạch điều khiển phức tạp hơn hẳn: phải điều khiển ba màu độc lập trên hàng nghìn vùng
Điều khiển được cả màu của đèn nền theo từng vùng, không chỉ độ sáng — một bậc tự do hoàn toàn mới	Giá thành cao; tới 2026 mới xuất hiện ở lớp sản phẩm cao cấp nhất

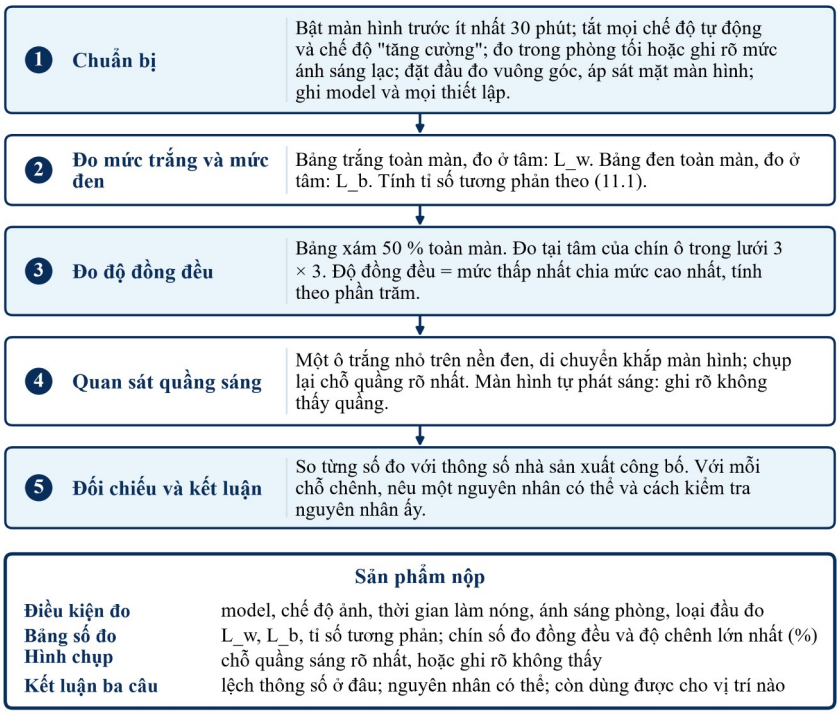
QUY TẮC 11.4 — ĐỌC HIỆN TƯỢNG NÀY THẾ NÀO

Suốt mười lăm năm, nhận định phổ biến của ngành hiển thị là OLED tốt hơn LCD về mọi mặt trừ độ chói; đèn nền RGB làm nhận định ấy không còn đúng ở gam màu.

Điều đáng học ở đây là cách công nghệ này tháo gỡ nút thắt hơn là tên gọi của nó: không cải tiến tấm nền mà đổi nguồn sáng. Logic ấy giống với việc chuyển từ đèn phóng điện sang laser RGB ở máy chiếu tại mục 11.16, vì cùng một bài toán phổ và cùng một lời giải.

11.7 Bài thực hành số 1 — đo đặc tuyến một màn hình

Bài thực hành này không cần thiết bị đắt tiền, nhưng cần một quy trình đo có kỷ luật và sự sẵn sàng của người làm bài trong việc đối chiếu số đo của mình với con số nhà sản xuất công bố.



Hình 11.14 Năm bước của bài thực hành số 1

11.7.1 Mục tiêu

- Đo được tỉ số tương phản thực của một màn hình và so sánh với con số nhà sản xuất công bố.
- Đo được độ đồng đều trên chín điểm và biết cách tính con số kết luận.
- Quan sát và ghi lại được hiện tượng quầng sáng, nếu màn hình thuộc họ có đèn nền.
- Giải thích được chỗ chênh giữa số đo và số công bố bằng nguyên lý, không bằng phỏng đoán.

11.7.2 Chuẩn bị

Bảng 11.12 Điều kiện đo — sai một điều là số đo mất giá trị

Điều kiện	Vì sao
Bật màn hình trước ít nhất 30 phút	Đèn nền và tấm nền đều trôi độ chói và trôi màu trong lúc còn nguội. Đo lúc mới bật là đo một trạng thái không lặp lại được
Tắt mọi chế độ tự động và mọi chế độ "tăng cường"	Cảm biến ánh sáng môi trường, làm mờ động, tăng tương phản động — tất cả đều làm số đo phụ thuộc vào ảnh đang hiển thị chứ không phụ thuộc màn hình
Đo trong phòng tối, hoặc ghi rõ mức ánh sáng lạc	Ánh sáng lạc cộng vào cả mức trắng lẫn mức đen theo công thức (11.1). Không ghi lại thì số đo không so được với ai
Đặt đầu đo vuông góc, áp sát mặt màn hình	Lệch trục là đo vào vùng góc nhìn, và mọi tấm nền đều sụt độ chói khi lệch trục
Ghi lại model màn hình, chế độ ảnh và mọi thiết lập	Số đo không kèm điều kiện đo là số vô nghĩa. Đây là kỷ luật chung của mọi phép đo trong nghề

11.7.3 Năm bước tiến hành

Bước 1: chuẩn bị. Thực hiện đủ năm điều kiện ở bảng trên và ghi tất cả vào đầu bản ghi kết quả trước khi đo số đầu tiên.

Bước 2: đo mức trắng và mức đen. Hiển thị bảng trắng toàn màn, đo ở tâm và ghi L_w; sau đó hiển thị bảng đen toàn màn, đo ở tâm và ghi L_b. Tính tỉ số tương phản theo (11.1).

Bước 3: đo độ đồng đều. Hiển thị bảng xám 50 % toàn màn và đo tại tâm của chín ô trong lưới ba nhân ba. Độ đồng đều là thương số của mức thấp nhất chia cho mức cao nhất, tính theo phần trăm.

Bước 4: quan sát quầng sáng. Hiển thị một ô trắng nhỏ trên nền đen, di chuyển nó khắp màn hình và chụp lại vị trí quầng sáng rõ nhất. Nếu màn hình thuộc họ tự phát sáng thì ghi rõ là không quan sát thấy quầng sáng, vì đó cũng là một kết quả.

Bước 5: đối chiếu và kết luận. So từng số đo với thông số nhà sản xuất công bố; với mỗi chỗ chênh, nêu một nguyên nhân có thể và cách kiểm tra nguyên nhân ấy.

11.7.4 Kết quả cần có và cách tự đánh giá

Bảng 11.13 Kết quả cần có của bài thực hành số 1

Phần	Nội dung bắt buộc
Điều kiện đo	Model màn hình, chế độ ảnh, thời gian làm nóng, mức ánh sáng phòng, loại đầu đo
Bảng số đo	L_w, L_b, tỉ số tương phản tính được; chín số đo đồng đều và độ chênh lớn nhất theo phần trăm
Hình chụp	Ảnh chỗ quầng sáng rõ nhất, hoặc ghi rõ không quan sát thấy
Kết luận ba câu	Màn hình lệch thông số công bố ở chỗ nào; nguyên nhân có thể; nó còn dùng được cho vị trí công việc nào

> **THỰC HÀNH 11.1 — CÁCH TỰ ĐÁNH GIÁ**
>
> Bài này nên được đánh giá theo quy trình đo và cách lập luận, không theo con số đo được. Đo ra một màn hình kém nhưng xác định đúng nguyên nhân và đề xuất được cách kiểm tra thì có giá trị hơn đo ra số đẹp mà không giải thích được.
>
> Bản ghi kết quả không kèm điều kiện đo thì coi như chưa đạt, dù số đo có đẹp đến đâu; đó là kỷ luật phải hình thành từ bài đầu tiên.

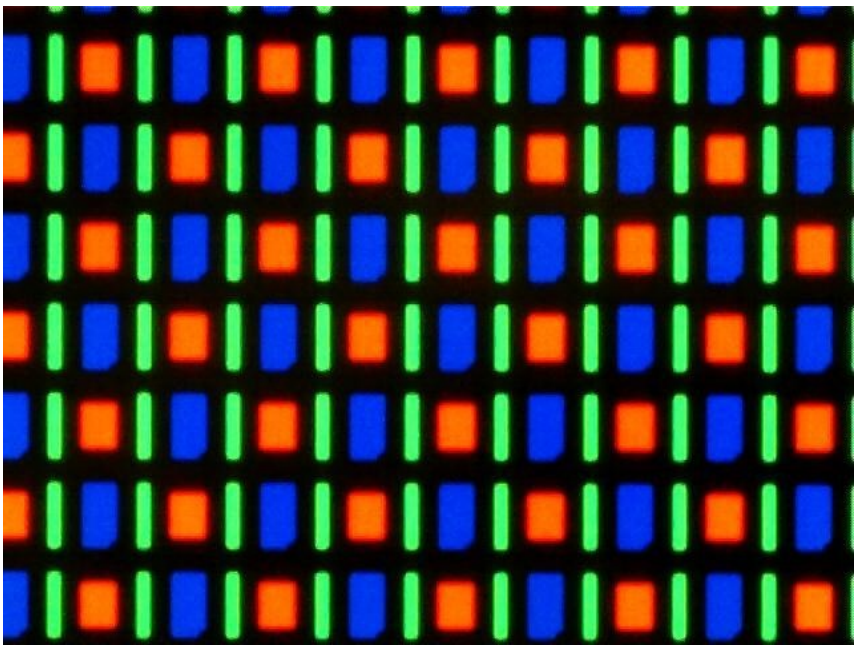
Nếu chưa có đầu đo màu, bài vẫn thực hiện được ở mức tương đối: dùng một máy ảnh đặt chế độ thủ công, cùng thiết lập cho mọi lần chụp, rồi so giá trị điểm ảnh giữa các bảng thử. Cách này không cho ra cd/m² nhưng cho ra tỉ số, và tỉ số chính là đại lượng bài này cần.

11.8 Nguyên lý điốt phát quang hữu cơ

11.8.1 Một chỗ khác biệt, mọi hệ quả

Toàn bộ Phần A nói về những màn hình có một nguồn sáng chung nằm phía sau và những van chắn bớt ánh sáng ấy. Phần B nói về loại màn hình bỏ hẳn nguồn sáng chung, trong đó mỗi điểm ảnh tự tạo ra ánh sáng của mình.

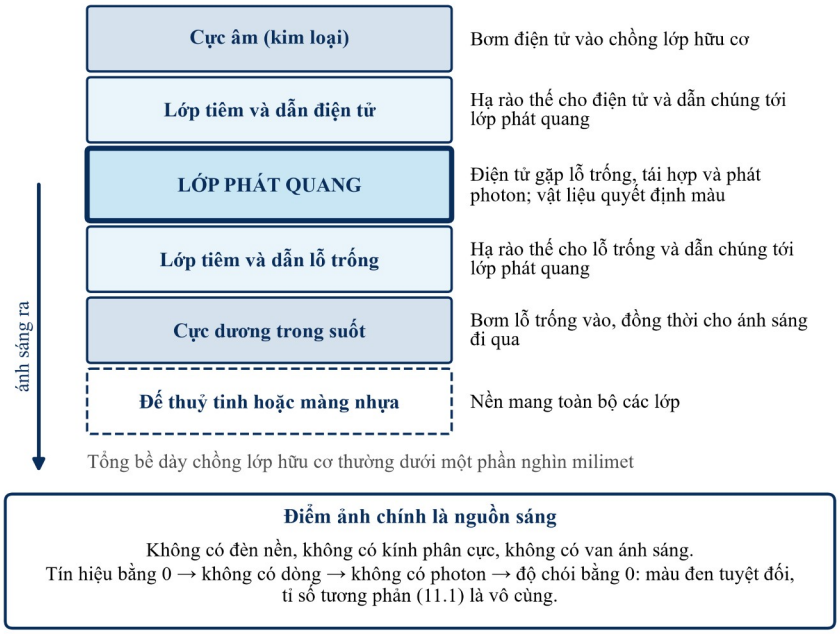
Hình 11.15 cho thấy ảnh chụp bằng kính hiển vi số một màn hình điốt phát quang hữu cơ, trong đó từng điểm ảnh con tự phát sáng và được bố trí khác với tấm nền tinh thể lỏng.



Hình 11.15 Ảnh hiển vi điểm ảnh con của một màn hình điốt phát quang hữu cơ (kính hiển vi số phóng đại khoảng 200 lần)

Nguồn: Matthew Rollings, CC BY 3.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

Tuy chỉ là một chi tiết kỹ thuật, đây là chỗ rẽ lớn nhất trong cả chương, vì mọi ưu điểm và nhược điểm của họ tự phát sáng đều suy ra được từ chính đặc điểm này.



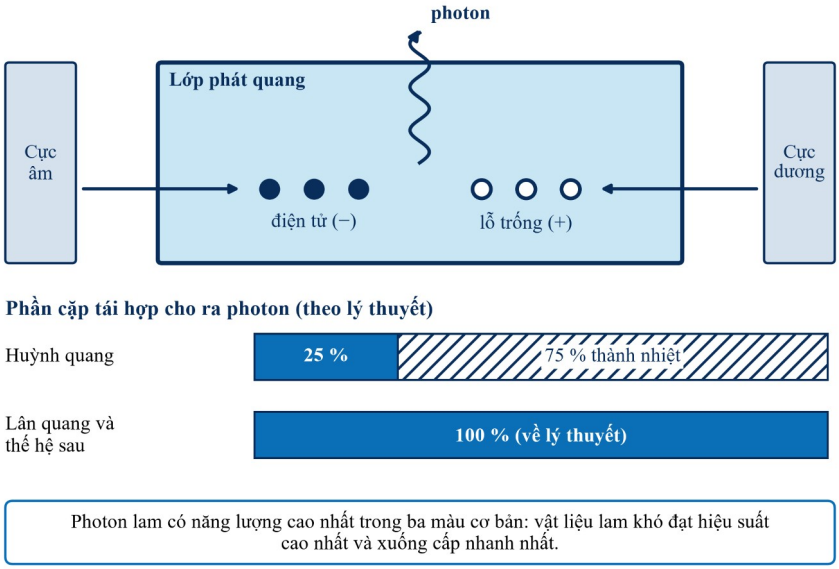
Hình 11.16 Cắt lớp một điểm ảnh phát quang hữu cơ

11.8.2 Sáu lớp và một chỗ phát sáng

Một điốt phát quang hữu cơ là một chồng lớp vật liệu rất mỏng, với tổng bề dày thường dưới một phần nghìn milimet, được kẹp giữa hai điện cực.

Bảng 11.14 Các lớp của một điểm ảnh phát quang hữu cơ

Lớp	Nhiệm vụ
Cực âm (kim loại)	Bơm điện tử vào chồng lớp hữu cơ
Lớp tiêm và dẫn điện tử	Hạ rào thế để điện tử vào được dễ dàng, và dẫn chúng tới lớp phát quang
Lớp phát QUANG	Nơi điện tử gặp lỗ trống, tái hợp và giải phóng năng lượng dưới dạng photon. Vật liệu của lớp này quyết định màu của ánh sáng phát ra
Lớp tiêm và dẫn lỗ trống	Hạ rào thế cho lỗ trống và dẫn chúng tới lớp phát quang
Cực dương trong suốt	Bơm lỗ trống vào, đồng thời phải cho ánh sáng đi qua. Thường là ôxit thiếc – indi
Đế	Nền mang toàn bộ các lớp. Thuỷ tinh cho màn hình cứng, màng nhựa cho màn hình dẻo và gập



Hình 11.17 Điện tử gặp lỗ trống trong lớp phát quang và giải phóng photon

11.8.3 Huỳnh quang, lân quang và vật liệu lam

Khi một điện tử và một lỗ trống gặp nhau, chúng tạo thành một trạng thái kích thích liên kết. Trạng thái ấy có hai dạng, và tỉ lệ thống kê giữa chúng là một trên ba.

- **Vật liệu huỳnh quang** chỉ phát sáng được từ dạng thứ nhất, nên về lý thuyết chỉ một phần tư số cặp tái hợp cho ra photon, còn ba phần tư còn lại biến thành nhiệt.
- **Vật liệu lân quang và các thế hệ sau** thu được cả hai dạng nên về lý thuyết đạt tới toàn bộ số cặp tái hợp; đây là bước tiến lớn nhất của vật liệu OLED.

GHI NHỚ 11.7 — VÌ SAO VẬT LIỆU LAM LÀ CHỖ KHÓ NHẤT

Photon lam có năng lượng cao nhất trong ba màu cơ bản. Muốn phát ra photon này, phân tử hữu cơ phải chịu một mức kích thích cao hơn hẳn, và chính mức ấy làm đứt liên kết hoá học nhanh hơn.

Hệ quả là vật liệu lam vừa khó đạt hiệu suất cao, vừa xuống cấp nhanh nhất trong ba màu. Gần như mọi khó khăn của công nghệ OLED, gồm tuổi thọ, độ chói tối đa, lưu ảnh và trôi màu theo thời gian, đều quy về nguyên nhân này.

Ngược lại, mọi bước tiến lớn của OLED trong mười năm qua đều là bước tiến ở vật liệu lam hoặc ở cách giảm mức dùng vật liệu ấy; kiến trúc QD-OLED và kiến trúc xếp chồng ở mục sau đều có thể được diễn giải theo cách đó.

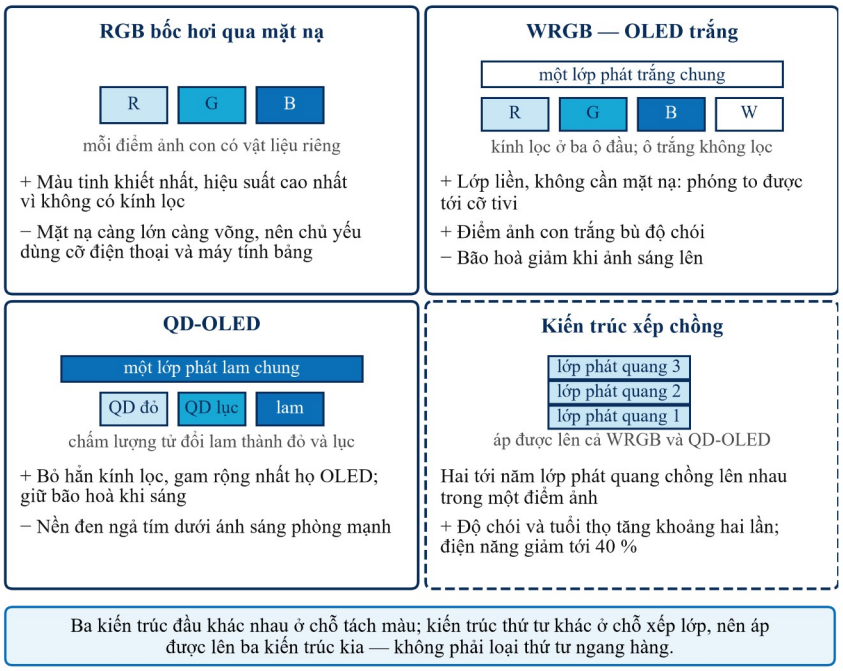
11.8.4 Ba hệ quả trực tiếp của việc tự phát sáng

- **Màu đen tuyệt đối.** Tín hiệu bằng 0 nghĩa là không có dòng điện, không có tái hợp và không có photon, nên độ chói bằng 0 thật sự chứ không phải rất nhỏ. Theo công thức (11.1), tỉ số tương phản là vô cùng, và đây là trường hợp duy nhất trong cả chương mà một giá trị vô cùng là kết quả đúng.
- **Không có quầng sáng.** Vì nguồn sáng chính là điểm ảnh, số vùng làm mờ bằng đúng số điểm ảnh, nên một ngôi sao trắng trên nền đen chỉ làm sáng đúng những điểm ảnh của nó.
- **Góc nhìn rất rộng.** Ánh sáng không phải xuyên qua kính phân cực nào và không có lớp tinh thể lỏng nào đổi hướng theo bề dày, nên ánh sáng phát ra gần như đều theo mọi hướng.

Ba hệ quả ấy là lý do mọi màn hình duyệt màu cao cấp đều thuộc họ tự phát sáng. Tuy nhiên, cùng nguyên lý ấy cũng sinh ra ba giới hạn, sẽ được trình bày ở mục 11.10.

11.9 Bốn kiến trúc OLED

Có nhiều cách xếp các lớp phát quang để tạo ra ba màu cơ bản. Bốn kiến trúc dưới đây đang được dùng và không loại trừ nhau: ba kiến trúc đầu khác nhau ở cách tách màu, còn kiến trúc thứ tư khác ở cách xếp lớp nên có thể áp dụng lên ba kiến trúc kia.



Hình 11.18 Bốn kiến trúc OLED và điểm mạnh, điểm yếu của từng kiến trúc

11.9.1 RGB bốc hơi qua mặt nạ

Ba vật liệu phát quang đỏ, lục và lam được bốc hơi riêng, mỗi lần qua một mặt nạ kim loại có lỗ đúng ở vị trí các điểm ảnh con tương ứng, nhờ đó mỗi điểm ảnh con có vật liệu riêng của nó.

Kiến trúc này cho màu tinh khiết nhất và hiệu suất cao nhất vì không có kính lọc nào hấp thụ ánh sáng. Khó khăn nằm ở mặt nạ, vốn phải căng phẳng tuyệt đối trên toàn bộ diện tích và càng võng khi kích thước càng lớn; vì vậy kiến trúc này chủ yếu dùng cho màn hình cỡ điện thoại và máy tính bảng.

11.9.2 WRGB — OLED trắng cộng kính lọc

Toàn bộ tấm nền dùng một chồng lớp phát quang cho ra ánh sáng trắng chung, và màu được tách bằng kính lọc đặt phía trước, tương tự như ở LCD.

Vì lớp phát quang là một lớp liền, không cần mặt nạ, kiến trúc này có thể mở rộng lên cỡ tivi, và đó là lý do nó thống trị màn hình cỡ lớn suốt nhiều năm.

Điểm ảnh có thêm một điểm ảnh con thứ tư màu trắng, không phủ kính lọc, nhằm bù độ chói cho những vùng ảnh sáng mà không cần bão hoà cao. Cái giá phải trả là khi ảnh sáng lên, phần đóng góp của điểm ảnh con trắng tăng và độ bão hoà màu giảm theo; hiện tượng này thấy rõ nhất ở những vùng màu rực trên nền sáng.

11.9.3 QD-OLED

Toàn bộ tấm nền dùng một lớp phát quang lam chung, và ánh sáng lam ấy kích các chấm lượng tử đỏ và lục đặt ngay phía trước, đúng cơ chế đã nói ở mục 11.6.3, còn điểm ảnh con lam để ánh sáng lam đi thẳng.

Kiến trúc này bỏ hẳn kính lọc màu, nên ánh sáng không bị hao hụt ở chặng ấy và màu sắc do chấm lượng tử quyết định, với ba vạch phổ rất hẹp, nhờ đó đạt gam màu rộng nhất trong họ OLED.

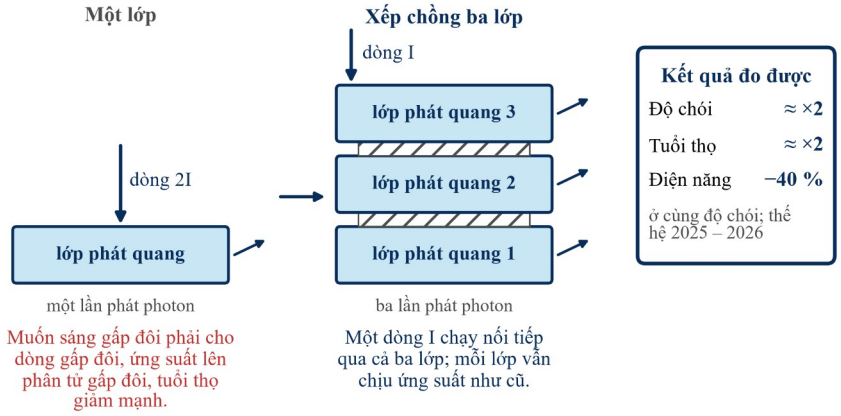
Bảng 11.15 WRGB và QD-OLED — so bằng cơ chế

Tiêu chí	WRGB	QD-OLED
Lớp phát quang chung	Trắng	Lam
Cách tách màu	Kính lọc hấp thụ	Chấm lượng tử chuyển đổi bước sóng
Điểm ảnh con	Bốn: đỏ, lục, lam, trắng	Ba: đỏ, lục, lam
Gam màu	Hẹp hơn; giảm bão hoà khi ảnh sáng lên	Rộng hơn; giữ được bão hoà khi sáng
Chỗ yếu riêng	Bão hoà phụ thuộc độ chói — chỗ này gây khó khi duyệt màu	Chấm lượng tử bị ánh sáng phòng kích, nên nền đen ngả tím dưới ánh sáng mạnh; cần phòng tối hơn

11.9.4 Kiến trúc xếp chồng

Đây là thay đổi lớn nhất của công nghệ OLED trong ba năm qua.

Ý tưởng cơ bản là thay vì một lớp phát quang, xếp từ hai đến năm lớp phát quang chồng lên nhau trong cùng một điểm ảnh, ngăn cách bằng các lớp nối trung gian; cùng một dòng điện chạy nối tiếp qua tất cả các lớp và mỗi lớp phát ra photon của nó.



Hình 11.19 Vì sao xếp chồng nhiều lớp phát quang ăn đứt một lớp

GHI NHỚ 11.8 — VÌ SAO XẾP CHỒNG LẠI GIẢI ĐƯỢC BÀI TOÁN CŨ

Với một lớp, muốn sáng gấp đôi phải cho dòng gấp đôi, khiến ứng suất trên phân tử hữu cơ tăng gấp đôi và tuổi thọ giảm nhanh hơn nhiều lần, chứ không chỉ còn một nửa.

Với ba lớp xếp chồng, cùng một dòng điện chạy nối tiếp qua cả ba lớp và cho ba lần phát photon, trong khi mỗi lớp vẫn chịu đúng mức ứng suất như cũ.

Kết quả đo được của thế hệ 2025 – 2026 là độ chói tăng khoảng hai lần, tuổi thọ tăng khoảng hai lần, và điện năng giảm tới bốn phần mười ở cùng một mức độ chói.

Đây là câu trả lời của OLED cho lợi thế độ chói của mini-LED. Vì là một cách xếp lớp chứ không phải một cách tách màu, kiến trúc này được áp dụng cho cả WRGB lẫn QD-OLED, nên "OLED xếp chồng" không phải là một loại thứ tư ngang hàng với ba loại kia.

11.10 Ba giới hạn thật của tấm nền tự phát sáng

Ba mục trước nói về những gì tấm nền tự phát sáng làm được, còn mục này nói về ba hạn chế của nó, và cả ba đều là hệ quả trực tiếp của cùng một nguyên lý.

11.10.1 Độ chói bị ngân sách công suất khoá

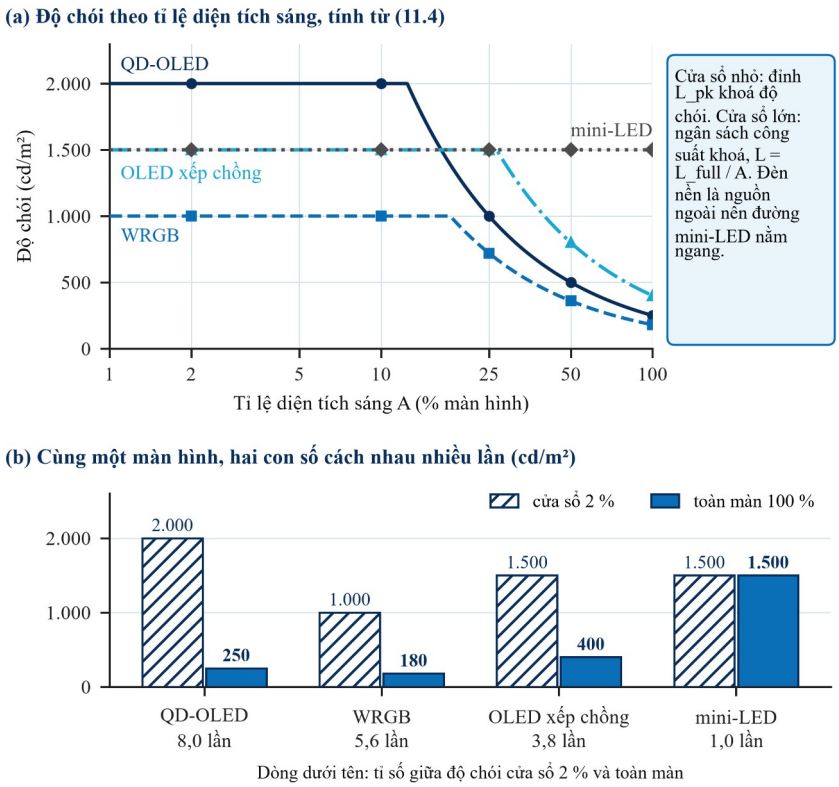
Đây là giới hạn quan trọng nhất, và là lý do không thể ghi độ chói của OLED bằng một con số duy nhất.

Mỗi điểm ảnh tự tạo ra ánh sáng bằng dòng điện chạy qua nó, trong khi cả tấm nền có một ngân sách công suất và một ngân sách tản nhiệt cố định, nên càng nhiều điểm ảnh cùng sáng thì mỗi điểm càng phải giảm bớt. Mạch điều khiển thực hiện việc này một cách tự động và cơ chế ấy được gọi là giới hạn độ chói tự động.

Mô hình bậc một của hiện tượng cho rằng tích của độ chói và tỉ lệ diện tích sáng bị chặn trên.

$$L(A) = \min\left(L_{\text{pk}},\ \frac{L_{\text{full}}}{A}\right) \quad , \quad 0 < A \leq 1 \tag{11.4}$$

Trong (11.4), L_{pk} là độ chói đỉnh mà tấm nền đạt được trên một cửa sổ rất nhỏ, L_{full} là độ chói khi toàn màn hình cùng trắng, và A là tỉ lệ diện tích sáng. Công thức cho thấy ở cửa sổ nhỏ thì độ chói bị giới hạn bởi đỉnh, còn ở cửa sổ lớn thì bị giới hạn bởi ngân sách công suất.



Hình 11.20 Đường cong độ chói theo tỉ lệ cửa sổ — hình quan trọng nhất của cả chương

Bảng dưới dựng lại đường cong ấy bằng số cho bốn loại tấm nền tiêu biểu, với mọi con số đều tính từ (11.4) và hai tham số đầu vào là độ chói đỉnh và độ chói toàn màn.

Bảng 11.16 Độ chói theo tỉ lệ cửa sổ, tính từ (11.4)

Tỉ lệ cửa sổ	QD-OLED (2.000 / 250)	WRGB (1.000 / 180)	OLED xếp chồng (1.500 / 400)	mini-LED (1.500 nit)
2 %	2.000 cd/m²	1.000 cd/m²	1.500 cd/m²	1.500 cd/m²
10 %	2.000 cd/m²	1.000 cd/m²	1.500 cd/m²	1.500 cd/m²
25 %	1.000 cd/m²	720 cd/m²	1.500 cd/m²	1.500 cd/m²
50 %	500 cd/m²	360 cd/m²	800 cd/m²	1.500 cd/m²
100 %	250 cd/m²	180 cd/m²	400 cd/m²	1.500 cd/m²

QUY TẮC 11.5 — ĐỌC BẢNG NÀY THẾ NÀO

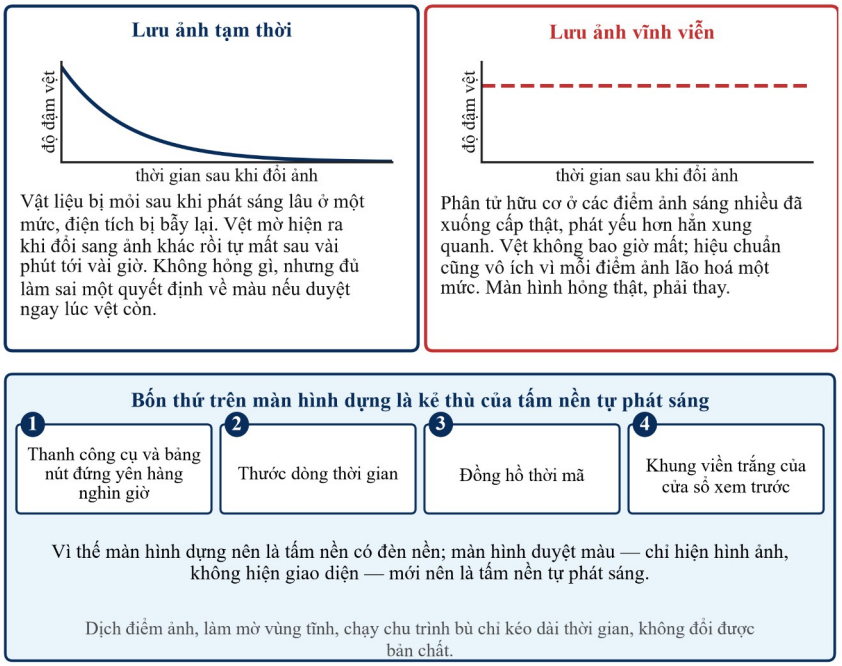
Ở cột QD-OLED, con số 2.000 cd/m² mà quảng cáo nêu chỉ đúng trên cửa sổ nhỏ; khi cả khung hình là một cảnh tuyết hoặc một bầu trời sáng, màn hình chỉ còn 250 cd/m², thấp hơn cả một màn hình văn phòng.

Ở cột mini-LED, đường độ chói nằm ngang vì đèn nền là nguồn ngoài, không nằm trong điểm ảnh, nên không phải chia ngân sách công suất với điểm ảnh nào. Đây là lợi thế lớn nhất còn lại của họ có đèn nền.

Ở cột OLED xếp chồng, tấm nền không vượt trội ở đỉnh nhưng thắng rõ ở đầu bên kia, với độ chói toàn màn gấp hơn hai lần WRGB; đó mới là con số cho biết tấm nền chịu được cảnh sáng tới mức nào.

11.10.2 Lưu ảnh

Vật liệu hữu cơ lão hoá theo lượng dòng điện đã chạy qua nó, nên điểm ảnh nào phát sáng nhiều thì xuống cấp nhiều. Hiện tượng này có hai mức và việc phân biệt hai mức ấy rất quan trọng.



Hình 11.21 Hai mức lưu ảnh và bốn thứ trên màn hình dựng là kẻ thù của tấm nền tự phát sáng

Bảng 11.17 Hai mức lưu ảnh

	Lưu ảnh tạm thời	Lưu ảnh vĩnh viễn
Cơ chế	Vật liệu bị "mỏi" sau khi phát sáng lâu ở một mức; các điện tích bị bẫy lại trong lớp hữu cơ	Phân tử hữu cơ ở những điểm ảnh sáng nhiều đã xuống cấp thật, phát yếu hơn hẳn các điểm ảnh xung quanh
Biểu hiện	Vệt mờ hiện ra khi đổi sang ảnh khác	Vệt cố định, thấy rõ nhất trên nền xám đồng đều
Có tự mất không	Có — sau vài phút tới vài giờ	Không bao giờ
Sửa được không	Không cần sửa	Không. Hiệu chuẩn cũng vô ích, vì mỗi điểm ảnh lão hoá một mức khác nhau — bảng tra chỉ sửa được sai lệch chung cho cả tấm nền
Nguy hiểm ở đâu	Đủ để làm sai một quyết định về màu nếu duyệt ngay lúc vệt còn	Màn hình hỏng thật, phải thay

CẢNH BÁO 11.3 — BỐN THỨ TRÊN MÀN HÌNH DỰNG LÀ KẺ THÙ CỦA TẤM NỀN TỰ PHÁT SÁNG

Thanh công cụ và bảng nút của phần mềm dựng đứng yên hàng nghìn giờ, cùng với thước dòng thời gian, đồng hồ thời mã và khung viền trắng của cửa sổ xem trước.

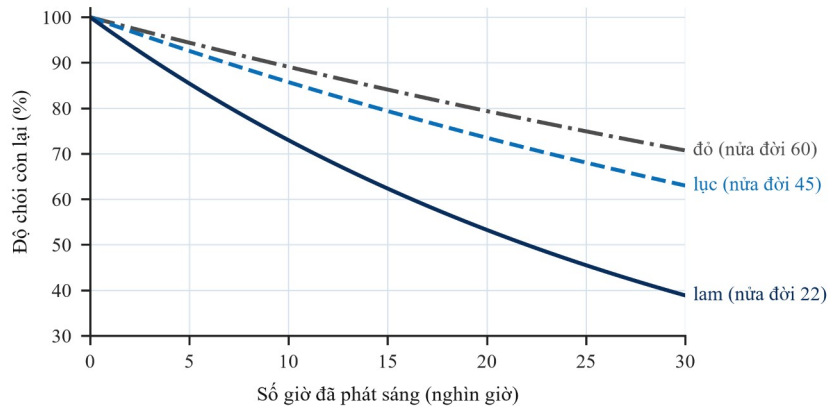
Vì thế màn hình dựng nên là tấm nền có đèn nền, còn màn hình duyệt màu, vốn chỉ hiện hình ảnh mà không hiện giao diện, mới nên là tấm nền tự phát sáng.

Đây là lý do kỹ thuật của quy tắc đã nêu ở mục 10.6: "màn hình dựng không dùng để duyệt màu, và màn hình duyệt màu không dùng để dựng". Ở Chương 10, quy tắc ấy được nêu như một kinh nghiệm nghề, còn ở đây nó được giải thích từ đặc tính vật liệu.

Các biện pháp giảm nhẹ, gồm dịch điểm ảnh vài đơn vị theo chu kỳ, làm mờ nhẹ những vùng đứng yên quá lâu và chạy chu trình bù sau khi tắt, đều có tác dụng thật nhưng chỉ kéo dài thời gian, vì chúng không thay đổi được bản chất rằng vật liệu hữu cơ lão hoá theo lượng dòng điện đã chạy qua.

11.10.3 Suy giảm không đều giữa ba màu

Ba vật liệu phát ba màu không xuống cấp cùng tốc độ: vật liệu lam nhanh nhất, rồi đến lục, rồi đến đỏ, đúng theo thứ tự năng lượng photon đã nói ở mục 11.8.3.



Nửa đời (nghìn giờ) là bậc độ lớn dùng để minh hoạ cơ chế, không phải số đo của sản phẩm cụ thể. Điều cần nhớ là thứ tự: lam nhanh nhất, rồi lục, rồi đỏ.

Hệ quả: điểm trắng trôi

Tỉ lệ giữa ba màu ở mức trắng đổi dần, nên sau vài nghìn giờ màn hình có xu hướng ngả ấm. Đó là trôi từ từ, không phải hỏng đột ngột, nên khó nhận ra bằng mắt: người dùng quen dần theo màn hình.

Vì thế phải đo lại định kỳ

Màn hình tham chiếu	**3 – 6 tháng một lần**
Màn hình dựng	**6 – 12 tháng một lần**

Đo lại ngay sau khi chuyển phòng, đổi đèn phòng hoặc nâng cấp phần sụn.

Lưu lại số đo mỗi lần để thấy hướng trôi và biết màn hình còn dùng được bao lâu.

Hình 11.22 Ba màu không xuống cấp cùng tốc độ, và hệ quả là điểm trắng trôi dần

Hệ quả là sau vài nghìn giờ, tỉ lệ giữa ba màu ở mức trắng đã thay đổi và màn hình có xu hướng ngả ấm. Đây là sự trôi dần chứ không phải hỏng đột ngột, nên rất khó nhận ra bằng mắt, vì người dùng quen dần với màn hình mà không thấy nó lệch.

GHI NHỚ 11.9 — VÌ THẾ MÀN HÌNH PHẢI ĐO LẠI ĐỊNH KỲ

Màn hình tham chiếu: ba tới sáu tháng một lần.

Màn hình dựng: sáu tới mười hai tháng một lần.

Đo ngay sau mỗi lần chuyển phòng, đổi đèn phòng hoặc nâng cấp phần sụn của màn hình.

Điều quan trọng nhất là lưu lại số đo của từng lần: một số đo lẻ chỉ cho biết tình trạng màn hình hôm nay, còn một chuỗi số đo theo thời gian cho biết màn hình đang trôi về đâu và còn dùng được bao lâu nữa.

11.11 Micro-LED và LED vô cơ

11.11.1 Nguyên lý rất đẹp

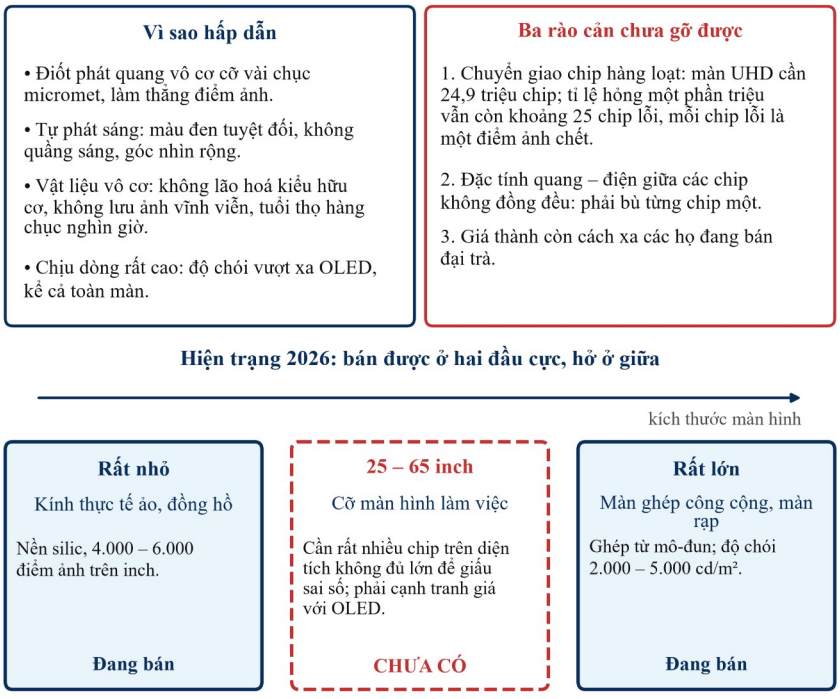
Micro-LED là điốt phát quang vô cơ, cùng họ vật liệu với LED trong đèn báo, nhưng được thu nhỏ xuống cỡ vài chục micromet và dùng trực tiếp làm điểm ảnh của màn hình.

Về nguyên lý, công nghệ này gộp được ưu điểm của cả hai họ mà không mang nhược điểm nào của chúng.

– Do tự phát sáng, màn hình có màu đen tuyệt đối, không quầng sáng và góc nhìn rộng, tức là mọi ưu điểm của OLED.

– Do dùng vật liệu vô cơ, màn hình không lão hoá theo kiểu hữu cơ: không lưu ảnh vĩnh viễn, không trôi màu nhanh, và tuổi thọ đo bằng hàng chục nghìn giờ.

– Do chịu được mật độ dòng rất cao, màn hình có độ chói vượt xa OLED, kể cả ở cửa sổ toàn màn.



Hình 11.23 Micro-LED — nguyên lý đẹp, ba rào cản chế tạo, và hiện trạng năm 2026

11.11.2 Ba rào cản chưa gỡ được

Bảng 11.18 Ba rào cản của micro-LED

Rào cản	Nội dung	Vì sao khó
Chuyển giao chip hàng loạt	Phải bốc hàng chục triệu chip cỡ vài chục micromet từ tấm bán dẫn gốc và đặt đúng vị trí trên nền	Một màn hình UHD cần hơn 24 triệu chip. Với tỉ lệ hỏng một phần triệu thì vẫn còn hơn hai mươi chip lỗi trên mỗi màn hình — mà mỗi chip lỗi là một điểm ảnh chết nhìn thấy được
Đồng đều đặc tính quang – điện	Các chip cắt ra từ những vị trí khác nhau trên cùng một tấm bán dẫn đã có bước sóng và hiệu suất khác nhau	Phải đo và bù cho từng chip một, nghĩa là mỗi màn hình cần một bảng hiệu chỉnh riêng gồm hàng chục triệu số
Giá thành	Quy trình chế tạo khác hoàn toàn quy trình của tấm nền phẳng thông thường, không dùng lại được dây chuyền có sẵn	Chưa có hiệu ứng quy mô. Giá trên một đơn vị diện tích còn cách xa các họ đang bán đại trà

11.11.3 Hiện trạng năm 2026

Micro-LED hiện chỉ được bán ở hai đầu cực của thang kích thước, và còn thiếu đúng ở khoảng giữa, là khoảng mà một phòng hậu kỳ cần.

Bảng 11.19 Micro-LED bán được ở đâu

Cỡ	Tình trạng	Vì sao
Rất nhỏ — kính thực tế ảo, đồng hồ	Đang bán, phát triển nhanh nhất	Chế tạo trên nền silic, độ nét 4.000 – 6.000 điểm ảnh trên inch. Số chip ít, diện tích nhỏ, nên bài toán chuyển giao dễ hơn nhiều
25 – 65 inch — cỡ màn hình làm việc	Chưa có	Đây là chỗ hở. Cỡ này cần rất nhiều chip trên một diện tích không đủ lớn để giấu sai số, và phải cạnh tranh giá với OLED đã chín
Rất lớn — màn ghép công cộng, màn rạp	Đang bán, độ chói 2.000 – 5.000 cd/m²	Ghép từ mô-đun; bước điểm ảnh lớn nên số chip trên một mét vuông thấp, và giá được chia trên một công trình lớn

GHI NHỚ 11.10 — MICRO-LED CHƯA LÀ LỰA CHỌN CHO PHÒNG LÀM VIỆC

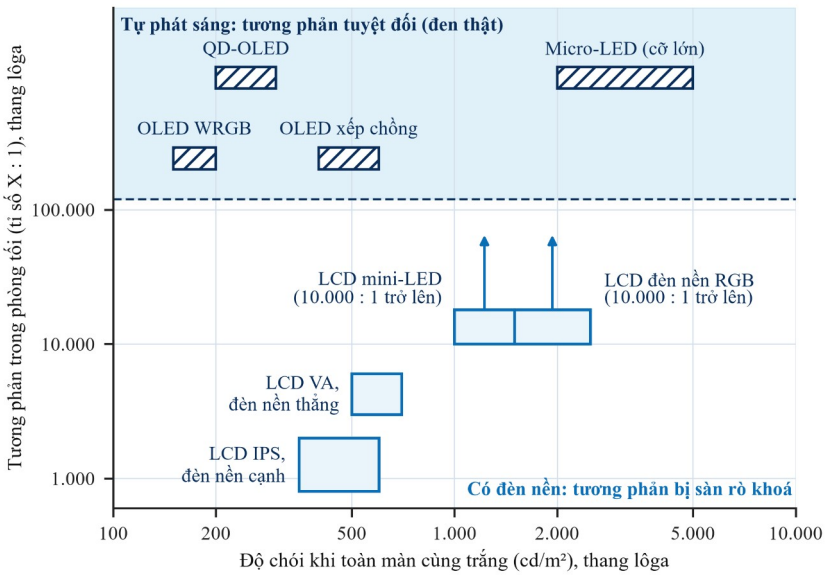
Trong các bảng công nghệ, micro-LED thường được ghi với độ chói 2.000 – 5.000 nit, đặt ngang hàng với OLED và LCD như một lựa chọn có thể mua.

Con số ấy đúng với màn ghép cỡ lớn nhưng không đúng với cỡ màn hình mà một phòng hậu kỳ hay một phòng dựng sẽ mua, nên người đọc bảng dễ hiểu nhầm rằng đây là lựa chọn đang có trên thị trường cho công việc của mình.

Về micro-LED năm 2026, người đọc cần nắm ba điều: công nghệ này tồn tại, nguyên lý của nó gộp được ưu điểm của hai họ, và lý do nó chưa vào được cỡ màn hình làm việc.

11.12 Bảng đối chiếu toàn bộ công nghệ tấm nền

Bảng đối chiếu dưới đây có ba đặc điểm: độ chói được ghi thành hai con số, các trục được tách ra thay vì trộn lẫn, và mỗi dòng có thêm cột "chỗ yếu phải biết".



Hình 11.24 Bản đồ định vị các công nghệ tấm nền theo độ chói toàn màn và tương phản

Bảng 11.20 Bảng đối chiếu các công nghệ tấm nền

Công nghệ	Độ chói cửa sổ nhỏ	Độ chói toàn màn	Tương phản	Gam màu (phủ BT.2020)	Chỗ yếu phải biết
LCD IPS, đèn nền cạnh	350 – 600	350 – 600	800 : 1 – 2.000 : 1	50 – 70 %	Mức đen kém; sáng không đều từ mép vào giữa
LCD VA, đèn nền thẳng	500 – 700	500 – 700	3.000 : 1 – 6.000 : 1	55 – 75 %	Chuyển sắc vùng tối kém; góc nhìn hẹp hơn IPS
LCD mini-LED	1.000 – 2.000	1.000 – 1.500	10.000 : 1 trở lên	75 – 90 %	Quầng sáng quanh vật sáng trên nền tối

Công nghệ	Độ chói cửa sổ nhỏ	Độ chói toàn màn	Tương phản	Gam màu (phủ BT.2020)	Chỗ yếu phải biết
LCD đèn nền RGB	2.000 – 4.000	1.500 – 2.500	10.000 : 1 trở lên	trên 90 %	Lẫn màu giữa các vùng làm mờ kề nhau; giá cao
OLED WRGB	700 – 1.000	150 – 200	tuyệt đối	70 – 80 %	Độ chói toàn màn thấp; bão hoà giảm khi ảnh sáng lên; lưu ảnh
QD-OLED	1.000 – 2.000	200 – 300	tuyệt đối	80 – 90 %	Độ chói toàn màn thấp; nền đen ngả tím dưới ánh sáng phòng; lưu ảnh
OLED xếp chồng	1.500 – 2.500	400 – 600	tuyệt đối	80 – 90 %	Vẫn có lưu ảnh; giá cao nhất trong họ OLED
Micro-LED (cỡ lớn)	2.000 – 5.000	2.000 – 5.000	tuyệt đối	85 – 95 %	Chưa có ở cỡ màn hình làm việc; giá rất cao
Tường LED (LED Volume)	2.500 – 5.000	2.500 – 5.000	tuyệt đối	85 – 95 %	Bước điểm ảnh khoá khoảng cách xem tối thiểu; cần đồng bộ với máy quay

QUY TẮC 11.6 — BA CÁCH ĐỌC BẢNG NÀY

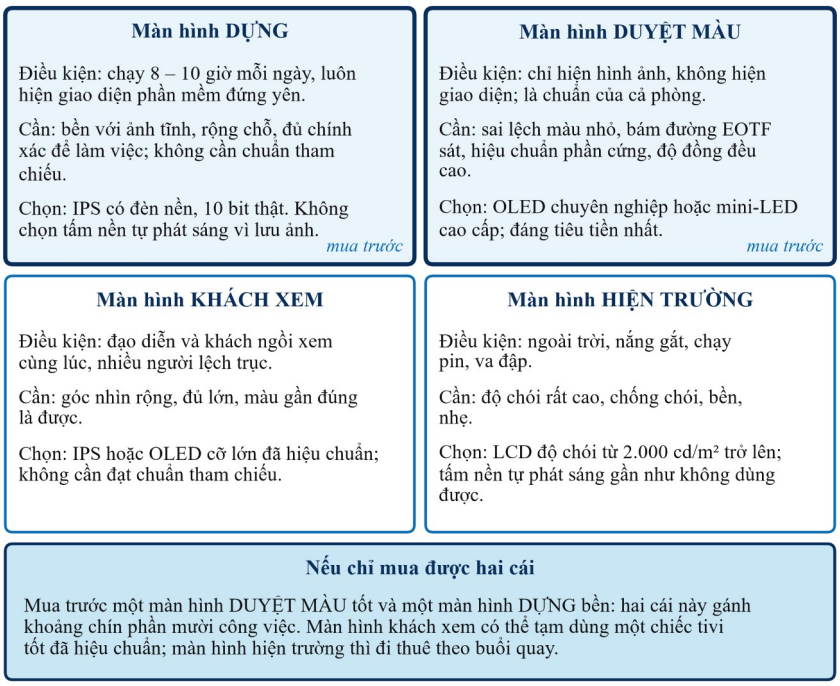
Nên đọc theo cột độ chói toàn màn thay vì cột cửa sổ nhỏ, vì cột toàn màn cho biết tấm nền chịu được cảnh sáng tới mức nào và là nơi chênh lệch giữa hai họ lớn nhất.

Nên đọc cột chỗ yếu trước các cột số, vì mọi tấm nền trong bảng đều đủ tốt cho phần lớn công việc và điều quyết định là chỗ yếu của nó có rơi đúng vào công việc của người dùng hay không.

Không có dòng nào thắng ở mọi cột và điều đó sẽ không thay đổi, nên chọn màn hình là chọn xem chấp nhận đánh đổi nào, và đó là nội dung của mục tiếp theo.

11.13 Chọn màn hình cho từng vị trí công việc

Mục này quy toàn bộ Phần A và Phần B về một câu hỏi thực tế: mua gì, đặt ở đâu và vì sao. Câu trả lời bắt đầu từ việc nhận ra rằng một phòng làm việc có bốn vị trí với bốn yêu cầu khác hẳn nhau.



Hình 11.25 Bốn vị trí công việc và bốn yêu cầu khác hẳn nhau

Bảng 11.21 Bốn vị trí công việc và yêu cầu của từng vị trí

Vị trí	Điều kiện làm việc	Yêu cầu quyết định	Nên chọn
Màn hình dựng	Chạy 8 – 10 giờ mỗi ngày, luôn hiện giao diện phần mềm đứng yên	Bền với ảnh tĩnh; rộng chỗ; đủ chính xác để làm việc nhưng không cần chuẩn tham chiếu	IPS có đèn nền, 10 bit thật. Không nên chọn tấm nền tự phát sáng vì lưu ảnh
Màn hình duyệt màu	Chỉ hiện hình ảnh, không hiện giao diện. Là chuẩn của cả phòng	Sai lệch màu nhỏ; bám đường EOTF sát; hiệu chuẩn phần cứng; độ đồng đều cao	OLED chuyên nghiệp hoặc mini-LED cao cấp. Đây là chỗ đáng tiêu tiền nhất trong cả phòng
Màn hình khách XEM	Đạo diễn và khách ngồi xem cùng lúc, nhiều người lệch trục	Góc nhìn rộng; đủ lớn; màu gần đúng là được	IPS hoặc OLED cỡ lớn đã hiệu chuẩn. Không cần đạt chuẩn tham chiếu
Màn hình hiện trường	Ngoài trời, nắng gắt, chạy pin, va đập	Độ chói rất cao; chống chói; bền; nhẹ	LCD độ chói từ 2.000 cd/m² trở lên. Tấm nền tự phát sáng gần như không dùng được vì độ chói toàn màn thấp

QUY TẮC 11.7 — NẾU CHỈ MUA ĐƯỢC HAI CÁI

Nên mua trước một màn hình duyệt màu tốt và một màn hình dựng bền, vì hai màn hình này đảm nhiệm khoảng chín phần mười công việc.

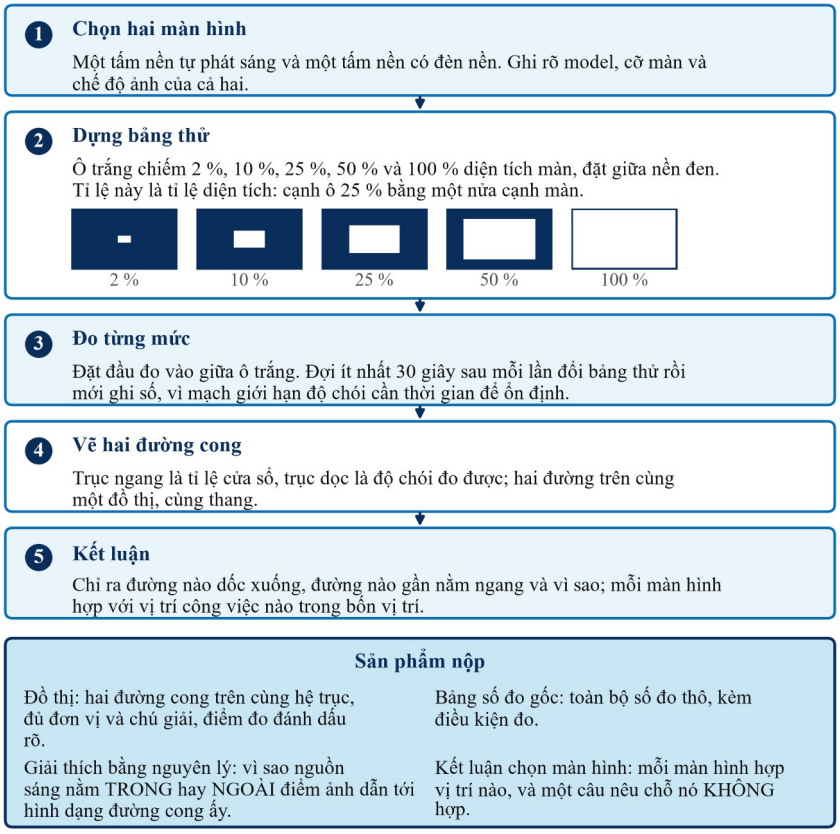
Màn hình khách xem có thể tạm dùng một chiếc tivi tốt đã được hiệu chuẩn, vì khách không quyết định về màu mà chỉ cần thấy đúng nội dung và đúng bố cục.

Màn hình hiện trường nên thuê theo buổi quay, vì nó bị dùng nặng nhất, hỏng nhiều nhất và chỉ cần trong những ngày có quay.

Không có màn hình nào tốt cho cả bốn vị trí, và cố tìm một màn hình như thế là cách chi tiêu kém hiệu quả nhất. Việc chọn màn hình phải dựa trên công việc chứ không phải trên bảng thông số, và bảng thông số chỉ có ích sau khi đã xác định được công việc.

11.14 Bài thực hành số 2 — so sánh hai công nghệ tấm nền

Bài thực hành này dựng lại bằng số đo thật đường cong quan trọng nhất của cả chương: độ chói theo tỉ lệ diện tích sáng.



Hình 11.26 Năm bước của bài thực hành số 2

11.14.1 Mục tiêu

- Dựng được đường cong độ chói theo tỉ lệ cửa sổ cho hai tấm nền thuộc hai nguyên lý khác nhau.
- Đọc ra được từ hai đường cong ấy sự khác biệt gốc rễ giữa hai nguyên lý.
- Giải thích được sự khác biệt bằng nguyên lý vật lý, không dừng ở câu trả lời "vì công nghệ khác nhau".

11.14.2 Năm bước tiến hành

Bước 1 — chọn hai màn hình. Chọn một tấm nền tự phát sáng và một tấm nền có đèn nền, đồng thời ghi rõ model, cỡ màn và chế độ ảnh của cả hai.

Bước 2 — dựng bảng thử. Ô trắng chiếm 2 %, 10 %, 25 %, 50 % và 100 % diện tích màn, đặt giữa nền đen. Cần lưu ý rằng tỉ lệ ở đây là tỉ lệ diện tích, nên cạnh của ô 25 % bằng một nửa cạnh màn hình chứ không phải một phần tư.

Bước 3 — đo từng mức. Đặt đầu đo vào giữa ô trắng và đợi ít nhất 30 giây sau mỗi lần đổi bảng thử rồi mới ghi số, vì mạch giới hạn độ chói cần thời gian để ổn định.

Bước 4 — vẽ hai đường cong. Trục ngang là tỉ lệ cửa sổ, trục dọc là độ chói đo được, và cả hai đường được vẽ trên cùng một đồ thị với cùng thang đo.

Bước 5 — kết luận. Chỉ ra đường nào dốc xuống và vì sao, đường nào gần nằm ngang và vì sao, và mỗi màn hình phù hợp với vị trí công việc nào trong bốn vị trí ở mục 11.13.

11.14.3 Kết quả cần có

Bảng 11.22 Kết quả cần có của bài thực hành số 2

Phần	Nội dung bắt buộc
Đồ thị	Hai đường cong trên cùng một hệ trục, có đầy đủ đơn vị và chú giải; các điểm đo được đánh dấu rõ
Bảng số đo gốc	Toàn bộ số đo thô, kèm điều kiện đo như bài số 1
Giải thích bằng nguyên lý	Một đoạn nêu rõ vì sao nguồn sáng nằm trong hay ngoài điểm ảnh lại dẫn tới hình dạng đường cong ấy
Kết luận chọn màn hình	Mỗi màn hình hợp với vị trí công việc nào, và một câu nêu chỗ nó không hợp

> **QUY TẮC 11.8 — NẾU CHỈ CÓ MỘT LOẠI MÀN HÌNH**
>
> Bài vẫn thực hiện được bằng cách đo một màn hình thật, rồi đối chiếu với bộ số đo mẫu của loại còn lại đã cho trong bảng ở mục 11.10.1.
>
> Phần tính toán, vẽ đồ thị và kết luận, tức là toàn bộ phần có giá trị rèn luyện, được giữ nguyên; chỉ thiếu phần thao tác đo trên tấm nền thứ hai.

11.15 Ba họ cơ cấu tạo ảnh của máy chiếu

11.15.1 Nguyên lý thứ ba

Máy chiếu thuộc nguyên lý thứ ba trong cây phân loại ở mục 11.3: ảnh được tạo ra bên trong máy trên một cơ cấu rất nhỏ, rồi phóng to lên một mặt phản xạ ở xa. Điểm khác biệt cốt lõi so với hai nguyên lý kia là nguồn sáng là một bộ phận riêng, tách hẳn khỏi cơ cấu tạo ảnh.

Vì thế, một máy chiếu phải được xét theo hai trục là cơ cấu tạo ảnh và nguồn sáng. Cách gọi "máy chiếu DLP" đặt cạnh "máy chiếu laser" trong cùng một danh sách đã xếp một giá trị của trục thứ nhất ngang với một giá trị của trục thứ hai, trong khi một máy chiếu rạp hiện đại vừa là DLP vừa là laser.

	Gương vi cơ (DMD)	LCD ba tấm	LCoS
Nguyên lý	Gương lật, phản xạ	Ba tấm tinh thể lỏng truyền qua, ghép bằng lăng kính lưỡng sắc	Tinh thể lỏng phủ trên nền silic, phản xạ
Tương phản	Cao ở máy ba chip; trung bình ở máy một chip	Trung bình, vẫn vướng sàn rò của tinh thể lỏng	Cao nhất trong ba họ
Cầu vồng	Có, ở máy một chip	Không	Không
Lưới điểm ảnh	Mịn, khe giữa các điểm ảnh hẹp	Thấy rõ khe (hiện tượng cửa lưới) ở màn lớn	Gần như không thấy khe
Độ bền	Rất bền: gương là chi tiết cơ khí vô cơ	Tấm nền ngả màu sau vài nghìn giờ dưới ánh sáng mạnh	Tốt
Chỗ dùng chính	Rạp chiếu phim: cơ cấu duy nhất còn dùng ở đó	Hội trường, lớp học, văn phòng	Máy chiếu rạp tại gia cao cấp

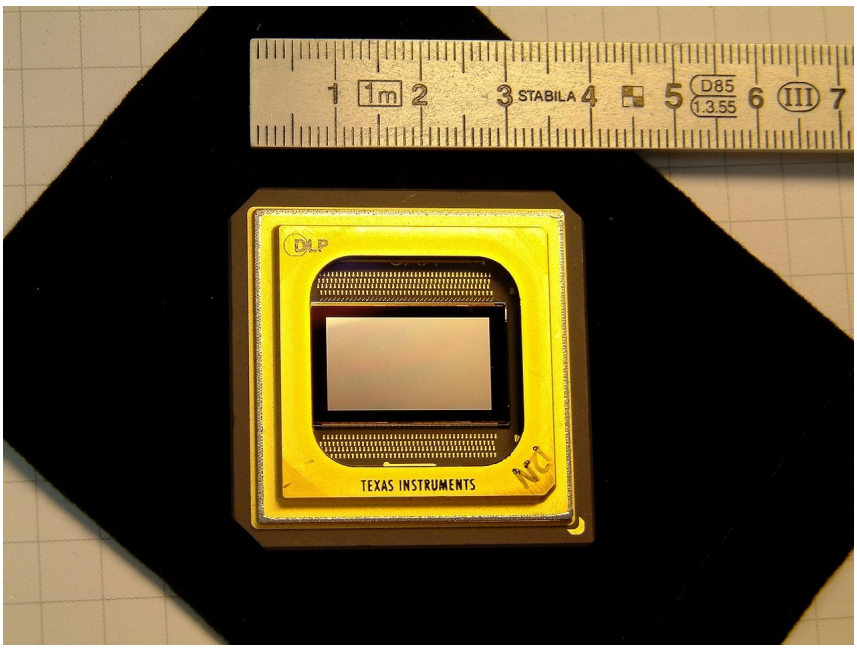
Cơ cấu tạo ảnh và nguồn sáng là hai trục độc lập: mỗi cơ cấu ở trên đều ghép được với mọi nguồn sáng (xem mục 11.16). Một máy chiếu rạp hiện đại là DLP và laser cùng lúc.

Hình 11.27 Ba họ cơ cấu tạo ảnh của máy chiếu

11.15.2 Gương vi cơ

Cơ cấu này là một con chip mang hàng triệu gương nhỏ, mỗi gương ứng với một điểm ảnh. Mỗi gương lật được quanh một trục sang hai vị trí: nghiêng khoảng +12 độ thì phản xạ ánh sáng vào ống kính, còn nghiêng khoảng −12 độ thì hắt ánh sáng vào một bẫy sáng bên trong máy.

Hình 11.28 cho thấy một chip gương vi cơ thực, có thước đo kèm theo để thấy rõ kích thước nhỏ của cơ cấu mang hàng triệu gương.

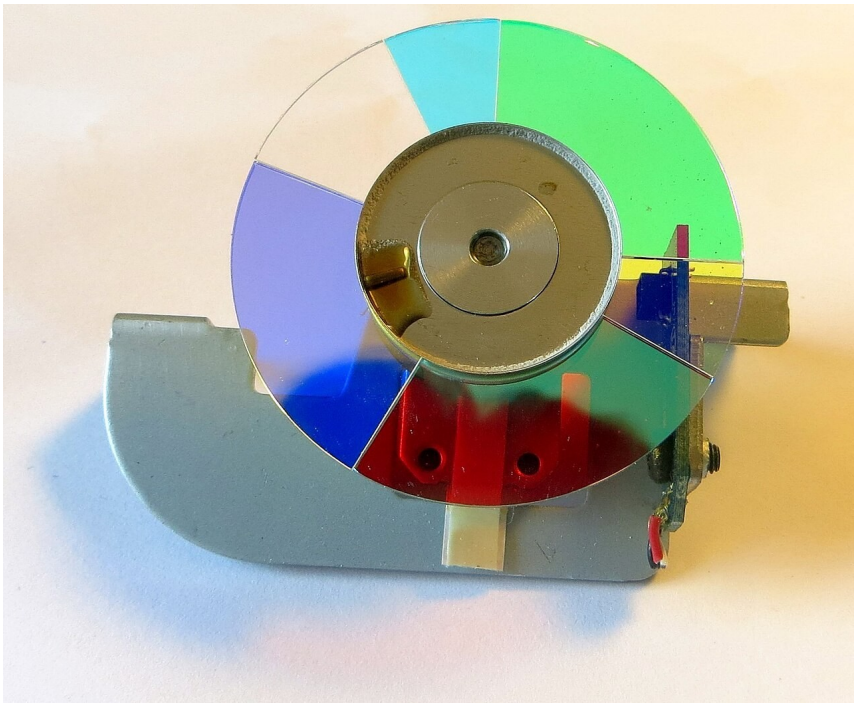


Hình 11.28 Chip gương vi cơ (DMD) của máy chiếu DLP, đặt cạnh thước để so cỡ

Nguồn: yellowcloud (Đức), CC BY 2.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

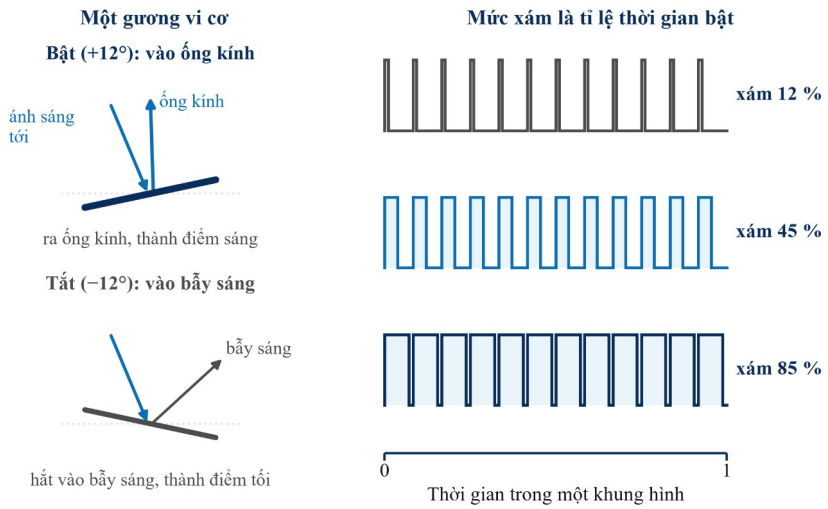
Gương chỉ có hai trạng thái là bật hoặc tắt, nên mức xám sinh ra từ tỉ lệ thời gian: trong mỗi khung hình, gương lật qua lật lại hàng nghìn lần, và tỉ lệ thời gian ở trạng thái bật quyết định mức sáng mà mắt lấy trung bình được. Kỹ thuật này gọi là điều biến độ rộng xung.

Hình 11.29 cho thấy bánh màu của một máy chiếu DLP một chip, bộ phận đưa ba màu tới mắt người xem theo thứ tự thời gian và là nguồn gốc của hiện tượng cầu vồng.



Hình 11.29 Bánh màu của máy chiếu DLP một chip (mặt trước, sáu phân đoạn lọc màu)

Nguồn: Chris 73, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).



Hình 11.30 Gương vi cơ và cách sinh mức xám bằng điều biến độ rộng xung

GHI NHỚ 11.11 — MỘT CƠ CHẾ, HAI HIỆN TƯỢNG

Cùng cơ chế điều biến theo thời gian này sẽ xuất hiện lại ở mục 11.26 khi nói về tường LED và sinh ra cùng một vấn đề: mắt lấy trung bình nên không thấy gì, còn máy quay chỉ mở trập trong một phần khung hình nên bắt được những lát cắt khác nhau.

Ở máy chiếu một chip, cơ chế này còn sinh ra hiện tượng cầu vồng: vì ba màu tới mắt lệch nhau về thời gian, khi mắt liếc nhanh qua một vật sáng trên nền tối thì ba màu tách ra thành ba vệt, còn máy ba chip không có hiện tượng này vì ba màu tới cùng lúc.

11.15.3 Ba họ đối chiếu

Bảng 11.23 Ba họ cơ cấu tạo ảnh

Tiêu chí	Gương vi cơ (DMD)	LCD ba tấm	LCoS
Nguyên lý	Gương lật, phản xạ	Ba tấm tinh thể lỏng truyền QUA, ghép bằng lăng kính lưỡng sắc	Tinh thể lỏng phủ trên nền silic, phản xạ
Tương phản	Cao ở máy ba chip; trung bình ở máy một chip	Trung bình — vẫn vướng sàn rò của tinh thể lỏng	Cao nhất trong ba họ
Hiện tượng cầu vồng	Có, ở máy một chip	Không	Không
Lưới điểm ảnh	Mịn, khe giữa các điểm ảnh hẹp	Thấy rõ khe — hiện tượng "cửa lưới" ở màn lớn	Gần như không thấy khe
Độ bền theo thời gian	Rất bền — gương là chi tiết cơ khí vô cơ	Tấm nền ngả màu sau vài nghìn giờ dưới ánh sáng mạnh	Tốt
Chỗ dùng chính	Rạp chiếu phim — cơ cấu DUY nhất còn dùng ở đó	Máy chiếu hội trường, lớp học, văn phòng	Máy chiếu rạp tại gia cao cấp

Đối với người làm phim, gương vi cơ đáng quan tâm nhất vì đó là cơ cấu duy nhất được chứng nhận cho rạp chiếu phim, và cũng là cơ cấu mà mọi tiêu chuẩn chiếu rạp ở mục 11.18 được xây dựng xoay quanh.

11.16 Nguồn sáng máy chiếu

Nguồn sáng quyết định gam màu và chi phí vận hành của một máy chiếu, còn cơ cấu tạo ảnh quyết định độ tương phản và độ mịn. Hai trục này độc lập với nhau, và trục nguồn sáng là trục đã thay đổi nhiều nhất trong mười năm qua.

	Đèn phóng điện thuỷ ngân	Laser lam kích lân quang	Laser ba màu thuần (RGB)
Cơ chế	Hồ quang điện trong hơi thuỷ ngân áp suất cao	Laser lam chiếu vào bánh xe phủ lân quang để sinh phần lục và đỏ	Ba nhóm laser đỏ, lục, lam riêng biệt
Tuổi thọ	1.000 – 3.000 giờ	khoảng 20.000 giờ	trên 50.000 giờ
Suy giảm	Mất khoảng một nửa quang thông rất sớm rồi tiếp tục giảm	Chậm và đều	Rất chậm
Gam màu	Hẹp, ám lục: phổ hồ quang có vạch mạnh ở vùng lục	Rộng hơn đèn nhưng chưa tới BT.2020	Trên 95 % BT.2020: ba vạch laser rất hẹp
Khởi động	Vài phút; không bật tắt liên tục được	Tức thì	Tức thì
Vận hành	Thay bóng định kỳ; bóng chứa thuỷ ngân, xử lý như chất thải nguy hại	Gần như không bảo trì	Cần hệ tản nhiệt lớn; có hiện tượng lốm đốm
Tình trạng	Đang bị loại khỏi thị trường	Phổ biến nhất hiện nay	Chuẩn của rạp cao cấp

Nguồn sáng quyết định GAM MÀU và CHI PHÍ VẬN HÀNH; cơ cấu tạo ảnh quyết định TƯƠNG PHẢN và độ mịn.

Hình 11.31 Ba thế hệ nguồn sáng máy chiếu

11.16.1 Ba thế hệ

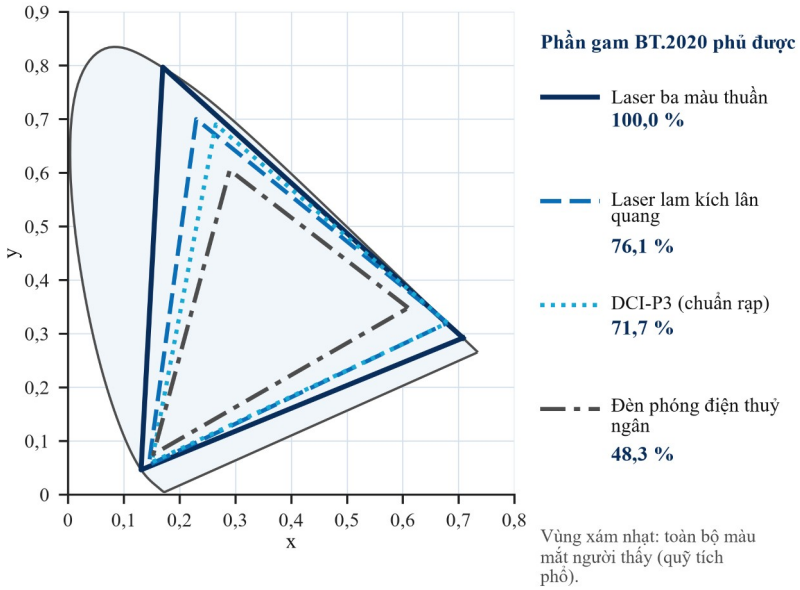
Bảng 11.24 Ba thế hệ nguồn sáng đối chiếu

Tiêu chí	Đèn phóng điện thuỷ ngân	Laser lam kích lân quang	Laser ba màu thuần
Cơ chế	Hồ quang điện trong hơi thuỷ ngân áp suất cao	Laser lam chiếu vào bánh xe phủ lân quang để sinh phần lục và đỏ	Ba nhóm laser đỏ, lục, lam riêng biệt
Tuổi thọ	1.000 – 3.000 giờ	khoảng 20.000 giờ	trên 50.000 giờ
Kiểu suy giảm	Mất khoảng một nửa quang thông rất sớm rồi tiếp tục giảm	Chậm và đều	Rất chậm
Gam màu	Hẹp, ám lục — phổ hồ quang có vạch mạnh ở vùng lục	Rộng hơn đèn nhưng chưa tới BT.2020; lớp lân quang cho vạch rộng	Trên 95 % BT.2020 — ba vạch laser rất hẹp
Khởi động	Vài phút; không bật tắt liên tục được	Tức thì	Tức thì
Vận hành	Thay bóng định kỳ; bóng chứa thuỷ ngân, phải xử lý như chất thải nguy hại	Gần như không bảo trì	Cần hệ tản nhiệt lớn; có hiện tượng lốm đốm
Tình trạng	Đang bị loại khỏi thị trường	Phổ biến nhất hiện nay	Chuẩn của rạp cao cấp

11.16.2 Vì sao laser ba màu cho gam rộng nhất

Cơ chế ở đây giống hệt cơ chế của chấm lượng tử đã nói ở mục 11.6.3 và của đèn nền RGB ở mục 11.6.4, vì cả ba cùng giải một bài toán.

Bài toán đặt ra là gam màu rộng đòi hỏi ba màu cơ bản tinh khiết, mà màu tinh khiết lại đòi hỏi vạch phổ hẹp, trong khi lớp lân quang cho vạch rộng và chồng lấn nhau. Muốn có vạch hẹp, cần bỏ lân quang và dùng nguồn phát trực tiếp ở đúng ba bước sóng cần thiết; laser là nguồn phát có vạch hẹp nhất mà con người chế tạo được.



Hình 11.32 Gam màu của ba thế hệ nguồn sáng trên biểu đồ sắc độ

CẢNH BÁO 11.4 — CÁI GIÁ CỦA LASER: HIỆN TƯỢNG LỐM ĐỐM

Ánh sáng laser có tính kết hợp cao, nghĩa là các sóng giữ được quan hệ pha với nhau trên quãng đường dài, nên khi phản xạ từ một mặt màn ảnh nhám, các sóng giao thoa và tạo ra một mạng hạt sáng tối lấm tấm trên ảnh.

Hiện tượng này khử được bằng cách phá tính kết hợp: làm rung nhẹ một bộ phận quang trong đường đi, hoặc dùng nhiều nguồn laser lệch bước sóng một chút. Máy chiếu rạp chất lượng tốt đã khử gần hết hiện tượng, nhưng ở máy chiếu phổ thông vẫn còn thấy rõ, nhất là trên vùng ảnh sáng đều.

11.16.3 Suy giảm quang thông theo giờ chiếu

Mọi nguồn sáng đều suy giảm dần theo thời gian, và điều đáng quan tâm không phải mức giảm mà là *tốc độ* giảm, vì tốc độ ấy quyết định sau bao lâu thì phòng chiếu rơi xuống dưới chuẩn.

Bảng 11.25 Quang thông còn lại theo giờ chiếu, mô hình bán rã

Số giờ đã chiếu	Đèn phóng điện (bán rã 2.000 giờ)	Laser lân quang (bán rã 30.000 giờ)	Laser ba màu (bán rã 60.000 giờ)
1.000 giờ	71 %	98 %	99 %
3.000 giờ	35 %	93 %	97 %
10.000 giờ	—	79 %	89 %
20.000 giờ	—	63 %	79 %

Một phòng chiếu chọn máy vừa khít chuẩn ngay từ ngày lắp đặt sẽ rơi xuống dưới chuẩn chỉ sau vài trăm giờ với đèn phóng điện. Vì vậy quy tắc nghề là chọn máy dư khoảng ba tới bốn phần mười so với con số tính ra, nhằm giữ được độ chói đúng chuẩn sau vài nghìn giờ chứ không nhằm chiếu sáng hơn.

11.17 Đo máy chiếu và màn ảnh

11.17.1 Quang thông và độ chói — hai đại lượng khác nhau

Đây là điểm nhầm lẫn phổ biến nhất khi lựa chọn máy chiếu. Quang thông, đo bằng lumen, là *tổng* lượng ánh sáng máy phát ra, còn độ chói, đo bằng cd/m², là lượng ánh sáng trên một đơn vị diện tích màn ảnh; do đó cùng một máy chiếu, khi chiếu lên màn lớn hơn thì độ chói nhỏ đi [13].

Với màn ảnh khuếch tán, quan hệ giữa hai đại lượng ấy là:

$$L = \frac{\Phi \cdot G}{\pi \cdot A} \quad [\text{lm},\ \text{m}^2 \rightarrow \text{cd/m}^2] \tag{11.5}$$

Trong (11.5), Φ là quang thông tính bằng lumen, G là hệ số khuếch đại của màn ảnh, A là diện tích màn tính bằng mét vuông. Hệ số π xuất hiện vì màn khuếch tán phát ánh sáng vào toàn bộ nửa không gian phía trước, không tập trung theo một hướng.

Đảo lại quan hệ trên thì được công thức chọn máy, là công thức được dùng nhiều hơn trong thực tế:

$$\Phi_{\text{min}} = \frac{L_{\text{tgt}} \cdot \pi \cdot A}{G} \tag{11.6}$$

11.17.2 Hai đơn vị và một công thức của ngành rạp

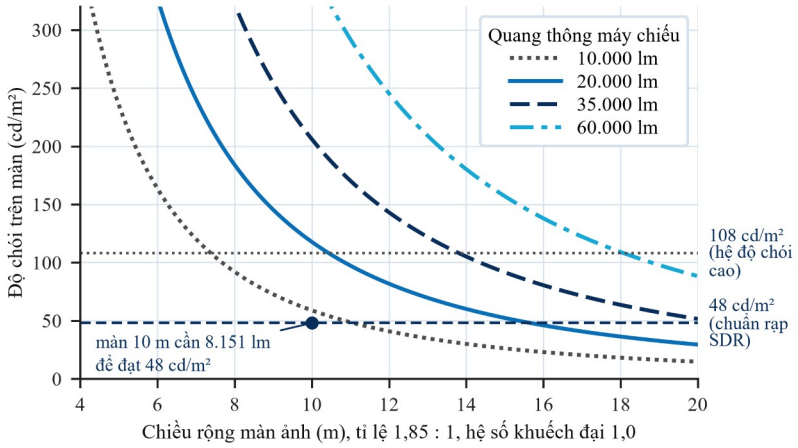
Ngành rạp chiếu phim dùng đơn vị foot-lambert thay cho cd/m². Quan hệ giữa hai đơn vị và dạng rút gọn thuận tiện của công thức trên như sau:

$$1\ \text{fL} = 3{,}426\ \text{cd/m}^2 \quad ; \quad L_{[\text{fL}]} = \frac{\Phi_{[\text{lm}]}}{A_{[\text{ft}^2]}} \tag{11.7}$$

> **QUY TẮC 11.9 — MỘT MẸO TÍNH NHẨM ĐÁNG NHỚ**
>
> Số foot-lambert trên màn ảnh bằng đúng số lumen chia cho diện tích màn tính bằng foot vuông, không kèm hệ số nào, vì một foot-lambert theo định nghĩa chính là một lumen trên một foot vuông phát ra từ một mặt khuếch tán hoàn hảo.
>
> Chuẩn rạp là 14 fL, tức 48,0 cd/m², nên số lumen cần thiết bằng 14 nhân diện tích màn tính bằng foot vuông; kỹ thuật viên rạp có thể thực hiện phép tính này nhẩm.

Ví dụ tính đầy đủ: một phòng chiếu có màn ảnh rộng 8 mét, tỉ lệ 1,85 : 1, màn khuếch tán hệ số 1,0.

- Chiều cao màn bằng 8 chia 1,85, được 4,32 m; diện tích màn là 34,6 m².
- Quang thông cần để đạt chuẩn 48 cd/m², theo (11.6), là 5.217 lumen.
- Nếu phòng ấy lắp một máy 20.000 lumen thì độ chói lên tới 184 cd/m², gấp gần bốn lần chuẩn. Kết quả này không phải là "tốt hơn" mà là sai chuẩn: bản phim được chỉnh màu trên màn hình đặt ở 48 cd/m², nên chiếu ở 184 cd/m² là hiển thị sai ý đồ.

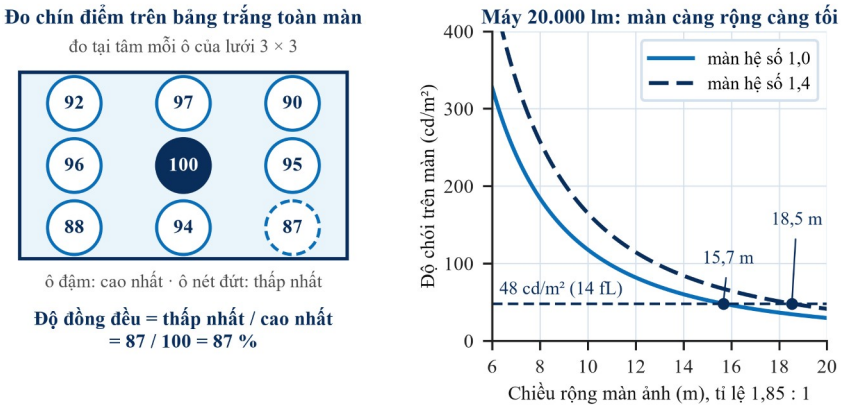


Hình 11.33 Quan hệ giữa quang thông máy chiếu, bề rộng màn ảnh và độ chói

11.17.3 Đo chín điểm và độ đồng đều

Quang thông công bố của một máy chiếu là con số trung bình đo theo quy trình chín điểm: hiển thị bảng trắng toàn màn, chia màn thành lưới ba nhân ba, đo tại tâm mỗi ô, rồi lấy trung bình chín số nhân với diện tích màn [10].

Bản thân chín số đo ấy còn cho biết độ đồng đều, tính bằng số đo thấp nhất chia số đo cao nhất, theo phần trăm. Một máy chiếu tốt đạt trên 85 %; dưới 75 % thì góc màn tối thấy rõ bằng mắt.



Hình 11.34 Quy trình đo chín điểm và quan hệ giữa bề rộng màn với độ chói

11.17.4 Tỉ số chiếu và chọn ống kính

Tỉ số chiếu là thương của khoảng cách từ máy tới màn chia cho bề rộng ảnh trên màn.

$$TR = \frac{D}{W} \tag{11.8}$$

Tỉ số chiếu là con số dùng để chọn ống kính. Ống kính máy chiếu được ghi theo dải tỉ số chiếu, ví dụ "1,3 – 2,1 : 1", và muốn lắp được vào một phòng cụ thể thì tỉ số tính ra phải nằm trong dải ấy.

Bảng 11.26 Ví dụ chọn ống kính cho màn ảnh rộng 8 m

Khoảng cách máy tới màn	Tỉ số chiếu	Loại ống kính
6 m	0,75 : 1	Ống góc rộng — phòng nông, hay gặp ở phòng học cải tạo
12 m	1,50 : 1	Ống tiêu chuẩn — dải phổ biến nhất
20 m	2,50 : 1	Ống tele — phòng chiếu dài, buồng máy đặt cuối phòng
28 m	3,50 : 1	Ống tele dài — rạp lớn

11.17.5 Bốn loại màn ảnh và hệ số khuếch đại

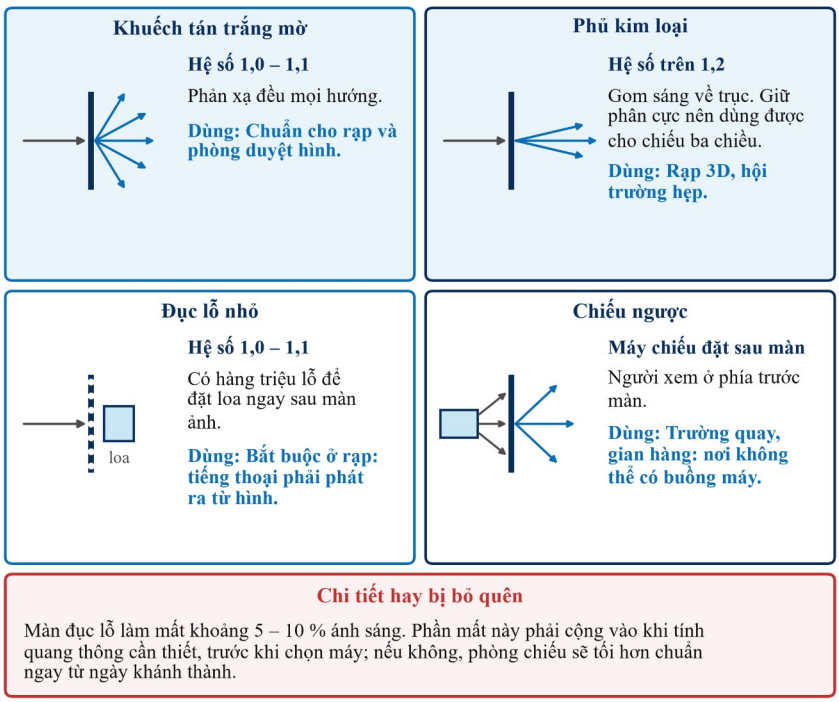
Màn ảnh là một bộ phận quang học thực sự, không phải một tấm phông trắng, và việc chọn sai loại màn làm suy giảm chất lượng của một hệ máy chiếu tốt nhanh hơn việc chọn sai máy chiếu.

Hình 11.35 cho thấy phòng chiếu hạng cao với màn ảnh lớn đặt trên nền tường tối, minh hoạ rằng màn ảnh là một bộ phận quang học của hệ chiếu chứ không phải một tấm phông trắng.



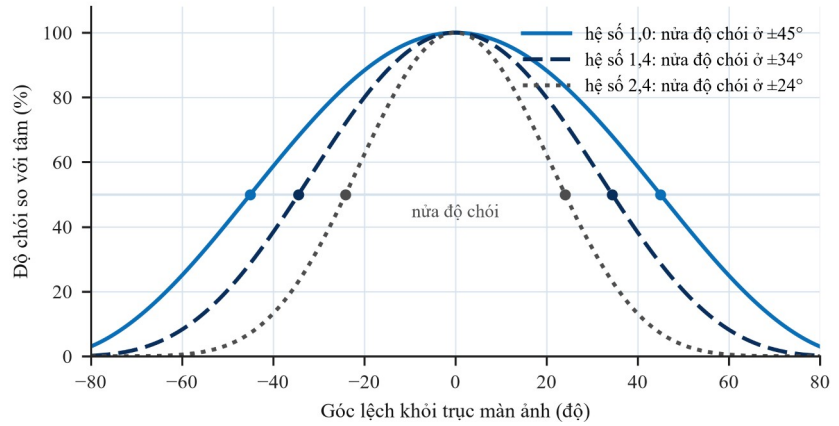
Hình 11.35 Phòng chiếu hạng cao nhìn từ hàng ghế sau: màn ảnh lớn, tường và trần sẫm màu để hạn chế ánh sáng lạc

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



Hình 11.36 Bốn loại màn ảnh và chỗ dùng của từng loại

Hệ số khuếch đại là con số dễ bị hiểu nhầm nhất trong nhóm này. Hệ số ấy không tạo ra ánh sáng: màn khuếch đại chỉ gom ánh sáng về phía trục, lấy bớt phần của người ngồi ở mép để dành cho người ngồi giữa, còn tổng lượng sáng phản xạ không đổi.



Hệ số khuếch đại không tạo ra ánh sáng

Màn khuếch đại chỉ gom ánh sáng về phía trục: lấy của người ngồi mép để cho người ngồi giữa. Tổng lượng sáng phản xạ không đổi, nên hệ số càng cao thì vùng nhìn càng hẹp.

Chọn hệ số theo loại phòng (bảng 11.27)

Hệ số 1,0 – 1,1	Rạp chiếu phim và phòng duyệt hình: hàng ghế rộng, cần độ đều
Hệ số 1,2 – 1,4	Hội trường dài và hẹp, ghế tập trung quanh trục
Hệ số trên 1,8	Chỉ khi buộc phải bù cho máy chiếu yếu hoặc phòng không tắt được đèn

Hình 11.37 Hệ số khuếch đại và cái giá của nó: vùng nhìn hẹp lại

Bảng 11.27 Chọn hệ số khuếch đại theo loại phòng

Hệ số	Dùng ở đâu	Đánh đổi
1,0 – 1,1	Rạp chiếu phim và phòng duyệt hình	Không đánh đổi gì đáng kể. Đây gần như luôn là lựa chọn đúng khi độ đều quan trọng hơn độ sáng
1,2 – 1,4	Hội trường dài và hẹp, ghế tập trung quanh trục	Hàng ghế ngoài cùng tối đi thấy rõ; bắt đầu thấy vệt sáng loang ở giữa màn khi nhìn lệch
Trên 1,8	Chỉ khi buộc phải bù cho máy chiếu quá yếu hoặc phòng không tắt được đèn	Vùng nhìn hẹp rõ rệt; người ngồi lệch trục thấy một bức ảnh khác hẳn người ngồi giữa

CẢNH BÁO 11.5 — MỘT CHI TIẾT HAY BỊ BỎ QUÊN KHI TÍNH

Màn ảnh đục lỗ, loại bắt buộc ở rạp để đặt loa ngay sau màn, làm mất khoảng 5 tới 10 phần trăm ánh sáng qua các lỗ.

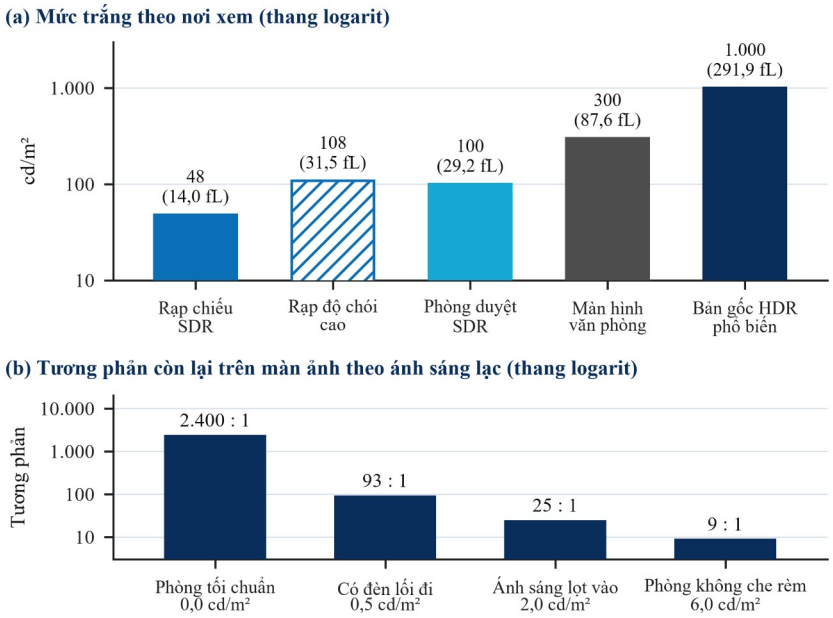
Phần hao hụt này phải được cộng vào *trước* khi chọn máy; nếu không, phòng chiếu sẽ tối hơn chuẩn ngay từ ngày khánh thành mà nguyên nhân khó nhận ra, vì phép tính trên giấy vẫn đúng.

Rạp bắt buộc dùng màn đục lỗ vì tiếng thoại phải phát ra từ đúng vị trí của hình. Đây là điểm Chương 11 gặp lại mục 10.26 về trộn cuối: nếu loa không đặt được sau màn thì cách trộn cũng phải thay đổi.

11.18 Chuẩn chiếu rạp và HDR trong rạp

11.18.1 Vì sao rạp chỉ cần 48 cd/m²

Chuẩn quốc tế cho rạp chiếu phim quy định độ chói mức trắng trên màn ảnh là 48 cd/m², tức 14 foot-lambert, đo tại tâm màn với bảng trắng toàn khung. Con số này thấp hơn nhiều lần so với một màn hình văn phòng thông thường, và thấp hơn một bản gốc chính HDR tới hơn hai chục lần [9].



Hình 11.38 Độ chói mức trắng theo từng nơi xem, và tác động của ánh sáng lạc

Lý do là mắt người thích nghi theo môi trường xung quanh, như đã trình bày ở mục 7.9. Trong một phòng tối hoàn toàn, mức 48 cd/m² đã cho cảm giác "trắng sáng" đầy đủ, còn việc nâng cao hơn nữa chỉ làm chói mắt và làm lộ hạt phim mà không làm ảnh đẹp hơn.

GHI NHỚ 11.12 — CON SỐ 48 LÀ MỘT CHUẨN, KHÔNG PHẢI MỘT GIỚI HẠN KỸ THUẬT

Máy chiếu hoàn toàn có thể sáng hơn mức này; vấn đề là bản phim đã được chỉnh màu trên một màn hình đặt đúng ở mức ấy.

Chiếu cùng bản phim ở 150 cd/m² không làm ảnh "sáng hơn cho rõ" mà hiển thị sai ý đồ của người chỉnh màu: vùng tối bị đẩy lên thành xám, và toàn bộ quan hệ tương phản trong khung hình bị lệch.

Đây cũng là lý do một bản phim rạp chiếu trên tivi ở nhà trông khác hẳn, và là lý do phải làm một bản phái sinh riêng cho từng nơi phát hành, đúng như cây bản phái sinh ở mục 10.29.

11.18.2 Ánh sáng lạc — kẻ phá tương phản

Trong một rạp, tương phản trên màn ảnh không do máy chiếu quyết định mà do ánh sáng lạc quyết định.

Ánh sáng lạc là phần ánh sáng phản xạ nhiều lần trong phòng rồi rơi trở lại màn ảnh: từ tường, từ trần, từ sàn, từ đèn lối đi, và từ chính phần sáng của bức ảnh đang chiếu. Phần này cộng vào cả mức trắng lẫn mức đen theo công thức thứ hai của (11.1).

Bảng 11.28 Ánh sáng lạc phá tương phản rạp nhanh đến mức nào

Điều kiện phòng	Ánh sáng lạc	Tương phản còn lại trên màn
Phòng tối chuẩn, tường sơn đen mờ	0,0 cd/m²	2.400 : 1
Có đèn lối đi và biển thoát hiểm	0,5 cd/m²	93 : 1
Có ánh sáng lọt vào từ cửa, hoặc tường sáng màu	2,0 cd/m²	25 : 1
Phòng học không che rèm kỹ	6,0 cd/m²	9 : 1

GHI NHỚ 11.13 — MỘT KẾT LUẬN THỰC TẾ CHO PHÒNG CHIẾU CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO

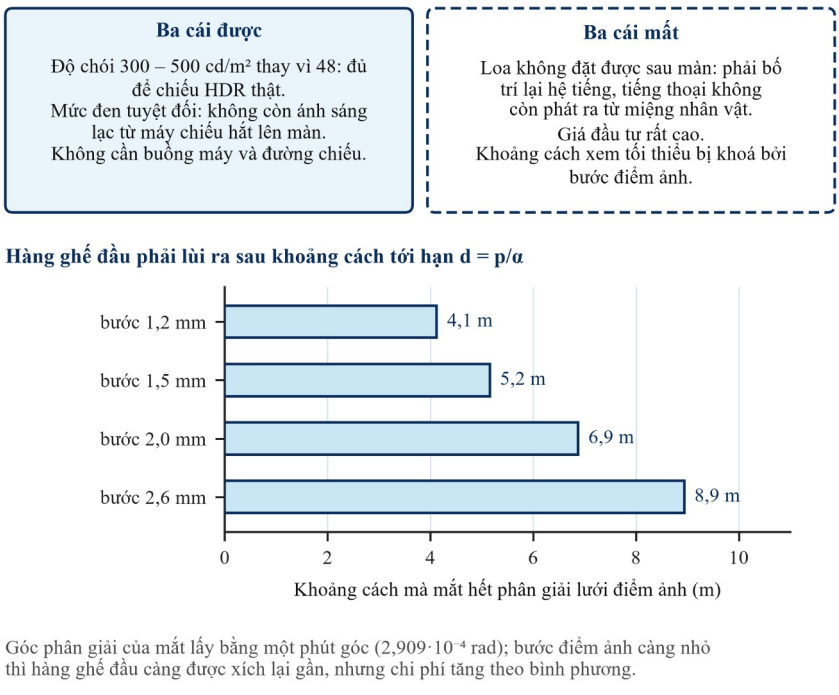
Một phòng chiếu tường trắng làm suy giảm chất lượng bản phim triệt để hơn một máy chiếu yếu: máy yếu làm ảnh tối đi đều, còn tường trắng làm mất hẳn phần vùng tối của ảnh.

Vì vậy thứ tự đầu tư hợp lý là sơn tối toàn bộ tường, trần và sàn quanh màn ảnh, che kín mọi khe sáng, rồi mới tính tới nâng cấp máy chiếu; hai việc đầu có chi phí thấp hơn nhiều lần so với việc thứ ba và cho hiệu quả lớn hơn.

11.18.3 HDR trong rạp và màn LED thay máy chiếu

Chuẩn 48 cd/m² là chuẩn của bản chiếu tiêu chuẩn. Với nội dung dải động cao, các hệ chiếu độ chói cao nâng mức trắng lên khoảng 108 cd/m², vẫn còn thấp hơn nhiều so với mức 1.000 cd/m² của một bản gốc chính HDR làm cho màn hình gia đình.

Đây là giới hạn của nguyên lý chiếu: ánh sáng phải chia cho toàn bộ diện tích màn ảnh, và mọi lumen thêm vào đều phải đi qua một cơ cấu tạo ảnh có tương phản hữu hạn. Chính vì thế tường LED bắt đầu thay thế máy chiếu ở một số rạp.



Hình 11.39 Màn LED thay máy chiếu trong rạp: ba cái được, ba cái mất

Bảng 11.29 Rạp máy chiếu và rạp màn LED

Tiêu chí	Rạp máy chiếu	Rạp màn LED
Độ chói mức trắng	48 cd/m², hoặc 108 với hệ độ chói cao	300 – 500 cd/m² — đủ để chiếu HDR thật
Mức đen	Bị ánh sáng lạc quyết định, không bao giờ sâu	Tuyệt đối, vì mỗi điểm ảnh tự tắt được
Vị trí loa	Ngay sau màn ảnh đục lỗ — tiếng thoại phát ra từ đúng chỗ hình	Không đặt được sau màn. Phải bố trí lại toàn bộ hệ tiếng, và tiếng thoại không còn phát ra từ miệng nhân vật
Hạ tầng phòng	Cần buồng máy và một đường chiếu thông suốt	Không cần buồng máy; nhưng cần hệ điện và tản nhiệt lớn hơn nhiều
Khoảng cách hàng ghế đầu	Không bị khoá bởi thiết bị	Bị khoá bởi bước điểm ảnh — xem mục 11.18.4
Giá đầu tư	Thấp hơn nhiều lần	Rất cao

11.18.4 Khoảng cách xem tới hạn

Với mọi màn hình ghép từ các điểm ảnh rời, như tường LED hay màn ghép công cộng, tồn tại một khoảng cách mà dưới ngưỡng đó người xem bắt đầu phân biệt được từng điểm ảnh; khoảng cách ấy được tính từ góc phân giải của mắt.

$$d_{\min} = \frac{p}{\alpha} \quad ; \quad \alpha_{\text{eye}} \approx 2{,}909 \cdot 10^{-4}\ \text{rad} \quad , \quad \alpha_{\text{cam}} = \frac{s_{\text{px}}}{f} \tag{11.9}$$

Trong (11.9), p là bước điểm ảnh và α là góc phân giải. Mắt người phân biệt được hai điểm cách nhau khoảng một phút góc, tức khoảng 2,909 phần mười nghìn radian. Phần α của máy quay sẽ được dùng ở mục 11.25.

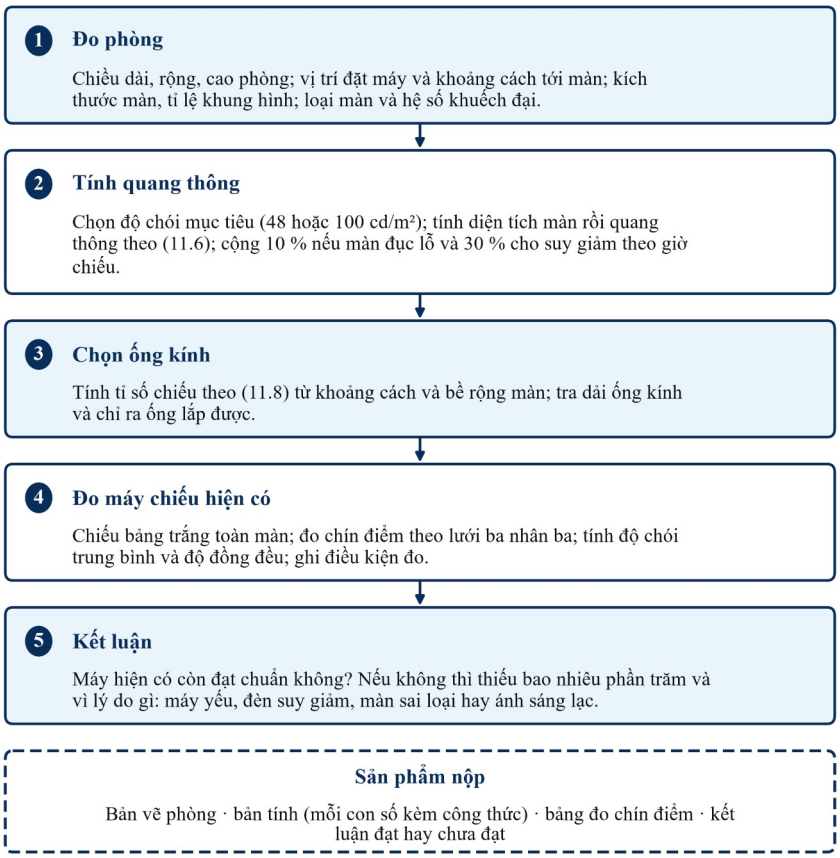
Bảng 11.30 Khoảng cách mà mắt hết phân giải lưới điểm ảnh, tính từ (11.9)

Bước điểm ảnh	Khoảng cách tới hạn	Nghĩa là gì
1,2 mm	4,1 m	Hàng ghế đầu phải lùi ra sau mức này
1,5 mm	5,2 m	
2,0 mm	6,9 m	
2,6 mm	8,9 m	Với rạp nhỏ, mức này đã đẩy hàng ghế đầu ra quá xa
3,9 mm	13,4 m	Chỉ dùng cho màn ghép công cộng, không dùng cho rạp

Đây là ràng buộc cứng, không thể khắc phục bằng chi phí: muốn hàng ghế đầu ở gần hơn thì phải giảm bước điểm ảnh, mà giảm bước điểm ảnh làm chi phí tăng theo bình phương. Với một rạp cỡ vừa, đó thường là lý do kỹ thuật khiến phương án màn LED không khả thi.

11.19 Bài thực hành số 3 — tính hệ máy chiếu cho một phòng

Bài thực hành gồm phần tính toán thuần tuý ở phần đầu và phần đo thực địa ở phần sau. Bài có thể thực hiện hoàn toàn bằng một thước dây và một đầu đo, hoặc bằng số liệu phòng chiếu cho sẵn nếu người đọc không tiếp cận được phòng chiếu.



Hình 11.40 Năm bước của bài thực hành số 3

11.19.1 Đề bài

Cho một phòng chiếu có kích thước và một màn ảnh dự kiến, người đọc tính ra cấu hình máy chiếu tối thiểu và chọn ống kính, sau đó đo máy chiếu hiện có của phòng và kết luận máy còn đạt chuẩn hay không.

11.19.2 Năm bước tiến hành

Bước 1: đo phòng. Đo chiều dài, chiều rộng, chiều cao phòng; xác định vị trí đặt máy chiếu và khoảng cách từ đó tới màn; đo kích thước màn ảnh và tỉ lệ khung hình; ghi loại màn và hệ số khuếch đại nếu biết.

Bước 2: tính quang thông. Chọn mức độ chói mục tiêu, gồm 48 cd/m² cho phòng chiếu phim và 100 cd/m² cho phòng trình chiếu có đèn. Tính diện tích màn, rồi tính quang thông cần thiết theo (11.6); nếu màn đục lỗ thì cộng thêm 10 % dự phòng, và cộng thêm 30 % nữa cho suy giảm theo giờ chiếu.

Bước 3: chọn ống kính. Tính tỉ số chiếu theo (11.8) từ khoảng cách đo được và bề rộng màn, tra dải ống kính của một dòng máy bất kỳ, rồi chỉ ra ống kính nào lắp được.

Bước 4: đo máy chiếu hiện có. Chiếu bảng trắng toàn màn, đo chín điểm theo lưới ba nhân ba, tính độ chói trung bình và độ đồng đều, rồi ghi lại điều kiện đo như bài số 1.

Bước 5: kết luận. Cần xác định máy hiện có còn đạt chuẩn hay không; nếu không đạt thì thiếu bao nhiêu phần trăm và do nguyên nhân nào, trong số máy yếu, đèn đã suy giảm, màn sai loại hoặc phòng có quá nhiều ánh sáng lạc.

11.19.3 Một ví dụ tính mẫu

Phòng chiếu rộng 9 m, dài 16 m. Màn ảnh rộng 6 m, tỉ lệ 1,85 : 1, màn khuếch tán đục lỗ hệ số 1,0. Máy chiếu đặt cách màn 13 m, với mục tiêu độ chói 48 cd/m².

Bảng 11.31 Ví dụ tính mẫu cho bài thực hành số 3

Bước	Phép tính	Kết quả
Chiều cao màn	6 chia 1,85	3,24 m
Diện tích màn	6 × 3,24	19,46 m²
Quang thông cơ bản	công thức (11.6) với L = 48, G = 1,0	2.934 lumen
Bù màn đục lỗ	2.934 × 1,10	3.228 lumen
Bù suy giảm theo giờ	3.228 × 1,30	4.196 lumen
Kết luận	Chọn máy có quang thông từ mức này trở lên	khoảng 4,2 nghìn lumen
Tỉ số chiếu	công thức (11.8): 13 chia 6	2,17 : 1
Ống kính	Cần ống có dải tỉ số chiếu bao được con số trên	ví dụ ống 1,7 – 2,7 : 1

11.19.4 Kết quả cần có

Bảng 11.32 Kết quả cần có của bài thực hành số 3

Phần	Nội dung bắt buộc
Bản vẽ phòng	Sơ đồ mặt bằng và mặt cắt có ghi kích thước, vị trí máy, vị trí màn, vị trí hàng ghế đầu và cuối
Bản tính	Diện tích màn, quang thông cần thiết, các hệ số bù, tỉ số chiếu — mỗi con số kèm công thức đã dùng
Bảng đo chín điểm	Chín số đo, độ chói trung bình, độ đồng đều tính theo phần trăm, kèm điều kiện đo
Kết luận	Đạt hay chưa đạt; thiếu bao nhiêu phần trăm; nguyên nhân và đề xuất khắc phục theo thứ tự chi phí từ thấp lên cao

> **THỰC HÀNH 11.2 — MỘT GỢI Ý VỀ KẾT LUẬN**
>
> Các đề xuất khắc phục nên xếp theo thứ tự chi phí từ thấp lên cao, không xếp theo hiệu quả. Với phần lớn phòng chiếu ở cơ sở đào tạo, ba việc có chi phí thấp nhất là che kín khe sáng, sơn tối tường quanh màn, và lau sạch ống kính cùng bộ lọc bụi, thường lấy lại được nhiều hơn so với việc mua máy mới.
>
> Đây cũng là cách lập luận mà bài thực hành nhằm rèn luyện: từ một bảng số đo, rút ra kết luận có thể hành động được.

11.20 Thiết bị đo và bảng thử

11.20.1 Vì sao phải đo

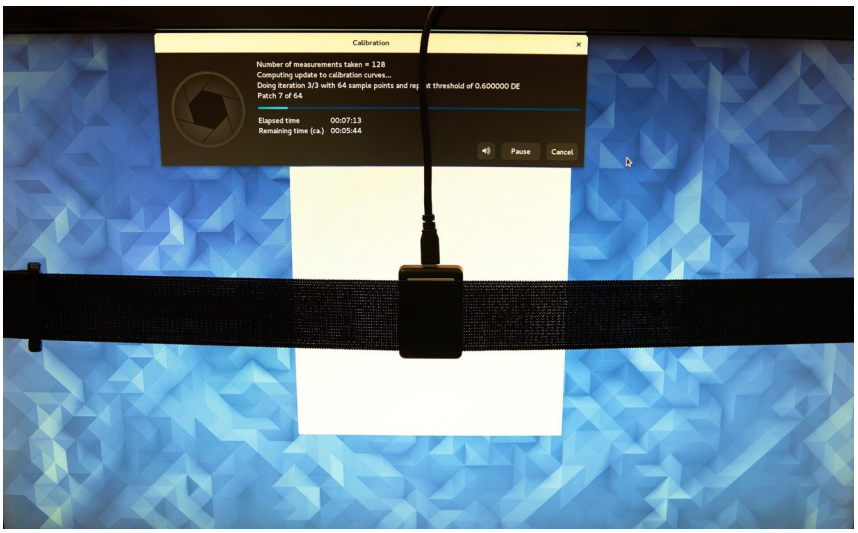
Ba phần trước nói về khả năng của màn hình theo nguyên lý, còn phần này nói về khả năng của chiếc màn hình cụ thể đang đặt trong phòng; đó là một câu hỏi khác hẳn và chỉ trả lời được bằng số đo [11], [12].

Hai màn hình cùng model, cùng lô sản xuất, đặt cạnh nhau vẫn khác nhau, và cùng một màn hình sau hai nghìn giờ đã khác chính nó lúc mới. Vì vậy phép đo không phải việc làm một lần khi mua mà là một thói quen định kỳ.

11.20.2 Hai loại đầu đo

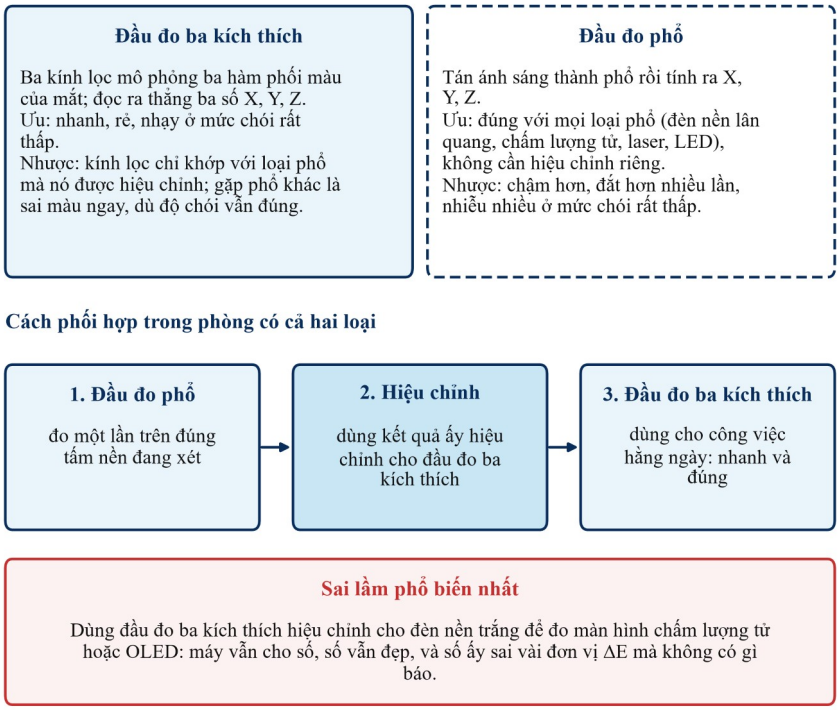
Thiết bị đo màu màn hình chia thành hai loại theo nguyên lý, và chọn sai loại là nguồn sai số phổ biến nhất trong nghề.

Hình 11.41 cho thấy một đầu đo màu loại tam kích thích áp sát mặt màn hình trong lúc phần mềm hiển thị các mảng thử và đo tuần tự.



Hình 11.41 Đầu đo màu (colorimeter) mã nguồn mở gắn lên màn hình trong lúc hiệu chuẩn; hộp thoại cho thấy số phép đo và ngưỡng ΔE đang dùng

Nguồn: MathieuMD, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026) (đã cắt).



Hình 11.42 Hai loại đầu đo và cách phối hợp chúng trong một phòng

Bảng 11.33 Đầu đo ba kích thích và đầu đo phổ

	Đầu đo ba kích thích	Đầu đo phổ
Nguyên lý	Ba kính lọc mô phỏng ba hàm phối màu của mắt; đọc ra thẳng ba số X, Y, Z	Tán ánh sáng thành phổ bằng cách tử, đo cường độ ở từng bước sóng, rồi tính ra X, Y, Z
Tốc độ	Nhanh — vài giây một điểm đo	Chậm hơn, nhất là ở mức chói thấp cần thời gian tích luỹ dài
Giá	Rẻ	Đắt hơn nhiều lần
Ở mức chói rất thấp	Nhạy hơn — đây là ưu thế thật của nó khi đo mức đen	Nhiễu nhiều, cần thời gian đo dài
Với phổ lạ	Sai. Kính lọc chỉ khớp đúng với loại phổ mà nó được hiệu chỉnh cho	Đúng với mọi loại phổ: đèn nền lân quang, chấm lượng tử, laser, LED — không cần hiệu chỉnh riêng

CẢNH BÁO 11.6 — SAI LẦM PHỔ BIẾN NHẤT

Một lỗi thường gặp là dùng đầu đo ba kích thích đã hiệu chỉnh cho màn hình đèn nền trắng truyền thống để đo một màn hình chấm lượng tử hoặc một tấm nền tự phát sáng.

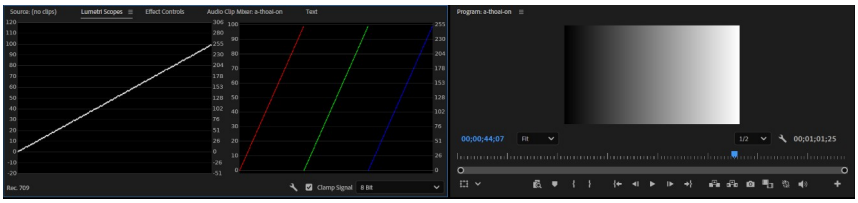
Máy vẫn cho ra số và số vẫn trông hợp lý, nhưng kết quả sai lệch vài đơn vị ΔE mà không có dấu hiệu nào báo cho người đo biết, vì sai số nằm ở chỗ kính lọc không khớp với phổ chứ không phải do máy hỏng.

Cách làm đúng khi phòng có cả hai loại là dùng đầu đo phổ để đo một lần trên đúng tấm nền đang xét, lấy kết quả ấy hiệu chỉnh cho đầu đo ba kích thích, rồi dùng đầu đo ba kích thích cho công việc hằng ngày.

11.20.3 Sáu bảng thử và sáu câu hỏi

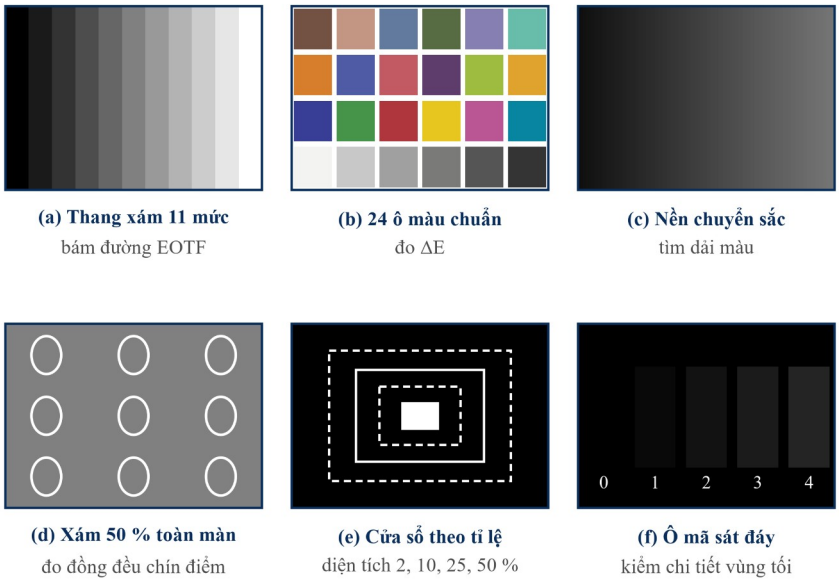
Mỗi bảng thử trả lời một câu hỏi và không bảng nào thay thế được bảng nào, nên đo màn hình mà chỉ nhìn một bảng thử thì chỉ biết được một phần sự thật.

Hình 11.43 cho thấy bảng thử dải xám trên Waveform và RGB Parade: các cột sáng đều nhau ở ba kênh chứng tỏ dải xám trung tính, và đường chéo thẳng cho biết các mức xám tăng đều.



Hình 11.43 Waveform (Luma) và RGB Parade của dải xám trong Adobe Premiere Pro (tệp dải xám mẫu tổng hợp)

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Premiere Pro 2026), 07/11/2026.



Hình 11.44 Sáu bảng thử của một bộ đo màn hình đầy đủ

Bảng 11.34 Sáu bảng thử và câu hỏi tương ứng

Bảng thử	Trả lời câu hỏi gì	Cách dùng
Thang xám 11 hoặc 21 mức	Màn hình bám đường EOTF tới đâu, và cân bằng xám có đúng không?	Đo độ chói và toạ độ màu tại từng mức; vẽ đồ thị sai số
24 ô màu chuẩn	Sai lệch màu là bao nhiêu, và lệch ở vùng màu nào?	Đo từng ô, tính ΔE, đặc biệt chú ý các ô màu da
Nền chuyển sắc	Có thấy dải màu không, và ở vùng độ chói nào?	Nhìn bằng mắt trong phòng tối; đây là phép kiểm duy nhất trong sáu phép không cần đầu đo
Xám 50 % toàn màn	Độ đồng đều độ chói và độ đồng đều màu là bao nhiêu?	Đo chín điểm trở lên; tính mức thấp nhất chia mức cao nhất
Cửa sổ theo tỉ lệ	Đường cong độ chói theo diện tích sáng có dạng gì?	Đo lần lượt các cửa sổ 2 %, 10 %, 25 %, 50 %, 100 % — chính là bài thực hành số 2
Ô mã sát đáy	Màn hình còn phân biệt được mấy mức ở vùng tối nhất?	Nhìn bằng mắt trong phòng tối tuyệt đối; đếm số ô còn phân biệt được với nền đen

11.21 Ba phép kiểm bắt buộc

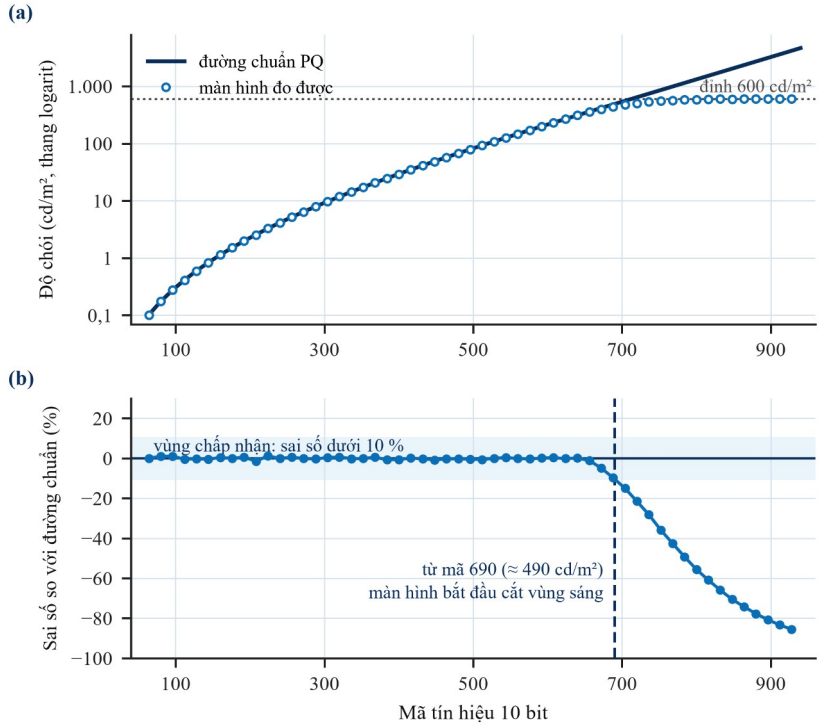
Một phép đo màn hình đầy đủ gồm ba phép kiểm, và thiếu bất kỳ phép nào thì kết luận không đầy đủ, vì ba phép trả lời ba câu hỏi độc lập nhau: màn hình có đúng độ sáng không, có đúng màu không, và có đều trên toàn mặt không.

11.21.1 Phép kiểm thứ nhất — bám đường EOTF

Đường EOTF là hàm biến giá trị tín hiệu thành độ chói, đã trình bày ở mục 7.20 và 7.22. Phép kiểm này đặt câu hỏi: với mỗi mã tín hiệu, màn hình có cho ra đúng độ chói mà chuẩn quy định hay không? [1], [2], [3], [15]

$$e = \frac{L_{\text{meas}} - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}}} \cdot 100\ \% \qquad (11.10)$$

Cách làm là hiển thị thang xám, đo độ chói tại từng mức, tính độ chói chuẩn ứng với mã ấy, rồi tính sai số tương đối theo (11.10); khi vẽ sai số theo mã tín hiệu thì nhận ra ngay vùng màn hình đáp ứng kém.



Hình 11.45 Đồ thị bám đường PQ và đồ thị sai số của một màn hình đỉnh 600 cd/m²

Bảng 11.35 Độ chói chuẩn ứng với một số mã PQ 10 bit, tính từ chuẩn ST 2084

Mã 10 bit	Độ chói chuẩn	Tương ứng với gì
64	0,101 cd/m²	Mức đen của dải rộng
300	9,21 cd/m²	Vùng tối trung bình
519	99,3 cd/m²	Xám giữa của bản gốc HDR
593	201 cd/m²	Mức trắng tham chiếu của bản gốc SDR quy chiếu sang PQ
769	999 cd/m²	Mức mà một bản gốc HDR 1.000 nit đạt đỉnh
940	4.654 cd/m²	Mức trắng cao nhất của dải rộng
1023	10.000 cd/m²	Đỉnh tuyệt đối mà đường PQ định nghĩa

QUY TẮC 11.10 — ĐỌC ĐỒ THỊ SAI SỐ THẾ NÀO

Sai số dưới 10 % ở toàn dải là kết quả tốt cho một màn hình làm việc, còn màn hình tham chiếu phải đạt yêu cầu chặt hơn.

Sai số âm lớn ở vùng mã cao thường không phải lỗi hiệu chuẩn, mà phản ánh việc màn hình đã hết công suất và bắt đầu ánh xạ tông; việc phân biệt hai trường hợp này rất quan trọng vì chỉ trường hợp đầu sửa được bằng hiệu chuẩn.

Sai số dao động lên xuống quanh 0 ở vùng mã thấp thường là nhiễu của đầu đo chứ không phải của màn hình, do đó cần đo lại với thời gian tích luỹ dài hơn trước khi kết luận.

11.21.2 Phép kiểm thứ hai — sai lệch màu

Sai lệch màu đo khoảng cách giữa màu đo được và màu đáng lẽ phải có, trong một không gian màu được thiết kế sao cho khoảng cách hình học khớp với cảm nhận của mắt [7], [16].

Với dải động chuẩn, thước đo hiện hành là ΔE_{00} theo CIEDE2000:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C}\frac{\Delta H'}{k_H S_H}} \qquad (11.11)$$

Công thức trông phức tạp nhưng ý nghĩa khá gọn: đó là hiệu Euclid trong không gian L*a*b*, có thêm ba hệ số sửa S_L, S_C, S_H để bù cho tính không đều của không gian ấy, và một số hạng xoay R_T để bù riêng cho vùng lam. Người dùng không cần tính tay vì mọi phần mềm đo đều tính sẵn, nhưng cần nắm ba điểm dưới đây.

- ΔE_{00} bằng 1 tương ứng với một ngưỡng vừa đủ nhận ra trong điều kiện so sánh nghiêm ngặt nhất.
- Giá trị đáng quan tâm là ô sai lệch lớn nhất chứ không phải trung bình: một màn hình có ΔE trung bình bằng 1,5 nhưng một ô màu da lệch 5 thì không dùng để duyệt màu được.
- ΔE_{00} được xây trên dữ liệu thực nghiệm ở dải động chuẩn, nên ở dải động cao và gam màu rộng thì kết quả của nó không đáng tin.

11.21.3 ΔE_ITP — thước đo cho HDR và gam rộng

Đây là chỗ người làm nghề hay dùng sai thước [4].

Khi độ chói lên tới hàng nghìn cd/m² và gam màu mở rộng tới BT.2020, không gian L*a*b* mà ΔE_{00} dựa vào không còn mô tả đúng cảm nhận. Chuẩn ITU-R BT.2124 đưa ra một thước đo khác, xây trên không gian ICtCp, chính là không gian đã dùng cho tín hiệu HDR.

$$\Delta E_{\mathrm{ITP}} = 720\sqrt{(\Delta I)^2 + (\Delta T)^2 + (\Delta P)^2} \quad , \quad T = 0{,}5\, C_T \qquad (11.12)$$

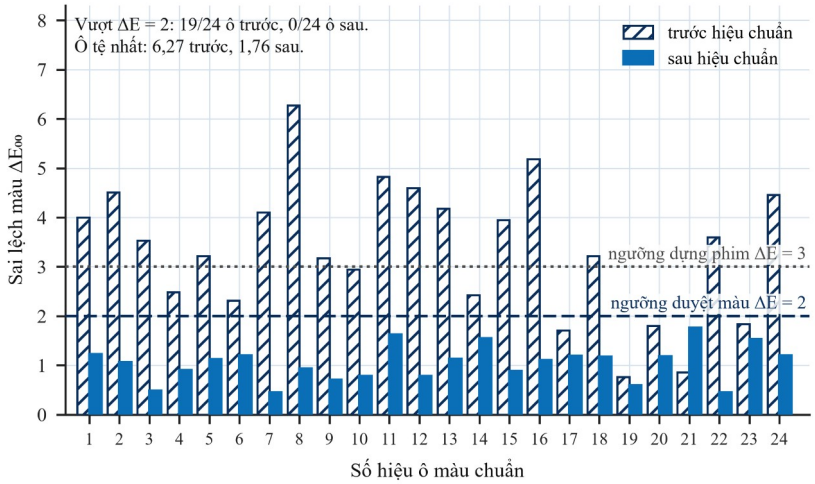
Trong (11.12), I là thành phần cường độ, T và P là hai thành phần màu, với T bằng một nửa C_T. Hệ số 720 được chọn sao cho một đơn vị ΔE_ITP bằng đúng một ngưỡng vừa đủ nhận ra trong trạng thái thích nghi khắt khe nhất; quy ước này trùng với ΔE_{00} nên hai con số so được với nhau về bậc độ lớn.

Bảng 11.36 Dùng thước nào cho việc nào

Tình huống	Thước đo	Vì sao
Màn hình dải động chuẩn, gam Rec.709 hoặc DCI-P3	ΔE_{00}	Đây là dải mà CIEDE2000 được xây và kiểm chứng trên đó
Màn hình HDR, gam BT.2020, độ chói trên 1.000 cd/m²	ΔE_ITP	ΔE_{00} đánh giá sai ở vùng độ chói cao và vùng bão hoà sâu
So sánh hai màn hình khác công nghệ	ΔE_ITP	Nó không phụ thuộc giả thiết về trạng thái thích nghi của mắt theo cách mà L*a*b* phụ thuộc
Kiểm tra một dây chuyền nén hoặc một bảng tra	ΔE_ITP	Đây chính là mục đích mà BT.2124 được soạn ra

Bảng 11.37 Ngưỡng chấp nhận theo loại việc

Loại việc	Ngưỡng	Nghĩa là gì
Duyệt màu, màn hình tham chiếu	$\Delta E \leq 2$	Sai lệch không đủ để làm lệch một quyết định về màu da hoặc về tông chung của cảnh
Dựng phim, đồ hoạ	$\Delta E \leq 3$	Đủ chính xác để làm việc và để nhận ra vấn đề, nhưng không đủ để chốt màu cuối
Màn hình xem thường	$\Delta E \leq 5$	Người xem không nhận ra bất thường khi không có màn hình khác bên cạnh để so



Hình 11.46 Sai lệch màu trên 24 ô màu chuẩn, trước và sau hiệu chuẩn

11.21.4 Phép kiểm thứ ba — độ đồng đều

Hai phép kiểm trên đều đo tại tâm màn hình, còn phép kiểm thứ ba đặt câu hỏi liệu phần còn lại của mặt màn hình có giống chỗ vừa đo hay không.

– **Đồng đều độ chói.** Hiển thị xám 50 % toàn màn, đo chín điểm trở lên, lấy mức thấp nhất chia mức cao nhất; kết quả trên 90 % là tốt, còn dưới 80 % thì mắt đã nhìn thấy được.

– **Đồng đều màu.** Đo tại chính chín điểm ấy nhưng so toạ độ màu thay cho độ chói; đại lượng này khó đạt hơn và ít được công bố hơn, vì một tấm nền có thể rất đều về độ chói mà vẫn ngả xanh ở một góc.

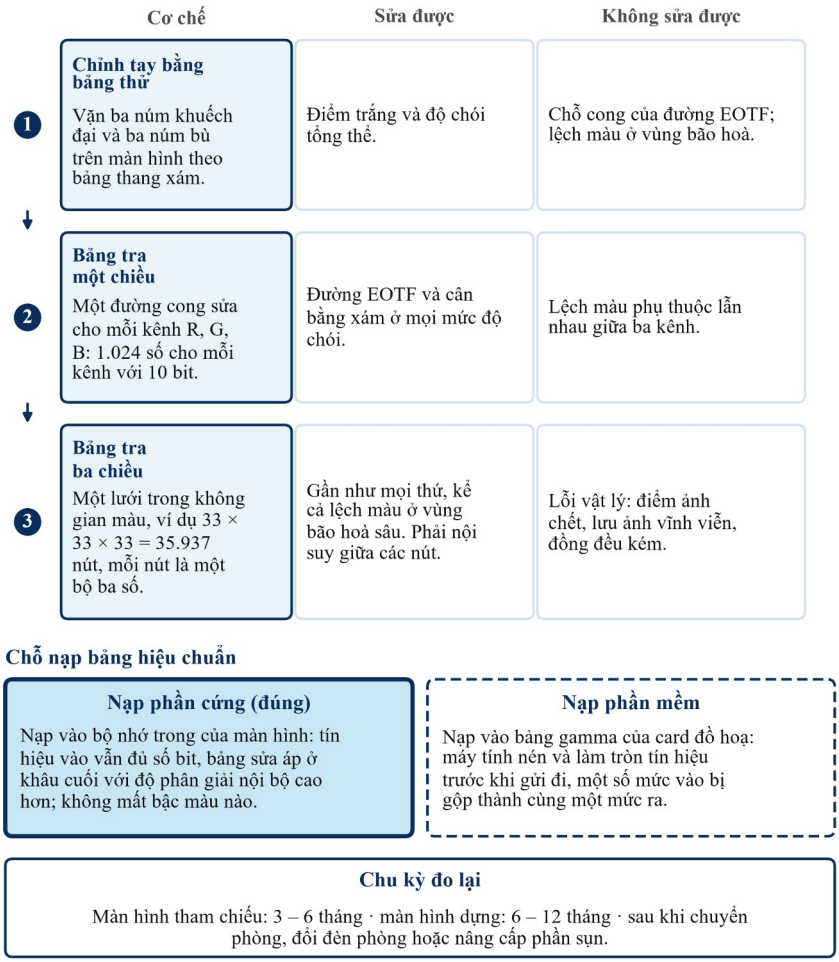
GHI NHỚ 11.14 — VÌ SAO ĐỘ ĐỒNG ĐỀU HIẾM KHI ĐƯỢC CÔNG BỐ

Lý do là độ đồng đều thay đổi giữa từng cá thể sản phẩm chứ không phải giữa từng đời sản phẩm, nên con số mà nhà sản xuất công bố cho cả dòng không đúng với chiếc màn hình cụ thể mà người mua nhận được.

Một số dòng màn hình tham chiếu có tính năng bù đồng đều nạp sẵn từ nhà máy, đo riêng cho từng chiếc, và đây là một trong những yếu tố tạo ra khoảng cách giá giữa màn hình tham chiếu và màn hình thường.

11.22 Hiệu chuẩn màn hình

Sau khi đo, hiệu chuẩn là công đoạn đưa màn hình về gần chuẩn nhất có thể, và công đoạn này có ba mức từ thô tới tinh.



Hình 11.47 Ba mức hiệu chuẩn và chỗ nạp bảng hiệu chuẩn

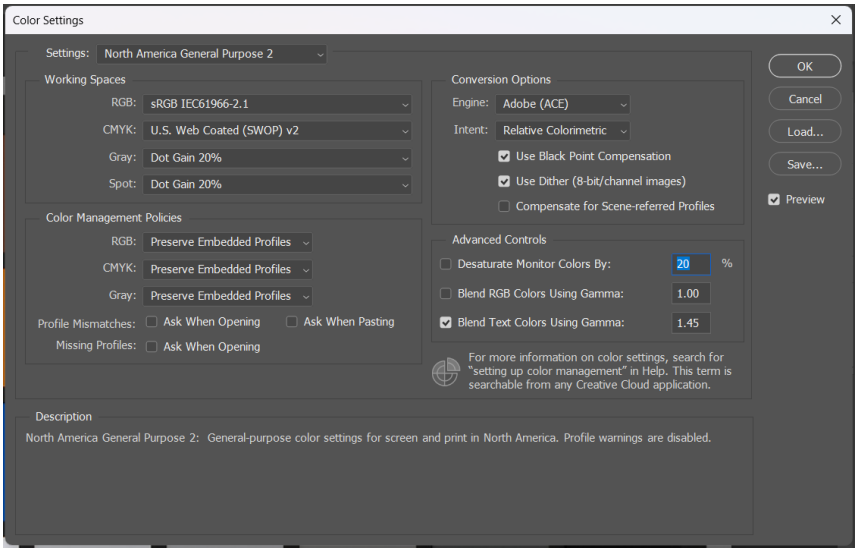
11.22.1 Ba mức hiệu chuẩn

Bảng 11.38 Ba mức hiệu chuẩn

Mức	Cơ chế	Sửa được gì	Không sửa được gì
Chỉnh tay bằng bảng thử	Vặn ba núm khuếch đại và ba núm bù trên chính màn hình, theo bảng thang xám	Điểm trắng và độ chói tổng thể	Chỗ cong của đường EOTF; lệch màu ở vùng bão hoà
Bảng tra một chiều	Một đường cong sửa cho mỗi kênh R, G, B — với 10 bit là 1.024 số cho mỗi kênh	Đường EOTF và cân bằng xám ở mọi mức độ chói	Lệch màu phụ thuộc lẫn nhau giữa ba kênh — ví dụ chỗ màu đỏ bão hoà bị ngả cam
Bảng tra ba chiều	Một lưới trong không gian màu, ví dụ 33 × 33 × 33 bằng 35.937 nút, mỗi nút là một bộ ba số	Gần như mọi thứ, kể cả lệch màu ở vùng bão hoà sâu	Không sửa được lỗi vật lý: điểm ảnh chết, lưu ảnh vĩnh viễn, đồng đều kém

Ba mức này tạo thành một bậc thang, trong đó mức sau làm được mọi việc của mức trước và bổ sung thêm phần mới. Tuy nhiên chỉ mức ba mới sửa được lệch màu ở vùng bão hoà sâu, là vùng chứa màu da người, bầu trời và cây lá, tức những màu mà người xem nhạy cảm nhất.

Hình 11.48 là hộp thoại cài đặt không gian làm việc và chính sách quản lý màu của Photoshop, nơi người dùng khai báo không gian màu mặc định cho ảnh RGB, CMYK và mức xám.



Hình 11.48 Hộp thoại Edit > Color Settings của Photoshop: cài đặt không gian làm việc (RGB sRGB IEC61966-2.1) và chính sách quản lý màu, không phải hộp hiệu chuẩn màn hình

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Photoshop 2025), 07/11/2026.

CẢNH BÁO 11.7 — MỘT CHỖ PHẢI CẨN THẬN VỚI BẢNG TRA BA CHIỀU

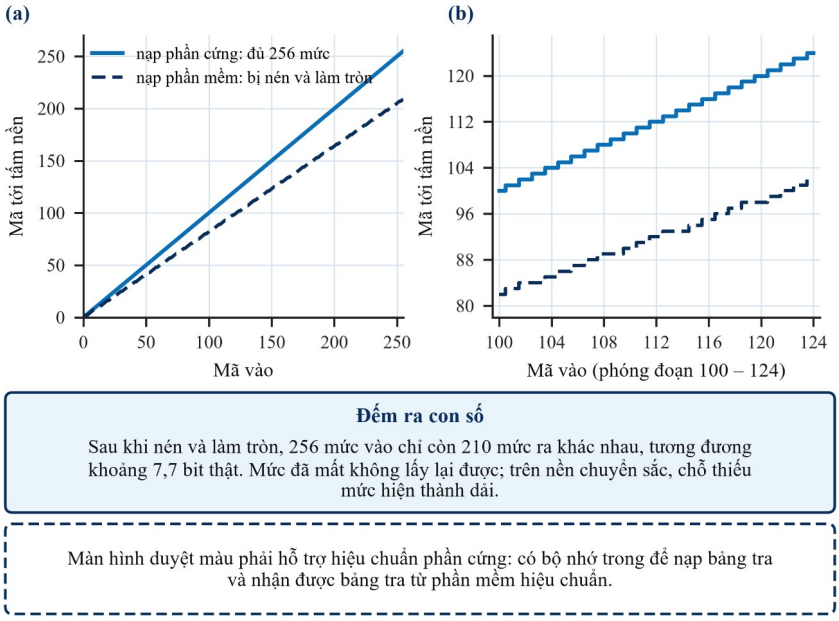
Lưới 33 nút cho mỗi trục nghĩa là giữa hai nút liền nhau có khoảng tám mức mã 10 bit không có số sửa riêng, và các mức này phải được nội suy từ các nút xung quanh.

Nội suy thô, chỉ lấy trung bình theo từng trục, làm gãy đường chuyển sắc và sinh dải màu. Nội suy tứ diện chia mỗi ô lưới thành các tứ diện rồi nội suy trong đó nên cho kết quả mượt hơn hẳn.

Đây là tiêu chí đáng hỏi khi chọn màn hình tham chiếu, nhưng gần như không bao giờ xuất hiện trong tài liệu quảng cáo.

11.22.2 Nạp phần cứng hay nạp phần mềm

Bảng hiệu chuẩn sau khi tính xong phải được nạp vào một nơi nào đó. Có hai nơi để nạp, và việc chọn sai nơi làm hỏng gần hết công sức đo đạc.



Hình 11.49 Hiệu chuẩn phần mềm ăn mất số mức, hiệu chuẩn phần cứng thì không

- **Nạp phần cứng, vào bộ nhớ trong của màn hình.** Tín hiệu từ máy tính tới màn hình vẫn đủ số bit, và màn hình áp bảng sửa ở khâu cuối cùng, thường với độ phân giải nội bộ cao hơn hẳn tín hiệu vào nên không mất bậc màu nào. Đây là cách làm đúng.
- **Nạp phần mềm, vào bảng gamma của card đồ hoạ.** Máy tính sửa tín hiệu trước khi gửi đi, nhưng phép sửa này là nén và làm tròn trong cùng số bit nên một số mức vào bị gộp thành cùng một mức ra.

Mức độ mất mức này có thể thấy qua con số cụ thể: với một tín hiệu 8 bit và một phép sửa nén nhẹ, 256 mức vào chỉ còn khoảng 210 mức ra khác nhau, tương đương chưa tới 7,8 bit thật. Số mức mất đi không thể khôi phục, và trên một nền trời chuyển sắc thì chỗ thiếu mức hiện ra thành các dải rõ ràng.

Hệ quả cho việc mua sắm là màn hình duyệt màu phải hỗ trợ hiệu chuẩn phần cứng, nghĩa là phải có bộ nhớ trong để nạp bảng tra và phải nhận được bảng

tra từ phần mềm hiệu chuẩn. Đây là một trong bốn tiêu chí đã nêu ở mục 10.6 và là tiêu chí dễ bị bỏ qua nhất khi mua.

11.22.3 Bước mã và ngưỡng sinh dải màu

Một câu hỏi liên quan là cần bao nhiêu bit để không thấy dải màu; câu trả lời có thể tính được và kết quả hơi bất ngờ [14].

$$c_{\text{step}} = \frac{L_{i+1} - L_i}{L_i} \cdot 100\ \% \ \leq\ c_{\text{Barten}} \approx 0{,}9\ \% \qquad (11.13)$$

Công thức (11.13) tính độ tương phản giữa hai mức mã kề nhau. Mắt người bắt đầu phân biệt được hai mức khi tương phản giữa chúng vượt khoảng 0,9 %, ngưỡng này rút ra từ mô hình độ nhạy tương phản của Barten, cùng mô hình đã dùng để thiết kế chính đường PQ.

Bảng 11.39 Bước mã PQ tại một số mức độ chói, tính từ (11.13)

Độ chói	8 bit	10 bit	12 bit	Kết luận
1 cd/m²	7,92 %	1,93 %	0,48 %	10 bit đã an toàn ở vùng tối
100 cd/m²	3,98 %	0,98 %	0,24 %	10 bit nằm sát ngưỡng — đây là chỗ đáng chú ý
1.000 cd/m²	3,66 %	0,90 %	0,22 %	10 bit vẫn sát ngưỡng
Ngưỡng Barten	0,9 %	0,9 %	0,9 %	Vượt ngưỡng thì mắt thấy dải

GHI NHỚ 11.15 — VÌ SAO BẢN GỐC CHÍNH PHẢI LÀM Ở 12 BIT

Ở 100 cd/m², bước mã PQ 10 bit cho tương phản 0,98 %, tức là ngay trên ngưỡng Barten 0,9 %, nghĩa là 10 bit vừa đủ và không có dự phòng.

Mức "vừa đủ" không dùng được cho bản gốc chính vì mọi phép xử lý sau đó, gồm chỉnh màu, nén, ánh xạ tông và hiệu chuẩn, đều làm mất thêm vài mức. Vì thế bản gốc chính được làm ở 12 bit và chỉ hạ xuống 10 bit ở khâu giao nộp cuối cùng.

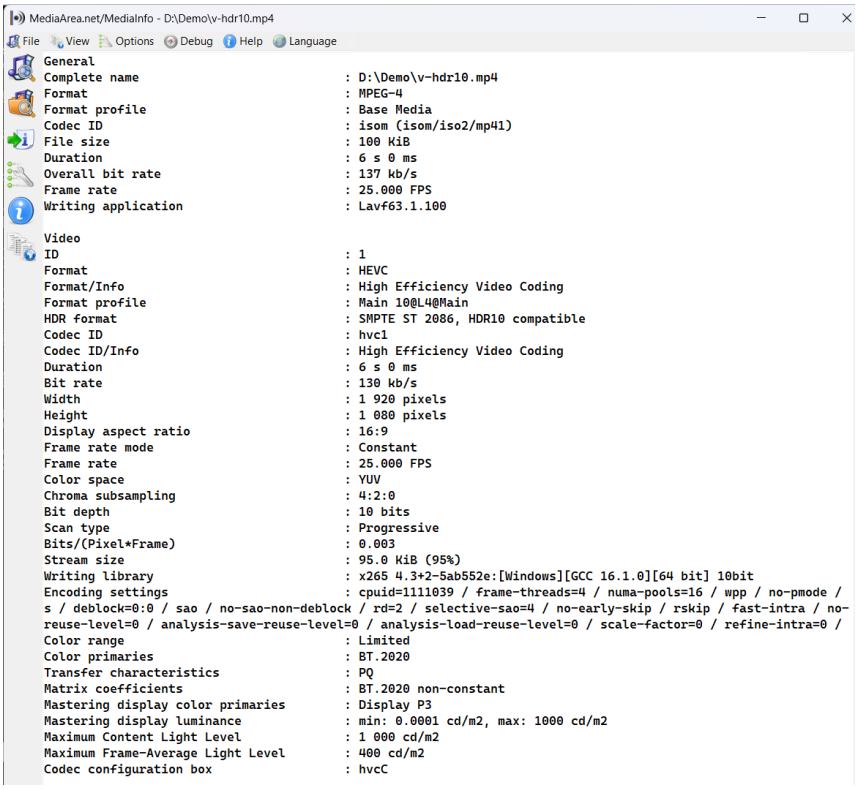
Đây cũng là lý do "10 bit thật" là tiêu chí bắt buộc của màn hình tham chiếu chứ không phải một tính năng cao cấp: tấm nền 8 bit cộng nhiễu rung cho bước mã 3,98 %, gấp hơn bốn lần ngưỡng.

11.23 Ánh xạ tông khi màn hình không với tới bản gốc

11.23.1 Bài toán

Một bản gốc chính HDR được chỉnh màu trên màn hình tham chiếu đạt 1.000 hoặc 4.000 cd/m², trong khi người xem mở nó trên một màn hình chỉ đạt 600 cd/m². Vấn đề đặt ra là phần độ chói vượt quá khả năng của màn hình sẽ được xử lý như thế nào.

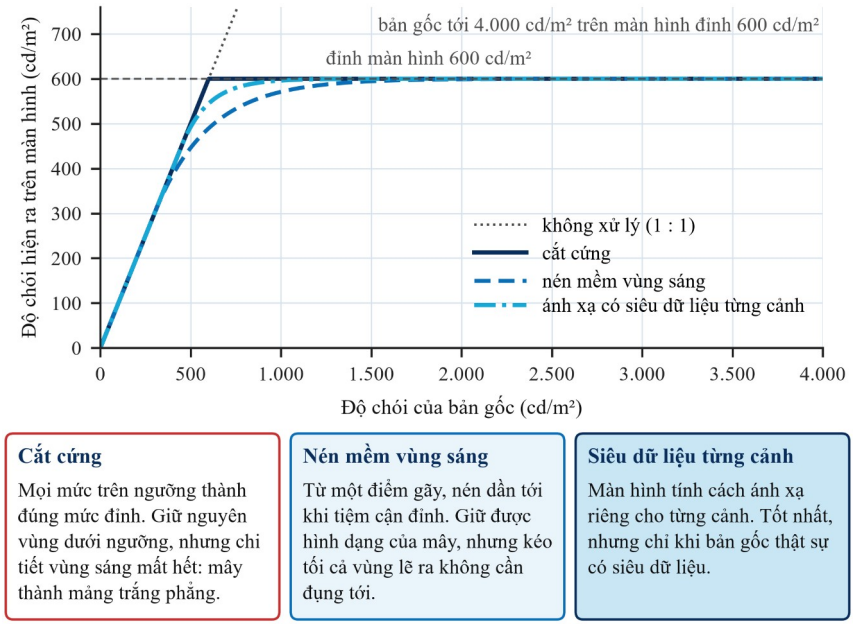
Hình 11.50 là siêu dữ liệu HDR của một tệp HEVC 10 bit do MediaInfo đọc ra, gồm nguyên sắc BT.2020, hàm truyền PQ, nguyên sắc và độ chói của màn hình dựng bản gốc cùng các mức sáng nội dung tối đa; đây chính là thông tin mà màn hình dùng để quyết định việc ánh xạ tông.



Hình 11.50 Siêu dữ liệu HDR10 của một tệp mẫu tổng hợp trong MediaInfo (chế độ Text): Color primaries BT.2020, Transfer characteristics PQ, Mastering display luminance 0,0001–1000 cd/m², MaxCLL 1000 cd/m², MaxFALL 400 cd/m²

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (MediaInfo), 07/11/2026.

Mọi màn hình HDR đều phải giải quyết vấn đề này và mỗi màn hình giải quyết theo một cách riêng. Đó là lý do cùng một bản phim nhìn khác nhau trên các màn hình khác nhau, mà không có màn hình nào bị hỏng.



Cắt cứng

Mọi mức trên ngưỡng thành đúng mức đỉnh. Giữ nguyên vùng dưới ngưỡng, nhưng chi tiết vùng sáng mất hết: mây thành mảng trắng phẳng.

Nén mềm vùng sáng

Từ một điểm gãy, nén dần tới khi tiệm cận đỉnh. Giữ được hình dạng của mây, nhưng kéo tối cả vùng lẽ ra không cần đụng tới.

Siêu dữ liệu từng cảnh

Màn hình tính cách ánh xạ riêng cho từng cảnh. Tốt nhất, nhưng chỉ khi bản gốc thật sự có siêu dữ liệu.

Hình 11.51 Ba cách xử lý phần độ chói vượt quá khả năng màn hình

11.23.2 Ba cách xử lý

Bảng 11.40 Ba cách ánh xạ tông

Cách	Làm gì	Được	Mất
Cắt cứng	Mọi mức trên ngưỡng đều thành đúng mức đỉnh của màn hình	Giữ nguyên toàn bộ vùng dưới ngưỡng, không đụng gì tới nó	Mọi chi tiết vùng sáng biến mất: mây thành mảng trắng phẳng, đèn và mặt trời thành một khối
Nén mềm vùng sáng	Từ một điểm gãy nào đó, bắt đầu nén dần cho tới khi tiệm cận đỉnh	Giữ được chi tiết vùng sáng — vẫn thấy hình dạng của mây	Kéo tối cả những vùng lẽ ra không cần đụng tới; ảnh nhìn xỉn hơn bản gốc
Ánh xạ có siêu dữ liệu từng cảnh	Bản gốc mang theo mô tả độ chói của từng cảnh; màn hình tính cách ánh xạ riêng cho cảnh ấy	Tốt nhất — mỗi cảnh được xử lý theo đúng dải động của nó	Chỉ hoạt động khi bản gốc thật sự có siêu dữ liệu ấy, và khi màn hình hiểu đúng định dạng siêu dữ liệu

11.23.3 Hiện trạng năm 2026 của các hệ có siêu dữ liệu động

Cách thứ ba hấp dẫn nhất trên lý thuyết, nhưng trong thực tế phụ thuộc vào một điều kiện thường bị bỏ qua: phải có nội dung được làm với siêu dữ liệu ấy.

Bảng 11.41 Các hệ HDR có siêu dữ liệu, tình trạng 2026

Hệ	Đặc điểm	Tình trạng thực tế
HDR10	Siêu dữ liệu tĩnh — một bộ số cho cả bản phim	Phổ biến nhất, mọi thiết bị đều hiểu. Nhược điểm cố hữu: một cảnh đêm và một cảnh ngoài nắng dùng chung một cách ánh xạ
HDR có siêu dữ liệu động, thế hệ thứ nhất	Siêu dữ liệu theo từng cảnh hoặc từng khung hình	Đã chín, nhiều nội dung, phần lớn thiết bị cao cấp hỗ trợ
Thế hệ mới công bố 2025 – 2026	Bổ sung điều khiển làm mượt chuyển động theo từng cảnh; hỗ trợ màn hình tới 5.000 hoặc 10.000 cd/m²	Máy đã bắt đầu bán, nhưng nội DUNG gần như chưa có. Đây là chỗ cần nói thẳng với người đọc: một tính năng trên máy không có nghĩa là một tính năng dùng được

QUY TẮC 11.11 — MỘT NGUYÊN TẮC ĐỌC CÔNG NGHỆ MỚI

Một định dạng hiển thị chỉ thật sự tồn tại khi có đủ ba thành phần: thiết bị hiển thị hỗ trợ, đường truyền chở được và nội dung được làm ra ở định dạng ấy.

Thiếu thành phần thứ ba là tình trạng phổ biến nhất và cũng khó nhận ra nhất, vì hai thành phần đầu có thể thấy trên bảng thông số còn thành phần thứ ba thì không.

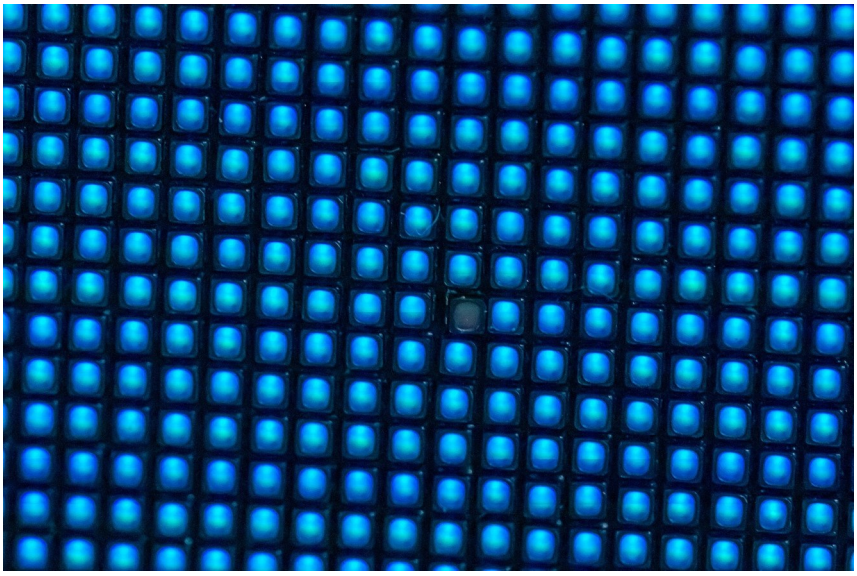
Nguyên tắc này có thể dùng lại ở Chương 12 khi xem xét bất kỳ công nghệ mới nào.

11.24 LED Volume — cấu tạo và thông số chọn

11.24.1 Tường LED là một màn hình

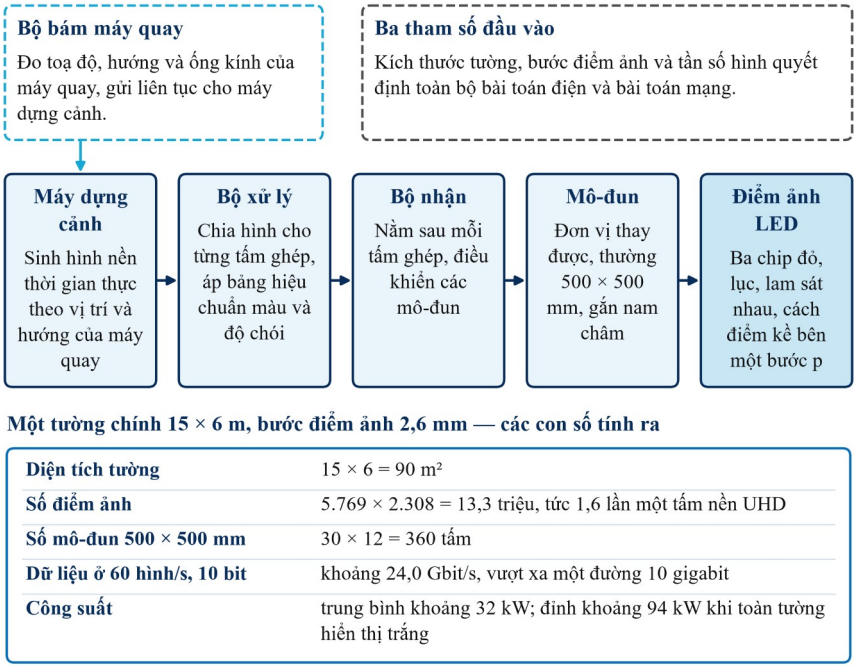
Một tường LED dùng cho trường quay ảo, thường gọi là LED Volume, về bản chất là một màn hình tự phát sáng ghép từ nhiều mô-đun. Mọi nội dung đã học ở Phần B đều áp dụng cho nó, cộng thêm ba vấn đề riêng là kích thước, khoảng cách máy quay và đồng bộ với máy quay.

Hình 11.52 cho thấy ảnh chụp cận cảnh bề mặt một tường LED đang chỉ bật các điểm ảnh con lam, trong đó từng điểm ảnh là một cụm đèn LED riêng biệt và một điểm hỏng hiện rõ giữa khung.



Hình 11.52 Cận cảnh mặt tường LED (chỉ bật màu lam): mỗi điểm ảnh là một cụm LED riêng; một điểm hỏng ở giữa khung

Nguồn: Junyu-K, CC BY 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).



Một tường chính 15 × 6 m, bước điểm ảnh 2,6 mm — các con số tính ra

Diện tích tường	15 × 6 = 90 m²
Số điểm ảnh	5.769 × 2.308 = 13,3 triệu, tức 1,6 lần một tấm nền UHD
Số mô-đun 500 × 500 mm	30 × 12 = 360 tấm
Dữ liệu ở 60 hình/s, 10 bit	khoảng 24,0 Gbit/s, vượt xa một đường 10 gigabit
Công suất	trung bình khoảng 32 kW; đỉnh khoảng 94 kW khi toàn tường hiển thị trắng

Hình 11.53 Cấu tạo một tường LED và các con số tính ra cho một tường 15 × 6 mét

11.24.2 Chuỗi thiết bị

Bảng 11.42 Chuỗi thiết bị của một tường LED

Khâu	Nhiệm vụ
Máy dựng cảnh	Sinh hình nền thời gian thực theo vị trí và hướng hiện tại của máy quay
Bộ bám máy quay	Đo toạ độ, hướng và thông số ống kính của máy quay, gửi liên tục cho máy dựng cảnh
Bộ xử lý	Nhận tín hiệu hình, chia cho từng tấm ghép, áp bảng hiệu chuẩn màu và độ chói riêng của từng mô-đun
Bộ nhận	Nằm sau mỗi tấm ghép, nhận phần hình của tấm ấy và điều khiển các mô-đun
Mô-đun	Đơn vị thay thế được, thường 500 × 500 mm, gắn nam châm để thay được ngay trong buổi quay
Điểm ảnh LED	Ba chip đỏ, lục, lam đặt sát nhau, cách điểm ảnh kề bên một khoảng bằng bước điểm ảnh p

11.24.3 Tính ra các con số của một tường cụ thể

Ba tham số đầu vào là kích thước tường, bước điểm ảnh và tần số hình quyết định toàn bộ bài toán điện và bài toán mạng, nên phép tính này là bước đầu tiên khi có đề nghị dựng một trường quay ảo.

Bảng 11.43 Tường chính 15 × 6 mét — các con số theo bước điểm ảnh

Bước điểm ảnh	Số điểm ảnh	Tổng điểm ảnh	So với UHD	Dữ liệu ở 60 hình/s, 10 bit
1,5 mm	10.000 × 4.000	40,0 triệu	4,8 lần	72,0 Gbit/s
1,9 mm	7.895 × 3.158	24,9 triệu	3,0 lần	44,9 Gbit/s
2,6 mm	5.769 × 2.308	13,3 triệu	1,6 lần	24,0 Gbit/s
3,9 mm	3.846 × 1.538	5,9 triệu	0,7 lần	10,6 Gbit/s

Bảng 11.44 Các con số không phụ thuộc bước điểm ảnh

Đại lượng	Giá trị	Ghi chú
Diện tích tường	90 m²	Tường chính, chưa kể trần
Số mô-đun 500 × 500 mm	30 × 12 = 360 tấm	Mỗi tấm là một đơn vị thay thế được
Công suất trung bình	khoảng 32 kW	Ở mức trung bình của một cảnh quay thông thường
Công suất đỉnh	khoảng 94 kW	Khi toàn tường hiển thị trắng — phải tính hệ điện theo con số này
Độ chói	2.500 – 5.000 cd/m²	Cao hơn màn hình phòng dựng hàng chục lần, vì tường LED vừa là màn hình vừa là nguồn sáng cho cảnh quay

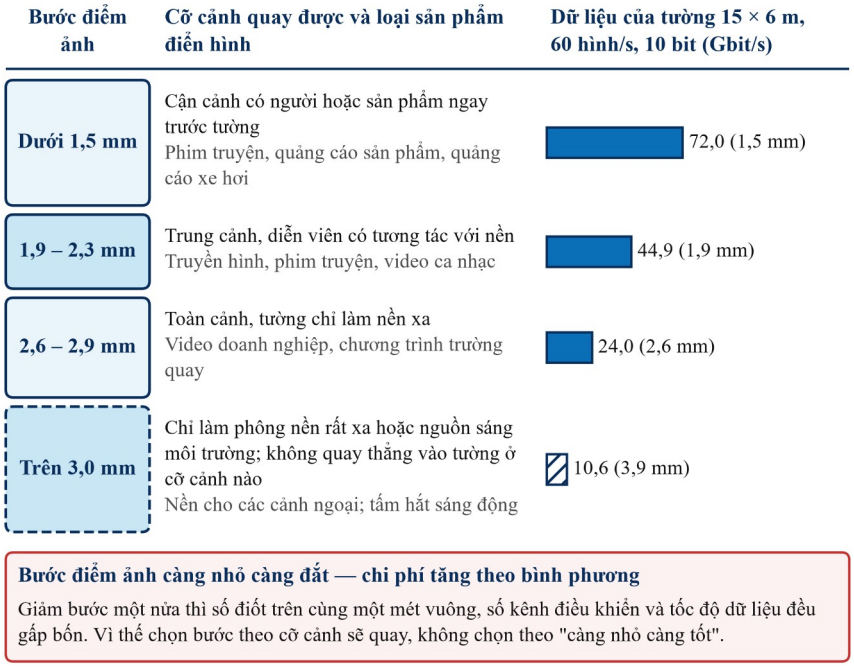
QUY TẮC 11.12 — HAI CON SỐ NÊN NHỚ KHI AI ĐÓ ĐỀ NGHỊ DỰNG TRƯỜNG QUAY ẢO

Về bài toán điện, một tường 15 × 6 mét cần hệ điện chịu được khoảng 94 kW ở đỉnh, cộng với hệ điều hoà tương ứng, vì gần như toàn bộ công suất ấy biến thành nhiệt trong trường quay.

Về bài toán mạng, ngay cả ở bước điểm ảnh thô nhất trong bảng trên, tốc độ dữ liệu đã vượt xa một đường mười gigabit, vì vậy hệ tường LED dùng nhiều bộ xử lý chạy song song, mỗi bộ đảm nhiệm một phần tường.

11.24.4 Chọn bước điểm ảnh theo cỡ cảnh

Bước điểm ảnh là quyết định tốn kém nhất của cả trường quay ảo, vì chi phí tăng theo bình phương khi bước giảm: giảm bước một nửa thì số điốt trên cùng một mét vuông, số kênh điều khiển và tốc độ dữ liệu đều tăng gấp bốn lần.



Hình 11.54 Chọn bước điểm ảnh theo cỡ cảnh sẽ quay

Bảng 11.45 Bảng chọn bước điểm ảnh

Bước điểm ảnh	Cỡ cảnh quay được	Loại sản phẩm điển hình
Dưới 1,5 mm	Cận cảnh có người hoặc sản phẩm ngay trước tường	Phim truyện, quảng cáo sản phẩm, quảng cáo xe hơi
1,9 – 2,3 mm	Trung cảnh, diễn viên có tương tác với nền	Truyền hình, phim truyện, video ca nhạc
2,6 – 2,9 mm	Toàn cảnh, tường chỉ làm nền xa	Video doanh nghiệp, chương trình trường quay
Trên 3,0 mm	Chỉ làm phông nền rất xa hoặc nguồn sáng môi trường; không quay thẳng vào tường ở cỡ cảnh nào	Nền cho các cảnh ngoại; tấm hắt sáng động

Bảng này được chọn theo cỡ cảnh sẽ quay chứ không theo nguyên tắc "càng nhỏ càng tốt"; một trường quay chỉ làm chương trình trường quay mà mua tường 1,2 mm là chi phí vào chỗ không bao giờ dùng tới.

11.25 Khoảng cách máy quay và hiện tượng lộ lưới

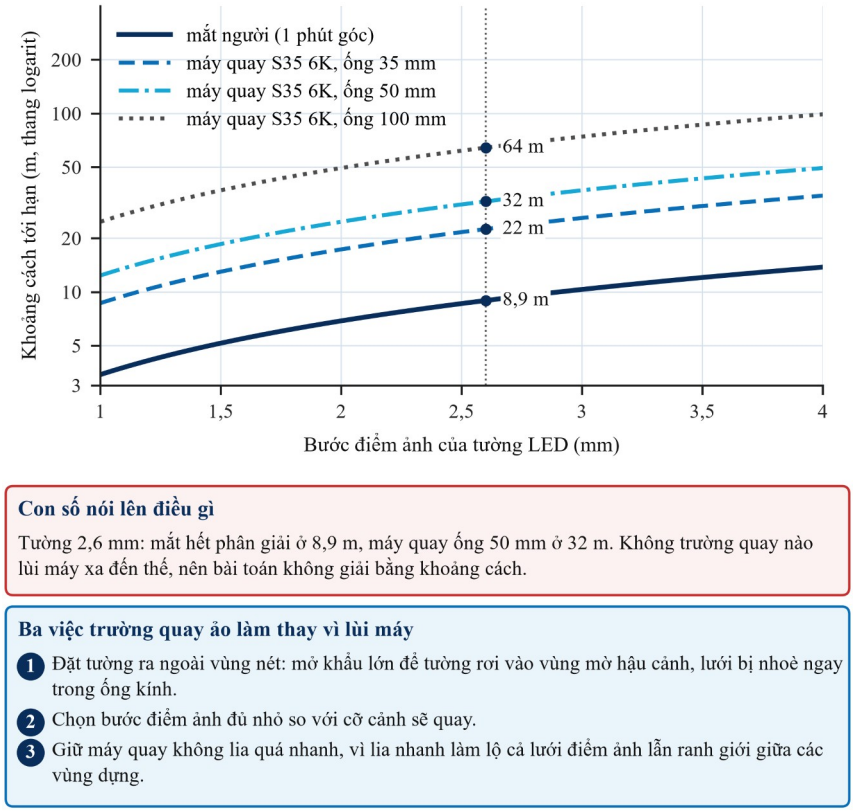
11.25.1 Máy quay nhìn tinh hơn mắt người rất nhiều

Công thức (11.9) ở mục 11.18.4 tính khoảng cách mà mắt hết phân giải lưới điểm ảnh, với góc phân giải khoảng một phút góc. Áp dụng đúng công thức ấy cho máy quay, chỉ thay α, sẽ dẫn đến một kết luận đáng suy nghĩ.

Góc phân giải của một hệ máy quay là kích thước một điểm ảnh cảm biến chia cho tiêu cự ống kính.

Bảng 11.46 Khoảng cách hết phân giải lưới điểm ảnh — mắt và máy quay

Người hoặc thiết bị nhìn	Góc phân giải	Tường 1,5 mm	Tường 2,6 mm
Mắt người	1 phút góc	5,2 m	8,9 m
Máy quay S35 6K, ống 35 mm	116 phần triệu radian	13 m	22 m
Máy quay S35 6K, ống 50 mm	81 phần triệu radian	19 m	32 m
Máy quay S35 6K, ống 100 mm	41 phần triệu radian	37 m	64 m



Hình 11.55 Khoảng cách tới hạn cho mắt người và cho ba tiêu cự ống kính

GHI NHỚ 11.16 — CÔNG THỨC CHO MỘT CON SỐ CHÍNH XÁC VÀ MỘT KẾT LUẬN KHÔNG DÙNG ĐƯỢC

Với tường 2,6 mm và ống kính 50 mm trên cảm biến S35 6K, máy quay chỉ hết phân giải lưới ở khoảng 32 mét, một khoảng cách mà không trường quay nào lùi máy xa đến được.

Giá trị của phép tính này nằm ở chỗ nó chứng minh bài toán không thể giải bằng khoảng cách và phải giải bằng cách khác, chứ không nằm ở con số cụ thể.

11.25.2 Thực tế giải bài toán ấy thế nào

Vì vậy trường quay ảo không giải quyết bằng cách lùi máy cho đủ xa mà thực hiện ba việc khác, và cả ba đều nối lại với những chương đã học.

- **Đặt tường ra ngoài vùng nét.** Mở khẩu lớn để độ sâu trường ảnh nông, sao cho tường LED rơi vào vùng mờ hậu cảnh và lưới điểm ảnh bị làm nhoè ngay trong ống kính, trước khi tới cảm biến. Đây chính là công thức độ sâu trường ảnh ở mục 9.6 được dùng vào một mục đích mà chương ấy chưa đề cập.
- **Chọn bước điểm ảnh đủ nhỏ so với cỡ cảnh.** Bảng ở mục 11.24.4 chính là bảng ấy; nó không đưa lưới ra ngoài khả năng phân giải của máy quay mà đưa lưới xuống dưới mức gây khó chịu ở cỡ cảnh sẽ quay.
- **Giữ máy quay không lia quá nhanh.** Lia nhanh làm lộ cả lưới điểm ảnh lẫn ranh giới giữa vùng được dựng ở độ phân giải cao và vùng ngoài, nội dung này sẽ được trình bày ở mục 11.26.

GHI NHỚ 11.17 — HIỆN TƯỢNG SỌC VÂN MOIRÉ VÀ CÁCH KHÁC ĐỂ HIỂU NÓ

Khi lưới điểm ảnh của tường và lưới điểm ảnh của cảm biến gần bằng nhau về tần số không gian, hai lưới giao thoa và sinh ra một mạng vân rất rõ trong khung hình. Đây chính là hiện tượng chồng phổ đã học ở mục 8.3.2, lần này xảy ra trong không gian hai chiều.

Vì thế cách xử lý cũng tương tự, là làm nhoè tín hiệu trước khi lấy mẫu: ở máy quay, bộ lọc quang thông thấp đảm nhiệm việc này, còn ở trường quay ảo thì độ sâu trường ảnh nông đảm nhiệm.

Trong thực tế còn dùng thêm ba biện pháp: hơi xoay tường vài độ so với mặt phẳng cảm biến, tránh những tiêu cự rơi đúng vào vùng cộng hưởng, và thêm một lượng rất nhỏ nhiễu vào hình nền.

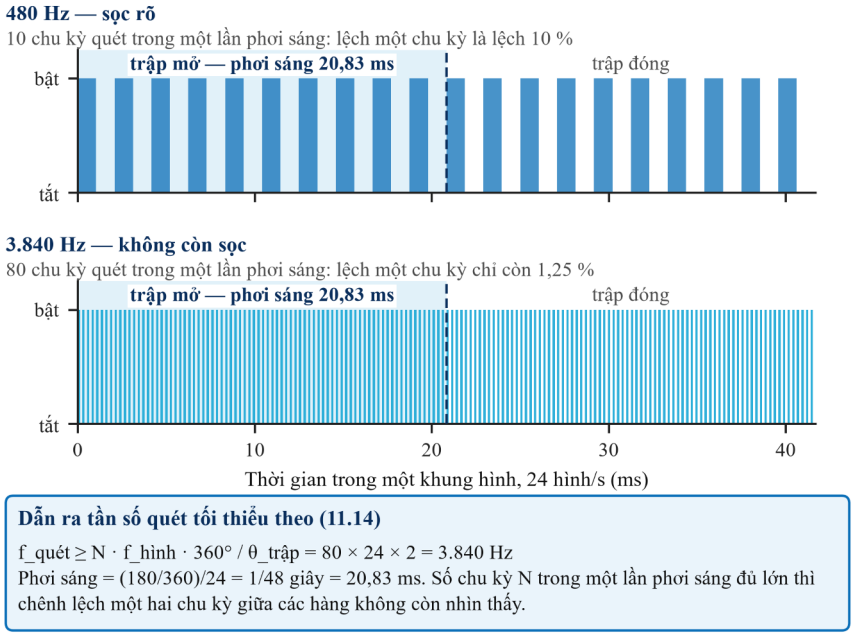
11.26 Đồng bộ máy quay với tường LED

11.26.1 Vì sao tường LED nhấp nháy trong khung hình

Tường LED tạo mức sáng bằng cách bật tắt rất nhanh, giống hệt cơ chế điều biến độ rộng xung của gương vi cơ ở mục 11.15.2, và mắt người lấy trung bình theo thời gian nên không thấy gì bất thường.

Máy quay thì khác, vì nó chỉ mở trập trong một phần của mỗi khung hình, với góc trập 180 độ là đúng một nửa. Trong khoảng thời gian ngắn ấy, số chu kỳ

bật tắt mà máy quay bắt được có thể khác nhau giữa hàng này với hàng kia của tường, và kết quả là những dải sáng tối chạy ngang khung hình.



Hình 11.56 Cơ chế sinh sọc: quan hệ giữa tần số quét tường LED và thời gian phơi sáng

11.26.2 Dẫn ra con số 3.840 Hz

Con số tần số quét 3.840 Hz không cần học thuộc vì có thể dẫn ra từ một điều kiện đơn giản: trong mỗi lần phơi sáng phải có đủ nhiều chu kỳ quét để chênh lệch một vài chu kỳ không còn nhìn thấy.

$$f_{\text{scan}} \geq N \cdot f_{\text{fr}} \cdot \frac{360^\circ}{\theta_{\text{sh}}} \qquad (11.14)$$

Trong (11.14), N là số chu kỳ tối thiểu muốn có trong một lần phơi sáng, $f_{\text{hình}}$ là tần số hình và $\theta_{\text{trập}}$ là góc trập. Lấy N bằng 80, mức mà chênh lệch một chu kỳ chỉ còn hơn một phần trăm, thì với 24 hình/giây và góc trập 180 độ:

- Thời gian phơi sáng: (180 chia 360) chia 24 = 1/48 giây, tức 20,83 ms.
- Tần số quét cần: 80 × 24 × (360 chia 180) = 3.840 Hz.

Kết quả đúng bằng con số 3.840 Hz thường được nêu trong thực hành. Điều quan trọng không phải là khớp được con số, mà là người đọc có thể tính được con số ấy cho mọi trường hợp khác.

Bảng 11.47 Tần số quét tối thiểu theo (11.14)

Tần số hình	Góc trập	Thời gian phơi sáng	Tần số quét cần (N = 80)
24 hình/giây	180°	20,83 ms	3.840 Hz
25 hình/giây	180°	20,00 ms	4.000 Hz
30 hình/giây	180°	16,67 ms	4.800 Hz
24 hình/giây	90°	10,42 ms	7.680 Hz
48 hình/giây	180°	10,42 ms	7.680 Hz
60 hình/giây	180°	8,33 ms	9.600 Hz

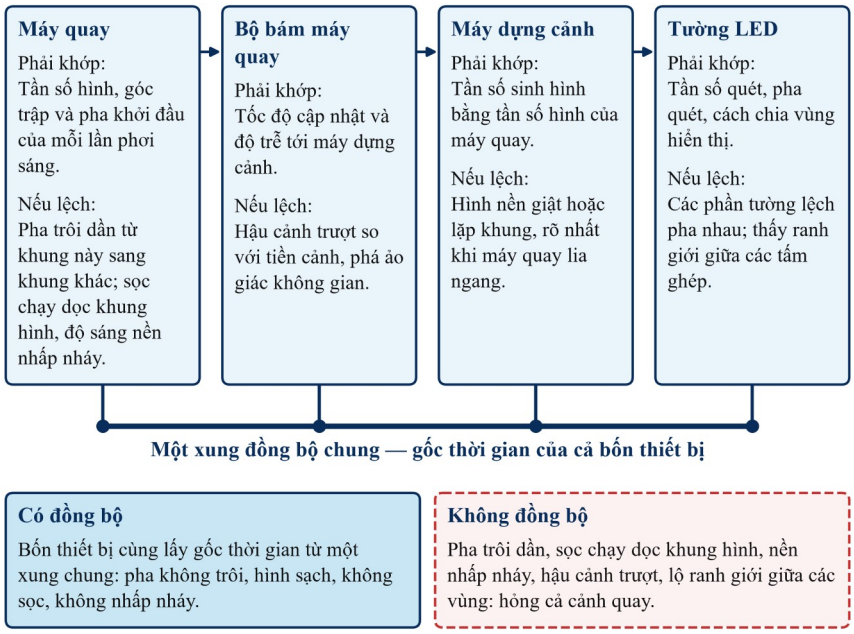
QUY TẮC 11.13 — ĐỌC BẢNG NÀY THẾ NÀO

Góc trập hẹp đòi hỏi tần số quét cao hơn, vì thời gian phơi sáng ngắn lại trong khi số chu kỳ cần thiết vẫn giữ nguyên. Một cảnh quay góc trập 90 độ ở 24 hình/giây đòi 7.680 Hz, gấp đôi trường hợp thông thường.

Vì vậy, đạo diễn hình ảnh phải trao đổi trước với bộ phận tường LED khi định dùng góc trập lạ hoặc quay chậm, bởi không phải mọi tường LED đều đạt được tần số quét tuỳ ý.

11.26.3 Bốn thứ phải chạy chung một nhịp

Tần số quét đủ cao mới chỉ giải quyết hiện tượng sọc; ngoài ra, bốn thiết bị còn phải cùng lấy gốc thời gian từ một xung đồng bộ chung.



Hình 11.57 Bốn thiết bị phải chạy chung một nhịp và hệ quả khi mất đồng bộ

Bảng 11.48 Bốn thiết bị và cái phải khớp

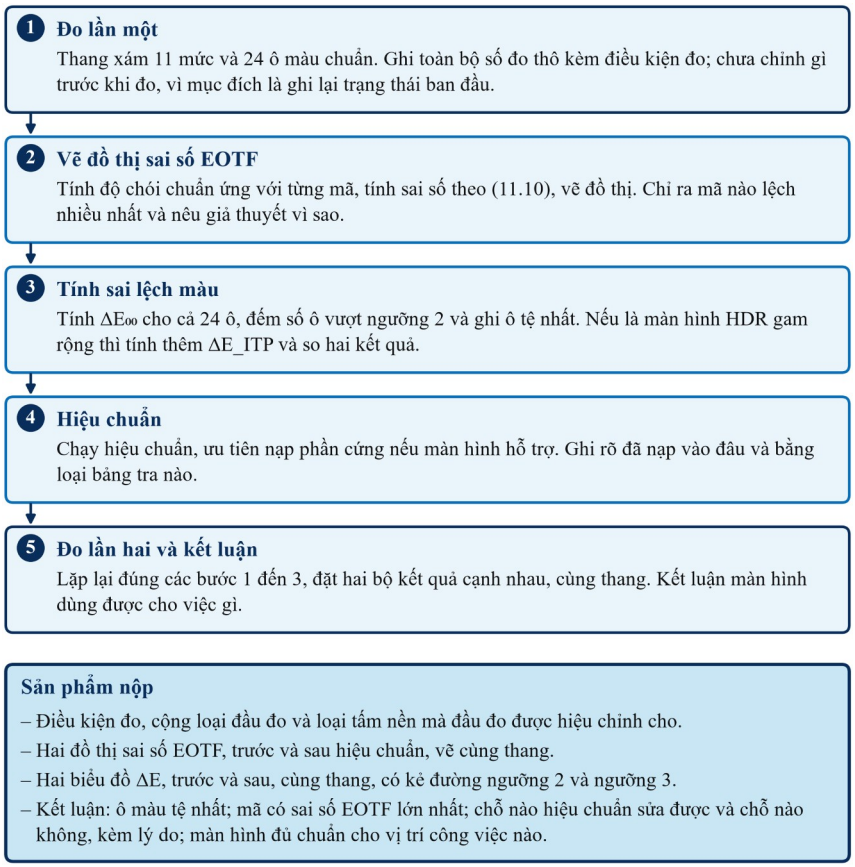
Thiết bị	Cái phải khớp	Hỏng ra sao nếu lệch
Máy quay	Tần số hình, góc trập, và PHA khởi đầu của mỗi lần phơi sáng	Pha trôi dần từ khung này sang khung khác; sọc chạy dọc khung hình và độ sáng nền nhấp nháy
Tường LED	Tần số quét, pha quét, cách chia vùng hiển thị	Các phần tường lệch pha nhau; thấy ranh giới giữa các tấm ghép
Máy dựng cảnh	Tần số sinh hình phải bằng tần số hình của máy quay	Hình nền giật hoặc lặp khung; thấy rõ nhất khi máy quay lia ngang
Bộ bám máy quay	Tốc độ cập nhật và độ trễ tới máy dựng cảnh	Hình nền bám trễ so với chuyển động máy — hậu cảnh "trượt" so với tiền cảnh, phá hoàn toàn ảo giác không gian

Bộ bám máy quay còn liên quan tới một chi tiết khác: vùng mà máy quay đang nhìn được dựng ở độ phân giải cao, còn phần tường ngoài vùng ấy được dựng

ở độ phân giải thấp hơn để tiết kiệm năng lực tính toán. Nếu máy lia nhanh mà bộ bám trễ dù chỉ một khung, ranh giới giữa hai vùng sẽ lộ ngay trong hình.

11.27 Bài thực hành số 4 — đo, hiệu chuẩn và đo lại

Bài thực hành cuối cùng gộp cả ba phép kiểm ở mục 11.21 và phần hiệu chuẩn ở mục 11.22 thành một chu trình khép kín: đo, sửa, đo lại, kết luận.



Hình 11.58 Năm bước của bài thực hành số 4

11.27.1 Mục tiêu

- Thực hiện trọn vẹn ba phép kiểm bắt buộc trên một màn hình thật.
- Đọc được từ đồ thị sai số đâu là lỗi hiệu chuẩn và đâu là giới hạn vật lý của tấm nền.
- Chứng minh bằng số đo rằng hiệu chuẩn có tác dụng và định lượng được tác dụng ấy.
- Kết luận được màn hình ấy đủ chuẩn cho vị trí công việc nào trong bốn vị trí ở mục 11.13.

11.27.2 Năm bước tiến hành

Bước 1: đo lần một. Đo thang xám 11 mức và 24 ô màu chuẩn, ghi toàn bộ số đo thô kèm điều kiện đo. Không chỉnh gì trước khi đo, vì mục đích của bước này là ghi lại trạng thái ban đầu.

Bước 2: vẽ đồ thị sai số EOTF. Tính độ chói chuẩn ứng với từng mã, tính sai số theo (11.10) và vẽ đồ thị, sau đó chỉ ra mã lệch nhiều nhất và nêu giả thuyết giải thích.

Bước 3: tính sai lệch màu. Tính ΔE_{00} cho cả 24 ô, đếm số ô vượt ngưỡng 2 và ghi lại ô kém nhất kèm số của nó. Nếu màn hình là màn HDR gam rộng thì tính thêm ΔE_ITP và so sánh hai kết quả.

Bước 4: hiệu chuẩn. Chạy hiệu chuẩn, ưu tiên nạp phần cứng nếu màn hình hỗ trợ, và ghi rõ đã nạp vào đâu cũng như bằng loại bảng tra nào.

Bước 5: đo lần hai và kết luận. Lặp lại đúng các bước 1 đến 3, đặt hai bộ kết quả cạnh nhau trên cùng thang, rồi kết luận màn hình dùng được cho việc gì.

11.27.3 Kết quả cần có và cách tự đánh giá

Bảng 11.49 Kết quả cần có của bài thực hành số 4

Phần	Nội dung bắt buộc
Điều kiện đo	Như bài số 1, cộng thêm: loại đầu đo và loại tấm nền mà đầu đo được hiệu chỉnh cho
Hai đồ thị sai số EOTF	Trước và sau hiệu chuẩn, vẽ cùng thang để so được
Hai biểu đồ ΔE	Trước và sau, cùng thang, có kẻ đường ngưỡng 2 và ngưỡng 3
Kết luận	Ô màu nào tệ nhất; sai số EOTF lớn nhất ở mã nào; chỗ nào hiệu chuẩn sửa được và chỗ nào không, kèm lý do; màn hình đủ chuẩn cho vị trí công việc nào

> **THỰC HÀNH 11.3 — PHẦN CÓ GIÁ TRỊ NHẤT**
>
> Phần có giá trị nhất của bài này là việc phân biệt được *lỗi hiệu chuẩn* với *giới hạn vật lý*
>
> Một màn hình có sai số âm rất lớn ở vùng mã cao không phải là màn hình hiệu chuẩn sai mà là màn hình đã hết công suất, và ai nhận ra được điều đó là đã hiểu đúng cả mục 11.10.1 lẫn mục 11.23.
>
> Nếu chưa có đầu đo, có thể dùng bộ số đo mẫu in kèm trong sách: toàn bộ phần tính toán, vẽ đồ thị và kết luận giữ nguyên giá trị.

11.28 Bảng tra nhanh và tổng kết chương

11.28.1 Bảng tra nhanh

Các con số và công thức thường dùng của chương được gom vào một chỗ. Mọi giá trị đều tính ra từ các công thức đã nêu, nên chỉ cần thay tham số vào là có kết quả cho trường hợp khác.

Độ chói chuẩn

Rạp SDR: 48 cd/m² (14 fL)
Rạp độ chói cao: 108 cd/m²
Phòng trình chiếu có đèn: 100 cd/m²
Bản gốc HDR: 1.000 cd/m²
Quy đổi (11.7): 1 fL = 3,426 cd/m²

Ngưỡng sai lệch màu

Duyệt màu: $\Delta E \leq 2$
Dựng phim: $\Delta E \leq 3$
Xem thường: $\Delta E \leq 5$
ΔE_ITP: một đơn vị bằng một ngưỡng vừa đủ nhận ra
Bám đường EOTF: sai số dưới 10 %

Phủ gam màu (theo BT.2020)

Rec.709: 52,9 %
DCI-P3: 71,7 %
BT.2020: 100,0 %
Rec.709 phủ DCI-P3: 73,7 %

Bước mã và dải màu

Tại 100 cd/m², bước mã PQ theo (11.13):
8 bit: 3,98 % — thấy dải
10 bit: 0,98 % — sát ngưỡng
12 bit: 0,24 % — an toàn
Ngưỡng Barten: 0,9 %

Khoảng cách tới hạn (11.9)

Mắt người, một phút góc:
bước 1,5 mm → 5,2 m; bước 2,6 mm → 8,9 m
Máy quay S35 6K, ống 50 mm:
bước 2,6 mm → 32 m

Máy chiếu

Độ chói màn (11.5): $L = \Phi \cdot G / (\pi \cdot A)$
Số fL (11.7) = số lumen / diện tích ft²
Màn rộng 8 m, 1,85 : 1, đạt 48 cd/m²: cần 5.217 lumen
Màn đục lỗ: cộng thêm 10 % dự phòng

Tường LED 15 × 6 m (2,6 mm)

Điểm ảnh: 5.769 × 2.308
Mô-đun: 360 tấm 500 × 500 mm
Dữ liệu: 24,0 Gbit/s ở 60 hình/s, 10 bit
Công suất: 32 kW trung bình, 94 kW đỉnh

Tần số quét tường LED (11.14)

$f_quét \geq N \cdot f_hình \cdot 360° / \theta_trập$
24 hình/s, trập 180°, N = 80: 3.840 Hz
25 hình/s, trập 180°, N = 80: 4.000 Hz
24 hình/s, trập 90°, N = 80: 7.680 Hz

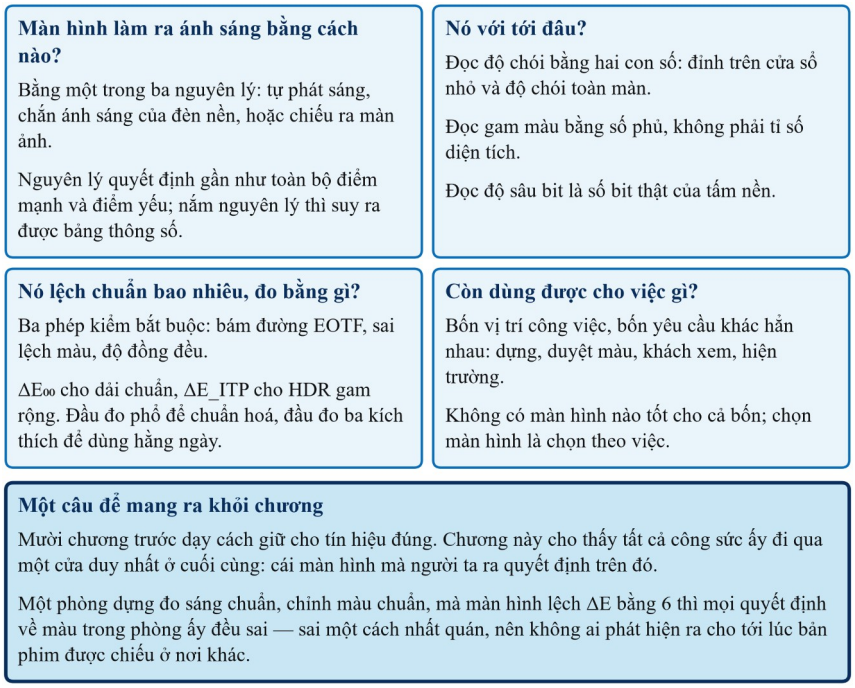
Hình 11.59 Bảng tra nhanh — các con số của Chương 11

Bảng 11.50 Mười bốn công thức của chương

Số hiệu	Công thức	Trả lời câu hỏi gì
(11.1)	Tỉ số tương phản, có và không có ánh sáng lạc	Tương phản thật của màn hình trong phòng này là bao nhiêu
(11.3)	Định luật Malus	Vì sao van tinh thể lỏng không bao giờ đóng kín
(11.4)	Độ chói theo tỉ lệ cửa sổ	Màn hình tự phát sáng này thật sự sáng bao nhiêu khi toàn màn trắng
(11.2)	Phủ gam màu theo diện tích	Màn hình phủ được bao nhiêu phần trăm gam đích
(11.11)	Sai lệch màu ΔE_{00}	Màu đo được lệch bao nhiêu, ở dải động chuẩn
(11.12)	Sai lệch màu ΔE_ITP theo BT.2124	Màu đo được lệch bao nhiêu, ở HDR và gam rộng
(11.5)	Độ chói màn ảnh từ quang thông	Máy chiếu này lên màn ấy cho bao nhiêu cd/m²
(11.6)	Quang thông cần thiết	Phòng này cần máy chiếu bao nhiêu lumen
(11.7)	Quy đổi foot-lambert và công thức của ngành rạp	Chuẩn 14 fL bằng bao nhiêu nit; tính nhẩm lumen từ diện tích màn
(11.8)	Tỉ số chiếu	Phòng sâu thế này, màn rộng thế kia thì cần ống kính nào

Số hiệu	Công thức	Trả lời câu hỏi gì
(11.10)	Sai số bám đường EOTF	Màn hình bám đường chuẩn tới mã nào thì bắt đầu lệch
(11.13)	Bước mã và ngưỡng Barten	Mấy bit là đủ để không thấy dải màu
(11.9)	Khoảng cách tới hạn theo góc phân giải	Đứng cách bao xa thì hết thấy lưới điểm ảnh — cho mắt và cho máy quay
(11.14)	Tần số quét tường LED	Tần số quét bao nhiêu thì không còn sọc trong khung hình

11.28.2 Trả lời lại bốn câu hỏi mở đầu



Hình 11.60 Trả lời lại bốn câu hỏi mở đầu chương

Màn hình làm ra ánh sáng bằng cách nào? Bằng một trong ba nguyên lý: tự phát sáng, chắn ánh sáng của đèn nền, hoặc chiếu ra màn ảnh. Nguyên lý quyết định gần như toàn bộ điểm mạnh và điểm yếu của thiết bị, nên khi nắm nguyên lý thì có thể suy ra bảng thông số mà không cần học thuộc.

Nó với tới đâu? Độ chói được đọc bằng hai con số là đỉnh trên cửa sổ nhỏ và độ chói toàn màn; gam màu được đọc bằng số phủ chứ không bằng tỉ số diện tích; còn độ sâu bit phải là số bit thật của tấm nền.

Nó lệch chuẩn bao nhiêu, đo bằng gì? Ba phép kiểm bắt buộc là bám đường EOTF, sai lệch màu và độ đồng đều, trong đó ΔE_{00} dùng cho dải chuẩn và ΔE_ITP dùng cho HDR gam rộng. Đầu đo phổ dùng để chuẩn hoá, còn đầu đo ba kích thích dùng hằng ngày.

Còn dùng được cho việc gì? Có bốn vị trí công việc với bốn yêu cầu khác hẳn nhau: dựng, duyệt màu, khách xem và hiện trường. Không có màn hình nào tốt cho cả bốn vị trí, nên việc chọn màn hình phải căn cứ vào *công việc* cụ thể.

> **GHI NHỚ 11.18 — MỘT CÂU ĐỂ MANG RA KHỎI CHƯƠNG**
>
> Mười chương trước trình bày cách giữ cho tín hiệu đúng. Chương này cho thấy toàn bộ công sức ấy đi qua một cửa duy nhất ở cuối cùng, đó là màn hình mà người làm nghề dựa vào để ra quyết định.
>
> Một phòng dựng đo sáng chuẩn và chỉnh màu chuẩn nhưng dùng màn hình lệch ΔE bằng 6 thì mọi quyết định về màu trong phòng ấy đều sai, và sai một cách *nhất quán*, nên không ai phát hiện ra cho tới lúc bản phim được chiếu ở nơi khác.
>
> Vì vậy, một phòng làm nghề nghiêm túc bắt đầu bằng việc mua một đầu đo chứ không phải một màn hình đắt tiền.

11.28.3 Chỗ nối sang Chương 12

Chương 11 dừng lại ở phần *phần cứng* của trường quay ảo: tường LED là loại màn hình nào, chọn bước điểm ảnh ra sao và đồng bộ với máy quay thế nào. Phần còn lại, gồm dựng cảnh thời gian thực, công cụ sinh nội dung nền và vai trò của trí tuệ nhân tạo ở từng khâu, thuộc về Chương 12.

Ngoài ra, nguyên tắc đọc công nghệ mới đã nêu ở mục 11.23.3 sẽ được dùng lại nhiều lần ở chương cuối: một công nghệ chỉ thật sự tồn tại khi có đủ ba thứ là thiết bị hỗ trợ, đường truyền chở được và nội dung được làm ra ở định dạng ấy.

TÓM TẮT CHƯƠNG 11

1. Màn hình làm ra ánh sáng theo một trong ba nguyên lý: tự phát sáng, chắn ánh sáng của đèn nền, hoặc chiếu ra màn ảnh. Nguyên lý quyết định mức đen và độ chói của thiết bị.
2. Độ chói của tấm nền tự phát sáng phải đọc bằng hai con số: đỉnh trên cửa sổ nhỏ và độ chói toàn màn. Gam màu đọc bằng số phủ chứ không đọc bằng tỉ số diện tích.
3. Van tinh thể lỏng luôn rò một phần ánh sáng theo định luật Malus, nên mức đen của tấm nền tinh thể lỏng được cải thiện bằng đèn nền làm mờ cục bộ chứ không bằng chính tấm nền.
4. Chấm lượng tử là lớp phát màu, còn mini-LED và đèn nền RGB là đèn nền; đó là các trục độc lập của một sản phẩm chứ không phải các dòng của một danh sách.
5. OLED có bốn kiến trúc, trong đó kiến trúc xếp chồng tăng độ chói và tuổi thọ. Ba giới hạn của tấm nền tự phát sáng là ngân sách công suất, lưu ảnh và suy giảm không đều giữa ba màu.
6. Micro-LED năm 2026 chưa vào cỡ màn hình của một phòng hậu kỳ, nên màn hình được chọn theo vị trí công việc: dựng, duyệt màu, khách xem, hiện trường.

7. Máy chiếu được đọc theo hai trục: cơ cấu tạo ảnh (gương vi cơ, tinh thể lỏng, LCoS) và nguồn sáng (đèn phóng điện, laser lân quang, laser ba màu).
8. Quang thông, độ chói màn ảnh, tỉ số chiếu và khoảng cách xem tới hạn đều tính ra từ công thức; chuẩn chiếu rạp là 48 cd/m² (14 foot-lambert).
9. Ba phép kiểm bắt buộc là bám đường EOTF, sai lệch màu (ΔE_{00} cho dải chuẩn, ΔE_ITP cho HDR và gam rộng) và độ đồng đều; hiệu chuẩn phần cứng giữ nguyên số mức mã, hiệu chuẩn phần mềm thì không.
10. Tường LED là một màn hình ghép từ điểm ảnh rời: bước điểm ảnh chọn theo cỡ cảnh, khoảng cách tới hạn tính theo góc phân giải của máy quay, và tần số quét phải đủ cao để không sinh sọc trong khung hình.

11.29 Câu hỏi và bài tập ôn tập

A. Câu hỏi lý thuyết

Phần A — nguyên lý hiển thị và tấm nền có đèn nền

1. Nêu ba nguyên lý phát ảnh và cho biết mỗi nguyên lý quyết định điều gì về mức đen của màn hình.
2. Vì sao độ chói của một tấm nền tự phát sáng phải ghi bằng hai con số chứ không phải một?
3. Phân biệt tỉ số tương phản tĩnh và tỉ số tương phản động. Con số nào có ích khi chọn màn hình và vì sao?
4. Ánh sáng lạc ảnh hưởng tới tương phản theo cơ chế nào? Viết công thức và giải thích vì sao nó nâng mức đen nhiều hơn mức trắng về tỉ lệ.
5. Phân biệt số phủ gam màu và tỉ số diện tích gam màu. Vì sao con số thứ hai có thể vượt 100 %?
6. Mô tả sáu lớp trên đường đi của ánh sáng trong một điểm ảnh tinh thể lỏng và nhiệm vụ của từng lớp.
7. Phát biểu định luật Malus và giải thích vì sao một màn hình LCD không bao giờ có màu đen tuyệt đối.
8. Vì sao hiệu suất quang của một tấm nền LCD chỉ khoảng 4 tới 8 phần trăm? Liệt kê các chặng mất mát.
9. So sánh ba họ tấm nền TN, IPS và VA theo tương phản, góc nhìn và thời gian đáp ứng. Vì sao không họ nào thắng cả ba?
10. Nêu bốn thế hệ đèn nền và cho biết mỗi thế hệ giải quyết được vấn đề gì của thế hệ trước.
11. Vì sao tăng số vùng làm mờ không làm hiện tượng quầng sáng biến mất? Muốn hết hẳn thì phải làm gì?
12. Nguyên lý phát quang của chấm lượng tử là gì? Vì sao vạch phát hẹp lại quyết định gam màu?
13. Chấm lượng tử có thể đặt ở hai chỗ khác nhau trong màn hình. Nêu hai chỗ ấy và cho biết sản phẩm tạo ra thuộc nguyên lý phát ảnh nào.

14. Đèn nền RGB khác đèn nền LED lam phủ lân quang ở chỗ nào? Nó được gì và mất gì?
15. Vì sao mọi hướng cải tiến LCD trong hai mươi năm qua đều nhắm vào việc giảm mất mát ánh sáng?

Phần B — tấm nền tự phát sáng

1. Mô tả cấu tạo lớp của một điốt phát quang hữu cơ và cho biết lớp nào quyết định màu ánh sáng phát ra.
2. Vì sao vật liệu phát màu lam là chỗ khó nhất của công nghệ OLED?
3. Phân biệt vật liệu huỳnh quang và vật liệu lân quang về hiệu suất lý thuyết.
4. Nêu ba hệ quả trực tiếp của việc mỗi điểm ảnh tự phát sáng.
5. So sánh kiến trúc WRGB và kiến trúc QD-OLED về cách tách màu, số điểm ảnh con và gam màu.
6. Vì sao độ bão hoà của tấm nền WRGB giảm khi ảnh sáng lên?
7. Giải thích vì sao kiến trúc xếp chồng cho độ chói và tuổi thọ cao hơn kiến trúc một lớp mà không cần tăng dòng.
8. Vì sao nói "OLED xếp chồng" không phải một kiến trúc thứ tư ngang hàng với ba kiến trúc kia?
9. Viết công thức mô tả giới hạn độ chói theo tỉ lệ diện tích sáng và giải thích ý nghĩa của từng số hạng.
10. Phân biệt lưu ảnh tạm thời và lưu ảnh vĩnh viễn. Vì sao hiệu chuẩn không cứu được lưu ảnh vĩnh viễn?
11. Kể bốn thứ trên màn hình dựng là kẻ thù của tấm nền tự phát sáng và nêu quy tắc chọn màn hình suy ra từ đó.
12. Vì sao ba màu của tấm nền OLED không xuống cấp cùng tốc độ, và màn hình có xu hướng trôi về phía nào?
13. Nêu ba rào cản của công nghệ micro-LED và giải thích vì sao chúng khó gỡ.
14. Vì sao micro-LED bán được ở cỡ rất nhỏ và cỡ rất lớn nhưng hở ở khoảng giữa?
15. Nêu bốn vị trí công việc trong một phòng làm nghề và yêu cầu quyết định của từng vị trí.
16. Vì sao màn hình dựng nên là tấm nền có đèn nền còn màn hình duyệt màu mới nên là tấm nền tự phát sáng?

Phần C — máy chiếu và hiển thị cỡ lớn

1. Vì sao một máy chiếu phải đọc theo hai trục? Nêu tên hai trục ấy và các giá trị của mỗi trục.
2. Gương vi cơ chỉ có hai trạng thái. Vậy mức xám sinh ra từ đâu?
3. Giải thích nguồn gốc của hiện tượng cầu vồng ở máy chiếu một chip. Vì sao máy ba chip không có hiện tượng này?
4. So sánh ba họ cơ cấu tạo ảnh về tương phản, độ mịn lưới điểm ảnh và độ bền.
5. Nêu ba thế hệ nguồn sáng máy chiếu và cho biết mỗi thế hệ cải thiện điều gì.

6. Vì sao laser ba màu thuần cho gam màu rộng nhất? Cơ chế này giống cơ chế nào đã học ở Phần A?
7. Hiện tượng lốm đốm hạt của máy chiếu laser sinh ra từ đâu và khử bằng cách nào?
8. Phân biệt quang thông và độ chói. Viết công thức liên hệ giữa hai đại lượng và giải thích vì sao có hệ số π.
9. Một màn ảnh rộng 10 mét tỉ lệ 1,85 : 1 cần bao nhiêu lumen để đạt chuẩn rạp? Trình bày phép tính.
10. Nêu công thức tính nhẩm của ngành rạp liên hệ số foot-lambert với số lumen và diện tích màn.
11. Quy trình đo chín điểm dùng để làm gì? Từ chín số đo ấy tính ra được những đại lượng nào?
12. Tỉ số chiếu là gì và dùng để làm gì?
13. Hệ số khuếch đại của màn ảnh có tạo ra thêm ánh sáng không? Giải thích và nêu cái giá phải trả.
14. Vì sao rạp bắt buộc dùng màn ảnh đục lỗ? Chi tiết này ảnh hưởng thế nào tới phép tính chọn máy chiếu?
15. Vì sao chuẩn chiếu rạp chỉ 48 cd/m² trong khi màn hình văn phòng sáng gấp nhiều lần?
16. Vì sao chiếu một bản phim rạp ở độ chói cao hơn chuẩn không phải là "tốt hơn"?
17. Ánh sáng lạc trong phòng chiếu phá tương phản tới mức nào? Nêu thứ tự đầu tư đúng để cải thiện một phòng chiếu.
18. So sánh rạp máy chiếu và rạp màn LED theo sáu tiêu chí đã nêu trong chương.
19. Vì sao khoảng cách hàng ghế đầu của một rạp màn LED bị khoá bởi bước điểm ảnh?

Phần D — đo kiểm, hiệu chuẩn và LED Volume

1. Phân biệt đầu đo ba kích thích và đầu đo phổ. Nêu sai lầm phổ biến nhất khi dùng đầu đo ba kích thích.
2. Cách làm đúng khi một phòng có cả hai loại đầu đo là gì?
3. Kể sáu bảng thử của một bộ đo đầy đủ và câu hỏi mà mỗi bảng trả lời.
4. Nêu ba phép kiểm bắt buộc khi đo một màn hình và cho biết mỗi phép trả lời câu hỏi gì.
5. Viết công thức sai số bám đường EOTF. Trên đồ thị sai số, làm sao phân biệt lỗi hiệu chuẩn với giới hạn công suất của tấm nền?
6. Vì sao ΔE_{00} không đáng tin ở dải động cao và gam màu rộng?
7. Nêu cơ sở của thước đo ΔE_{ITP} và cho biết một đơn vị của nó tương ứng với gì.
8. Khi đánh giá 24 ô màu, vì sao con số đáng quan tâm là ô kém nhất chứ không phải giá trị trung bình?
9. Vì sao độ đồng đều hiếm khi được nhà sản xuất công bố?

10. Nêu ba mức hiệu chuẩn và cho biết mức nào sửa được lệch màu ở vùng bão hoà sâu.
11. Bảng tra ba chiều cần được nội suy; hãy cho biết nội suy thô gây ra hậu quả gì.
12. Phân biệt việc nạp bảng hiệu chuẩn vào phần cứng với việc nạp vào phần mềm, đồng thời giải thích vì sao cách thứ hai làm mất số mức.
13. Trình bày khái niệm ngưỡng Barten và giải thích vì sao 10 bit nằm sát ngưỡng ấy còn 12 bit thì an toàn.
14. Giải thích vì sao bản gốc chính phải làm ở 12 bit dù khâu giao nộp chỉ cần 10 bit.
15. Nêu ba cách ánh xạ tông khi màn hình không đạt tới độ chói của bản gốc chính, kèm ưu điểm và nhược điểm của mỗi cách.
16. Giải thích vì sao cùng một bản phim lại cho hình ảnh khác nhau trên các màn hình khác nhau.
17. Nêu nguyên tắc ba điều kiện để một định dạng hiển thị thực sự tồn tại.
18. Kể sáu khâu trong chuỗi thiết bị của một tường LED và nêu nhiệm vụ của từng khâu.
19. Giải thích vì sao chi phí của một tường LED tăng theo bình phương khi bước điểm ảnh giảm.
20. Viết công thức khoảng cách tới hạn và cho biết cách tính góc phân giải của mắt người cũng như của một hệ máy quay.
21. Công thức khoảng cách tới hạn cho ra một con số không dùng được với máy quay; hãy nêu ba cách mà thực tế giải bài toán lộ lưới.
22. Xác định hiện tượng sọc vân moiré khi quay màn hình có liên hệ với hiện tượng nào đã học ở Chương 8, và chỉ ra điểm giống nhau trong cách xử lý.
23. Dẫn ra con số tần số quét 3.840 Hz từ công thức, với 24 hình/giây và góc trập 180 độ.
24. Vì sao góc trập hẹp đòi tần số quét cao hơn?
25. Kể bốn thiết bị phải chạy chung một nhịp trong trường quay ảo và nêu hậu quả khi mỗi thiết bị bị lệch nhịp.

B. Bài tập tính toán

Bảy bài tập dưới đây đều giải được bằng các công thức của chương, và mỗi bài yêu cầu trình bày phép tính chứ không chỉ ghi kết quả.

Bài 1 — tương phản thật trong phòng có ánh sáng

Một màn hình có mức trắng 350 cd/m² và mức đen 0,35 cd/m² đo trong phòng tối được đặt vào một phòng dựng có ánh sáng lạc phản xạ trên mặt màn hình là 0,8 cd/m².

- a) Tính tỉ số tương phản trong phòng tối và trong phòng dựng.
- b) Phòng dựng làm mất bao nhiêu phần trăm tương phản?
- c) Nếu hạ ánh sáng lạc xuống 0,2 cd/m² thì tỉ số tương phản lấy lại được bao nhiêu?

– *Đáp số: a) 1.000 : 1 và 305 : 1. b) mất 69,5 %. c) lên lại 637 : 1.*

Bài 2 — đường cong độ chói của một tấm nền tự phát sáng

Một màn hình QD-OLED công bố độ chói đỉnh 1.300 cd/m² trên cửa sổ 10 % và độ chói toàn màn 260 cd/m².

– a) Dùng mô hình ngân sách công suất, tính độ chói trên các cửa sổ 2 %, 25 % và 50 %.
– b) Xác định ở cửa sổ nào thì độ chói bắt đầu bị giới hạn bởi mức đỉnh thay vì bởi ngân sách công suất.
– c) Xác định mức độ chói mà một cảnh tuyết chiếm gần trọn khung hình sẽ hiển thị.
– *Đáp số: a) 1.300, 1.040 và 520 cd/m². b) từ khoảng 20 % trở xuống. c) khoảng 260 cd/m².*

Bài 3 — chọn máy chiếu cho một phòng chiếu

Một phòng chiếu có màn ảnh rộng 7 mét, tỉ lệ 2,39 : 1, màn khuếch tán đục lỗ hệ số 1,0 và máy chiếu đặt cách màn 15 mét, với mục tiêu đạt chuẩn rạp 48 cd/m².

– a) Tính chiều cao và diện tích màn ảnh.
– b) Tính quang thông cần thiết, chưa tính bù.
– c) Cộng 10 % bù cho màn đục lỗ và 30 % bù cho suy giảm theo giờ, rồi chọn máy chiếu có số lumen phù hợp.
– d) Tính tỉ số chiếu và cho biết cần loại ống kính nào.
– *Đáp số: a) cao 2,93 m, diện tích 20,50 m². b) 3.092 lumen. c) 4.421 lumen, nên chọn máy từ 4.500 lumen trở lên. d) tỉ số chiếu 2,14 : 1.*

Bài 4 — kiểm tra một phòng chiếu có sẵn

Đo chín điểm trên màn ảnh của một phòng chiếu cho các giá trị sau, tính bằng cd/m²: 39, 44, 37, 42, 46, 41, 35, 40, 34.

– a) Tính độ chói trung bình và độ đồng đều.
– b) Cho biết phòng này có đạt chuẩn rạp hay không và thiếu bao nhiêu phần trăm.
– c) Nêu ba nguyên nhân có thể, xếp theo chi phí khắc phục từ thấp lên cao.
– *Đáp số: a) trung bình 39,8 cd/m², độ đồng đều 73,9 %. b) thiếu 17,1 % so với chuẩn 48 cd/m². c) tự lập luận.*

Bài 5 — phủ gam màu

Một màn hình được quảng cáo là "phủ 125 % gam sRGB".

– a) Xác định con số ấy là tỉ lệ phủ hay tỉ số diện tích, và giải thích cách nhận biết.
– b) Cho biết con số ấy nói lên điều gì về khả năng phủ gam DCI-P3 của màn hình.
– c) Nếu nhà sản xuất công bố thêm "phủ 92 % DCI-P3" thì con số nào đáng tin hơn để chọn màn hình duyệt màu?

Bài 6 — tường LED cho một trường quay

Một trường quay dự kiến dựng tường chính 12 × 5 mét cộng trần 12 × 4 mét, bước điểm ảnh 2,3 mm, chạy ở 25 hình/giây, 10 bit.

- a) Tính số điểm ảnh của tường chính và của trần.
- b) Tính tổng tốc độ dữ liệu cần thiết.
- c) Tính công suất trung bình và công suất đỉnh của cả hệ.
- d) Với góc trập 180 độ, tính tần số quét tối thiểu để có ít nhất 80 chu kỳ trong một lần phơi sáng.
- *Đáp số: a) tường 5.217 × 2.174, trần 5.217 × 1.739. b) 15,3 Gbit/s. c) trung bình 38 kW, đỉnh khoảng 113 kW. d) 4.000 Hz.*

Bài 7 — khoảng cách tới hạn

Một màn ghép LED bước 3,9 mm được lắp trong sảnh một toà nhà.

- a) Xác định khoảng cách tối thiểu mà người xem phải đứng để không còn phân biệt được điểm ảnh.
- b) Xác định bước điểm ảnh cần thiết nếu người xem đứng cách 6 mét mà vẫn không thấy lưới.
- c) Một máy quay S35 6K với ống 35 mm quay màn ấy từ khoảng cách 8 mét; hãy cho biết máy có thấy lưới hay không và giải thích lý do.
- *Đáp số: a) 13,4 m. b) bước tối đa 1,75 mm. c) có, vì máy quay ấy chỉ hết phân giải ở 34 m.*

C. Bài thảo luận

Tình huống 1 — bản phim nhìn khác nhau ở hai phòng

Một bộ phim ngắn được chỉnh màu ở phòng A và được duyệt ở phòng B. Ở phòng B, đạo diễn nhận xét vùng tối "bết lại, không thấy chi tiết" và da người "ngả vàng", trong khi người chỉnh màu khẳng định ở phòng A mọi thứ đều đúng.

- Liệt kê mọi nguyên nhân có thể, xếp theo thứ tự khả năng xảy ra.
- Với mỗi nguyên nhân, nêu một phép đo hoặc một quan sát đủ để xác nhận hay loại bỏ nguyên nhân đó.
- Nếu chỉ được thực hiện một phép đo duy nhất thì chọn phép nào, và giải thích vì sao phép ấy loại bỏ được nhiều khả năng nhất.

Tình huống 2 — mua màn hình cho một phòng dựng mới

Một cơ sở sản xuất được cấp kinh phí trang bị một phòng dựng gồm sáu vị trí dựng và một phòng duyệt nhỏ. Nhà cung cấp đề xuất mua bảy màn hình OLED cùng loại, cùng cỡ, với lập luận rằng "dùng cùng một loại thì màu đồng nhất giữa các máy".

- Chỉ ra lập luận ấy đúng ở chỗ nào và sai ở chỗ nào.
- Đề xuất một phương án, kèm lý do kỹ thuật cho từng vị trí.
- Nếu phải cắt giảm 40 % kinh phí thì xác định hạng mục nên cắt và hạng mục cần giữ lại.

Tình huống 3 — trường quay ảo cho một cơ sở đào tạo

Một đơn vị đề nghị lắp cho một cơ sở đào tạo một tường LED 8 × 4 mét, bước điểm ảnh 2,6 mm, để dạy sản xuất ảo; kinh phí đã có, còn phòng dự kiến rộng 12 × 9 mét, trần cao 4,5 mét.

- Tính các con số kỹ thuật của phương án ấy: số điểm ảnh, tốc độ dữ liệu, công suất trung bình và công suất đỉnh.
- Xác định với bước 2,6 mm thì quay được những cỡ cảnh nào và không quay được những cỡ cảnh nào, rồi đánh giá điều đó có phù hợp với mục đích đào tạo hay không.
- Nêu ba câu hỏi cần đặt ra cho đơn vị cung cấp trước khi đồng ý, và giải thích vì sao ba câu ấy quan trọng hơn cả.
- Nếu kinh phí ấy có thể dùng cho việc khác trong đào tạo, hãy nêu một phương án thay thế và so sánh hai phương án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 11

Các tiêu chuẩn và tài liệu dưới đây là nguồn của những con số kỹ thuật được nêu trong chương. Chương cố ý dựa vào tiêu chuẩn của các tổ chức ban hành thay vì tài liệu sản phẩm, để nội dung không lạc hậu khi sản phẩm đổi đời.

[1] ITU-R BT.2100 — Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchange. Bản mới nhất tháng 2 năm 2025. Định nghĩa hai hàm truyền PQ và HLG, không gian màu BT.2020 và không gian ICtCp.

[2] SMPTE ST 2084 — High Dynamic Range Electro-Optical Transfer Function of Mastering Reference Displays. Nguồn của đường PQ dùng trong toàn bộ mục 11.21.

[3] ITU-R BT.1886 — Reference electro-optical transfer function for flat panel displays used in HDTV studio production. Đường EOTF chuẩn cho dải động chuẩn.

[4] ITU-R BT.2124 — Objective metric for the assessment of the potential visibility of colour differences in television. Nguồn của thước đo ΔE_ITP và của hệ số thang 720.

[5] ITU-R BT.2020 — Parameter values for ultra-high definition television systems. Nguồn toạ độ ba màu cơ bản dùng trong các phép tính phủ gam màu.

[6] ITU-R BT.709 — Parameter values for the HDTV standards. Nguồn toạ độ gam Rec.709.

[7] CIE 142:2001 — Improvement to industrial colour-difference evaluation. Nguồn công thức CIEDE2000 dùng ở mục 11.21.2.

[8] CIE 015 — Colorimetry. Nguồn các hàm phối màu và hệ toạ độ CIE 1931 xy dùng trong mọi biểu đồ sắc độ của chương.

[9] SMPTE ST 431-1 và ST 431-2 — D-Cinema Quality: Screen Luminance Level, Chromaticity and Uniformity; Reference Projector and Environment. Nguồn của chuẩn 48 cd/m², tức 14 foot-lambert.

[10] SMPTE RP 431-2 — quy trình đo độ chói và độ đồng đều trên màn ảnh rạp, cơ sở của phép đo chín điểm ở mục 11.17.3.

[11] ITU-R BT.2035 — A reference viewing environment for evaluation of HDTV programme material or completed programmes. Nguồn các điều kiện môi trường xem.

[12] EBU Tech 3320 — User requirements for video monitors in television production. Nguồn các ngưỡng chấp nhận cho màn hình chuyên nghiệp.

[13] ISO 21118 — Information to be included in specification sheets — Data projectors. Quy định cách công bố quang thông của máy chiếu.

[14] Barten, P. G. J. — Contrast Sensitivity of the Human Eye and Its Effects on Image Quality. Nguồn của ngưỡng độ tương phản vừa đủ nhận ra dùng ở mục 11.22.3, và là cơ sở lý thuyết của chính đường PQ.

[15] Poynton, C. — Digital Video and HD: Algorithms and Interfaces. Tài liệu tham chiếu về hàm truyền, không gian màu và tín hiệu video.

[16] Hunt, R. W. G. và Pointer, M. R. — Measuring Colour. Cơ sở của các phép đo màu và các thước đo sai lệch màu.

[17] Society for Information Display — Information Display Measurements Standard. Quy trình đo chuẩn cho mọi đại lượng nêu ở mục 11.2, gồm cả phép đo độ chói theo tỉ lệ cửa sổ.