TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÂN KHẤU – ĐIỆN ẢNH HÀ NỘI
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN ẢNH – TRUYỀN HÌNH

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 11 · PHẦN B

Tấm nền
tự phát sáng

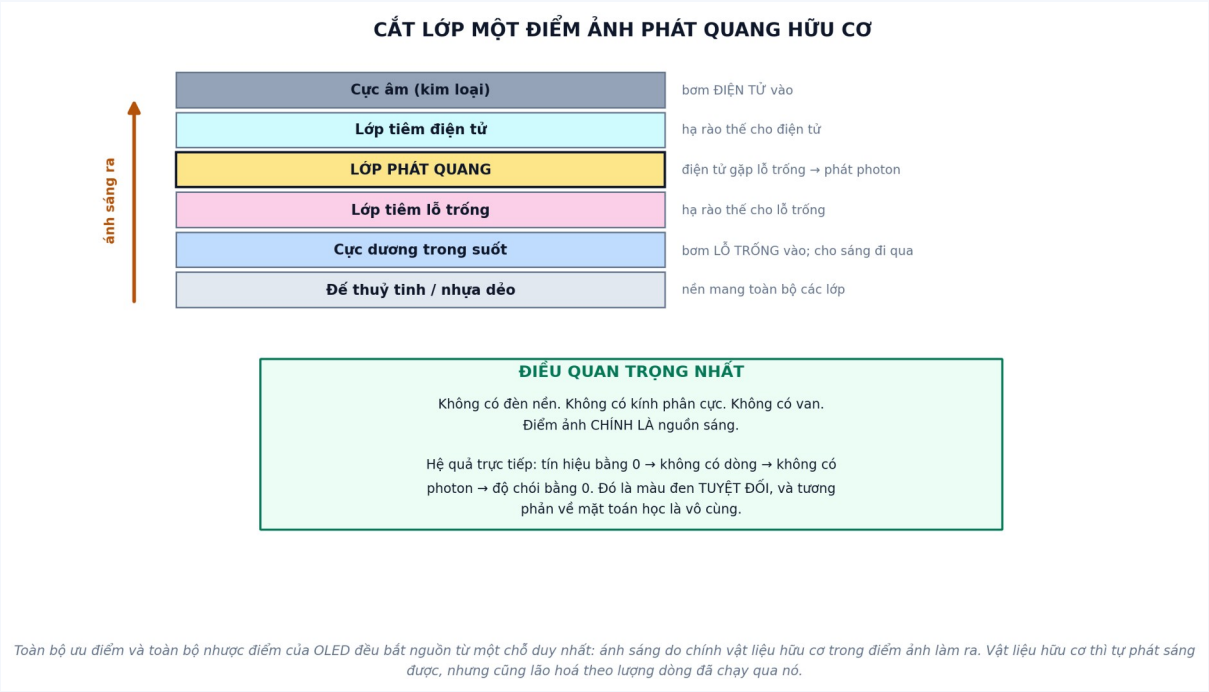
Mục 11.8 – 11.14 · Dành cho sinh viên Quay phim, Đạo diễn điện ảnh – truyền hình, Dựng phim, Đạo diễn âm thanh

Hà Nội – 2026

MỤC 11.8

Nguyên lý điốt phát quang hữu cơ

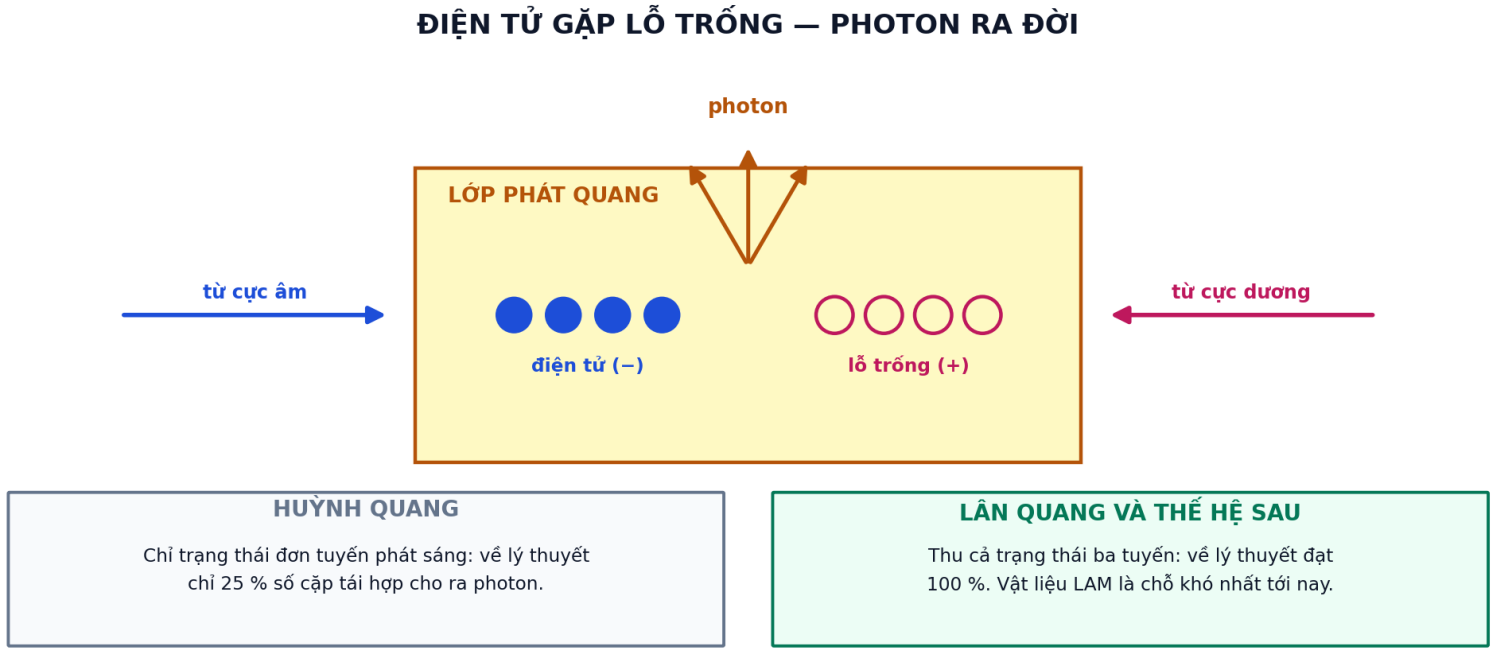
- Bỏ hẳn nguồn sáng chung: mỗi điểm ảnh tự làm ra ánh sáng
- Chồng lớp hữu cơ dày chưa tới một phần nghìn milimet
- Điện tử gặp lỗ trống, tái hợp, giải phóng photon
- Mọi ưu và nhược điểm của họ này suy ra từ đúng một chỗ ấy



Toàn bộ ưu điểm và toàn bộ nhược điểm của OLED đều bắt nguồn từ một chỗ duy nhất: ánh sáng do chính vật liệu hữu cơ trong điểm ảnh làm ra. Vật liệu hữu cơ thì tự phát sáng được, nhưng cũng lão hoá theo lượng dòng đã chạy qua nó.

MỤC 11.8.2

Điện tử gặp lỗ trống — photon ra đời



Vật liệu phát màu lam có năng lượng photon cao nhất, nên phân tử chịu ứng suất lớn nhất và xuống cấp nhanh nhất. Gần như mọi khó khăn của công nghệ OLED — tuổi thọ, độ chói, lưu ảnh — đều quy về chỗ này.

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

MỤC 11.8.3

Vì sao vật liệu LAM là chỗ khó nhất

Huỳnh quang thu được một phần tư số cặp tái hợp; lân quang thu được toàn bộ. Nhưng chỗ khó không nằm ở đó.

- Photon lam có **năng lượng cao nhất** trong ba màu cơ bản.
- Muốn phát ra nó, phân tử hữu cơ phải chịu mức kích thích cao hơn hẳn — và chính mức ấy **làm đứt liên kết hoá học** nhanh hơn.
- Hệ quả: vật liệu lam vừa khó đạt hiệu suất cao, vừa **xuống cấp nhanh nhất** trong ba màu.
- Gần như MỌI khó khăn của OLED — tuổi thọ, độ chói tối đa, lưu ảnh, trôi màu — đều quy về chỗ này.
- Và ngược lại: mọi bước tiến lớn của OLED đều là tiến bộ ở vật liệu lam, hoặc là cách **bớt dùng nó**.

MỤC 11.8.4

Ba hệ quả trực tiếp của việc tự phát sáng

- **Màu đen tuyệt đối.** Tín hiệu bằng 0 → không dòng → không tái hợp → không photon. Độ chói bằng 0 THẬT SỰ, không phải "rất nhỏ". Tương phản là vô cùng — chỗ duy nhất trong cả chương mà một con số vô cùng là con số đúng.

- **Không có quầng sáng.** Vì nguồn sáng chính là điểm ảnh, số "vùng làm mờ" bằng đúng số điểm ảnh. Một ngôi sao trắng trên nền đen chỉ làm sáng đúng những điểm ảnh của nó.

- **Góc nhìn rất rộng.** Không có kính phân cực nào phải xuyên qua, không lớp tinh thể lỏng nào đổi hướng theo bề dày. Ánh sáng phát ra gần như đều theo mọi hướng.

MỤC 11.9

Bốn kiến trúc OLED

- Ba kiến trúc đầu khác nhau ở chỗ TÁCH MÀU
- Kiến trúc thứ tư khác ở chỗ XẾP LỚP
- Vì thế chúng KHÔNG loại trừ nhau
- Xếp chồng đang được áp lên cả WRGB lẫn QD-OLED



Ba kiến trúc đầu khác nhau ở chỗ TÁCH MÀU; kiến trúc thứ tư khác ở chỗ XẾP LỚP. Vì thế "OLED xếp chồng" không phải một loại thứ tư ngang hàng, mà là một cách làm có thể áp lên ba loại kia.

MỤC 11.9.3

WRGB và QD-OLED — so bằng CƠ CHẾ

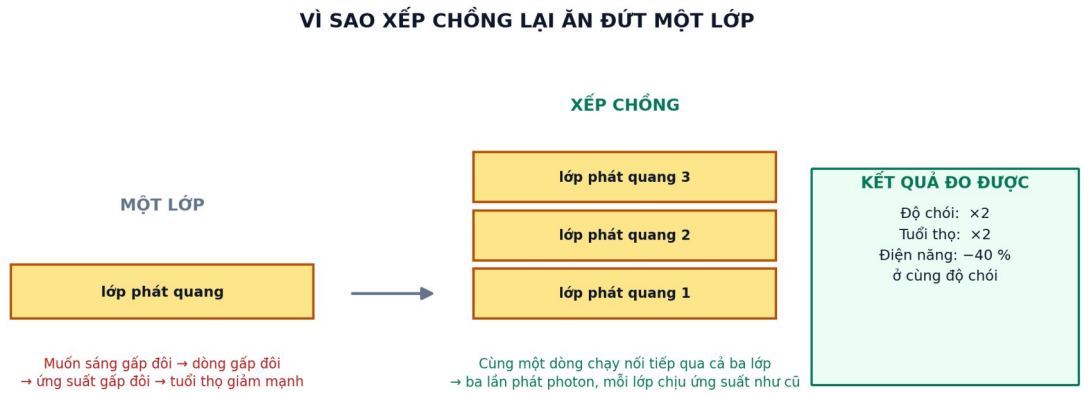
Tiêu chí	WRGB	QD-OLED
Lớp phát quang chung	Trắng	Lam
Cách tách màu	Kính lọc HẤP THỤ	Chấm lượng tử CHUYỂN ĐỔI bước sóng
Điểm ảnh con	Bốn: đỏ, lục, lam, trắng	Ba: đỏ, lục, lam
Gam màu	Hẹp hơn; giảm bão hoà khi ảnh sáng lên	Rộng hơn; giữ được bão hoà khi sáng
Chỗ yếu riêng	Bão hoà phụ thuộc độ chói — gây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

WRGB dùng một lớp phát liền nên phóng to lên cỡ tivi được — đó là lý do nó thống trị màn hình cỡ lớn nhiều năm.

Kiến trúc xếp chồng — thay đổi lớn nhất ba năm qua

Ý tưởng rất gọn: xếp hai tới năm lớp phát quang chồng lên nhau trong CÙNG MỘT điểm ảnh.

- **Với một lớp:** muốn sáng gấp đôi phải cho dòng gấp đôi. Ứng suất gấp đôi, và tuổi thọ giảm nhanh hơn nhiều lần chứ không phải chỉ một nửa.
- **Với ba lớp xếp chồng:** cùng một dòng ấy chạy nối tiếp qua cả ba lớp, cho ba lần phát photon, mỗi lớp vẫn chịu đúng mức ứng suất như cũ.
- Kết quả đo được: độ chói **×2**, tuổi thọ **×2**, điện năng **giảm tới 40 %** ở cùng độ chói.
- Đây là câu trả lời trực tiếp của OLED cho lợi thế độ chói của mini-LED.



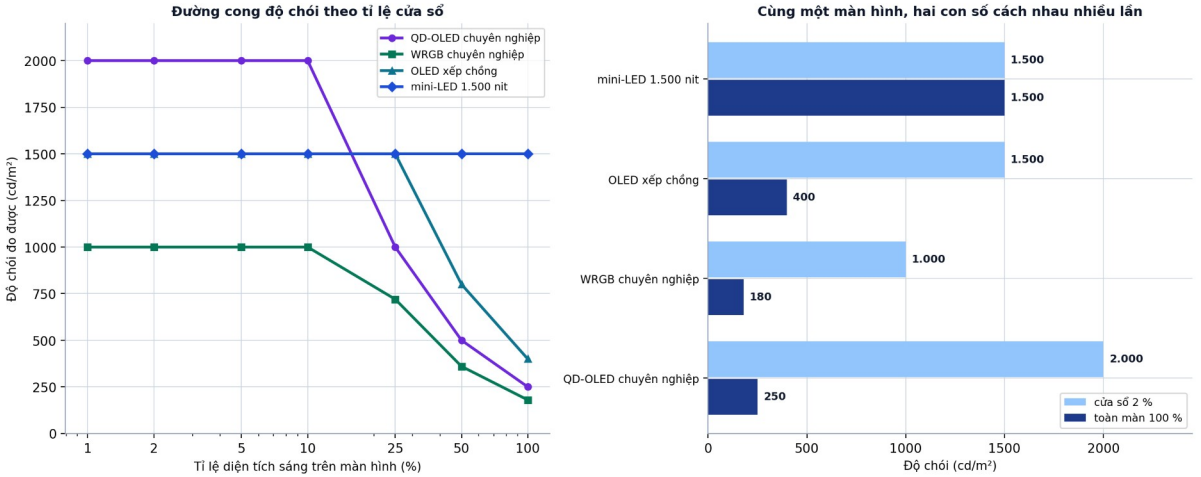
Đây là thay đổi lớn nhất của công nghệ OLED trong ba năm qua, và là câu trả lời trực tiếp của OLED cho lợi thế độ chói của mini-LED. Bản gốc của giáo trình chưa có nội dung này.

Vì sao xếp chồng ăn đứt một lớp

MỤC 11.10

Ba giới hạn thật của tấm nền tự phát sáng

- Độ chói bị ngân sách công suất khoá
- Lưu ảnh — hai mức, một mức không cứu được
- Ba màu không xuống cấp cùng tốc độ
- Cả ba đều là hệ quả của CÙNG một nguyên lý



Đây là hình quan trọng nhất của cả chương. Tấm nền tự phát sáng có ngân sách công suất cố định, nên độ chói phải nhường chỗ cho diện tích. Tấm nền có đèn nền thì không: đèn nền là nguồn ngoài, nên đường của nó gần như nằm ngang. Bản gốc ghi độ chói OLED bằng MỘT con số là bỏ mất toàn bộ chỗ này.

CÔNG THỨC (11.3)

Độ chói theo tỉ lệ diện tích sáng — mô hình ngân sách công suất

$$L(A) = \min\left(L_{pk},\ \frac{L_{full}}{A}\right),\qquad 0 < A \le 1$$

- L_pk — độ chói đỉnh trên một cửa sổ rất nhỏ
- L_full — độ chói khi TOÀN MÀN cùng trắng
- A — tỉ lệ diện tích sáng, từ 0 tới 1
- Ở cửa sổ nhỏ thì ĐỈNH khoá lại; ở cửa sổ lớn thì NGÂN SÁCH khoá lại

MỤC 11.10.1

Độ chói theo tỉ lệ cửa sổ, tính từ (11.3)

Cửa sổ	QD-OLED (2.000 / 250)	WRGB (1.000 / 180)	Xếp chồng (1.500 / 400)	mini-LED (1.500 nit)
2 %	2.000	1.000	1.500	1.500
10 %	2.000	1.000	1.500	1.500
25 %	1.000	720	1.500	1.500
50 %	500	360	800	1.500
100 %	250	180	400	1.500

Cột mini-LED NẰM NGANG — đèn nền là nguồn ngoài, không phải chia ngân sách với ai. Đó là lợi thế lớn nhất còn lại của họ có đèn nền.

CÂU HỎI TẠI LỚP

Quay một cảnh TUYẾT chiếm gần trọn khung hình. Màn hình nào cho ảnh sáng hơn?

A QD-OLED đỉnh 2.000 cd/m²

B mini-LED 1.500 cd/m²

C Hai màn hình cho kết quả như nhau

D Phụ thuộc vào độ phân giải

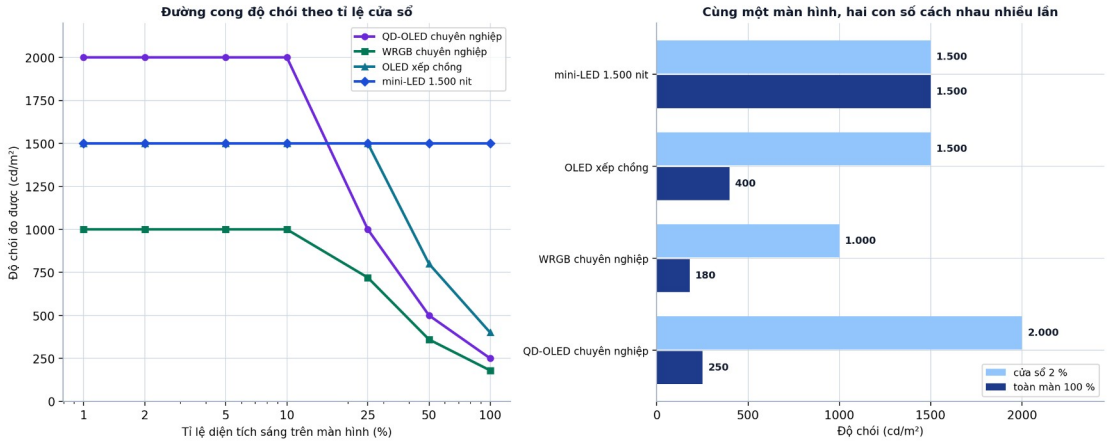
Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Đáp án

mini-LED — sáng gấp SÁU lần trong cảnh ấy

- Cảnh tuyết là cửa sổ gần 100 %. QD-OLED rơi xuống **250 cd/m²**; mini-LED vẫn giữ **1.500 cd/m²**.
- Con số 2.000 của QD-OLED đúng — nhưng nó chỉ đúng trên cửa sổ nhỏ, tức là cho một vệt nắng, một bóng đèn, một tia loé.
- Bài học đọc thông số: **hỏi hai con số, không phải một.**



Đây là hình quan trọng nhất của cả chương. Tấm nền tự phát sáng có ngân sách công suất cố định, nên độ chói phải nhường chỗ cho diện tích. Tấm nền có đèn nền thì không: đèn nền là nguồn ngoài, nền đường của nó gần như nằm ngang. Bản gốc ghi độ chói OLED bằng MỘT con số là bỏ mất toàn bộ chỗ này.

MỤC 11.10.2

Lưu ảnh — hai mức rất khác nhau



Các biện pháp giảm nhẹ — dịch điểm ảnh, làm mờ vùng tĩnh, chạy chu trình bù sau khi tắt — chỉ kéo dài thời gian chứ không đổi được bản chất: vật liệu hữu cơ lão hoá theo lượng dòng đã chạy qua nó.

- **Tạm thời:** vật liệu bị "mỏi" sau khi phát sáng lâu ở một mức. Vệt mờ hiện ra rồi TỰ MẤT sau vài phút tới vài giờ. Không hỏng gì — nhưng đủ để làm sai một quyết định về màu nếu duyệt ngay lúc vệt còn.
- **Vĩnh viễn:** các điểm ảnh sáng nhiều đã lão hoá THẬT, phát yếu hơn xung quanh. Vệt không mất đi.
- Hiệu chuẩn **không cứu được** lưu ảnh vĩnh viễn: mỗi điểm ảnh lão hoá một mức khác nhau, mà bảng tra chỉ sửa được sai lệch chung cho cả tấm nền.

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

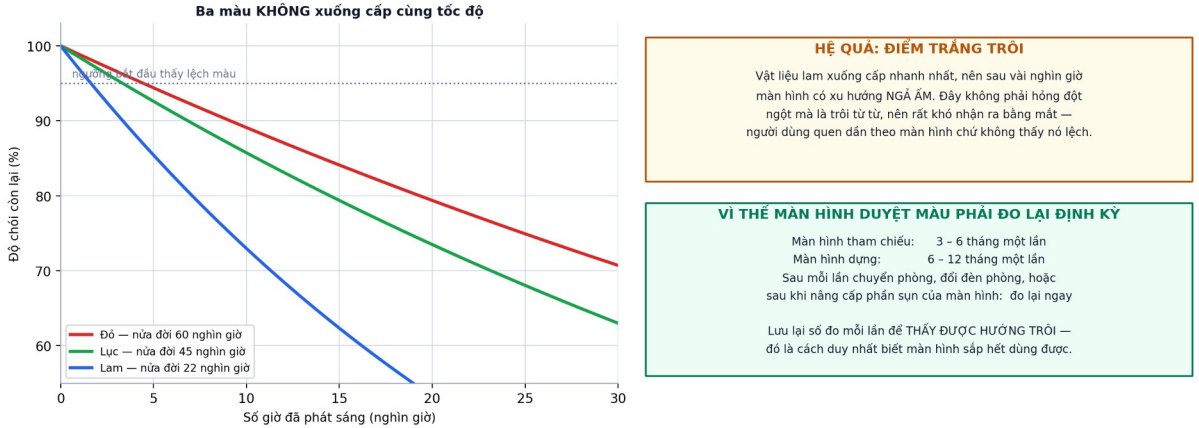
Màn hình DỰNG: có đèn nền
Màn hình DUYỆT MÀU: tự phát sáng

đây là lý do KỸ THUẬT của quy tắc đã nêu ở mục 10.6

MỤC 11.10.3

Ba màu không xuống cấp cùng tốc độ

- Thứ tự: **lam nhanh nhất**, rồi lục, rồi đỏ — đúng theo thứ tự năng lượng photon.
- Hệ quả: sau vài nghìn giờ, tỉ lệ giữa ba màu ở mức trắng đã đổi và màn hình có xu hướng **ngả ấm**.
- Đây không phải hỏng đột ngột mà là **trôi từ từ** — rất khó nhận ra bằng mắt, vì người dùng quen dần theo màn hình chứ không thấy nó lệch.
- Vì thế: màn hình tham chiếu đo lại **3 – 6 tháng**; màn hình dựng **6 – 12 tháng**; và ngay sau mỗi lần chuyển phòng hoặc nâng cấp phần sụn.



Các con số nửa đời ở đây là bậc độ lớn để minh hoạ cơ chế, không phải số đo của một sản phẩm cụ thể. Điều cần nhớ là THỨ TỰ: lam nhanh nhất, rồi lục, rồi đỏ.

Ba màu xuống cấp theo ba tốc độ, và điểm trắng trôi theo

MỤC 11.11

Micro-LED và LED vô cơ

- Điốt phát quang VÔ CƠ cỡ vài chục micromet làm thẳng điểm ảnh
- Về nguyên lý: gộp ưu điểm hai họ mà không mang nhược điểm nào
- Ba rào cản chế tạo chưa gỡ được
- Hiện trạng 2026: bán được ở hai đầu cực, hở ở giữa



MỤC 11.11.2

Ba rào cản chưa gỡ được

Rào cản	Nội dung	Vì sao khó
Chuyển giao chip hàng loạt	Bốc hàng chục triệu chip cỡ vài chục micromet và đặt đúng vị trí trên nền	Màn hình UHD cần hơn 24 triệu chip. Tỉ lệ hỏng một phần triệu vẫn còn hơn hai mươi điểm ảnh chết nhìn thấy được
Đồng đều đặc tính quang – điện	Chip cắt từ những vị trí khác nhau trên cùng tấm bán dẫn đã khác nhau về bước sóng và hiệu suất	Phải đo và bù cho TỪNG chip — mỗi màn hình cần một bảng hiệu chỉnh riêng gồm hàng chục triệu số
Giá thành	Quy trình khác hoàn toàn quy trình tấm nền phẳng, 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 bán đại trà

Hiện trạng 2026 — bán được ở hai đầu cực, HỞ ở giữa

Cỡ	Tình trạng	Vì sao
Rất nhỏ — kính thực tế ảo, đồng hồ	Đang bán	Chế tạo trên nền silic, 4.000 – 6.000 điểm ảnh trên inch. Ít chip, 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. Cần rất nhiều chip trên diện tích không đủ lớn để giấu sai số, lại phải cạnh tranh giá với OLED đã chín
Rất lớn — màn ghép, màn rạp	Đang bán, 2.000 – 5.000 cd/m²	Ghép từ mô-đun; bước điểm ảnh lớn nên ít chip trên một mét vuông, và giá được chia trên một công trình lớn

Điều cần nhớ về micro-LED năm 2026: biết nó tồn tại, biết nguyên lý gộp được ưu điểm hai họ, và biết vì sao nó CHƯA vào được cỡ màn hình làm việc.

MỤC 11.12

Bảng đối chiếu toàn bộ công nghệ tấm nền

- Thay cho bảng chín dòng của bản gốc
- Độ chói ghi thành HAI con số
- Các trục được tách ra thay vì trộn lẫn
- Thêm cột "chỗ yếu phải biết"



MỤC 11.12

Bảng đối chiếu các công nghệ tấm nền

Công nghệ	Chói cửa sổ nhỏ	Chói toàn màn	Tương phản	Gam BT.2020	Chỗ yếu phải biết
LCD IPS, đèn nền cạnh	350 – 600	350 – 600	800 – 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 – 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
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 %	Chói toàn màn thấp; bão hoà giảm khi sáng; lưu ảnh
QD-OLED	1.000 – 2.000	200 – 300	tuyệt đối	80 – 90 %	Chói toàn màn thấp; nền đen ngả tím; 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	2.500 – 5.000	2.500 – 5.000	tuyệt đối	85 – 95 %	Bước điểm ảnh khoá khoảng cách xem tối thiểu

Không dòng nào thắng ở mọi cột, và điều đó sẽ không đổi. Chọn màn hình là chọn xem mình chấp nhận đánh đổi nào.

MỤC 11.13

Chọn màn hình cho từng vị trí công việc

- Một phòng làm việc có BỐN vị trí
- Bốn yêu cầu khác hẳn nhau
- Không màn hình nào tốt cho cả bốn
- Chọn theo VIỆC, không chọn theo bảng thông số



Không có màn hình nào tốt cho cả bốn vị trí, và cố tìm một cái như thế là cách tiêu tiền kém hiệu quả nhất. Chọn màn hình là chọn theo VIỆC, không phải chọn theo bảng thông số.

MỤC 11.13

Bốn vị trí công việc và yêu cầu quyết định

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 đứng yên	BỀN với ảnh tĩnh; rộng chỗ; đủ chính xác để làm việc	IPS có đèn nền, 10 bit thật. KHÔNG chọn tấm nền tự phát sáng
Màn hình DUYỆT MÀU	Chỉ hiện hình, không hiện giao diện. Là chuẩn của cả phòng	ΔE nhỏ; bám EOTF sát; hiệu chuẩn PHẦN CỨNG; đồng đều cao	OLED chuyên nghiệp hoặc mini-LED cao cấp
Màn hình KHÁCH XEM	Nhiều người ngồi xem cùng lúc, lệch trục nhiều	Góc nhìn rộng; đủ lớn; màu gần đúng là được	IPS hoặc OLED cỡ lớn đã hiệu chuẩn
Màn hình HIỆN TRƯỜNG	Ngoài trời, nắng gắt, chạy pin, va đập	Độ chói RẤT cao; chống chói; bền; nhẹ	LCD từ 2.000 cd/m². Tấm nền tự phát sáng gần như không dùng được

Nếu chỉ mua được HAI cái: một màn hình duyệt màu tốt và một màn hình dựng bền. Hai cái này gánh chín phần mười công việc.

Chốt Phần B

Tự phát sáng cho mức đen tuyệt đối, không quầng sáng, góc nhìn rộng — cả ba từ cùng một chỗ: điểm ảnh CHÍNH LÀ nguồn sáng.

Ba giới hạn: ngân sách công suất khoá độ chói, lưu ảnh, ba màu xuống cấp lệch nhau.

Vật liệu lam là chỗ khó nhất; mọi bước tiến của OLED đều là tiến bộ ở lam hoặc cách bớt dùng nó.

Micro-LED: nguyên lý đẹp, ba rào cản chế tạo, và năm 2026 vẫn hở đúng ở cỡ màn hình làm việc.

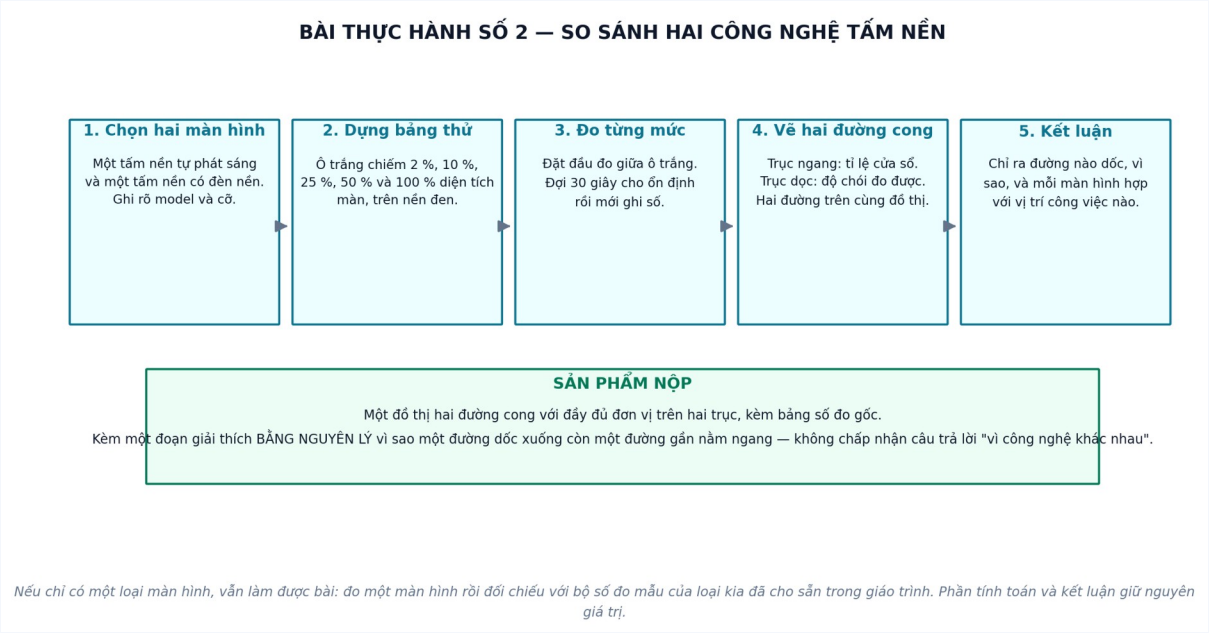
Bốn kiến trúc: ba cách TÁCH MÀU cộng một cách XẾP LỚP — nên chúng không loại trừ nhau.

Không màn hình nào tốt cho cả bốn vị trí công việc — chọn theo VIỆC.

THỰC HÀNH 11.14

Bài thực hành số 2
So sánh hai công nghệ tấm nền

- Dựng lại bằng số đo thật đường cong quan trọng nhất của chương
- Một tấm nền tự phát sáng và một tấm nền có đèn nền
- Đo ở năm tỉ lệ cửa sổ
- Giải thích bằng NGUYÊN LÝ, không phải bằng tên công nghệ



Năm bước và sản phẩm nộp

- **1 — chọn hai màn hình.** Một tự phát sáng, một có đèn nền. Ghi rõ model, cỡ màn, chế độ ảnh.
- **2 — dựng bảng thử.** Ô trắng chiếm 2 %, 10 %, 25 %, 50 %, 100 % DIỆN TÍCH màn, trên nền đen.
- **3 — đo từng mức.** Đặt đầu đo giữa ô trắng. Đợi ít nhất 30 giây sau mỗi lần đổi bảng — mạch giới hạn độ chói cần thời gian ổn định.
- **4 — vẽ hai đường cong.** Cùng một hệ trục, cùng thang, đủ đơn vị và chú giải.
- **5 — kết luận.** Đường nào dốc, vì sao; đường nào nằm ngang, vì sao; mỗi màn hình hợp với vị trí công việc nào.

- *Không chấp nhận câu trả lời "vì công nghệ khác nhau" — phải giải thích bằng chỗ nguồn sáng nằm TRONG hay NGOÀI điểm ảnh.*

Hết Phần B

Phần C: máy chiếu và hiển thị cỡ lớn — nguyên lý thứ ba