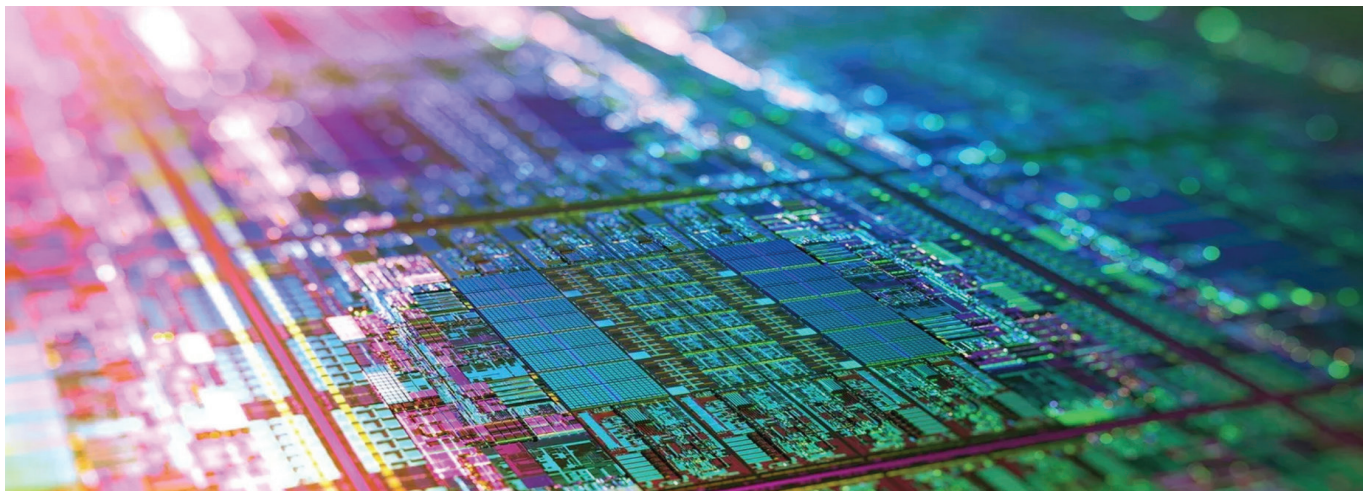




CHẾ TẠO VI MẠCH: CÔNG NGHỆ IN KHẮC NANO SẼ SOÁN NGÔI CÔNG NGHỆ PHƠI SÁNG DÙNG TIA CỰC TỬ NGOẠI?

GS.TS Đặng Lương Mô

*Giáo sư danh dự Đại học HOSEI, Tokyo, Nhật Bản
Cố vấn Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh*



Hiện nay, trong chế tạo vi mạch, công nghệ phơi sáng dùng tia cực tử ngoại (EUV) trong quy trình quang khắc (Lithography) đang chiếm địa vị “độc tôn”. Công ty ASML (Hà Lan) hiện là nhà cung cấp hàng đầu thế giới về thiết bị quang khắc cho ngành công nghiệp bán dẫn. Theo các chuyên gia, một thiết bị phơi sáng của ASML ở mức vài nanomet có giá bán tới 2 tỷ USD. Cho nên, tiền đầu tư cho một nhà máy chế tạo vi mạch tiên tiến ngày nay phải là nhiều tỷ USD chứ không còn là vài trăm triệu USD như trước. Sau đây, chúng ta sẽ cùng tìm hiểu công nghệ in khắc nano (NIL) của Công ty Canon (Nhật Bản) - ứng viên sáng giá cạnh tranh với công nghệ EUV của ASML.



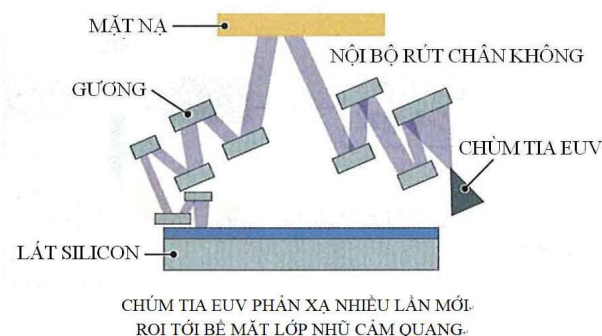
So sánh những thông số chính

Hình 1 (A) cho thấy chùm tia sáng EUV (biểu tượng là hình tam giác cân màu đậm nhất ở phía bên phải hình), được phản xạ tổng cộng 11 lần trước khi chiếu xuống mặt “đế” bán dẫn (wafer) màu xanh nhạt có lớp nhũ bề mặt màu xanh thẫm hơn. Hình chữ nhật màu vàng là “mặt nạ” (mask) - nơi vẽ mạch điện tử.

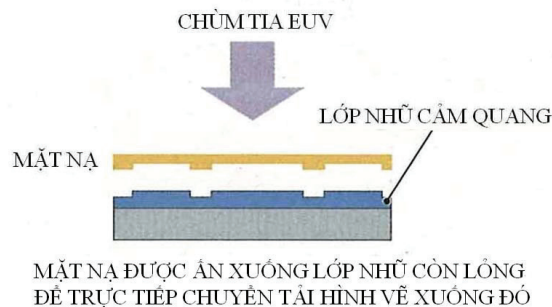
Chùm tia EUV đã được phản xạ và thu nhỏ 4 lần mới được chiếu tới mặt nạ; sau đó, hình từ mặt nạ được phản chiếu thêm 6 lần nữa mới đạt tới lớp nhũ xanh bề mặt wafer để in hình mạch điện tử xuống đó.

Hình 1 (B) tóm lược quy trình in khắc nano. Mặt nạ màu vàng trên đó đã ghi sẵn hình mạch điện tử, được chiếu chùm tia EUV (màu tím) từ trên xuống. Hình mạch điện tử trên mặt nạ được trực tiếp in khắc xuống lớp nhũ (resist) xanh chỉ một lần và toàn diện.

Thông qua so sánh ở bảng 1 có thể thấy, hiện tại công nghệ EUV của ASML chiếm lợi thế về độ chính xác và năng lực xử lý cao. Còn công nghệ NIL của Canon có lợi thế là chỉ cần xử lý 1 lần là xong tất cả các hình mạch điện tử phức tạp và tiêu thụ năng lượng thấp.



(A)



(B)

Hình 1. So sánh công nghệ EUV của ASML (A) và công nghệ NIL của Canon (B). Nguồn: Tạp chí Nikkei Electronics.

Bảng 1. So sánh thông số kỹ thuật của công nghệ EUV và NIL.

STT	Thông số kỹ thuật	Công nghệ EUV	Công nghệ NIL
1	Bước sóng	13 nanomét	14 nanomét
2	Năng lực xử lý (throughput) tính bằng số lát silicon trong 1 giờ	170 lát silicon/h	80 lát silicon/h
3	Độ chính xác ghép khớp hình (fitting, alignment)	1,5 nanomét	4 nanomét
4	Điện lực tiêu hao	Lớn	Nhỏ

Với công nghệ NIL, hình dạng hoặc hình vẽ phức tạp có thể được sao chép lại chỉ bằng một lần in, từ hình vẽ trên mặt nạ xuống bề mặt lớp nhũ phủ trên mặt “đế” bán dẫn silicon. Trước tiên, nhũ (resist) được phun phủ một lớp trên mặt đế silicon. Khi lớp nhũ còn ở trạng thái lỏng, mặt nạ vẽ hình mạch điện tử được “ấn” xuống bề mặt lớp nhũ để “in” lên đó. Tiếp theo, chùm tia cực tử ngoại được chiếu xuống để chuyển tải hình vẽ trên mặt nạ xuống mặt lớp nhũ. Chờ cho lớp nhũ khô, mặt nạ mới được gỡ ra để lộ hình mạch điện tử đã được chuyển từ mặt nạ xuống mặt lớp nhũ. Phần nhũ biến chất vì đã cảm quang được gỡ bỏ đi. Đối với công nghệ NIL, mặt nạ gốc có thể dùng để tạo ra mặt nạ phục chế. Đặc biệt là NIL tiêu thụ năng lượng thấp do quy trình chế tạo đơn giản, thiết bị không phức tạp.

Với công nghệ EUV, do độ phức tạp nên giá của thiết bị rất cao. Riêng vấn đề điều chỉnh sao cho 11 lần phản xạ của chùm tia EUV chiếu xuống đế silicon, với độ chính xác ở mức 1 phần triệu của 1 milimét, cũng đã là chuyện “động trời”. Đáng chú ý

là năng lượng tiêu thụ của công nghệ ASML rất cao vì tia EUV ở bước sóng sử dụng (13,5 nm) bị hấp thu bởi không khí và lăng kính rất nhiều. Ngoài ra, thiết bị ASML phải được rút chân không và thay vì dùng lăng kính, gương phản chiếu đã được sử dụng để giảm bớt hấp thu. Tuy vậy, gương phản chiếu cũng không có hiệu suất 100%. Vì vậy, hiệu suất tổng hợp về tiêu thụ năng lượng của toàn thể quy trình chỉ là 5%. Đây là nguyên nhân chính khiến điện năng tiêu thụ của thiết bị EUV lớn gấp 10 lần thiết bị NIL.

Công nghệ nào là tối ưu?

Cả hai công nghệ NIL và EUV đều bắt đầu bằng mặt nạ trên đó đã vẽ sẵn mạch điện tử cần được chế tạo. Quy trình tạo ra mặt nạ ở cả hai công nghệ đều là: “Trực tiếp vẽ bằng tia điện tử - electron beam direct writing”. Điểm khác nhau là cách xử lý sau đó: chuyển tải hình từ trên mặt nạ xuống bề mặt đế bán dẫn. Cách xử lý của hai phương pháp khác nhau từ đây.

Phương pháp NIL tuy có nhiều ưu điểm (quy trình và thiết bị giản đơn, điện năng tiêu thụ nhỏ) nhưng cũng có không ít khuyết điểm (năng lực xử lý thấp, độ chính xác ghép khớp hình thấp).

Phương pháp EUV tuy vượt trội hơn NIL về năng lực xử lý và độ chính xác ghép khớp hình, nhưng lại có khuyết điểm lớn là thiết bị phức tạp; giá thiết bị rất cao và điện năng tiêu thụ cũng rất cao.

Xem ra, việc “chọn nọ bỏ kia” ở đây không phải là “đáp án tối ưu”. Chúng ta kỳ vọng hai phương pháp sẽ bổ trợ lẫn nhau để tạo ra một công nghệ ưu việt, đóng góp hữu hiệu cho sự phát triển của nền công nghiệp bán dẫn vi mạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đặng Lương Mô (2023), “Sợi bán dẫn lượng tử dạng vân cá nhiệt đới: Một đột phá cho công nghệ bán dẫn vi mạch”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **11**, tr.51-52.
- A. Yuhei (2024), “Canon has put up barriers to the idea that: Advanced semiconductor chips must use ASML’s EUV lithography equipment”, *Nikkei Electronics*, **3**, pp.68-72 (in Japanese).