

ĐO LƯỜNG BÁN DẪN: THỰC TRẠNG VÀ TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN TẠI VIỆT NAM

ThS. Cao Xuân Thảo, TS. Đỗ Đức Nguyên

Viện Đo lường Việt Nam

Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia

Bộ Khoa học và Công nghệ



Ngành công nghiệp bán dẫn đang trải qua giai đoạn chuyển đổi sâu sắc khi các công nghệ sản xuất tiến đến những giới hạn vật lý của Định luật Moore. Với sự phát triển của các kiến trúc thiết bị phức tạp như: transistor hiệu ứng trường vây (FinFET), thiết kế bóng bán dẫn có cổng được đặt ở cả bốn phía của kênh (GAA), việc tích hợp 3D ngày càng tăng. v. v, các yêu cầu về đo lường đã trở nên cực kỳ khắt khe. Đối với Việt Nam, khi đất nước đang xây dựng hệ sinh thái bán dẫn quốc gia, việc phát triển năng lực đo lường bán dẫn không chỉ là nhu cầu thiết yếu mà còn là yếu tố quyết định khả năng cạnh tranh trong chuỗi giá trị toàn cầu.



Thách thức đo lường trong công nghệ bán dẫn tiên tiến

Những tiến bộ gần đây trong công nghệ sản xuất bán dẫn đã tạo ra những thách thức đo lường chưa từng có. Tại các nút công nghệ tiên tiến như 3 nm và 2 nm, các cấu trúc có kích thước tới mức nano đòi hỏi khả năng đo lường với độ chính xác dưới kích thước nano. Đặc biệt, việc chuyển từ kiến trúc FinFET sang GAA nanosheet không chỉ làm phức tạp hóa hình học 3D mà còn đòi hỏi khả năng đặc tính hóa đa chiều, bao gồm độ dày lớp mỏng, phân bố tạp chất, ứng suất biến dạng và tính chất giao diện.

Công nghệ in thạch bản lithography EUV (Extreme Ultraviolet) với bước sóng 13,5 nm đã mở ra kỷ nguyên kích thước nano, nhưng cũng đặt ra những yêu cầu đo lường học hoàn toàn mới. Hiệu ứng nhiễu photon (stochastic noise) do số lượng photon EUV hạn chế tạo ra các biến động ngẫu nhiên trong quá trình tạo mẫu, đòi hỏi khả năng phát hiện và định lượng các khuyết tật có kích thước nhỏ hơn 3 nm. Thiết bị đo lường phải có độ phân giải, độ nhạy và năng suất cao hơn để phát hiện chính xác các khuyết tật ngẫu nhiên và biến thể kích thước ở thang đo nanomet.



PHÂN LOẠI VẬT LIỆU BÁN DẪN

Phân loại theo tính chất:

- Vật liệu bán dẫn nguyên chất
- Vật liệu bán dẫn pha tạp

Phân loại theo cấu trúc:

- Vật liệu bán dẫn đơn tinh thể
- Vật liệu bán dẫn hợp chất
- Vật liệu bán dẫn hữu cơ



Các loại vật liệu bán dẫn hiện nay. Ảnh: ST.

Xu hướng tích hợp đóng gói tiên tiến 3D với các công nghệ như Through-Silicon Via (TSV) và Through-Glass Via (TGV) càng làm tăng độ phức tạp của đo lường. Những cấu trúc này có tỷ lệ khung hình cao (lên đến 15:1), đòi hỏi khả năng đo lường không phá hủy toàn bộ hình dạng 3D, bao gồm độ thẳng đứng, độ nhám thành bên và các tham số hình học phức tạp khác.

Thực trạng đo lường bán dẫn tại Việt Nam

Việt Nam cũng có những lợi thế và tiềm năng đáng kể để phát triển năng lực đo lường bán dẫn. Trước hết, với vị trí địa lý thuận lợi trong khu vực châu Á - Thái Bình Dương, nơi tập trung các công ty bán dẫn hàng đầu thế giới, Việt Nam có thể tận dụng cơ hội hợp tác và chuyển giao công nghệ. Nền tảng giáo dục đại học về cơ sở lý thuyết khá vững chắc của Việt Nam, đặc biệt trong các lĩnh vực khoa học tự nhiên và kỹ thuật, góp phần tạo điều kiện thuận lợi để đào tạo nguồn nhân lực chuyên môn cao nếu biết tận dụng.



Hội thảo Nâng cao hiệu quả thực hiện Quyết định số 996/QĐ-TTg ngày 10/8/2018 của Thủ tướng Chính phủ và Kỷ niệm Ngày đo lường thế giới. Ảnh: VMI.

Sự quan tâm và đầu tư của Chính phủ vào ngành công nghiệp bán dẫn thông qua danh mục sản phẩm chiến lược cũng như chiến lược phát triển ngành công nghiệp bán dẫn Việt Nam đến năm 2030 cũng tạo ra động lực và nguồn lực để phát triển các năng lực hỗ trợ, trong đó có đo lường. Việc thành lập Trung tâm chip bán dẫn quốc gia và các khu công nghệ cao chuyên biệt sẽ tạo ra nhu cầu và môi trường phát triển cho các dịch vụ đo lường chuyên nghiệp.

Tuy nhiên, Việt Nam hiện đang đối mặt với những thách thức nghiêm trọng trong việc phát triển năng lực đo lường bán dẫn. Về mặt nhân lực, mặc dù hệ thống đào tạo đại học có nền tảng lý thuyết tốt tuy nhiên thiếu liên kết các ngành vật lý, hóa học, kỹ thuật đo lường và khoa học vật liệu. Hầu hết sinh viên kỹ thuật chưa có nhiều cơ hội tiếp cận với thiết bị đo lường tiên tiến, dẫn đến khoảng cách lớn giữa lý thuyết và thực

hành. Tình trạng “chảy máu chất xám” càng làm trầm trọng thêm vấn đề khi nhiều kỹ sư giỏi lựa chọn làm việc ở nước ngoài do môi trường nghiên cứu trong nước chưa đủ hấp dẫn.



Hội thảo quốc tế Cải thiện công tác đo lường phúc lợi trong bối cảnh thiếu dữ liệu tại các quốc gia đang phát triển nhằm xây dựng các chính sách dựa trên bằng chứng tốt hơn. Ảnh: ST.

Về tài chính và chính sách, ngân sách dành cho nghiên cứu và phát triển của Việt Nam vẫn còn thấp so với yêu cầu phát triển công nghệ đo lường bán dẫn. Chi phí thiết bị đo lường có thể lên đến hàng triệu USD, trong khi quy trình phê duyệt đầu tư công nghệ phức tạp và thiếu chính sách ưu đãi cụ thể cho lĩnh vực này. Việc nhập khẩu thiết bị thường gặp rào cản thủ tục và có thể bị hạn chế bởi chính sách kiểm soát xuất khẩu của các quốc gia phát triển.

Thị trường dịch vụ đo lường bán dẫn tại Việt Nam còn rất nhỏ, chưa đủ để duy trì hoạt động của các trung tâm đo lường chuyên sâu mà không có sự hỗ trợ lâu dài từ nhà nước. Hơn nữa, các viện nghiên cứu và trường đại học thiếu các nhóm nghiên cứu liên ngành mạnh, khiến khả năng phát triển kỹ thuật đo lường tiên tiến bị hạn chế nghiêm trọng.

Mặc dù vị trí địa lý thuận lợi tại châu Á - Thái Bình Dương mang lại cơ hội hợp tác nhưng thực tế cho thấy việc tiếp cận công nghệ đo lường tiên tiến không hề đơn giản. Các quốc gia như Hàn Quốc và Singapore thường bảo vệ công nghệ lõi rất chặt chẽ, đặc biệt trong lĩnh vực bán dẫn mang tính chiến lược quốc gia. Chuyển giao công nghệ đo lường không chỉ đòi hỏi thiết bị mà còn là bí quyết vận hành, quy trình kiểm định và dữ liệu hiệu chuẩn - những yếu tố khó có thể chia sẻ rộng rãi. Việc này đòi hỏi nỗ lực ngoại giao, hợp tác quốc tế rất lớn.



Hội nghị khoa học kỹ thuật đo lường toàn quốc lần thứ VIII năm 2025 nhằm xây dựng ngành đo lường hiện đại. Ảnh: ST.

Trình độ tiếng Anh và kỹ năng hội nhập quốc tế của cán bộ kỹ thuật Việt Nam còn hạn chế. Việt Nam chưa trở thành thành viên tích cực trong các nhóm kỹ thuật của các tổ chức quốc tế như BIPM về đo lường nano/bán dẫn, làm giảm khả năng tiếp cận tri thức và công nghệ tiên tiến.

Định hướng phát triển và khuyến nghị

Để phát triển hiệu quả năng lực đo lường bán dẫn, Việt Nam cần có chiến lược dài hạn với các ưu tiên rõ ràng. Trước mắt, ưu tiên phát triển khả năng đo lường cho công nghệ đóng gói và kiểm tra chất lượng - những lĩnh vực Việt Nam đã có kinh nghiệm nhất định. Cụ thể, nên đầu tư vào các kỹ thuật đo lường lớp mỏng, kiểm tra bề mặt và phân tích thành phần. Đây là những công nghệ có thể mua sắm và triển khai tương đối nhanh chóng với chi phí hợp lý.

Về nhân lực, cần thiết lập chương trình đào tạo ngắn hạn kết hợp giữa nhà trường, doanh nghiệp và viện nghiên cứu theo mô hình Triple Helix. Tập trung vào việc nâng cao kỹ năng tiếng Anh chuyên ngành và khả năng hội nhập quốc tế của cán bộ kỹ thuật. Xây dựng các phòng thí nghiệm đạt tiêu chuẩn quốc tế với mô hình quản trị rõ ràng.

Việc hợp tác quốc tế cần được đặt lên hàng đầu, không chỉ trong việc chuyển giao công nghệ mà còn trong đào tạo nhân lực và xây dựng tiêu chuẩn. Tham

gia vào các chương trình hợp tác khu vực và các tổ chức đo lường quốc tế sẽ giúp Việt Nam tiếp cận được những tiến bộ mới nhất và đảm bảo tính tương thích với các tiêu chuẩn toàn cầu.

Khắc phục hạn chế về tài chính, ngân sách bằng cơ chế huy động nguồn lực đa dạng bao gồm ngân sách nhà nước, đầu tư tư nhân và hợp tác công - tư. Đề xuất chính sách ưu đãi thuế cho các doanh nghiệp đầu tư vào nghiên cứu và phát triển đo lường bán dẫn, cùng với cơ chế đặt hàng dịch vụ từ các dự án nhà nước. Xây dựng quỹ phát triển công nghệ đo lường với sự tham gia của các tập đoàn công nghệ trong nước và quốc tế, đảm bảo tính bền vững về tài chính cho các hoạt động nghiên cứu dài hạn.

*
* *

Đo lường bán dẫn là một lĩnh vực đầy thách thức nhưng cũng chứa đựng nhiều cơ hội cho Việt Nam. Sự thành công trong việc phát triển năng lực này không chỉ phục vụ trực tiếp cho ngành công nghiệp bán dẫn trong nước mà còn có thể trở thành lợi thế cạnh tranh để thu hút đầu tư và tham gia sâu hơn vào chuỗi giá trị toàn cầu. Với sự quyết tâm chính trị, đầu tư đúng hướng và hợp tác quốc tế hiệu quả, Việt Nam hoàn toàn có thể xây dựng được năng lực đo lường bán dẫn đáp ứng yêu cầu phát triển trong thời đại số.