

## ẢNH HƯỞNG CỦA MÀNG MỎNG KIM LOẠI ĐẾN CHẤT LƯỢNG KẾT TINH CỦA MÀNG MỎNG SILIC

Nhận bài:

14 – 06 – 2017

Chấp nhận đăng:

25 – 09 – 2017

<http://jshe.ued.udn.vn/>

Mai Thị Kiều Liên

**Tóm tắt:** Dựa trên các kết quả thu được cho hai cấu trúc Si/thủy tinh và Si/YSZ\*/thủy tinh, chúng tôi đã khảo sát chất lượng của cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh kết tinh pha rắn bằng các phương pháp một bước và hai bước sử dụng chùm laser xung. Kết quả cho thấy, với cùng thời gian nung và tổng mật độ năng lượng thấp hơn, phương pháp hai bước tạo ra độ kết tinh cao hơn và chất lượng kết tinh tốt hơn so với phương pháp một bước. Điều này chứng tỏ tính hiệu quả của phương pháp hai bước trong việc cải thiện chất lượng kết tinh của màng Si trên YSZ/kim loại/thủy tinh. Hơn nữa, lớp kim loại có một chút tác dụng nhiệt lên việc đẩy nhanh quá trình kết tinh của màng Si. Các điều kiện nung được tối ưu để chế tạo transistor màng mỏng poly-Si điện cực đáy (\*YSZ: Yttria-Stabilized Zirconia).

**Từ khóa:** PLA; kết tinh pha rắn; kết tinh nhiệt độ thấp; màng mỏng silic; YSZ; silic vô định hình; silic đa tinh thể.

### 1. Giới thiệu

Trong ứng dụng chế tạo transistor màng mỏng (thin-film transistor-TFT) điện cực đáy, chúng tôi đã sử dụng lớp bán dẫn là silic (Si), gồm YSZ (Yttria-Stabilized Zirconia-một chất gồm trong đó cấu trúc tinh thể của ôxít zicônium được làm ổn định ở nhiệt độ phòng bằng cách bổ sung ôxít yttri) được sử dụng vừa là lớp kích thích kết tinh vừa là lớp cách điện. Để làm được điều này, một lớp điện cực cổng phải được lắng đọng trên để thủy tinh, sau đó lớp YSZ sẽ được lắng đọng trên lớp điện cực cổng này. Trong các nghiên cứu trước, chúng tôi đã dùng lớp kích thích kết tinh YSZ [1,2] kết hợp với phương pháp kết tinh chùm laser xung (PLA) để tạo ra màng Si kết tinh có chất lượng tốt hơn so với phương pháp kết tinh pha rắn bằng lò nung [3,4]. Tuy nhiên, chất lượng kết tinh của màng Si ở mật độ năng lượng cao bị suy giảm. Kết tinh ở mật độ năng lượng thấp có thể tạo ra màng Si có chất lượng tốt nhưng sẽ mất rất nhiều thời gian để có thể kết tinh hoàn toàn. Nhằm rút ngắn thời gian nung nhưng vẫn tạo được

màng kết tinh có chất lượng tốt, chúng tôi đã đề xuất phương pháp kết tinh hai bước, trong đó màng Si vô định hình (a-Si) sẽ được kết tinh sử dụng hai loại mật độ năng lượng [5-8].

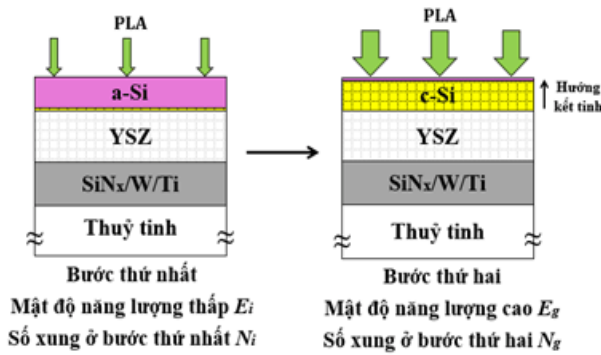
Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của lớp kim loại lên chất lượng kết tinh của màng mỏng Si lắng đọng trên lớp YSZ để ứng dụng chế tạo TFT điện cực đáy. Dựa trên những ưu điểm của phương pháp nung hai bước, chúng tôi sử dụng phương pháp này để kết tinh màng Si ở pha rắn như minh họa ở Hình 1. Màng a-Si sẽ được nung ở hai giá trị mật độ năng lượng  $E$  khác nhau. Ở trạng thái ban đầu hay bước thứ nhất, màng a-Si được nung ở giá trị  $E$  thấp ( $E_i$ ) trong thời gian ngắn để tạo ra những mầm tinh thể Si (c-Si) tại bề mặt chung giữa màng Si và lớp bên dưới. Sau đó, ở bước thứ hai, màng Si được nung ở giá trị  $E$  cao ( $E_g$ ) để tăng tốc quá trình phát triển mầm và thúc đẩy sự kết tinh của màng Si.

\* Liên hệ tác giả

Mai Thị Kiều Liên

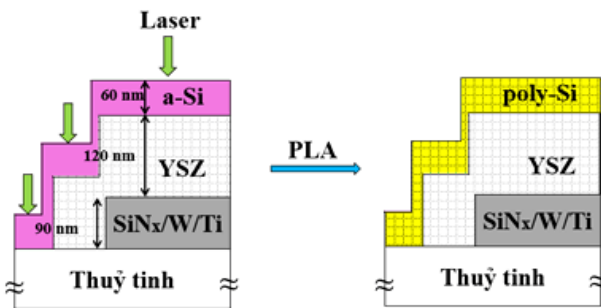
Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng

Email: mtklien@ued.udn.vn



**Hình 1.** Phương pháp kết tinh hai bước cho cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh

**2. Quy trình thực nghiệm**



**Hình 2.** Sơ đồ minh họa mẫu chế tạo cắt ngang của cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh

Cấu trúc mẫu chế tạo được minh họa ở Hình 2. Lớp kim loại có cấu trúc gồm 30-nm SiN<sub>x</sub>/30-nm W/30-nm Ti được tạo thành trên bề mặt đế thủy tinh sạch ở nhiệt độ 100°C bằng phương pháp phun xạ tần số vô tuyến. Lí do chọn cấu trúc kim loại gồm ba lớp sẽ được trình bày sau. Sau đó, lớp YSZ dày 120-nm được lắng đọng trên SiN<sub>x</sub>/W/Ti/thủy tinh ở nhiệt độ đế 50°C bằng phương pháp phun xạ. Tiếp theo, một lớp a-Si dày 60-nm được lắng đọng bằng phương pháp bay hơi dùng chùm electron ở 300°C, sử dụng vật liệu nguồn là viên a-Si rắn. Sự kết tinh của màng a-Si được tiến hành bằng phương pháp nung laser xung trong môi trường khí N<sub>2</sub>. Laser được sử dụng là neodymium-doped yttrium aluminium garnet (Nd:YAG) có bước sóng λ = 532 nm, tần số lặp lại là 10 Hz và thời gian xung là 6 ~ 7 ns. Tổng số xung N được giữ không đổi là 100 trong khi số xung ở bước thứ nhất N<sub>i</sub> và ở bước thứ hai N<sub>g</sub> được thay đổi sao cho luôn thoả mãn N = N<sub>i</sub> + N<sub>g</sub>. Độ kết tinh của màng Si được đo bằng máy đo phổ Raman He-Ne với kích thước điểm có đường kính ~1 mm. Ti lượng kết

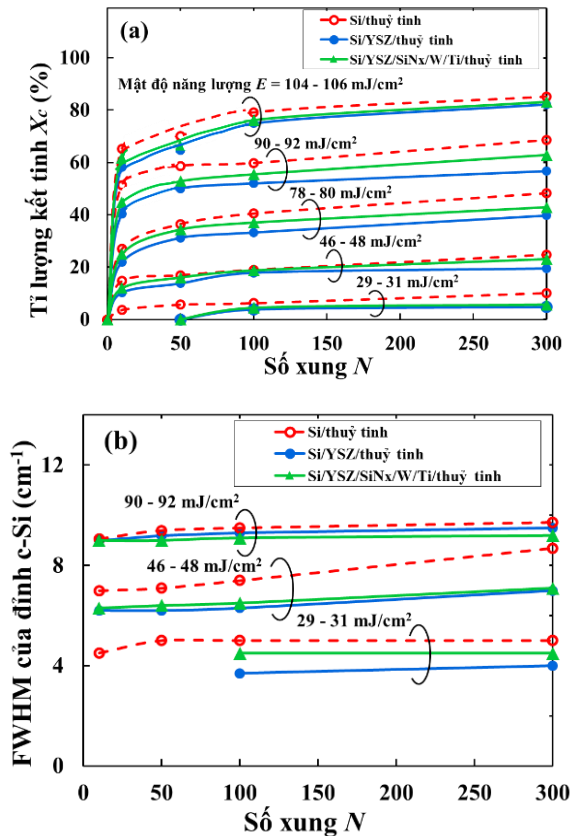
ting, X<sub>c</sub>, được xác định bằng công thức:  $X_c = (I_\mu + I_c) / (I_\mu + I_c + I_a)$ , trong đó I<sub>c</sub>, I<sub>μ</sub>, và I<sub>a</sub> lần lượt là cường độ tích hợp của các đỉnh c-Si, vi tinh thể Si (μ-Si), và a-Si trong phổ Raman [4,9]. Kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope-SEM) được sử dụng để quan sát bề mặt của màng và xác định kích thước hạt Si kết tinh.

W và hợp chất của nó được sử dụng rộng rãi làm điện cực trong chế tạo TFT do tính ổn định hoá học và tính dẫn điện cao [10,11]. Tuy nhiên, độ bám dính của W trên đế thủy tinh rất yếu do sự khác biệt về hệ số giãn nở giữa chúng. Vì vậy, trước khi lắng đọng màng W, chúng tôi đã lắng đọng một lớp Ti với vai trò làm tăng độ bám dính của W trên đế thủy tinh. Ti là một kim loại hoạt hoá, dễ tác dụng với nguyên tử oxy tại bề mặt của thủy tinh (SiO<sub>2</sub>) để tạo thành oxit titan (TiO<sub>2</sub>). TiO<sub>2</sub> có liên kết hoá học bền và mạnh, vì thế nó làm tăng độ bám dính. Mặc dù sự lắng đọng của màng kim loại được thực hiện trong phòng sạch nhưng vẫn có một lượng rất nhỏ chất cặn bẩn bám trên bề mặt của đế thủy tinh trong suốt quá trình vận chuyển từ buồng rửa mẫu đến hệ phun xạ. Sau khi lắng đọng màng W, các cặn bẩn này được loại bỏ dễ dàng bằng quá trình rửa cơ học trong máy rung siêu âm. Tuy nhiên, quá trình rửa này cũng làm W bị loại bỏ theo. Vì thế, màng cách điện SiN<sub>x</sub> được lắng đọng che phủ bề mặt của W để bảo vệ nó không bị loại bỏ.

**3. Kết quả và thảo luận**

**3.1. Khảo sát sự phụ thuộc vào số xung N của tỉ lượng kết tinh và chất lượng tinh thể của màng Si được kết tinh bằng phương pháp một bước**

Đầu tiên, kết quả thu được từ phương pháp nung một bước ở những giá trị mật độ năng lượng E cố định sẽ được trình bày nhằm cung cấp cho người đọc một số thông tin cơ bản về phương pháp nung bằng laser xung. Hình 3(a) và 3(b) cho thấy sự phụ thuộc của tỉ lượng kết tinh X<sub>c</sub> và toàn độ rộng ở nửa cực đại (full width at half maximum-FWHM) của đỉnh c-Si vào số xung N cho các cấu trúc Si/thủy tinh, Si/YSZ/thủy tinh và Si/YSZ/SiN<sub>x</sub>/W/Ti/thủy tinh (sau đây gọi đơn giản là Si/YSZ/kim loại/thủy tinh), với mật độ năng lượng E là thông số. Kết quả này thu được từ phép đo phổ Raman.



**Hình 3.** Sự phụ thuộc của (a) tỉ lượng kết tinh  $X_c$  và (b) FWHM của c-Si vào số xung  $N$ . Mật độ năng lượng  $E$  là thông số

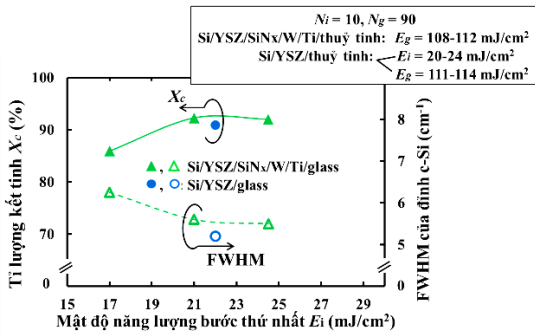
Từ Hình 3(a), chúng ta có thể thấy rằng tăng  $N$  (hay tăng thời gian nung) làm  $X_c$  của tất cả các cấu trúc tăng. Tại mật độ năng lượng  $E$  cao,  $X_c$  tăng nhanh chóng và bão hoà ngay cả ở số xung  $N$  nhỏ. Điều này chứng tỏ sự tạo mầm và phát triển của mầm tinh thể Si diễn ra bên trong màng Si.  $X_c$  của cấu trúc Si/thủy tinh cao hơn so với các cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh. Kết quả này cho thấy màng Si trong cấu trúc Si/thủy tinh kết tinh nhanh hơn so với màng Si trong hai cấu trúc còn lại tại cùng giá trị của  $N$  và  $E$ . Điều này được cho là do sự hấp thụ quang học của màng Si trên đế thủy tinh cao hơn so với hai cấu trúc còn lại<sup>7)</sup>.  $X_c$  của Si/YSZ/kim loại/thủy tinh cao hơn một chút so với Si/YSZ/thủy tinh. Điều này có thể là do lớp kim loại hấp thụ năng lượng quang học từ chùm laser, vì thế nhiệt độ của màng Si cao hơn một chút so với Si trong cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh. Trong Hình 3(b), chúng ta có thể thấy sự phụ thuộc của FWHM vào số

xung  $N$  là như nhau cho cả ba cấu trúc. Tại mật độ năng lượng  $E$  thấp, FWHM nhỏ và gần như nhau đối với mọi giá trị của  $N$ . Tuy nhiên, khi tăng  $E$ , FWHM trở nên lớn hơn và tăng khi tăng số xung  $N$ . Điều này được giải thích bởi sự tăng của mật độ khuyết tật bên trong lẫn bên ngoài hạt tinh thể Si. Khi tăng  $E$ , sự kết tinh màng diễn ra nhanh hơn và các hạt tinh thể va chạm lẫn nhau trong quá trình phát triển từ mầm theo những hướng không đồng nhất tạo ra khuyết tật mạng. Tại cùng giá trị  $N$ , FWHM của Si/YSZ/kim loại/thủy tinh gần như bằng với cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh và nhỏ hơn cấu trúc Si/thủy tinh. Vì FWHM là một thông số cho biết chất lượng kết tinh của màng mỏng, FWHM càng nhỏ thì chất lượng màng càng tốt và ngược lại. Vì thế, kết quả trên gợi ý rằng chất lượng kết tinh của hai cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh và Si/YSZ/thủy tinh tốt hơn so với cấu trúc Si/thủy tinh.

### 3.2. Cải thiện chất lượng kết tinh của màng Si bằng phương pháp hai bước

#### a. Sự phụ thuộc của tỉ lượng kết tinh $X_c$ và chất lượng màng mỏng vào mật độ năng lượng ở bước thứ nhất $E_i$

Chúng tôi áp dụng phương pháp hai bước để cải thiện hơn nữa chất lượng kết tinh của cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh. Trong nghiên cứu trước [7], kết quả thí nghiệm cho thấy giá trị  $E_g$  tối ưu ở bước thứ hai để kết tinh pha rắn màng Si cho hai cấu trúc Si/thủy tinh và Si/YSZ/thủy tinh lần lượt là 106-109 mJ/cm<sup>2</sup> và 111-114 mJ/cm<sup>2</sup>. Trong nghiên cứu này, chúng tôi chọn giá trị  $E_g$  tối ưu cho cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh là 108-112 mJ/cm<sup>2</sup>. Các giá trị này gần bằng nhưng nhỏ hơn mật độ năng lượng tới hạn làm nóng chảy màng Si cho từng cấu trúc. Trong phương pháp hai bước, mật độ năng lượng ở bước thứ nhất  $E_i$  là một thông số rất quan trọng để điều khiển vị trí tạo ra mầm tinh thể Si và thể hiện sự vượt trội của nó so với phương pháp một bước. Nếu chọn  $E_i$  quá thấp sẽ không thể tạo ra được mầm tinh thể. Ngược lại, nếu  $E_i$  quá cao thì mầm tinh thể không chỉ được tạo ra tại bề mặt chung giữa màng Si và lớp bên dưới mà còn được tạo ra bên trong màng. Sự phát triển của các mầm bên trong màng sẽ cản trở sự phát triển của các mầm tại bề mặt chung. Kết quả là làm cho chất lượng kết tinh giảm đi. Vì vậy, chúng tôi đã tối ưu hoá  $E_i$  bằng việc khảo sát sự phụ thuộc của độ kết tinh trong màng Si vào  $E_i$  với  $E_g$ ,  $N_i$ ,  $N_g$  được giữ cố định lần lượt ở 108-112 mJ/cm<sup>2</sup>, 10, và 90.



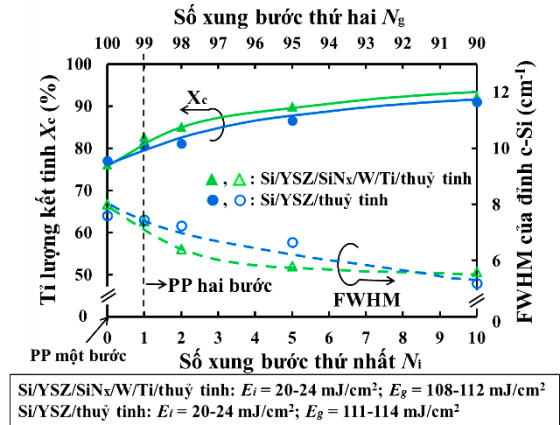
**Hình 4.** Sự phụ thuộc của  $X_c$  và FWHM vào  $E_i$  cho cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh bằng phương pháp nung hai bước. Kết quả của cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh tại điều kiện tối ưu của nó cũng được đưa ra để so sánh

Hình 4 cho thấy sự phụ thuộc vào  $E_i$  của  $X_c$  và FWHM của cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh. Kết quả của cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh tại điều kiện tối ưu của nó cũng được đưa ra để so sánh. Chúng ta có thể thấy  $X_c$  tăng và FWHM giảm khi  $E_i$  tăng đến 20 mJ/cm<sup>2</sup>. Sau đó,  $X_c$  và FWHM gần như không đổi khi tăng  $E_i$  đến 24 mJ/cm<sup>2</sup>. Tại đây,  $X_c$  đạt cực đại trong khi FWHM của đỉnh c-Si thì đạt cực tiểu, gợi ý rằng chất lượng kết tinh đạt cực đại. So sánh với cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh, cả  $X_c$  và FWHM của Si/YSZ/kim loại/thủy tinh đều cao hơn một chút, chứng tỏ rằng màng Si trên đế YSZ/kim loại/thủy tinh kết tinh nhanh hơn nhưng chất lượng cũng giảm đi chút ít so với màng Si trên đế YSZ/thủy tinh. Điều này cho thấy lớp kim loại có tác dụng thúc đẩy nhanh hơn quá trình kết tinh mà không có tác dụng cải thiện màng Si.

**b. Sự phụ thuộc vào số xung ở bước thứ nhất  $N_i$  của tỉ lượng kết tinh  $X_c$  và chất lượng màng**

Kết quả thí nghiệm cho thấy mật độ năng lượng tối ưu cho các trạng thái đầu và cuối của cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh trong phương pháp hai bước lần lượt là 20-24 và 108-112 mJ/cm<sup>2</sup>. Bây giờ, chúng tôi khảo sát sự phụ thuộc của chất lượng kết tinh vào số xung ban đầu  $N_i$ . Hình 5 cho thấy sự phụ thuộc của  $X_c$  và FWHM của đỉnh c-Si vào số xung ban đầu  $N_i$  cho hai cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh và Si/YSZ/thủy tinh trong phương pháp hai bước ( $N_i \neq 0$ ), so sánh với phương pháp một bước ( $N_i = 0$ ), với tổng số xung  $N = N_i + N_g$ . Khi  $N_i$  tăng, chúng ta có thể thấy FWHM giảm trong khi  $X_c$  tăng cho cả hai cấu trúc. Điều này chứng tỏ rằng chất lượng kết tinh của màng Si được cải thiện khi sử dụng phương pháp hai bước. Tại cùng giá trị

$0 < N_i < 10$  (đối với phương pháp hai bước),  $X_c$  của Si/YSZ/kim loại/thủy tinh cao hơn một chút trong khi FWHM của nó thì nhỏ hơn một chút so với cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh. Điều này cũng cho thấy tác dụng của lớp kim loại trong việc cải thiện chất lượng kết tinh của màng Si trên lớp YSZ bằng phương pháp hai bước. Tuy nhiên, tại  $N_i = 10$ , mặc dù cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh có  $X_c$  cao hơn nhưng FWHM của nó cũng đồng thời cao hơn so với Si/YSZ/thủy tinh. Kết quả này đã được đưa ra vào thảo luận ở Hình 4. Chúng tôi chọn giá trị  $N_i = 10$  là giá trị xung tối ưu ở bước thứ nhất cho cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh vì  $X_c$  cao nhất và FWHM cũng tương đối thấp.



**Hình 5.** Sự phụ thuộc của  $X_c$  và FWHM vào  $N_i$  cho hai cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh và Si/YSZ/thủy tinh bằng phương pháp nung hai bước tại các điều kiện tối ưu của chúng

**c. So sánh chất lượng kết tinh của màng Si trên ba loại đế: thủy tinh, YSZ/thủy tinh và YSZ/kim loại/thủy tinh**

Trong phần này, chúng tôi so sánh chất lượng kết tinh của ba cấu trúc Si/thủy tinh, Si/YSZ/thủy tinh, và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh bằng việc sử dụng các kết quả từ phép đo phổ Raman He-Ne và SEM. Bảng 1 cho thấy giá trị tiêu biểu  $X_c$  và FWHM của đỉnh c-Si cho ba cấu trúc bằng phương pháp nung hai bước với  $N_i = 10$  và  $N_g = 90$ . Chúng tôi sử dụng ba điều kiện nung khác nhau và được kí hiệu là (A), (B), và (C). Các điều kiện này lần lượt là điều kiện tối ưu của ba cấu trúc Si/thủy tinh, Si/YSZ/thủy tinh [7], và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh. Chất lượng kết tinh (bao gồm  $X_c$  và FWHM) của ba cấu trúc ở điều kiện (A) được gắn nhãn lần lượt ①, ②, và ③ như trong Bảng 1. Chất lượng kết tinh của

cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh ở điều kiện (B) được gắn nhãn ④ và của Si/YSZ/kim loại/thủy tinh ở điều kiện (C) được gắn nhãn ⑤.

**Bảng 1.**  $X_c$  và FWHM của ba cấu trúc Si/thủy tinh, Si/YSZ/thủy tinh, và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh bằng phương pháp nung hai bước

Điều kiện nung (PP hai bước)	Si/thủy tinh	Si/YSZ/thủy tinh	Si/YSZ/kim loại/thủy tinh
(A) $E_i = 18 - 22 \text{ mJ/cm}^2, N_i = 10$ $E_g = 106 - 109 \text{ mJ/cm}^2, N_g = 90$	$X_c = 87\%$ ① FWHM = 6.0	$X_c = 82\%$ ② FWHM = 6.1	$X_c = 85\%$ ③ FWHM = 6.2
(B) $E_i = 20 - 24 \text{ mJ/cm}^2, N_i = 10$ $E_g = 111 - 114 \text{ mJ/cm}^2, N_g = 90$	/	$X_c = 91\%$ ④ FWHM = 5.2	/
(C) $E_i = 20 - 24 \text{ mJ/cm}^2, N_i = 10$ $E_g = 108 - 112 \text{ mJ/cm}^2, N_g = 90$	/	/	$X_c = 93\%$ ⑤ FWHM = 5.5

Đầu tiên, so sánh giữa ①, ②, và ③ cho thấy mặc dù  $X_c$  của Si/thủy tinh là cao nhất trong ba cấu trúc, FWHM của nó bằng với các cấu trúc còn lại. Sự khác nhau về  $X_c$  được xem xét là do sự khác nhau trong độ hấp thụ quang học của ba cấu trúc. Mặt khác, FWHM bằng nhau cho cả ba cấu trúc gợi ý rằng chúng ta có thể cải thiện chất lượng kết tinh bằng việc nung Si/YSZ/thủy tinh và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh ở các điều kiện tối ưu của chúng. Thực ra, chúng tôi đã thu được  $X_c$  cao hơn và FWHM nhỏ hơn ở ④ và ⑤ so với ① khi sử dụng các điều kiện tối ưu của các cấu trúc đó. Tuy nhiên, so sánh ④ và ⑤, chúng ta thấy rằng chất lượng kết tinh hơi khác nhau giữa 2 cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh. Điều

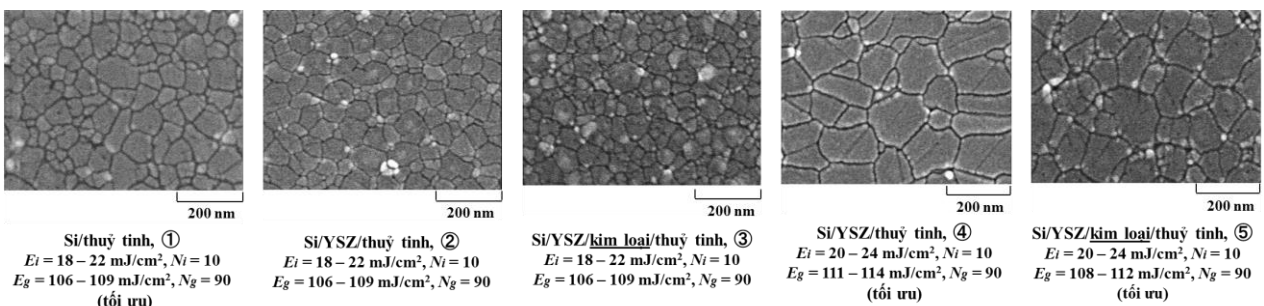
này gợi ý rằng lớp kim loại có một chút tác dụng gia nhiệt trong việc thúc đẩy sự kết tinh của màng Si.

Chúng tôi cũng quan sát hình dạng, kích thước của hạt Si kết tinh trên ba cấu trúc bằng phương pháp hai bước và so sánh chúng. Hình ảnh SEM được hiển thị ở Hình 6 ở các điều kiện nung giống như trong Bảng 1. Các kí hiệu ①–⑤ trong Hình 6 tương ứng với trong Bảng 1. Chúng ta có thể thấy tại cùng điều kiện kết tinh (A), kích thước hạt của Si/YSZ/thủy tinh đồng đều hơn so với cấu trúc Si/thủy tinh. Tại điều kiện tối ưu đối với mỗi cấu trúc, Si trên hai cấu trúc Si/YSZ/thủy tinh và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh có kích thước hạt to hơn và đồng đều hơn so với Si trên cấu trúc Si/glass.

#### 4. Kết luận

Chúng tôi đã khảo sát chất lượng kết tinh của cấu trúc Si/YSZ/kim loại/thủy tinh và so sánh với hai cấu trúc Si/thủy tinh, Si/YSZ/thủy tinh bằng máy đo phổ Raman và SEM. Kết quả cho thấy  $X_c$  cao hơn và FWHM nhỏ hơn khi dùng phương pháp nung hai bước so với phương pháp nung một bước ở cùng số xung và mật độ năng lượng. Điều này chứng tỏ rằng chất lượng kết tinh của màng Si được cải thiện khi lắng đọng trên đế YSZ/kim loại/thủy tinh. Hơn nữa, màng kim loại có hiệu ứng gia nhiệt trong việc thúc đẩy sự kết tinh của màng Si. Các điều kiện nung được tối ưu hoá để ứng dụng chế tạo poly-Si TFTs điện cực đáy. Tuy nhiên, để ứng dụng được, chúng tôi cần khảo sát thêm và thử nghiệm nhiều phép đo khác nữa.

**Hình 6.** Hình ảnh SEM của màng Si kết tinh cho ba cấu trúc Si/thủy tinh, Si/YSZ/thủy tinh, và Si/YSZ/kim loại/thủy tinh bằng phương pháp hai bước. Các kí hiệu ①–⑤ giống với Bảng 1





## Tài liệu tham khảo

- [1] S. Horita and H. Sukreen (2009). Low Temperature Deposition and Crystallization of Silicon Film on an HF-Etched Polycrystalline Yttria-Stabilized Zirconia Layer Rinsed with Ethanol Solution. *Appl. Phys. Express* 2, 1-3.
- [2] S. Horita and S. Hana (2010). Low-Temperature Crystallization of Silicon Films Directly Deposited on Glass Substrates Covered with Yttria-Stabilized Zirconia Layers. *Jpn. J. Appl. Phys.* 49, 1-11.
- [3] M. T. K. Lien, K. Mochizuki, and S. Horita (2013). Effect of a stimulation layer on solid-phase crystallization of an amorphous Si film by pulse laser irradiation. *Proc. AM-FPD'13*, 175-176.
- [4] M. T. K. Lien and S. Horita (2014). Raman spectral analysis of Si films solid-phase-crystallized on glass substrates using pulse laser with crystallization-induction layers of yttria-stabilized zirconia. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 53, 03CB01, 1-7.
- [5] M. T. K. Lien and S. Horita (2014). Improvement of Crystalline Quality of Poly-Si Thin Films Crystallized on YSZ Layers by New Two-Step Irradiation Method with PLA. *Proc. AM-FPD'14*, 185-188.
- [6] M. T. K. Lien and S. Horita (2013). Improving Crystalline Quality of Si Thin Films Solid-Phase Crystallized on Yttria-Stabilized Zirconia Layers by Pulse Laser. *Proc. IDW'13*, 655-656.
- [7] M. T. K. Lien and S. Horita (2015). Improving crystalline quality of polycrystalline silicon thin films crystallized on yttria-stabilized zirconia crystallization-induction layers by the two-step irradiation method of pulsed laser annealing. *Jpn. J. Appl. Phys.* 54, 1-8.
- [8] M. T. K. Lien and S. Horita (2016). Material properties of pulsed-laser crystallized Si thin films grown on yttria-stabilized zirconia crystallization-induction layers by two-step irradiation method. *Jpn. J. Appl. Phys.* 55, 1-8.
- [9] S. Ray, S. Mukhopadhyay, T. Jana, and R. Carius (2002). Transition from amorphous to microcrystalline Si:H: effects of substrate temperature and hydrogen dilution. *J. Non-Cryst. Solids*, 299-302, 761-766.
- [10] David R. Lide (1999). Handbook of Chemistry and Physics. *CRC Press LLC USA*, 4-31.
- [11] H. Sato et al. (1995). A 1.9 M-pixel poly-Si TFT-LCD for HD and computer-data projectors. *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 41, 1181-1188.

## EFFECT OF METAL THIN FILMS ON CRYSTALLIZATION QUALITY OF Si THIN FILMS

**Abstract:** On the basis of the results obtained from the Si/glass and Si/YSZ\*/glass, we investigated the quality of the solid-phase Si/YSZ/metal/glass structure crystallized by both the one-step method and the two-step method using pulse laser clusters. It was found that given the same heating time and a lower total irradiation energy density, the two-step method resulted in a higher crystallization degree and better crystallization quality compared to the one-step method. This proved the effectiveness of the two-step method in improving the crystallization quality of Si films on YSZ/metal/glass. Moreover, the metal layer has a small heating effect on accelerating the crystallization of the Si film. Heating conditions were optimized for the fabrication of bottom-gate poly-Si thin-film transistors (\* YSZ: Yttria--Stabilized Zirconia).

**Key words:** PLA; solid-phase crystallization; low-temperature crystallization; silicon thin-film; YSZ; amorphous silicon; polycrystalline silicon.