

# ẢNH HƯỞNG CỦA THÀNH PHẦN VẬT LIỆU ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA MÀNG MỎNG $\text{InSb}$ CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP BỐC BAY NỔ

Phạm Văn Nho

**I. Mở đầu:**  $\text{InSb}$  là hợp chất được coi là điển hình khi nghiên cứu chế tạo màng mỏng bằng các phương pháp vật lý. Nguyên nhân là ở chỗ hợp chất này bị phân hủy và có áp suất các hợp phần khác nhau nhiều [1, 2]. Do vậy khi chế tạo màng mỏng, sự thay đổi thành phần sẽ xảy ra ở cả hai khâu bay hơi và ngưng kết. Để khắc phục sự thay đổi thành phần này nhằm thu được màng  $\text{InSb}$  hợp thức một loại các biện pháp công nghệ đặc biệt đã được nghiên cứu và sử dụng. Thí dụ: bay hơi từ hai nguồn  $\text{In}$  và  $\text{Sb}$  riêng rẽ [3], phương pháp ba nhiệt độ [4], phương pháp bốc bay catod [5]. Thông dụng hơn cả trong việc chế tạo mỏng hợp chất  $A^{III}B^V$  nói chung, màng mỏng  $\text{InSb}$  nói riêng là phương pháp bốc bay nổ [6-9]. Tuy nhiên phương pháp này chỉ khắc phục được sự thay đổi thành phần ở giai đoạn bay hơi nhờ thủ pháp bốc bay tức thời (bốc bay nổ — flash). Vật liệu ở dạng bột chứ không khắc phục được sự thay đổi thành phần khi ngưng kết.  $\text{Sb}$  tái bốc bay khỏi màng làm cho màng có thành phần lệch ra khỏi giá trị hợp thức, nhất là khi tăng nhiệt độ ngưng kết.

Công trình này trình bày những kết quả bước đầu trong việc tìm kiếm giải pháp nhằm khắc phục nhược điểm có tính nguyên tắc của phương pháp bốc bay nổ thông thường.

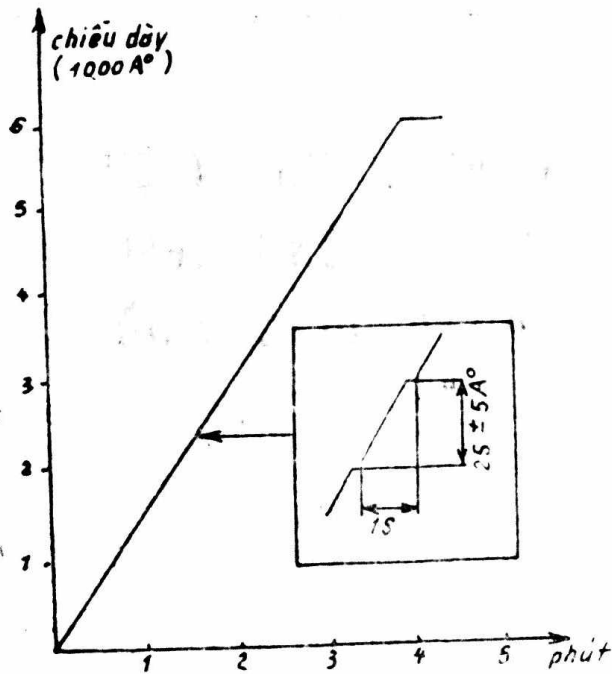
## II. Phương pháp thực nghiệm:

Hiện tượng tái bốc bay  $\text{Sb}$  xảy ra liên tục trong suốt quá trình hình thành màng mỏng  $\text{InSb}$ . Sự mất mát  $\text{Sb}$  liệu có thể bù lại bằng cách tạo nên trạng thái dư thừa  $\text{Sb}$  trong pha hơi? Để trả lời câu hỏi này chúng tôi làm như sau:

### 1. Tạo mẫu.

Vật liệu ban đầu là bột đa tinh thể hợp chất  $\text{InSb}$  hợp thức. Quá trình truyền vật liệu vào nồi bốc bay được thực hiện theo chế độ gián đoạn do hệ thống điện tử có không chế tự động điều khiển. Chế độ ngưng kết được kiểm tra trực tiếp bằng máy đo độ dày cộng hưởng thạch anh KHT — 1 với tự kỳ 4 kênh TYP 175. Vận tốc ngưng kết của các màng mỏng là giống nhau và được ghi lại ở hình (1).

Các màng mỏng được ngưng kết trên đế mica ở cùng một nhiệt độ là  $350^\circ\text{C}$ . Nhiệt độ này nằm trong vùng nhiệt độ để tối ưu [9, 10].



Hình 2

Độ dư thừa của Sb trong thành phần vật liệu ban đầu được xác định bởi đại lượng K:

$$K = \frac{M_{Sb} + \Delta_m S_b}{M_{Sb}}$$

$M_{Sb}$  — Lượng Sb trong hợp chất

$\Delta_m S_b$  — Lượng Sb thêm vào

(Tất cả được tính theo gram nguyên tử)

Theo đặc điểm của phương pháp bốc bay nỏ, thành phần pha hơi đập vào đế sẽ giống như thành phần vật liệu ban đầu tức là có cùng một giá trị K. Như vậy các màng mỏng sẽ được ngưng kết trong điều kiện liêt trước về độ dư thừa của Sb trong pha hơi.

## 2. Tính chất điện.

Độ linh động của hạt tải được sử dụng phổ biến để đánh giá phẩm chất của màng mỏng trong mối liên hệ với chế độ công nghệ. Giá trị của độ linh động được xác định từ kết quả đo độ dẫn  $\sigma$  và hằng số Hall ( $R_H$ ).

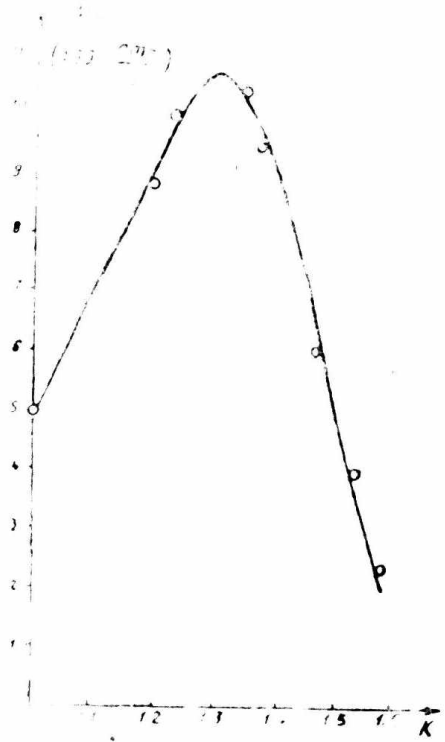
Các mẫu có giá trị K thay đổi từ 1 đến 6, ngưng kết trong những điều kiện giống nhau về nhiệt độ đế, vận tốc ngưng kết và độ dày được đo  $\sigma$  và  $R_H$  bằng phương pháp thông dụng trên cầu bù trừ cao òm P 307 T, dòng một chiều và nam châm vĩnh cửu.

## III. Kết quả và biện luận.

Từ các kết quả thu được chúng ta thấy độ linh động  $\mu_H$  phụ thuộc vào K theo quy luật được chỉ ra ở hình (2).

Như vậy trong những điều kiện thực nghiệm đã mô tả ở trên chúng ta phát hiện thấy sự phụ thuộc tính chất của màng InSb vào thành phần vật liệu ban đầu.

Ta biết rằng đối với bán dẫn hợp chất, sự lệch hợp thức cùng một lúc kéo theo hai hiện tượng: một là tăng nồng độ hạt tải, hai là tăng các sai hỏng cấu trúc. Kết quả khi lệch hợp thức độ linh động hạt tải của màng mỏng sẽ giảm xuống. Như vậy nhánh bên trái cực đại (h 2) tương ứng với trường hợp lượng Sb tái bốc. Nhánh bên phải cực đại tương ứng với trường hợp lượng cả Sb thêm vào nhiều hơn lượng Sb tái bốc. Trong hai trường hợp màng mỏng thu được đều ở trong trạng thái lệch hợp thức. Vì lượng Sb tái bốc là xác định, K lại tăng lên liên tục, nên sẽ xảy ra trường hợp cân bằng giữa lượng Sb tái bốc và lượng Sb thêm vào. Tại giá trị cân bằng này chúng ta thu được màng có độ linh động cao nhất.



Hình 2

Khả năng hiện tại không cho phép tiến hành những phép phân tích thành phần tinh tế để trực tiếp khẳng định tính hợp thức của màng mỏng tại điểm cân bằng. Tuy nhiên các kết quả tính toán và so sánh lại rất đáng để chúng ta quan tâm.

Ta biết rằng xác suất bay hơi của vật liệu được xác định bởi biểu thức [11]

$$W = f \exp\left(-\frac{E_a}{KT}\right)$$

Trong đó f — Tần số dao động của nguyên tử bề mặt =  $10^{13}$ .

$E_a$  — Năng lượng liên kết

K — Hằng số Boltzmann

T — Nhiệt độ để (°K).

Đối với hợp chất InSb do sự chênh lệch rất lớn về áp suất (1000 lần ở 675°C [1]) giữa Sb và In, nên khi bị phân hủy, hầu như chỉ có Sb bay hơi. Vì vậy khi áp dụng công thức trên chúng ta chỉ cần quan tâm sự bay hơi của Sb khi mối liên kết In—Sb bị gãy.

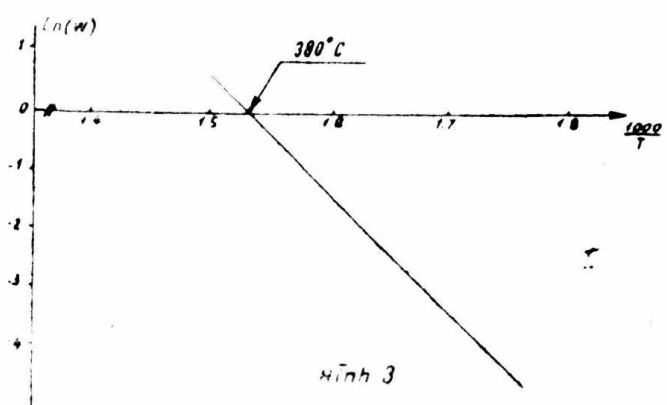
Dựa trên các kết quả phân tích bằng phổ Auger thành phần của màng mỏng InSb so với vật liệu ban đầu, [12]. Công thức trên cho chúng ta giá trị của năng lượng liên kết khá phù hợp với giá trị chuẩn [13].

Trong công trình này, xuất phát từ luận điểm cho rằng tại giá trị cực đại của độ linh động lượng Sb tái bốc chính bằng lượng Sb thêm vào chúng ta xác định được xác suất tái bốc và từ đó là năng lượng liên kết:

$$0.230 = 10^{13} \exp\left(-\frac{E_a}{K.623}\right)$$

$$E_a = 1.68 \text{ eV.}$$

Từ giá trị thực nghiệm của năng lượng liên kết tìm được, chúng ta có thể dựng đồ thị phụ thuộc xác suất tái bốc vào nhiệt độ ngưng kết. Đồ thị này cho phép xác định nhanh chóng lượng Sb bù thêm thích hợp ở mỗi một giá trị cho trước của nhiệt độ để (hình 3).



Hình 3

Cũng trên đồ thị, chúng ta thấy rằng nhiệt độ ứng với xác suất bay hơi bằng 1 là 380°C. Trong quá trình chế tạo màng mỏng InSb, nhiệt độ này chính là nhiệt độ mà từ đó, hiện tượng tái bốc Sb ra khỏi màng sẽ chiếm ưu thế so với hiện tượng tái tạo hợp chất, màng sẽ mất hợp thức và phẩm chất của màng mỏng sẽ suy giảm nhanh chóng. Nhiệt độ tìm được

này nằm trong vùng giá trị thực nghiệm đã được công bố ở nhiều công trình khác nhau, thí dụ [9, 10, 14].

Như vậy các kết quả thu được về năng lượng liên kết (bảng 1) và nhiệt độ phân hủy hợp chất cho phép chúng ta nghĩ rằng tại điểm cực đại của đường cong phụ thuộc  $\mu_H$  (K) lượng Sb thêm vào và tái bố cục cân bằng nhau và khả năng nhận được màng InSb hợp thức là có cơ sở.

Bảng 1

Phương pháp và nguồn tài liệu	Năng lượng liên kết $E_a$ (eV)
J. Chem. Phys. [13]	1,65
Phổ kế Auger [12]	1,56
Phương pháp của công trình này (Bốc bay nỏ gián đoạn thành phần thay đổi)	1,68

### KẾT LUẬN

1. Tính chất của màng mỏng InSb thu được trong phương pháp bốc bay nỏ phụ thuộc vào thành phần vật liệu ban đầu. Về mặt công nghệ, biện pháp pha thêm Sb cho phép nâng cao phẩm chất của màng mỏng so với phương pháp thông thường.

2. Với phương pháp «bốc bay nỏ gián đoạn thành phần thay đổi» ta có thể xác định được lượng bù tối ưu để đạt được mức độ hợp thức của màng mỏng. Đồng thời phương pháp trên cho phép chúng ta chế tạo màng mỏng ở điều kiện gần với cân bằng nhiệt động, và xác định với độ chính xác khá cao (đủ cho các yêu cầu thực nghiệm) năng lượng liên kết của các hợp chất tương tự InSb: AIII BV ...)

Tác giả trân trọng cảm ơn giáo sư tiến sĩ R. Herrmann (Trường Đại học Tổng hợp Humboldt — Cộng hòa Dân chủ Đức), Giáo sư I. Tiến sĩ Nguyễn An, Giáo sư II Đàm Trung Đồn (Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội), PTS Nguyễn Văn Vượng — (Viện Vật lý, Viện Khoa học Việt Nam) trong việc thảo luận và đánh giá kết quả thu được của công trình này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Палатник Л.С. Основы полупроводниковое метериаловедение, с. 121. «Энергия» М 1973
2. Рейнхард Глэнг. Вакуумное испарение В Книг. «Технология тонких плёнок» Подред. Л. Майсселя. Перев. с Анги.

11. 9—174 «Советское радио». М. 1977
3. Куров Г.А., Динскер Э.Г. ЖТФ 28 стр 20. (1958)
4. K.G. Guenter Naturforce 13a, p. 1081 (1958)
5. F. H. Khan. Surf. Sci. 9, p. 366 (1968)
6. Палатник Л.С., Варламов В.А., Сорокин В.К., Зозуля П.П. Известие АН СССР. Неограниченные материалы Т7. N 10. с. 1694, (1971)
7. Комник Ю. Ф., Палатник Л. С., ФТТ Т7. №2. 539 (1965).
8. A.K. Shamaga P. Jayarma, Redly, Phys. Stat. Sol. (a) 79, p 183 (1983)
9. X.M Burvenich,  
Thin Solid Films. 27, 129 (1975)
10. K. F. Hulme and J.B. Mullin. Solid. Stat. Klec. Pergamon Press. V5. 211 — 247. (1962)
11. И.Е. Ефимов, Ю.И. Горбунов, И.Я. Козырь. Микроэлектроника. стр. 119. «Высшая школа». М. 1977.
12. J.E. Greene and C.E. Wuckersham J. Appl Phys. v 17, 8, p. 3630 (1976).
13. De Maria G, Drowart J, Inghram M. G. J. Chem, Phys. 31, p. 1076 (1959)
14. Ханеман. Поверхностные свойства Антимонида Индия при термической обработке. В книге. «Полупроводниковые соединения A<sup>III</sup> B<sup>V</sup>. Под ред. Роберт Виллардсон. Пер. с Англ. Т.Г. с. 605 «Металлургия» М. (1967)

Фам Ван Нью

### ВЛИЯНИЯ СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ НА СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЁНОК InSb ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ВЗРЫВНОГО ИСПАРЕНИЯ

Тонкие плёнки InSb были получены методом взрывного испарения при условии изучения начального состава материалов. Зависимость Электрического свойства плёнок от состава материалов была определена. Возможность коррекции реиспарения Sb при конденсации плёнок I. Sb была детально обсуждена.

Pham Van Nho

### THE INFLUENCE OF MATERIAL COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF InSb THIN FILMS PREPARED BY FLASH EVAPORATION

The InSb thin films were deposited by flash method on the condition that the composition of initial materials is changed. The electrical characteristic as the function of material composition was determined. The possibility of correction of Sb sublimated on the InSb film deposit was discussed in details.

Bộ môn Vật lý chất rắn

Trường Đại học Tổng hợp Hà nội

Nhận bài ngày 25-10-1986