

# ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ NGUNG KẾT ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA MÀNG MỎNG $\text{InSb}$ CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP BỐC BAY NỔ

PHẠM VĂN NHỎ

## I - MỞ ĐẦU

Việc chế tạo màng mỏng hợp chất bán dẫn  $\text{InSb}$  là một bài toán công nghệ lý thú, thu hút sự nỗ lực lâu dài của nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước. Sự tồn tại hợp chất này dưới dạng màng mỏng đem lại cho nó nhiều tính chất quý giá hấp dẫn cả về mặt nghiên cứu cơ bản lẫn ứng dụng thực tiễn phẩm chất của màng mỏng  $\text{InSb}$ , khác với màng mỏng đơn chất, được qui định trước tiên bởi tính hợp thức độ đồng nhất và sau đó mới đến cấu trúc. Một phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất để chế tạo màng mỏng  $\text{InSb}$  là phương pháp bốc bay nổ (flash). Mặc dù phương pháp này tạo được sự hợp thức trong khâu bay hơi [1] nhưng tính chất màng mỏng còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác trong giai đoạn ngưng kết, mà nhiệt độ đế là quan trọng hơn cả. Công trình này trình bày những kết quả nghiên cứu bước đầu ảnh hưởng của thông số công nghệ này đến phẩm chất của màng  $\text{InSb}$  chế tạo bằng phương pháp bốc bay nổ.

## II - THỰC NGHIỆM

Quá trình tạo màng được thực hiện trên hệ chân không VUP2K với vật liệu  $\text{InSb}$  ở dạng bột với kích thước hạt cỡ 0,1 mm được nghiền sử dụng tinh thể tự chế tạo có  $M_s = 40.000 \text{ cm}^2/\text{VS}$ . Theo cơ chế màng truyền, bột sợi vào nồi bốc bay bằng Ta được đốt nóng sẵn ở nhiệt độ  $1300^\circ\text{C}$ . Độ dày của màng mỏng được kiểm soát bằng máy đo cộng hưởng thạch anh, còn giá trị chính xác được đo bằng phương pháp giao thoa đèn Na. Các mẫu màng được chế tạo ở những điều kiện giống nhau trên đế mica, trừ nhiệt độ đế. Nhiệt độ này được thay đổi từ  $140^\circ\text{C}$  đến  $395^\circ\text{C}$ , nhằm mục đích khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng kết đến tính chất của màng  $\text{InSb}$ .

Mẫu có hình dạng và kích thước phù hợp với phép khảo sát hiệu ứng Hall Điện cực được tạo bằng bạc. Phép đo và  $R_H$  được thực hiện bằng phương pháp bù trừ trên cầu cao ôm P307T với dòng một chiều và nam châm vĩnh cửu. Đồng thời các mẫu này được bóc khỏi đế để nghiên cứu thành phần pha và cấu trúc bằng phương pháp nhiễu xạ điện tử truyền qua [2] trên máy YMB - 100K.

## III - KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đế đến độ linh động hạt tải được chỉ ra ở hình 1. Ta thấy rằng theo chiều tăng của nhiệt độ ngưng kết  $M_H$  lúc đầu tăng đạt giá trị cực đại, sau đó giảm nhanh ở nhiệt độ lớn hơn  $360^\circ\text{C}$ .

2. Các kết quả của phương pháp nhiễu xạ điện tử được chỉ ra ở hình 1, 2, 3. Từ các kết quả này chúng ta thấy:

a) Theo chiều tăng của nhiệt độ đế, cấu trúc của màng mỏng thay đổi từ đa tinh thể đến định hướng ưu tiên và đạt đến cấu trúc epitaxy với định hướng (111) trên đế mica ở nhiệt độ 325°C. (Đối với các mẫu ngưng kết ở nhiệt độ lớn hơn 380°C không thu được ảnh nhiễu xạ điện tử).

b) Trong màng InSb có tồn tại các pha In và Sb riêng rẽ ngay cả đến khi đã đạt được cấu trúc định hướng ưu tiên (bảng 1).

c) Khi màng đã có cấu trúc epitaxy không phát hiện thấy các vết nhiễu xạ của In và Sb riêng rẽ. Như vậy trong phạm vi cho phép của phương pháp nhiễu xạ điện tử màng nhận được là hợp chất InSb đồng nhất.

#### IV — BIỆN LUẬN VÀ KIỂM CHỨNG

1. Việc tồn tại các pha In và Sb xen kẽ trong màng InSb chứng tỏ hợp chất InSb đã bị phân hủy khi bốc bay. Để khẳng định điều này màng ngưng kết ở 140°C được khảo sát hệ số nhiệt độ trở. Kết quả là màng mỏng mang tính dẫn kim loại tức là chỉ gồm các pha In và Sb riêng rẽ. Như vậy sự hình thành màng mỏng InSb là kết quả của phản ứng tái hợp giữa In và Sb. Mức độ trộn vụn của phản ứng này phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng kết thông qua khả năng khuếch tán của các nguyên tử trên đế [3]:

$$D_a = a^2 \exp\left(-\frac{U_a}{KT_d}\right)$$

Khi nhiệt độ đế tăng lên, xác suất gặp gỡ của các nguyên tử tăng lên vì vậy phản ứng tái hợp sẽ xảy ra trộn vụn hơn, màng sẽ hợp thức và đồng nhất hơn. Thêm vào đó một ảnh hưởng quen biết của nhiệt độ ngưng kết là tăng mức độ hoàn hảo cấu trúc tinh thể. Những điều này được phản ánh một cách hợp lý ở các kết quả về độ linh động hạt tải và phân tích cấu trúc.

2. Sự suy giảm phẩm chất của màng mỏng InSb ở vùng nhiệt độ cao cũng đã được công bố ở nhiều công trình với nguyên nhân phỏng đoán là do Sb tái bốc khỏi màng [4,5]. Để có thể khẳng định điều này chúng tôi căn cứ vào những thí nghiệm kiểm chứng và luận điểm sau:

a) Khảo sát khả năng ngưng kết trên đế của thành phần dễ bay hơi Sb; Những lượng Sb như nhau được ngưng kết trên các đế có nhiệt độ khác nhau. Sự phụ thuộc của độ dày màng Sb vào nhiệt độ ngưng kết được chỉ ra ở hình 5. Ta thấy rằng khả năng ngưng kết của Sb giảm khi nhiệt độ đế tăng. Ở vùng 400°C Sb không thể tồn tại trên đế. Như vậy khi tăng nhiệt độ ngưng kết, và thành phần ban đầu là hợp thức thì thành phần của màng sẽ không hợp thức do Sb tái bốc bay còn In thì lại được tích tụ trong màng [7].

b) Đã tiến hành ủ màng InSb trong chân không ở nhiệt độ 300°C thời gian 60 phút. Kết quả khảo sát tính chất điện của màng trước và sau khi ủ được chỉ ra ở bảng 2. Sự thay đổi phẩm chất của màng InSb trong trường hợp này không có lý do nào khác ngoài sự tái bốc của Sb.

e) Ta biết rằng xác suất tái bốc phụ thuộc vào nhiệt độ để theo biểu thức [6] :

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

Như vậy khi nhiệt độ ngưng kết tăng, xác suất tái bốc Sb tăng, màng mất hợp thức điều đó dẫn đến cùng một lúc sự tăng của nồng độ hạt tải và các sai hỏng cấu trúc gây tán xạ. Kết quả là độ linh động hạt tải sẽ giảm mạnh như chúng ta đã thấy ở hình 4.

### KẾT LUẬN

Trong phương pháp bay bốc nỏ, do hợp chất bị phân hủy và thành phần Sb rất dễ bay hơi nên vai trò của nhiệt độ ngưng kết có tính hai mặt :

1. Thúc đẩy quá trình tái tạo hợp chất InSb, quá trình đồng nhất và hoàn thiện cấu trúc tinh thể. Đây là ảnh hưởng dương.

2. Thúc đẩy quá trình tái bốc thành phần Sb làm cho màng mất tính hợp thức, ở vùng nhiệt độ cao (gần 400°C) quá trình này sẽ chiếm ưu thế làm cho phẩm chất của màng suy giảm nhanh chóng. Đây là ảnh hưởng âm.

Như vậy để có thể chế tạo được màng mỏng InSb bằng phương pháp bốc bay nỏ trong những điều kiện cụ thể cần phải chọn nhiệt độ ngưng kết sao cho các quá trình trái ngược cân bằng nhau.

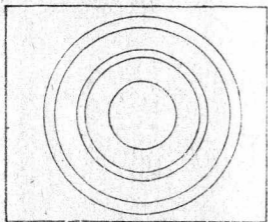
Tác giả Lây tỏ lòng biết ơn sâu sắc Phòng thí nghiệm tinh thể Viện Vật lý - Viện khoa học Việt Nam trong việc thảo luận, đánh giá công trình.

**Bảng 1**

N <sup>o</sup>	R(mm)	d <sub>hkl</sub> (Å <sup>o</sup> )	Pha	Giá trị chuẩn	
				d(Å <sup>o</sup> )	I
01	6,64	3,74	InSb (111)	3,74	1,00
02	10,81	2,29	InSb (220)	2,29	0,8
03	12,69	1,956	InSb (311)	1,953	0,55
04	13,26	1,87	Sb (006)	1,86	0,15
05	15,40	1,61	In (220)	1,62	0,15
06	16,71	1,485	InSb (331)	1,486	0,22

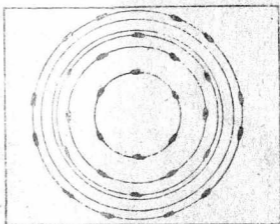
**Bảng 2**

Trước khi ủ			Sau khi ủ		
σ [Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> ]	R <sub>H</sub> [Cm <sup>3</sup> A <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup> ]	μ <sub>H</sub> [Cm <sup>2</sup> V <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup> ]	σ	R <sub>H</sub>	μ <sub>H</sub>
3,75	165	625	1,3	105	136



Nhiệt độ để  $T_d = 180^\circ\text{C}$

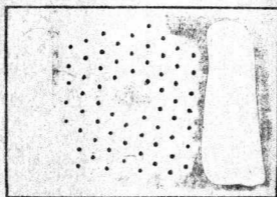
Hình 1



Nhiệt độ để  $T_d = 280^\circ\text{C}$

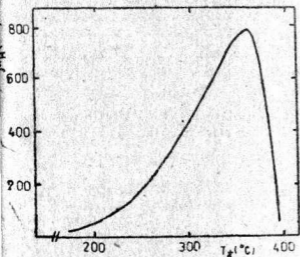
Hình 2: Ghi chú: khuếch đại 6 vòng nhiễu xạ đầu tiên

Hình 3



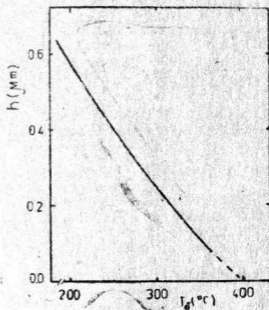
Nhiệt độ để  $T_d = 340^\circ\text{C}$

Hình 5 ↓



Hình 5

Xem tiếp trang 34



4. J.K.Liang et al. *Modern Phys - lett B*, vol 2.N1.483 (1988)
5. M.Rateau et al. *Int. Conf. Mag. Paris*, Jul (1988)
6. Y.K.Huang et al. *Sub. Jour. Crys. growth* 1154 (1988)
7. M. Hervieq et al. *Modern. Phys. Lett B*, vol 2.N1.491 (1988)
8. Kajitani et al. *Jpn. J. Appl Phys.* 27; 4. L587 (1988)
9. J.L. Tallon et al. *Nature* 338 (12. May. 1988)
10. E. Takayama et al. *Jpn' J.Appl. Phys.* 27.4.1556 (1988)

Nguyen Huy Sinh, Than Duc Hien, Than Hoai Anh

STUDY OF HIGH  $T_c$  - SUPERCONDUCTIVITY  
Bi - Ca - Sr - Cu - O COMPOUNDS

The nominal composition of the  $\text{BiCaSrCu}_2\text{O}_x$  and  $\text{BiCa}(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{Cu}_2\text{O}_{y-z}$  compounds has been studied. The superconducting transition temperatures ( $T_c$ ), heat treatments and lattice constants of these compounds were shown in this paper.

Phòng thí nghiệm Vật lý Nhiệt độ thấp  
Trường Đại học Tổng hợp Hà nội.

Nhận bài 1.3.1989

(Tiếp theo trang 29)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. A.K. Sharma and P. Jayama Reddy *Phys.Stat. Sol.* (a) 79, 183, (1983).
2. *Practical methods in electromicroscopy*, Ed. Audrey, M. Glauert, Volume 1 North - Holland Publishing Company - Amsterdam 1972.
3. V. V. Novinkov, *Teoreticheskie osnovu*
4. X. M. Burvenich, *thin Solidfilms*, 27, 129 (1975).
5. M. Lecontellec, j. Richard and j. Heneff. *Thin Solid Films*, 36, 151 (1976).
6. E. Efimov i drugie. *Microelectronika* 199. M 1977
7. Paltnik L. S. *Osnovu Poluprovodnikogo materialovedenia «Energia» M.* 1973.

PHAM VAN NHO

THE INFLUENCE OF DEPOSITIONAL TEMPERATURE ON PROPERTIES OF  
FLASH - EVAPORATED InSb FILMS

InSb thin films were prepared by the flash method. The temperature of mica substrate was changed from 140°C to 395°C. Samples were studied by the electron diffraction and electrical measurement. Dependences of structure and Hall mobility on the depositional temperature were determined and discussed.

Khoa Vật lý  
Trường Đại học Tổng hợp Hà nội

Nhận bài  
Ngày 17. 5. 1988