

Co-sputtering법으로 제조한 InSb박막의 미세구조와 전자거동

Micro structures and electronic behavior of InSb using by co-sputtering method

김태형*, 소병문**, 송민중***, 박춘배****

(Tae-Hyong Kim*, Byung-Moon So**, Min-Jong Song***, Choon-Bae Park****)

Abstract

Many compound semiconductors which have high carrier mobility and small band gap have attentive in application of various practical a field. Especially, InSb served for Hall device and magnetic resistor such as magnetic sensor because InSb thin film has high mobility. Many studies on InSb thin film deposition because In and Sb has been very different feature of vapor pressure(10^4 times) When In and Sb deposited.

In this paper studied it In and Sb deposited simultaneously using by method of co-sputtering deposition. This process, get to effects of manufacture process simplification. After that this paper observed micro structure and electronic behavior of InSb thin film using by co-sputtering

Key Words : InSb thin film, magnetic resistor, co-sputtering, Hall mobility

1. 서 론¹⁾

자기센서에는 홀효과(Hall-effet)를 이용한 반도체 홀소자와 자기저항효과를 이용한 자기저항소자(magnetic-resistor)가 이용되고 있다. 현대의 반도체 산업 발전은 반도체를 이용한 센서의 발전을 또한 가져다 주었는데 특히 자기센서에 쓰이는 InSb, InAs, GaAs와 같은 III-V족 화합물 반도체의 경우, 높은 전자 이동도와 작은 밴드갭 에너지를 가지고 있다. 특히 InSb의 경우 높은 전자이동도($76,000\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{S}$)로 인해 홀소자 및 자기저항소자에

모두 쓰이고 있다[1]. 또한, InSb은 센서 뿐만 아니라 적외선 검파에도 쓰이고 있다[2]. 따라서 InSb은 그 응용영역이 매우 넓으며, 낮은 용융점(52°C) 때문에 증착이 또한 용이하다. 그러나 InSb증착시에 In과 Sb은 같은 온도에서 (10^{-4})배 이상의 큰 증기압차를 가지고 있다. 600°C 에서 In은 10^{-6}Torr , Sb은 10^{-2}Torr 의 증기압을 나타내기 때문에 동일조건에서 정량의 InSb화합물의 증착이 어렵게 된다.

이러한 In과 Sb의 특성 때문에 여러 제조방법들이 시도되었다. InSb박막의 경우 Flash Evaporation법[3], Dropping evaporation[4] RF-Sputtering법[5], MBE법[6][7] 삼온도법[8]등의 많은 증착법이 있다.

본 논문에서는 SiO_2 웨이퍼 상에 Co-sputtering법으로 InSb박막을 증착하여 In과 Sb을 혼합다층형으로 증착하고 이를 다시 후열처리를 하여 화학양

* 원광대학교 대학원 전자재료공학과
(익산시 신용동 344-2,
Fax: 063-850-6348
E-mail : thepope@dreamwiz.com

** 익산대학 전기과

*** 광주보건대학 의공과

**** 원광대학교 전자전자 및 정보공학부

론적 조성비가 1:1인 화합물을 제조하고 그 특성을 평가하고자 한다.

2. 실험

Co-Sputtering법을 이용하여 In과 Sb의 혼합형 박막을 증착한다. Magnetic gun 에 In과 Sb 타겟(3N, 99.9%)을 고정하고, 각각의 DC-전압을 조정하여 In 과 Sb를 동시에 증착한다.

Sputtering용 타겟은 In-타겟, Sb-타겟을 사용하였다. 각각 3N(99.9%)의 순도를 지녔으며 형태는 지름 2인치에 높이 3mm의 원통형의 타겟이다.

기판은 4인치의 SiO₂웨이퍼를 사용하였다. InSb 박막증착에 있어서 웨이퍼에 존재하는 유기물이나 미세한 불순물은 증착조건에 큰 영향을 미치므로 웨이퍼 크리닝을 실시하였다. 웨이퍼를 아세톤 세척 후 그 아세톤 제거를 위한 IPA용액처리 후 DI-WATER로 세척하였다.

In과 Sb를 sputtering 챔버 내 1.0×10^{-2} Torr 진공조건에서 Co-sputtering으로 동시에 증착하여 복합적으로 1:1의 정량비를 갖는 형태로 증착하고 양단간 전압변화에 따른 In과 Sb 의 %는 EDX(energy dispersion X-ray)분석을 실시하여 조정하였다. In과 Sb합금화를 위한 후열처리는 In과 Sb 증착후 전기로에서 가해지는 온도(450°C, 500°C, 550°C)와 시간(5min~30min)에 따라 InSb의 형성과 전자의 이동도를 측정하여 전자의 거동을 관찰하였다.

박막의 두께는 전자이동도에 큰 영향을 주므로 중요한 요소인데 $1.6\mu\text{m} \sim 1.7\mu\text{m}$ 일 때 가장 큰 전자이동도를 보인다[9].

In과 Sb의 정량조성비의 확정후, 증착시 기판에 증착되는 조성비의 변화와 입자의 증착 표면 분석을 위해서 SEM촬영을 하여 표면구조를 관찰하였다. 후열 처리 후 박막의 결정성장을 관찰하기 위해 XRD(X-ray diffraction)분석을 실시하였으며, 후열 처리조건에서 온도와 시간의 변화에 따른 전자이동도 측정을 위해 Hall-effect Measurement System(Lakeshore: USA)을 사용하여 전자이동도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림1은 In과 Sb 타겟의 인가전압에 따른 In 과 Sb의 함량 비율을 나타낸 것이다. 증기압차가 크고 In이 Sb보다 증기압이 크기 때문에 sputter의

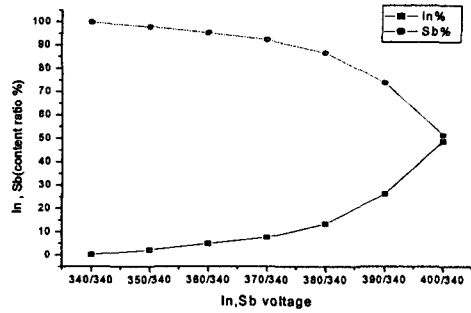


그림 1. In, Sb 타겟 인가전압과 In, Sb함량비율
Fig 1. In, Sb Target Voltage and In, Sb content ratio(%)

Sb 타겟 인가 전압은 340V로 고정하고 In 타겟전압은 340V에서 400V까지 변화시켰다. 그 결과 Sb 타겟 340V, In 타겟 400V에서 1:1의 화학양론적 결합을 나타내었으며, 이 비율은 전자이동도를 최대로 나타내는 비이다.

그림2는 In(410V)과 Sb(340V)이 1:1로 증착된 박막의 표면 미세구조이다. 그림에서는 일반적으로 사용되고 있는 InSb적층형이 아닌 혼합형으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

그림3은 500°C에서 5분간 후열처리한 박막의 결정구조를 XRD(X-ray diffraction)로 측정된 결과이다. InSb 박막에서 InSb(111) peak뿐만 아니라 In(220) peak도 나타나고 있다. 이는 후열처리 과정에서 Sb의 재증발이 일어나기 때문이다.

그림4는 후열처리 온도와 시간에 따른 이동도를 측정 한 것이다.

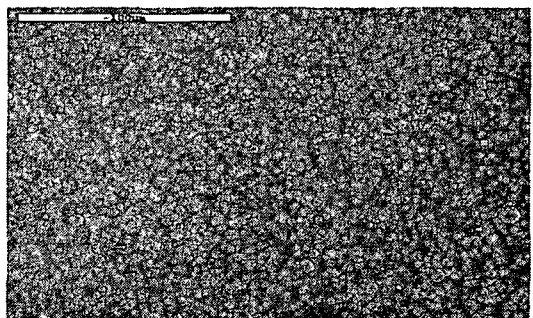


그림 2. In, Sb박막의 미세구조(In:410V, Sb:340V)
Fig. 2. Micro structure of In, Sb thin film (In:410V, Sb:340V)

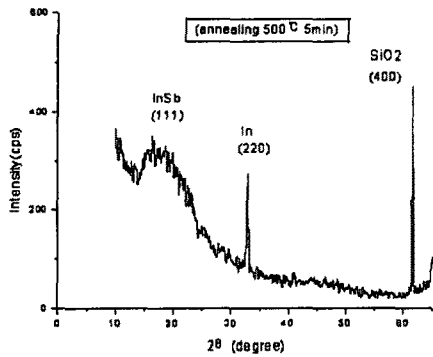


그림 3. InSb박막의 XRD 패턴(후열처리 500°C 5min)

Fig. 3. X-ray diffraction pattern of InSb(500°C 5min)

In의 용융점(melting point)이 157°C이고, Sb의 용융점이 631°C이며, InSb의 용융점은 525°C이므로 후열처리온도는 450°C에서 550°C로 선정하였다. 그리고 후열처리온도와 함께 합금화에 있어서 후열처리시간도 아주 중요한 요소이다. 그림 4에 나타난 바와 같이 가장 높은 전자 이동도를 보이는 것은 500°C에서 5분간 후열처리한 경우에, 그이상의 시간은 점점 전하이동도가 급격히 감소하였다.

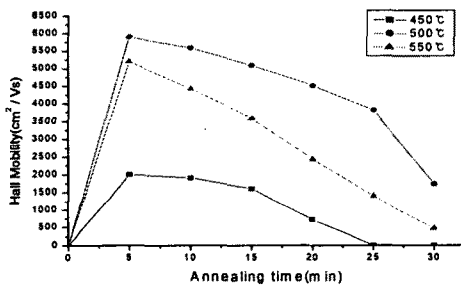


그림 4. 후열처리 온도와 시간에 따른 이동도

Fig. 4. Relation between the mobility of deposited at annealing temperature and time

4. 결론

Co-sputtering법에 의해 In 과 Sb을 1:1혼합구조로 조성된 박막을 증착하고 각각 450°C, 500°C, 550°C에서 5분간 후열처리하여 InSb자기저항소자

를 제조하였다. InSb박막의 미세구조는 SEM과 XRD분석, 전자거동은 후열처리 시간과 온도에 따른 전하이동도를 측정하여 검토하였다.

sputtering시에 In, Sb의 양 magnetic gun의 전압조정을 통해 In, Sb의 인가전압이 400V, 340V에서 가장 우수한 특성을 나타내었다.

InSb박막의 후열처리에 있어서 전자의 거동은 500°C에서 5분 후열처리시에 가장 높은 이동도를 나타냈다.

Co-sputtering법을 이용한 혼합형 증착공정은 서로 다른 증기압차를 갖는 화합물의 증착시에도 응용할수 있는 용이한 방법임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] "센서공학", 일진사, 108~112, 1996
- [2] G. S. Lee, "Indium Antimonide position and infrared detection," Korean Society of Sensor (invited), Pusan, Korea, November, 1999
- [3] J. A. Carrol and J. F. Spivak "Hig mobility InSb thin film by recrystallization" Appl. Phys, 36, pp.2321-2323, 1965
- [4] S. Ignatowicz and S. Kobendza "Semiconducting thin films of A^{III} B^V compound" Oxford Sience Publications, pp.73-87, 1996
- [5] T. Miyazaki, M. Kunugi, Y. Kitamura, and S. Adachi "Epitaxial growth of InSb films by r.f magnetron sputtering Thin Solid Films, 287, pp.51-56. 1996
- [6] A. Okamoto, T Yoshida, S Muramatsu, I S hibasaki "Magneto-resistance effect in InSb thin film grown using molecular beam epitaxy" Journal of Cystal Growth, 201-202, pp.765-768, 1999
- [7] A. Okamoto, A. Ashihara, T. Akaogi I. Shibusaki "InSb thin films grown on GaAs substrate and their magneto-resistance effect" Journal of Cystal Growth, 227-228, pp.619-624, 1999
- [8] M. Isai and Oshita "Crystal growth investigation of the magnetically high sensitive InSb evaporated film", J. Appl. Phys. 55. pp.941-945, 1984
- [9] M. Tomisu, N. Inoue and Y. Yasuoka, "Annealing effect of vacuum evaporated InSb thin films" Vacuum, 47, pp242, 1995