

co-sputtering법으로 제조한 InSb박막의 후열처리기술에 의한 자기저항 특성

Properties of Magneto-resistance by annealing 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 and we study properties of magneto-resistance by annealing

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

1. 서 론¹⁾

홀효과(Hall-effect)를 이용한 반도체 홀소자와 자기저항효과를 이용한 자기저항소자는 자기센서등에 이용되고 있다. 현대의 반도체산업 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 InSb

의 경우 높은 전하이동도($76,000\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{S}$)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(525°C) 때문에 증착이 또한 용이하다. 그러나 InSb증착시에 In과 Sb은 같은 온도에서 (10^{-4})배 이상의 큰 증기압차를 가지고 있다. 600°C 에서 In 은 10^{-6}Torr , Sb은 10^{-2}Torr 의 증기압을 나타내기 때문에 동일조건에서 정량의 InSb화합물의 증착이 어렵게 된다.

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

자기저항효과는 도체 또는 반도체에서 자기에너지

* 원광대학교 대학원 전자재료공학파
(익산시 신용동 344-2,
Fax: 063-850-6348

E-mail : penesona@wonkwang.ac.kr

** 익산대학 전기과

*** 광주보건대학 의공과

**** 원광대학교 전자전자 및 정보공학부

지에 의해 내부저항이 증가하는 현상을 이용한 것으로 InSb로 제작한 자기저항소자의 자기저항특성의 중요한 매개변수는 전자이동도(Electron mobility)이다. 자기저항은 다음식으로 표현된다.

$$R=R(0) \cdot (1 + g\mu^2B^2)$$

여기에서 R은 소자의 저항, R(0)는 자장이 0일 때 내부저항, g는 소자의 L/W(Length/Width), B는 자속밀도(T), μ 는 전자이동도이다.

본 논문에서는 SiO₂웨이퍼 상에 Co-sputtering법으로 InSb박막을 증착하여 In과 Sb를 혼합형으로 증착하고, 이를 다시 대기중과 진공중에서 각각 후열처리를 하여 후열처리기술에 따른 자기저항효과를 측정검토한다.

2. 실험

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

Sputtering용 타겟은 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 증기압을 1.0×10⁻²Torr 진공조건으로 유지하고 Co-sputtering으로 동시에 증착하여 복합적으로 1:1의 정량비를 갖는 형태로 증착하고, 기판온도변화(실온, 150℃, 200℃) 와 양단간 전압변화에 따른 In과 Sb의 성분비는 EDX(energy dispersion X-ray)분석을 실시하여 조정하였다.

In과 Sb합금화를 위한 후열처리는 In과 Sb 증착 후 공기분위기 전기로에서 온도 450℃, 500℃, 550℃로 5분~30분 동안 실시하였으며, 진공중에서는 공정의 단순화를 위해 스퍼터링내 진공조건 5.0×10⁻³Torr를 유지하면서 100℃, 200℃, 300℃에서 각각 5분에서 30분까지 실시하였다.

박막의 두께는 전자이동도에 큰 영향을 주므로 중요한 요소인데 1.6 μ m~1.7 μ m일 때 가장 큰 전자이동도를 보인다[9]. 따라서 박막의 두께는 인가전압과 증착시간제어를 실시하여 최적조건을 선정하였다.

In과 Sb의 정량조성비를 확정후, 증착시에 기판의 온도변화에 따른 조성비의 변화와 입자의 증착 표면 결정성장을 관찰하기 위해 XRD(X-ray diffraction)분석을 실시하였으며, 후열처리 조건에서 온도와 시간의 변화에 따른 전자이동도 측정을 위해 Hall-effect Measurement System(Lakeshore:

USA)을 이용하여 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 Sb 타겟 인가 전압은 300V로 고정하고 In 타겟전압은 300V에서 400V까지 변화시켰다. 그 결과 Sb 타겟 300V, In 타겟 320V에서 1:1의 화학양론적 결합을 나타내었다.

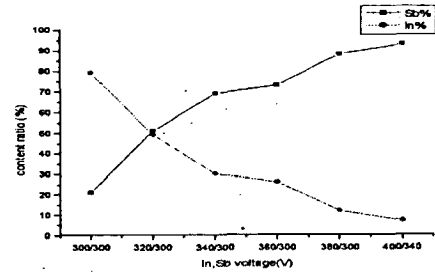


그림 1. In, Sb 타겟 인가전압과 In, Sb함량비율
fig 1. In, Sb Target Voltage and In, Sb content ratio(%)

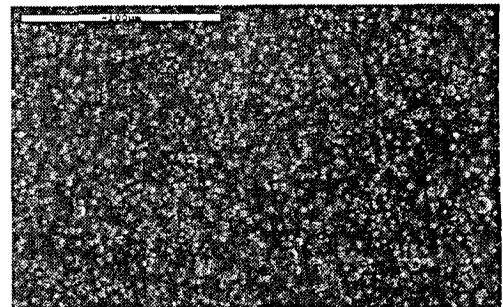


그림 2. InSb박막의 미세구조
(인가전압 In:320V, Sb:300V, 기판온도 150℃)

Fig. 2. Micro structure In:320V, Sb:300V of In, Sb thin film

(Voltage In:320V, Sb:300V, temperature 150℃)

그림2는 150℃에서 In(320V)과 Sb(300V)이 1:1로 증착된 박막의 표면 미세구조이다. 그림2에서는 일반적으로 사용되고 있는 InSb적층형이 아닌 혼합형으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

그림 3은 공기중에서 열처리 온도와 시간에 따른 이동도를 측정된 것이다. 그림3에서 500℃에서 5분간 후열처리한 경우에 2115cm²/V·S의 가장 높은 전자 이동도를 보이고, 그 이상의 경우에는 열처리 시간이 증가함에 따라 점점 전자이동도가 급격히 감소했다. 그러나 그림4에 나타난 바와 같이 스퍼터링내 진공조건에서 열처리한 박막의 전자이동도는 공기중에서의 열처리에 비해 전자 이동도가 훨씬 높다. 그림4에서는 250℃ 5min의 조건에서 가

장 높은 전자 이동도(72,000cm²/V·S)을 보였다

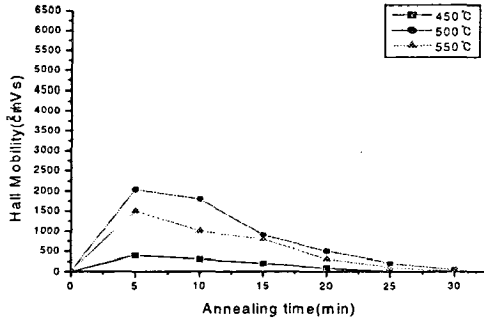


그림 3. 공기중 후열처리 온도와 시간에 따른 이동도

Fig. 3. Relation between the mobility of deposited at annealing temperature and time

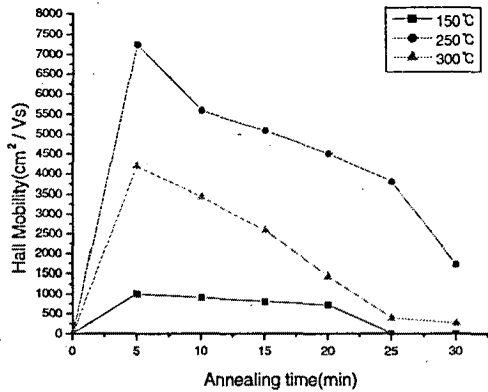


그림 4. 진공중 후열처리 온도와 시간에 따른 이동도

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

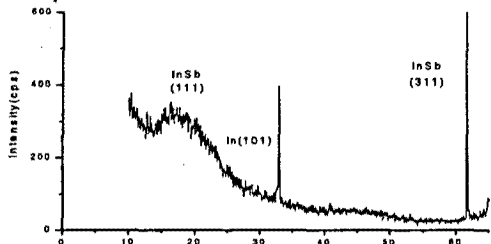


그림 5. 공기 중에서 InSb박막의 XRD 패턴 (후열처리 500°C, 5min)

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

그림5는 공기 중 500°C에서 5분간 후열처리한 박막의 결정구조를 XRD(X-ray diffraction)로 측정 한 결과이다. InSb 박막에서 InSb(111) peak뿐만 아니라 In(101) peak도 나타나고 있다. 이는 후열 처리 과정에서 높은 증기압을 가진 Sb의 재증발이 일어나기 때문인것으로 사료된다. 그림6은 그림 5

의 표면 미세구조를 나타낸 것이다.

그림7은 스퍼터링내 진공조건 5.0×10^{-3} Torr에서 150°C, 250°C, 300°C에서 각각 후열처리를 했을때의 XRD(X-ray diffraction)로 측정 한 결과이다. (a)150°C일 경우 In(101)peak가 높게 생성되었으며 InSb이 거의 나타나지 않았다. 300°C의 경우 InSb(111)(311)이 생성되었으나 In(101)peak이 크게 나타나고 250°C일 때 (111)방위를 갖는 InSb(111)가 매우 많이 생성되었다. 이는 250°C 5min에서 InSb화합물의 생성이 많이 이루어 졌음을 알 수 있다.

그림8은 150°C, 250°C, 300°C각각의 표면 미세 구조이다. (a)의 경우 결정성장이 뚜렷하지 않고 (b)의 경우 InSb의 결정이 균일하게 생성되었음을 알 수 있다. (c)의 경우 심한 유리상이 나타났다.

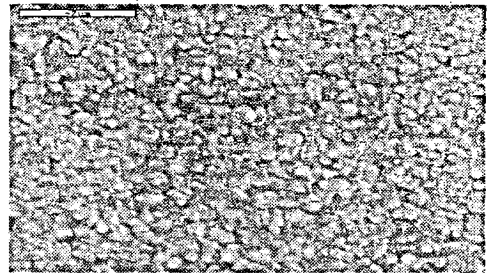
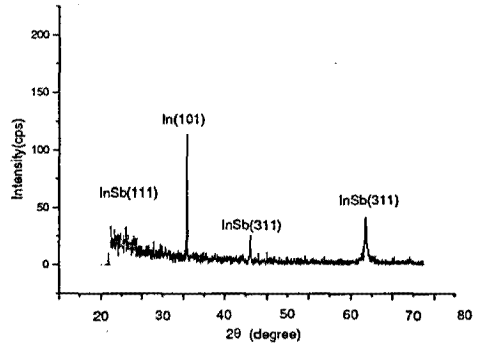
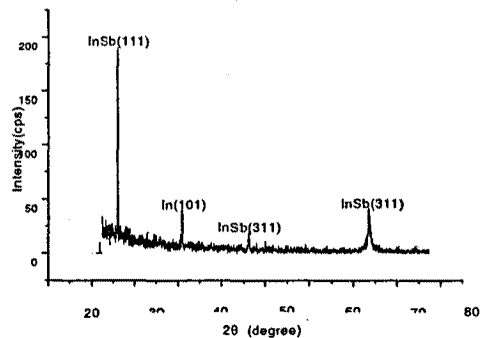


그림 6. InSb박막의 미세구조(500°C 5min)

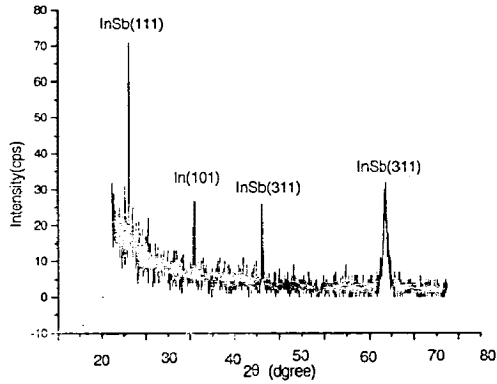
Fig. 6. Micro structure of InSb thin film(500°C 5min)



(a)150°C



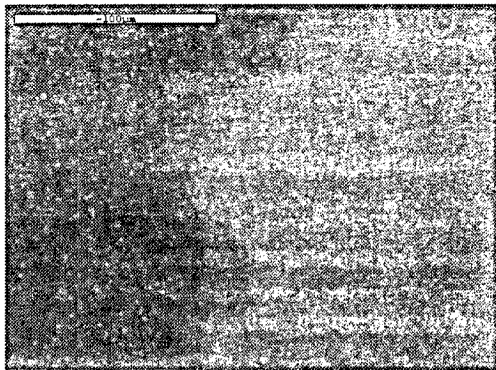
(b)250°C



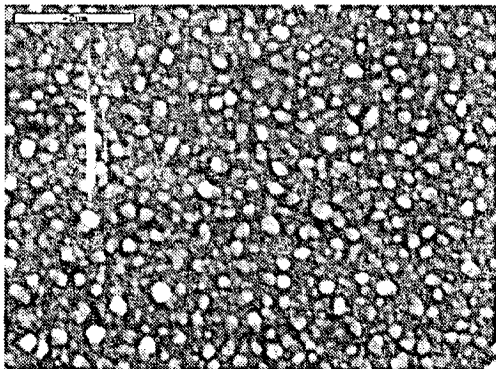
(c)300°C

그림 7. 스퍼터링내 에서 InSb박막의 XRD 패턴 ((a)150°C (b)250°C (c)300°C 5min)

Fig. 7. X-ray diffraction pattern of InSb ((a)150°C (b)250°C (c)300°C5min)



(a)150°C



(b)250°C



(c)300°C

그림 8. InSb박막의 미세구조

((a)150°C (b)250°C (c)300°C 5min)

Fig. 8. Micro structure of InSb thin film ((a)150°C (b)250°C (c)300°C 5min)

4. 결론

Co-sputtering법에 의해 In 과 Sb을 1:1혼합구조로 조성된 박막을 증착하고, 공기중에서 각각 450°C, 500°C, 550°C에서 5분간 후열처리 한 시편과 진공조건에서 150°C, 250°C, 300°C에서 5분간 후열처리하여 InSb자기저항소자시편을 제조하였다. InSb박막의 미세구조는 SEM과 XRD분석, 자기저항특성은 후열처리 시간과 온도에 따른 전자이동도를 측정하여 검토하였다.

①Co-sputtering시에 In, Sb의 성분비는 2개의 magnetic gun의 전압조정을 통해 이루어졌으며 In, Sb의 인가전압이 각각 320V, 300V에서 가장 특성이 우수한 1:1의 화학양론적 비율을 나타내었다.

②InSb박막의 후열처리에 있어서 자기저항특성은 진공분위기에 200°C에서 5분간 후열처리한 경우가 가장 높은 전자이동도를 나타냈다.

③Co-sputtering법을 이용한 혼합형 증착공정기술은 서로 다른 증기압차를 갖는 화합물을 증착하고, 동시에 동일분위기에서 후열처리에 응용 할수 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^{VI} compound" Oxford Science 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 Crystal 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 Crystal 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