

FeSi₂박막 홀 효과의 자계의존성

Hall Effect of FeSi₂ Thin Film by Magnetic Field

이우선*, 김형곤**, 김남오**, 서용진***

(Woo-Sun Lee*, Hyung-Gon Kim**, Nam-Oh Kim**, Yong-Jin Seo***)

Abstract

FeSi₂/Si Layer were grown using FeSi₂, Si wafer by the chemical transport reaction method. The directoptical energy gap was found to be 0.871eV at 300 K. The Hall effect is a physical effect arising in matter carrying electric current in the presence of a magnetic field. The effect is named after the American physicist E. H. Hall, who discovered it in 1879.

IN this paper, we study electrical properties of FeSi₂/Si layer. And then we measured Hall coefficient Hall mobility, carrier density and Hall voltage according to variation magnetic field and temperature, Because of important part for it application Various phase of silicide is formed at the metal-Si interface when transition metal contacts to Si. Silicides belong to metallic or semiconducting according to their electrical and optical properties. Metallic silicides are used as gate electrodes or interconnections in VLSI devices. Semiconducting silicides can be used as a new material for IR detectors because of their narrow energy band gap.

Key Words : Seebeck, SEM(scanning electron microscopy), iodine, CVT(Chemical Vapor Transport)

1. 서론

반도체 실리콘사이드(Silicide)중 자원이 풍부하고 독성이 없는 반도체 철-실리콘사이드(β -FeSi₂)는 내열, 내부식성 재료로서 1950년대부터 연구된 천이금속인 규소(Silicide)화합물의 하나로서 큰 제벡(Seebeck)효과로 인한 열전변환 재료로 실용화되었다. 또한, 1985년 다결정 β -FeSi₂박막은 직접천이형 반도체로 보고 되었으며 1997년에는 적외선 일렉트론루우미네슨스(EL)가 실증되어 광전자소자로 응용성을 실용화 하였다. β -FeSi₂는 금지대폭이 0.8eV~0.875eV인 직접천이형 반도체로서 Si기판상에 박막성장이 가능하여 광전자소자와 광계측기, 태양전지, 열전자변환소자등 Si-IC의 광배선용의 광원용 반도체뿐만 아니라 1.5

μ m의 광발광 IR LED재료로서 사용됨에 따라 많은 연구가 이루어지고 있다.

Si기판위의 β -FeSi₂박막성장은 소자응용을 위하여 반응증착(osition epitaxy), 전자선증착(molecular-beam epitaxy), solid phase epitaxy(고상에피택시), 이온주입법(ion-beam sythesis)와 펄스레이저증착등에 의한 연구가 진행되고 있다. 그러나 β -FeSi₂단결정 개발 등은 결정성장의 어려움 때문에 개발에 많은 제한을 받았다. 클록과 가케모토등은 화학기상수송법(Chemical Vapor Transport : CVT)방법에 의한 단결정 β -FeSi₂의 성장에 대하여 보고하였다. 따라서, β -FeSi₂의 미래응용에 대한 발전과 기초적기술을 증진하기 위해서는 β -FeSi₂박막제조와 발전은 중요하다.

따라서, 본 논문에서는 CTR방법에 의하여 P-Type Silicon(100)기판위에 β -FeSi₂박막을 제작하고 아직까지 규명되지 못한 전기적특성을 규명하여 β -FeSi₂반도체 응용의 기반을 확립하고자 한다. 박막의 특성은 SEM과 자

* : 조선대학교 전기공학과
** : 조선이공대학 전기공학과
*** : 대불대학교 전기공학과

장에 따른 홀효과를 측정하여 제작된 FeSi_2 박막의 특성을 규명하였다.

2. 실험

실리사이드 FeSi_2 박막은 iodine을 수송매체로 사용하여 화학수송법(CTR)으로 성장시켰다. 먼저, 석영관의 내부를 왕수와 HF용액으로 세척하고 1×10^{-6} Torr의 진공상태에서 1000°C 로 열처리하여 유기물을 분해시켜 제거하였다.

출발물질로는 고순도의 FeSi_2 (99.99%)를 석영관안에 넣고 수송매체로 iodine을 석영관의 단위 cm^3 당 10mg을 함께 넣은후, BHF용액에서 50초간 Oxide를 제거하여 세척한 8×20 mm크기의 Si웨이퍼를 석영관의 성장부분에 넣은 다음 1×10^{-6} Torr의 진공에서 진공봉입하여 FeSi_2 결정성장용 앰플을 만들었다. 이때, 화학양론적 조성을 만족하는 Fe을 10mol % 정도를 과잉으로 첨가하였다.

결정박막은 성장용 앰플을 그림1과 같이 2개 영역의 수평전기로의 중앙에 넣고 그림2의 온도 구배 과정으로 성장시켰다. 또한, 출발영역보다 성장영역의 온도를 100°C 더 높게 유지하면서 100°C/hr 의 비율로 성장영역의 온도를 850°C , 출발영역의 온도를 700°C 까지 상승시킨 다음에 이 온도구배에서 48시간동안 유지시켜 성장영역의 석영관 내부를 깨끗이 하였다. 이 온도구배에서 역과정을 거친후 성장영역의 온도는 그대로 유지시키면서, 출발영역의 온도를 20°C/hr 의 속도로 1050°C 까지 상승시켜 이 온도구배에서 14일동안 유지시킴으로써 Si웨이퍼위에 결정박막을 성장시켰다. 이러한 과정에 의해 성장된 박막은 $100\mu\text{m}$ 두께로 균일한 박막을 얻을수 있었다.

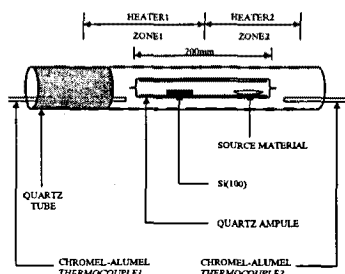


Fig1. Scheme of growing apparatus by the CTR method

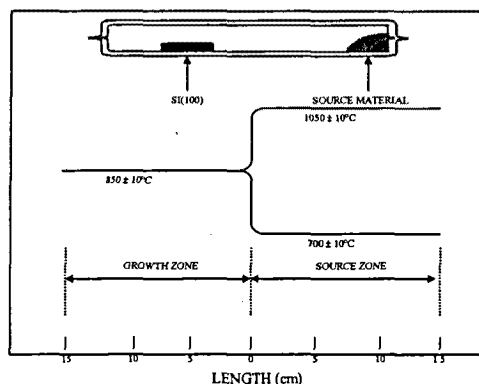


Fig2. Temperature profile for the FeSi_2 growth by the CTR method

3. 실험결과 및 고찰.

β - FeSi_2 박막을 제작하고 자계의존성을 확인하기 위하여 자장의 변화에 따른 홀 계수, 비저항, 이동도, 캐리어 농도를 측정하였다. 그림3은 형성된 박막의 표면 SEM이며 그림4는 FeSi_2 와 Si층의 단면의 SEM이다. SEM의해 분석된 단면은 층이 명확하게 경계를 이루고 있음을 알 수 있으며 표면은 열전변환소자로서 사용할수 있는 평탄한 표면을 가짐을 알 수 있다.

그림5은 자장의 변화에 따른 β - FeSi_2 박막의 홀계수를 나타낸 것으로 0~2000GAUSS까지는 어느정도 증가를 하지만 2500GAUSS이상에서는 거의 일정함을 알수가 있다.

그림6은 자장의 변화에 따른 이동도를 나타낸 것으로 자장의 증가에 따라 3000GAUSS까지는 증가의 경향을 보이나 그 이상에서는 일정한 값으로 포화됨을 볼수가 있다.

그림7의 경우는 자장의 변화에 따른 캐리어 농도를 나타낸 것으로 0GAUSS에서는 $-0.384 \times 10^{16} (1/\text{cm}^3)$ 의 농도를 가지나 자장이 5000GAUSS로 증가함에 따라 점차적으로 감소를 해서 $-2.16 \times 10^{16} (1/\text{cm}^3)$ 로서 거의 일정한 값을 가지는 것을 파악할 수 있다.

그림8은 자장의 변화에 따른 비저항을 나타낸 것으로 자장의 증가에 따라 $1.103 [\Omega\text{Cm}]$ 에서 $1.111 [\Omega\text{Cm}]$ 으로 비저항 또한 증가함을 알 수 있다

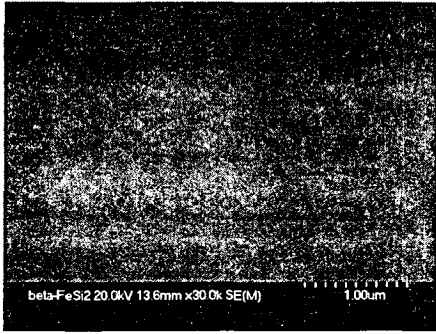


Fig3. SEM surface image FeSi₂/Si Layer

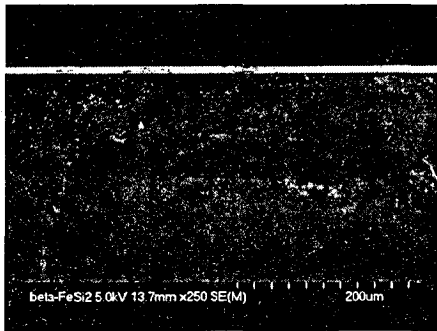


Fig4. SEM cut image FeSi₂/Si Layer

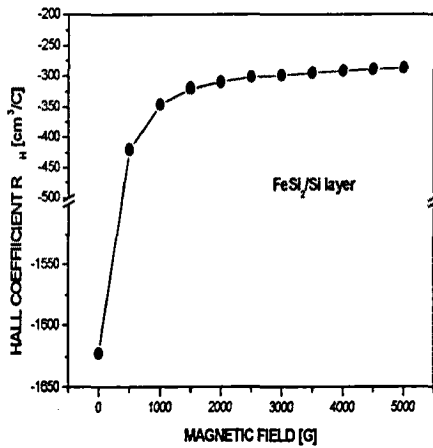


Fig5. Characteristics of Hall coefficient and magnetic field

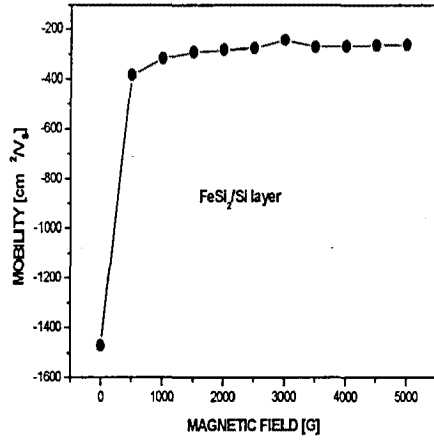


Fig6. Characteristics of Hall mobility and magnetic field

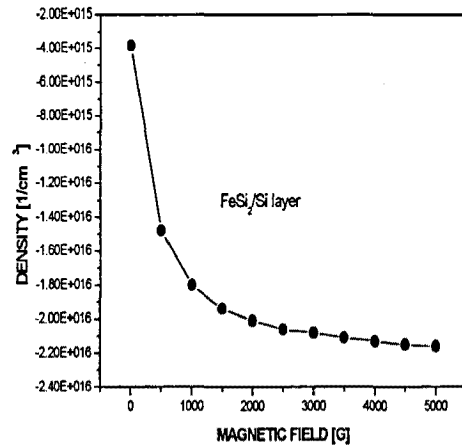


Fig7. Characteristics of carrier density and magnetic field

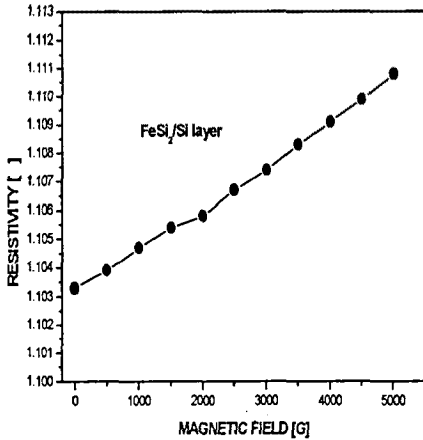


Fig8. Characteristics of resistivity and magnetic field

4. 결 론

FeSi₂는 Si상에 성장 가능한 직접천이형 반도체라는 매우 매력적인 재료일뿐만 아니라 이중 초격자 밴드구조의 제작과 엔지니어링의 실현, 고속성장이 가능한 기상 성장에의 개선등 결정성장 만으로도 미래의 분야가 제한 없이 넓어지고 있다. 천이금속인 규소(Silicide)화합물의 하나로서 큰 제백(Seebeck)효과로 인한 열전변환 재료로 실용화 할수 있는 FeSi₂ 박막을 제작하고 자계의존성을 확인하기 위하여 자장의 변화에 따른 홀 계수, 이동도, 캐리어농도,비저항을 측정하였다.

- 1)자장의 증가에 따라 홀 계수, 홀이동도는 어느정도의 자장의 변화까지는 증가하였으나 어느 일정 자장을 지나서는 거의 포화됨을 알수있다.
- 2)캐리어 농도는 자장의 변화 즉 증가에 따라 감소함을 알수있다.
- 3)비저항은 자장의 증가에 따라 많은 변화는 아니지만 어느정도의 증가의 특성을 가진다.

[참 고 문 헌]

- [1] R. T. Tung, K. Maex, P.W. Pellegrimi, and L. H. Aiien, Silicide Thin Films-Fabrication Properties and Applications, (MRS, Pittsburgh, 1996)
- [2] H. Kakemoto, Y. Makita, S. Sakuragi and T.

- Tsukamoto, Jpn. J. Phys. 38, 5192(1999)
- [3] P. Muret and K. Lefki, Appl. Phys. Lett. 63, 15
- [4] N. E. Christensen. Phys. Rev. B 42, 7148(1990)
- [5] T. Suemasu and F. Hasegowa, Oyo Buturi 69, 804 (2000)
- [6] 한국 과학기술 연구원. 「Silicide계 열전소자 제조 및 응용 Device연구」, 과학기술처, 1991, pp.17~30
- [7] 한국 표준과학 연구원. 「반도체의 Hall 이동도 평가기술 개발」, 과학기술처, 1994, pp.143