

# 단전자트랜지스터 동작을 위한

## Fe-MgF<sub>2</sub>그래놀라 필름의 두께에 대한 조사

변범모<sup>1,2</sup> · 癡師貴幸<sup>2</sup> · 有田正志<sup>2</sup>, 有田正志<sup>2</sup> · 高橋庸夫<sup>2</sup> · 유윤섭<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한경대학교 전기전자제어공학과 · <sup>2</sup>북해도대학 나노물성연구소

### Investigation of Tunneling Thickness of Fe-MgF<sub>2</sub> Granular Film for Single Electron Transistor Operation

Beommo Byun<sup>1,2</sup> · Gakashi Takayuki<sup>2</sup> · Atsushi Fukuchi<sup>2</sup> · Arita Masashi<sup>2</sup> ·

Takahashi Yasuo<sup>2</sup> · Yun Seop Yu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

<sup>2</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

E-mail : boe114sa@hknu.ac.kr

#### 요 약

본 연구에서는 단전자트랜지스터 제작의 용이성과, 고기능화를 위한 실험을 진행하였다. 기존의 양자점 대신에 절연체 사이에 철 알갱이가 분포되어 있는 Fe-MgF<sub>2</sub>그래놀라막으로 제작하면 전자빔증착만으로 쉽게 제작할 수 있고 둘 이상의 게이트 전압을 인가하여 다양한 출력 값을 기대할 수 있다. 단전자트랜지스터가 동작하기 위한 막의 두께를 조사하였고 2.1 nm에서 터널링이 일어남을 확인하였다.

#### ABSTRACT

We have investigated the experiments in which fabrication and characterization of single-electron transistors were conducted due to easy fabrication and high functionality. In the Fe-MgF<sub>2</sub> granular film, in which Fe grains are distributed between insulators instead of the conventional quantum dots, it can be easily fabricated by EB deposition alone, and various output values can be expected by applying two or more gate voltages. The tunneling thickness of the film for single-electron operation was investigated and it was confirmed that the tunneling occurred at 2.1 nm.

#### 키워드

단전자트랜지스터, 터널효과, 쿨롱차단, 포토리소그래피, 리프트오프

#### 1. 서 론

집적회로의 발전으로 인해 PC, 휴대용 단말기, 저장장치를 포함한 정보처리장치가 범용화되고 이와 동시에 정보처리량도 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 수요를 따르기 위하여는 트랜지스터의 소형화, 저전력화가 필요불가결이다. 현재 집적회로에 사용되는 트랜지스터는 수십만개의 전자 흐름과 높은 진동수로 제어하고 있는데, 이러한 동작은 소비하는 전력이 크고 발열량이 막대하게 된다. 무어의 법칙의 한계성이 대두되고 있는 가운데, 트랜지스터의 성능을 향상시킬 수 있는 대안중 하나가 단전자트랜지스터 (single electron transistor; SET)이다

[1]. SET란 쿨롱 차단(Coulomb Blockade; CB) 효과와 터널효과를 이용하여 전자 한 개를 제어할 수 있는 트랜지스터이며, 기존의 트랜지스터에 비해 소비전력은 감소하고 소형화가 가능하게 되어 기존 회로와 비교하여 고집적회로의 제작이 가능하게 된다. Dmitri V. Averin와 Konstantin K. Likharev가 1985년에 금속 dot에서의 CB효과를 처음으로 제안한 것을 시작으로 터널자기저항효과를 이용한 TMR(Tunnel Magneto-Resistance) 단전자트랜지스터, 전자의 스핀을 이용한 스핀의존 단전자 트랜지스터 등의 연구가 이루어지고 있다[2]. 현재 단전자트랜지스터 제작의 문제로써 제기되고 있는 것이 실은

에서는 전자가 가지고 있는 포텐셜 에너지가 높아 CB효과가 일어나기 힘들다는 점과 미세한 크기의 양자점(Quantum Dot)제작이 힘들다는 점이다.

기존의 제작이 힘든 양자점 대신에 절연체 사이에 철 알갱이가 분포되어있는 Fe-MgF<sub>2</sub> 그래놀라막을 소스-드레인 사이에 위치시켜 터널 효과가 발생하는 단전자트랜지스터가 연구되고 있다[3]. Fe-MgF<sub>2</sub> 그래놀라막에서 터널링 효과가 발생하기 위한 최적의 두께를 찾는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Fe-MgF<sub>2</sub> 그래놀라막에서 터널링 효과가 발생하기 위한 최적의 두께를 조사한다.

## II. 본 론

### II.1 시료제작

그림1은 그래놀라막의 제작 프로세스를 나타낸 그림이다. 전극 증착 시 뿔 모양의 바리케이트가 생기는 것을 방지하기 위해 2층 포토리소그래피를 한 후에 증착하였고 전극 증착 후에 전자빔 리소그래피를 이용한 그래놀라 막을 증착하였다.

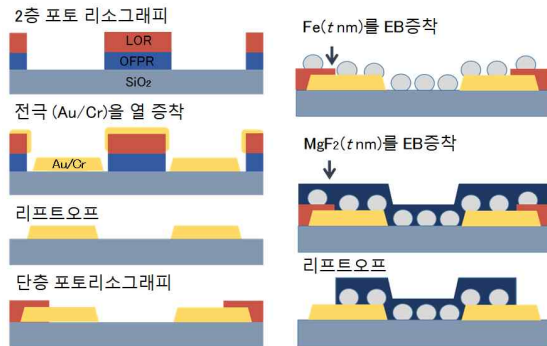


그림 1. 그래놀라막 제작 프로세스

### II.2 그래놀라막의 전기특성

그래놀라막의 두께를 달리하여 소스-드레인 사이의 전류전압특성을 측정하였다. 막의 두께가 두꺼울 때에는 금속 알갱이가 그림2와 같이 선형적인 전류-전압 특성을 보였고 2.1nm 부근을 기점으로 그림3과 같이 비선형적인 전류-전압 특성을 가진 터널 효과가 일어나는 것을 확인하였다.

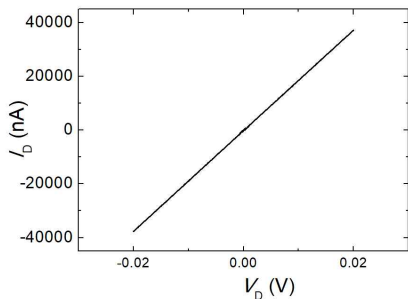


그림 2. 금속과 같은 선형적인 IV특성

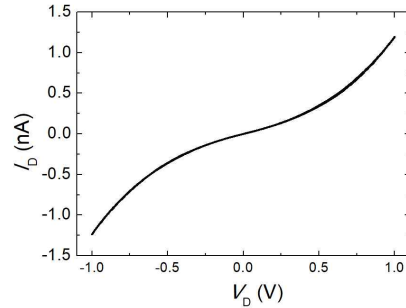


그림 3. 2.1nm 부근에서 비선형적인 IV특성

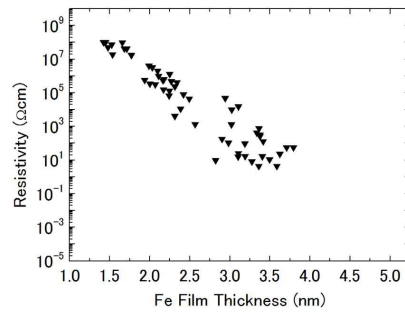


그림 4. 막의 두께에 따른 그래놀라막의 비저항

## III. 결 론

본 연구에서는 단전자트랜지스터 제작에 있어 양자점을 대체할 수 있는 Fe-MgF<sub>2</sub> 그래놀라막의 터널현상이 가능한 두께를 조사했다. 막의 두께가 2.1 nm이하에서 선형적인 저항성 특성에서 비선형적 터널효과 특성으로 변화하는 관찰했다. 그래놀라막을 가지는 단전자트랜지스터는 기존 양자점을 가지는 단전자트랜지스터보다 제작이 용이하고, 둘 이상의 게이트 전압을 이용하여 다양한 출력을 기대할 수 있다.

## References

- [1] Monika Gupta, *International Journal of Science and Research*, vol. 5, no. 1, pp. 474-475, 2016.
- [2] J. Barna's and A. Fert, *Europhys. Lett.* vol. 44, pp. 85-90, 1998.
- [3] H Hosoya, M Arita, K Hamada, Y Takahashi, K Higashi, K Oda and M Ueda, *J. Phys. D: Appl. Phys.* vol. 39, pp. 5103-5108, 2006.