

# 자기조립 유기박막의 제작과 MIM소자의 전기적 특성

## Fabrication and Electrical Properties of MIM Devices In Self-assembled Organic Thin Film

손정호, 신훈규, 권영수

Jung H-o Son, Hoon Kyu Shin, young soo Kwon

### Abstract

In this paper, we discuss the electrical properties of self-assembled (2'-amino-4,4-di(ethynylphenyl)-5'-nitro-1-(thioacetyl)benzene), which has been well known as a conducting molecule having possible application to molecular level NDR device. The phenomenon of negative differential resistance (NDR) is characterized by decreasing current through a junction at increasing voltage. also fabrication of MIM-type molecular electronic and the Molecular Level Using Scanning Tunneling Microscopy

**Key Words** : NDR, RTD, STM, self-assembly, absorption

### 1. 서 론<sup>2)</sup>

최근의 진보는 분자 수준의 공학에서 있었다. 분자 전자공학은 개별 분자들이 트랜지스터, 다이오드, 컨덕터(conductor) 등을 비롯해 오늘날 마이크로 회로의 핵심 구성 요소의 기능들과 동일하거나 유사한 기능을 실행할 수 있다고 약속하며 새로 등장한 분야이다.

그동안 큰 희망만 주고 별다른 가시적 성과가 없었던 것이 지난 몇 년 사이에 몇 가지 주목할 만한 기술적 발전을 이루어냈다. 이런 발전은 초소형(ultrasmall), 초고밀도(ultradense) 전자 컴퓨터 논리라는 미래 세대를 위한 구성 단위를 분자 전자공학 기술이 언젠가는 제공할 수 있을 것이라는 기대감을 불러 일으켰다.

일련의 주목할 만한 시연에서 화학자와 물리학자, 공학자들은 개별 분자들이 전류를 전도하고 스위

칭하며 정보를 저장할 수 있다는 사실을 보여주었다.[1]

이러한 관점에서 본 연구는 반도체에서 나타나는 negative differential resistance (NDR) 특성이 분자에서는 resonant tunneling diode (RTD)라고 설명하며, 이는 에미터와 컬렉터 사이에는 나노미터 크기의 양자우물 (quantum well)를 포함하는 이중 터널 장벽(double tunnel barrier)이 있는 구조를 가지는데 이 경우 quantum well은 5-10nm의 아주 좁은 폭을 가지므로 양자역학적으로 하나의 공명 에너지 준위(resonant energy level)를 갖는다.

RTD는 에미터의 전자에너지 밴드가 quantum well의 resonant energy level과 같을 시에 전자가 에너지 장벽을 투과하여 흐른다.

상온에서 self-assembly 단분자 막의 소자 제작과 전기적 특성(NDR특성을 조사하고), STM을 이용하여 단분자의 전기적 특성을 조사하였다.

특히 STM을 이용하여 막으로서 monolayer한 SA 막을 이루고 있는지 표면 이미지를 보고 하고자 한다.

---

동아대학교 전기공학과  
(604-714 부산시 사하구 하단2동 840번지)  
Fax: 051-200-5524  
E-mail : eleson@smail.donga.ac.kr

2. 시료 및 실험방법

본 연구에서 합성된 분자(2'-amino-4,4-di(ethynylphenyl)-5'-nitro-1-(thioacetyl)benzene)는 금 전극 표면에 쉽게 자기조립 가능한 thioacetyl 또는 metyyil sulfide 작용기를 가지고 있어 쉽게 자기조립 단분자 막을 형성 할 수 있다. thioacetyl 작용기는 염기 존재 하에서 용액 중에 thioacetyl 작용기로 변환시킨 후 금 전극을 침지시켜 자기조립 박막을 제조하였다. 합성된 분자를 1mM 농도가 되게 THF 용해시킨 후 piranha용액으로 표면을 깨끗하게 처리한 금 전극을 침지 시킨 다음 vacuum pump로 (15 ~ 25 mmHg) 용존 산소를 제거한 다음 반응 용기를 질소가스를 채워준다. 이 용액에 NH<sub>4</sub>OH를 합성된 분자 1mg 당 5 $\mu$ l 정도 첨가하여 12 시간 이상 반응시켜 자기조립 박막을 형성하였다.[2]

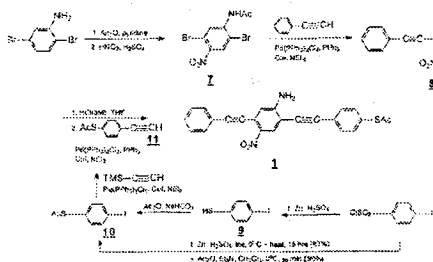


그림 1. 전도성 분자의 합성 및 분자 구조도  
Fig. 1. composition and structure of conducting molecular

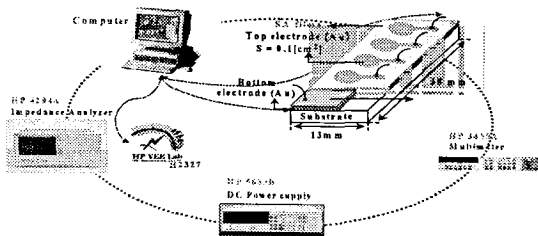


그림 2. 소자 모식도 및 측정회로.  
Fig. 2. schematic diagram of MIM device and measuring circuit

전기적 특성을 조사하기 위해 사용한 기판 (substrate)은 산화막이 올라간 실리콘웨이퍼 (Si) 를 사용하였고, 하부전극으로 Au를  $4 \times 10^{-6}$

[Torr]의 진공에서 증착하고, 상부전극을 Ti 과 Au를  $4 \times 10^{-6}$ [Torr]에서 증착하였다.

본 연구에 사용된 소자의 구조는 Au/SA film/Ti/Au 구조이며, 전극 면적은 0.1[cm<sup>2</sup>]이다.

3. 실험결과 및 검토

그림 3은 (2'-amino-4,4-di(ethynylphenyl)-5'-nitro-1-(thioacetyl)benzene) 단분자층으로 만든 소자의 상온 (293K)에서의 전류-전압 특성이다.

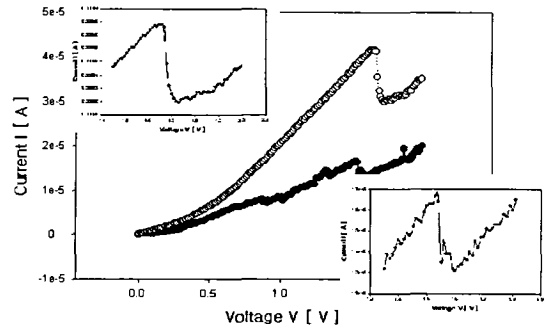


그림 3. MIM 소자를 이용한 전압-전류 특성.  
Fig. 3. I-V characteristics of molecular device fabrication by SA film.

전도성 분자는 오믹(ohmic)영역의 기울기를 나타내다가 약 1.7V에서 전류 값이 감소하는 것을 알 수 있다. 단분자층으로 만들어진 MIM소자는 NDR과 유사한 불규칙적인 특성을 나타내었다.

소자의 크기가 bulk하지만 NDR 특성은 약 1.7V에서 나타났다.

정류 메카니즘은 분자내에 단성이 없는 터널링에 의해 의해서 금속 전극의 페르미 레벨(Fermi level)과 금속전극사이에 있는 분자의 HOMO level과 LUMO level에 공진 터널링(resonant tunneling)이 발생한다.

금속 전극의 페르미 준위와 분자소자의 양자 우물 속에 형성된 에너지 준위가 일치하여 공진 투과가 발생한다.

그림 4은 scanning tunneling microscope (STM)를 이용하여 상온(293K)에서 단분자막의 전류-전압 특성이다.

처음 위치는 약 +0.56V에서 NDR특성이 나타났다.

위치를 이동하여 전류-전압 값을 확인하니 약 +0.7V에서 NDR특성이 처음 위치보다 적은 특성이 나왔으나, 약 +0.9V에서 그 특성이 확인된다.

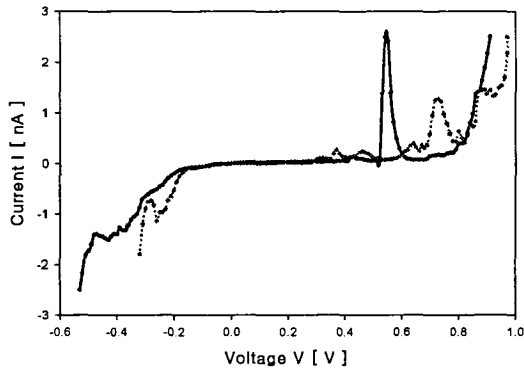


그림 4. STM을 이용한 단분자막의 전압-전류 특성.

Fig. 4. I-V characteristics of SA film by using STM.

그 이유는 STM 이미지를 가지고 설명 할 수 있다.

그림 5는 scanning tunneling microscope (STM) 를 이용한 단분자막의 표면 이미지 구조로  $300 \times 300[\text{nm}^2]$ 와  $100 \times 100[\text{nm}^2]$ 이다.

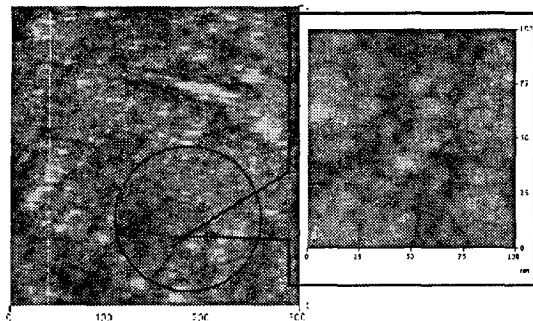


그림 5 STM을 이용한 SA 단분자막의 이미지

Fig. 5. Images characteristics of self-assemblers by using STM

이미지를 보면 self-assembly (SA)가 monolayer 하지 않고 부분적으로 aggregation이 일어나서 two pick current가 흐르는 것으로 확인된다.

#### 4. 결론

본 연구는 self-assembly (SA)법을 이용해 NDR 특성을 조사하였다.

상온에서 전압-전류 특성을 조사하여 그 특성이 단분자의 특성인지는 정확히 확신할 수는 없으나 그 특성을 보면 NDR의 특성이 조사되었다.

Scanning Tunneling Microscopy (STM)을 이용하여 단분자 막의 구조적인 특징을 이미지로 관찰 하였고 단분자의 전기적 특성도 얻을 수 있었다.

#### 5. 감사의 글

본 연구는 정보통신부에서 추진하는 IMT-2000 연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] 분자전자 공학. 이광형 과학문화연구소 고문(승실대 전자공학과 교수)
- [2] changjin Lee, Yongku Kang, Hye-Mi So. 2002. current applied physics 2. 39-45
- [3] J, Chen, W.Wang, and A.ReeD. A. M.Pawlett, D. W. Price, and J.M.TUR. 2000. American Institute of Physics.1224P.
- [4] D. B. JANES, TAKHEE LEE, JIALIU, BATISTUTA, NIEN-PO CHEN Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 29, No. 5, 2000. 568P-569P.
- [5] Fu-Ren F. Fan, Jiping Yang, Shawn M.Dirk, Divid W. Price. American Chemical Society. 2001, 123. 2454P-2455P.
- [6] Christopher B. Gorman, Richard L. Carroll, and Ryan R. Fuierer 2001, American Chemical Society. 6923P-6926P.