

Au(111) 기판 제작과 자기조립된 Viologen 분자의 tunneling current 특성

이남석, 최원석, Dong-Jin Qian*, 권영수
 동아대학교, Fudan University*

Fabrication of Au(111) substrate and tunneling current characteristics of self-assembled Viologen molecule

Nam-Suk Lee, Won-Suk Choi, Dong-Jin Qian* and Young-Soo Kwon
 Dong-A University, Fudan University

Abstract : The electrical properties of viologen (VC_8SH) were studied in terms of the tunneling current characteristics using self-assembling techniques and ultra high vacuum scanning tunneling microscopy (UHV-STM). We fabricated the Au substrate were deposited by thermal evaporation system ($420^\circ C$). Self-assembled monolayers (SAMs) were prepared on Au (111), which had been thermally deposited onto freshly cleaved, heated mica. The Au substrate was exposed to a 1 mM/L solution of Octanethiol in ethanol for 24 h to form a monolayer. After thorough rinsing the sample, it was exposed to a 0.1 mM/L solution of VC_8SH in ethanol for 30 min. We measurement of the morphology on the single viologen molecule. The current-voltage (I-V) properties were measured at arbitrary configured points on the surface of the sample by using a STS.

Key Words : ultra high vacuum scanning tunneling microscopy (UHV-STM), self-assembled monolayers (SAMs)

1. 서 론

20세기 후반부터 꾸준히 발전하여 온 Top-down 방식으로 제작되는 기존의 반도체 소자는 가까운 미래에 물리적 및 경제적 한계에 도달할 것으로 예상된다[1,2]. 그러므로 이러한 물리적 그리고 경제적 한계를 돌파할 수 있는 새로운 기술의 출현이 절실히 요구되고 있다. 분자전자소자(molecular electronic)는 기존의 리소그래피 공정에 의한 top-down 제작방식이 아닌 자기조립과 같은 bottom-up 방식으로 제작되므로 위의 한계들을 돌파할 수 있는 새로운 기술이 될 것으로 전망된다[3]. 그러나 전기적 특성을 분석하기 위하여 수 nm 크기의 분자에 손상을 주지 않고 전극을 제작하고, 부착하는 것이 어렵기 때문에 이 문제를 해결하는 것이 우선적 연구과제이다.

따라서 본 연구에서는 온도 $420^\circ C$ 이상에서 thermal evaporation system (TES)를 이용하여, (111)면을 가지는 Au(111) 기판을 제작하고, STM으로 viologen (VC_8SH) 단분자의 모폴로지와 tunneling current를 측정하여, 분자전자소자로서의 가능성을 연구 하였다.

2. 실험

Au(111) 기판은 $6.5 \times 10^{-7} \sim 9.0 \times 10^{-8}$ Torr 진공도를 유지하며 $320^\circ C$ 에서 2시간동안 prebake된 마이카 위에 골드를 100 nm 열 증착하여 제작하였다. 증착속도는 2.1 \AA/s 였으며, 증착시간은 10 ~ 15 분이였다. 증착 후, $420^\circ C$ 에서 4시간 동안 annealing을 하였으며, UV/O₃ 처리를 10분간 하였다. 그림 1 은 Au(111)의 STM 모폴로지와 section analysis를 나타내었다. 그림 1에서 골드의 terraces가 약 0.6 nm정도 간격을 가지고 형성된 것을 알

수 있다 [4].

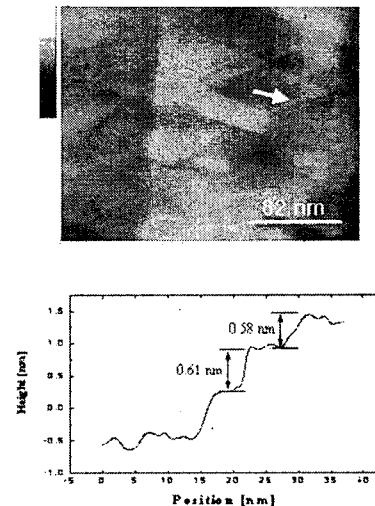


그림 1. Au(111) 기판 모폴로지와 section analysis.

제작된 Au(111) 기판에 octanethiol을 ethanol solution 용액 1 mM/L 농도에서 24시간 동안 self-assembly한 후에, ethanol를 solution 용액으로 이용하여 VC_8SH 0.1 mM/L 농도로 암실에서 30분간 self-assembly 하였다. 형성된 self-assembled monolayers (SAMs)은 24시간 정도 desiccator에서 건조한 후, STM을 이용하여 표면 이미지 관찰과 scanning tunneling spectroscopy(STS)에 따른 전기적 특성을 측정하는데 사용되었다. STM을 이용하여 SAMs의 가로세로 $900 \text{ nm} \times 900 \text{ nm}$ 크기로 주사(scanning)하여 모폴로지가 얻어지면, 이를 화면에 고정 하였다. 그리고 하나의 도메인을 선택하여 40 nm까지 확대하며, 자기조립된 VC_8SH 분자를 탐색하였고, 탐색된 viologen 분자를 선택

하여 전압-전류(I-V) 특성을 측정하였다. 그림 2 은 octanethiol과 VC₈SH의 STM 모폴로지와 VC₈SH의 section 분석 결과이다.

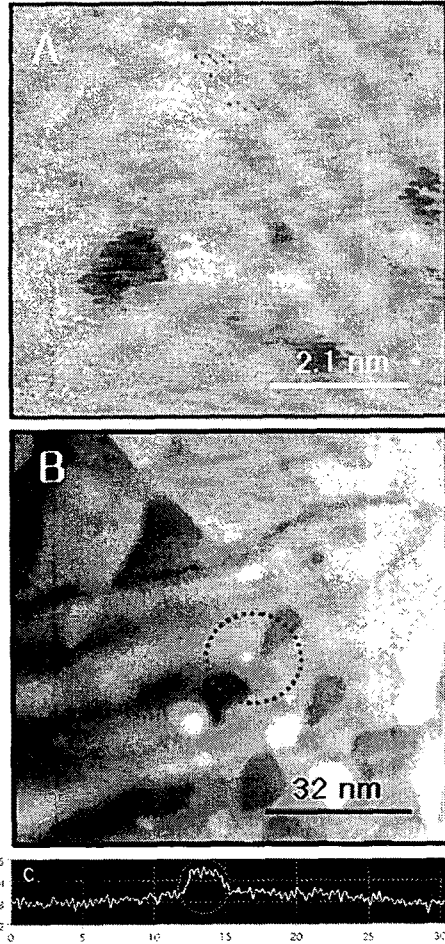


그림 2. STM 모폴로지: octanethiol (A), VC₈SH (B), VC₈SH section analysis (C).

3. 결과 및 검토

그림 2 (A)에서 octanethiol이 $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R30^\circ$ 구조로 nearest-neighbor(NN), next-nearest-neighbor(NNN) 방향을 가지며 orientation 된 것을 STM으로 확인하였다. 그림 2 (B)의 표시된 원은 octanethiol SAMs 매트릭스에 삽입된 VC₈SH 분자의 STM 이미지를 나타내고 있다. 그림 2 (C)는 그림 2 (B)의 원안에 있는 VC₈SH 분자를 section으로 분석한 것이며, 분석결과 VC₈SH 분자의 평균적인 높이가 1.53 nm (이론값 : 1.94 nm)로 측정되었다. STM 단면도 분석에서 분자의 높이가 이론값과 약간의 차이가 있으나, 이는 시료의 전도도나 물리적 높이의 컨볼루션(convolution)에 영향을 받음으로 이론적인 수치와 차이가 날 수 있다. 그림 3은 VC₈SH 분자를 선택하여 측정한 전압-전류(I-V) 특성이다. STS를 사용하여 측정된, octanethiol 매트릭스 SAMs에 삽입된 VC₈SH 분자의 전압-전류(I-V) 특성에서 양의영역(positive bias) +1.68 V 부근에서 tunneling current가 급격히 증가하는 정류특성이

관찰되었다[5]. 이와같은 전압-전류(I-V) 특성은 viologen 유도체의 다른 단분자에서도 관찰되고 있지만, 그 메커니즘에 대해서는 불명확하므로 현재 검토 중이다.

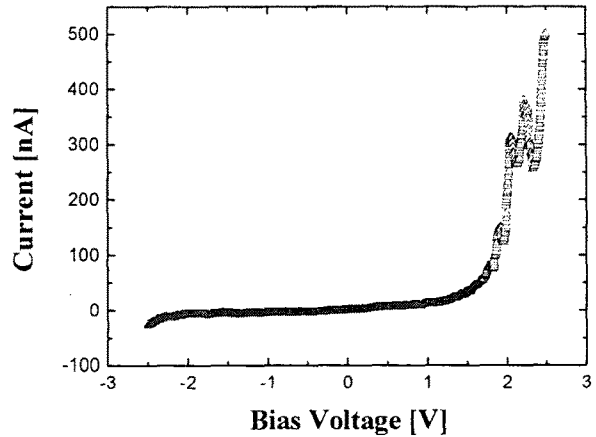


그림 3. VC₈SH 분자의 전압-전류 (I-V) 특성.

4. 결론

본 연구에서는 온도 420°C 이상에서 thermal evaporation system (TES)를 이용하여, (111)면을 가지는 Au(111) 기판을 제작하였으며, STM section 분석결과 골드의 terraces가 약 0.6 nm정도 간격을 가지고 (111)면이 형성된 것을 알 수 있었다. 제작된 Au(111) 기판에 octanethiol을 ethanol solution 용액 1 mM/L 농도에서 24시간 동안 self-assembly 한 후에, ethanol을 solution 용액으로 이용하여 VC₈SH 0.1 mM/L 농도로 암실에서 30분간 self-assembly 하였고, STM과 STS를 사용하여 viologen (VC₈SH) 분자의 모폴로지와 tunneling current를 측정하였다. 측정결과 VC₈SH 분자의 평균적인 높이가 1.53 nm으로 측정되었으며, 양의영역(positive bias) +1.68 V 부근에서 tunneling current가 급격히 증가하는 정류특성이 관찰되었다.

이러한 전류특성은 유기분자의 기능 제어에 의해, 분자 다이오드소자 등에 중요한 응용성을 제공할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] <http://public.itrs.net/Files/2005ITRS/Home2003.htm>
- [2] K. Gosser, C. Pacha, Proceedings of the 24th European Solid-State Circuits Conference, p. 18, 1998
- [3] Y. S. Shon, T. R. Lee, J. Phys. Chem. B. Vol. 104, p. 8182, 2000.
- [4] I. Pivonski, et al., Applied Surface Science, Vol. 242, p. 147, 2005.
- [5] R. M. Metzger, et al., J. Am. Chem. Soc. Vol. 119, p. 10455, 1997.