

Effusion Cell 방식에 의한 <111>결정구조의 Au 박막의 제작

표경수, 김강대, *김용규, 송정근
동아대학교, *부산기능대학

Au Thin Film Fabrication of <111> Crystal Structure by Effusion Cell Process

Kyung Soo, Kand Dae Kim, *Yong Gu Kim, Chung Kun Song

Division of Electrical & Electronics & Computer Engineering Dong-A University
840 Hadan-dong, Saha-gu, Busan, 604-714, Korea
*Busan polytechnic College
E-mail : kspyo@donga.ac.kr

Abstract

The one of important requisites for fabricating molecular electronic device is the single crystal direction of bottom substrate nowadays. [1, 2]. We obtain the optimum SAM result when the Au crystal is <111> structure for Self-Assembled molecular. To get the <111> crystal Au, we generally repeat heating and cooling course after evaporating Au [3]. However, we can fabricate <111>crystal Au thin film except post treatment because we simultaneously evaporate and anneal using Effusion Cell. In this paper, we study on thin film growth of <111> crystal Au as bottom electrode which is essential for Self-Assembled

molecular by Effusion Cell and analyze crystal structure, thickness, surface conductivity and so on as each process condition.

I. 서론

오늘날 분자전자소자를 제작하는데 있어서 중요한 요소중의 하나는 하부전극의 일정한 방향성이다. Au의 결정이 <111>결정구조를 가져야만 분자를 Self-assembly 함에 있어서 가장 최적의 SAM 결과를 얻을 수 있다. 이를 위해서 보통은 Au를 증착 후, 소자를 가열하였다 냉각하였다 하는 과정을 몇 번 반복하여 <111>Au를 만든다. 이 과정 또한 그리 쉽지않은 공정이다. 그러나 우리는 Effusion Cell을 이용하여 증착과 동시에 어닐

링 효과를 가지므로 기판을 증착 후 사후처리를 안하고도 바로 <111>결정의 Au를 제작할 수 있다.

본 논문은 분자의 자기정렬에 필수적인 하부전극으로서 <111>결정면의 Au 전극을 Effusion Cell을 이용하여 성막하는 공정에 대하여 연구하였고, 각각의 공정조건에 따른 Au의 결정구조, 두께, 면저항등의 변화를 분석하였다.

II. 실험

<100>실리콘 기판에 Effusion Cell을 이용하여 각기 다른 온도와 시간에 대하여 증착하고 결과를 분석하였다. Effusion Cell은 가열부에서 독자적인 판상모양의 히터를 사용함으로써 도가니에 대한 균일한 가열을 가할 수 있도록 하였고, 판상 히터의 재질은 텅스텐 박판을 사용하였고, 각 연결부위 및 열의 손실을 막기위한 열 차단재료는 고순도 탄탈륨판과 세라믹을 사용함으로써 고진공 내에서의 탈 가스를 최소화하였다. PBN 도가니의 사용으로 source의 오염 및 불순물과의 반응을 없앴으며, 몰리브덴 봉으로서 전체 cell을 지지하도록 하여 고온에서도 가스의 이탈현상을 최소화하였다. Thermocouple의 위치를 도가니의 하단에 부착시킴으로써 보다 정확한 cell내의 온도를 얻을 수 있다. 이와 같이 Effusion Cell의 가장 큰 특징은 열 손실을 최소화하여 안정적인 열을 공급할 수 있다는 것이다. 위의 Effusion Cell에 대한 내용은 그림 1를 참고로 하여 보면 Effusion Cell의 이해하기가 쉬울 것이다.

이를 이용하여 Cell의 온도가 각각 1400, 1500, 1600°C에 대하여 10분, 20분, 30분간 Au를 증착하였다. 기판은 냉각수를 순환시켜 냉각하였으며, thermal couple 온도를 이용하여 기판의 실제온도를 측정하였다. 그림 2에서는 같은 온도조건에서 증착시간에 따른 Au결정의 AFM을 보이고 있다. 이를 보면 시간에 따라 두께가 증가할수록 rms가 증가하다가 점점 평탄해지는 것을 알 수 있다. 이는 Au가 증착되면서 서서히 메꾸며 한방향으로 성장한다는 것을 말해준다고 볼 수 있다.

그림 3에서는 온도에 따른 몇 가지 파라미터를 그래프로 보여주고 있다. (a)번 그림에서는 각각의 Cell온도에 따른 기판의 온도가 60~120°C 정도로써 annealing 효과를 보여주고 있다. 그리고 Au증착 두께의 변화는 (b)에서 보이고 있다. 대체저공로 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있는데, 1600도만 그렇지 못하다. 이는 다른 온도에 비하여 Cell온도가 높아 Au의 증착률이 갑자기 증가하였기 때문이다. 그리고 마지막으로 증착온도에 따른 면저항(R_s) 그래프를 (c)에서 보이고 있다. 여기서도 마찬가지로 시간에 따라서 선형적으로 감소하는 모습을 볼 수 있다. 그러나 1400도에서는 면저항이 너무 커서 측정이 되지 않았다. 이는 두께가 너무 얇아서 전도성이 없어졌기 때문인 것으로 판단된다.

위와 같은 조건에서 증착된 Au기판을 이용하여 XRD(X-Ray Diffraction)를 찍어서 분석한 결과, two theta값이 38.18, 그리고 d-value가 2.35로 나타났다(그림 4). 이는 <111> 결정구조로 Au가 성장한 것임을

보이는 것이다. 이것은 Cell이 Au를 증착함과 동시에 기판을 어닐링하는 효과가 나타나서 Au가 <111>결정구조로 곧게 성장하였기 때문이라고 볼 수 있다.

II. 결론

우리는 Effusion Cell 이 증착온도를 매우 정밀하게 맞출 수가 있고, 기판도 가열해줄 수가 있어서, Au 를 증착함과 동시에 annealing 처리를 할 수 있는 성과를 얻었다. 이를 이용하면, Au 의 <111> 결정구조의 성막이 가능하다. 이를 이용한다면 지금까지 분자전자소자의 제작에 필수적인 과정인 기판의 annealing 과정이 한결 간단해질 수 있을 것이다.

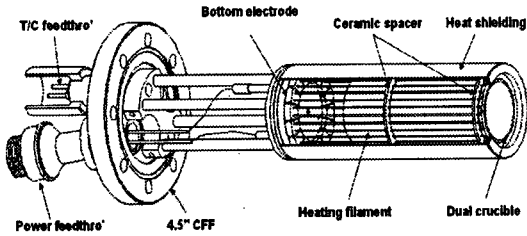
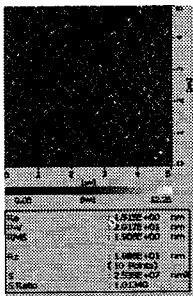
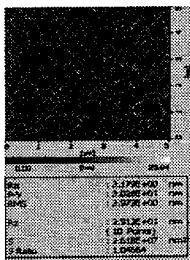


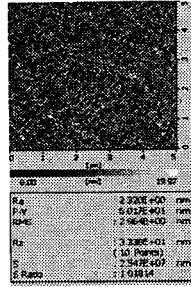
그림 1. Effusion Cell 의 도식그림



(a) Tc=1600°C, t=10min.)

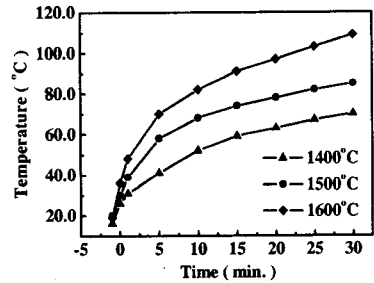


(b) Tc=1600°C, t=20min.)

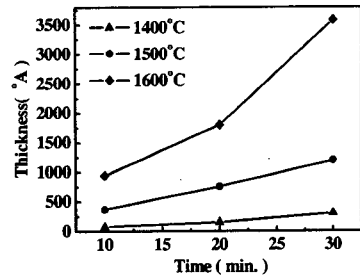


(c) Tc=1600°C, t=30min.)

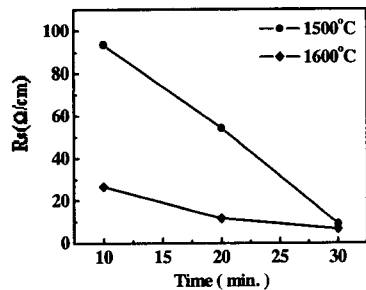
그림 2. Effusion Cell 의 AFM 사진



(a)



(b)



(c)

그림 3. Effusion Cell 온도별

(a) 기판온도변화, (b) 증착두께 변화, (c) 증착률 변화 그래프

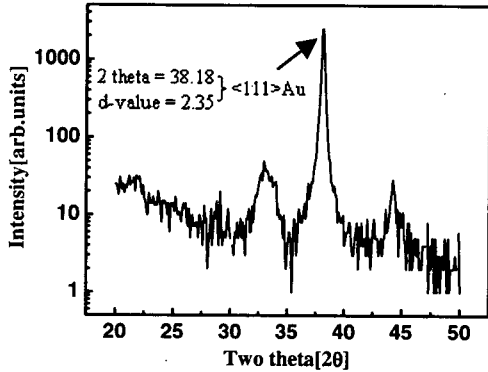


그림 4. 증착된 Au의 XRD 결과 (Tc=1500°C, t=30min.)

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (No.R01-2003-000-10063-0) 지원으로 수행되었음.

References

[1] Peter A. Smith, Christoher D. Nordquist, Thomas N. Jackson, and Theraesa S. Maer " Electric-field assisted assembly and alignment of metallic nanowires", APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol.77, No.9, 28, pp.1399-1401, (2000)

[2] Brent A. Mantooth and Paul S. Weiss, " Fabrication, Assembly, and

Characterization of Molecular Electronic Components", Proceeding of the IEEE, Vol.91, No.11, pp.1785-1802(2003)

[3] Army V. Walker, Timothy B. Tighe, Orlando M. Cabarcos, Michael D. Reinard, Brendan C. Haynie, Sundararajan Uppili, Nicholas Winograd, and David L. Allara, " The Dynamics of Noble Metal Atom Penetration through Methoxy-Terminated Alkanethiolate Monolayers", J. Am. Chem. Soc., 126, pp.3954-3963(2004)