

## 레이저 패턴을 이용한 금 나노입자의 2 차원적 자기조립

허갑수\*, 조성학, 김재구, 장원석 (한국기계연구원)

### Two-dimensional(2D) self-assembly of fine gold nanospheres using laser patterning

K. S. Huh\*, S. H. Cho, J. G. Kim, W. S. Chang (KIMM)

#### ABSTRACT

Self-assembled monolayers (SAMs) formed by the adsorption of alkanethiols,  $HS(CH_2)_nX$ , where X is an organic functional group, onto gold surfaces have attracted widespread interest as templates for the fabrication of molecular and biomolecular microstructures. Previously photopatterning has been thought of as being restricted to the micron scale, because of the well-known diffraction limit. So, we have explored a novel approach to nanofabrication by utilizing a femtosecond laser.

**Key Words :** femtosecond laser(펨토초 레이저), self-assembled monolayers (자기조립단층박막), Au nanoparticle(금 나노입자), photopatterning(광패턴)

#### 1. 서론

분자들의 자기조립(self-assembly)은 나노기술의 원천기술로 분자들간에 서로 밀치거나 당기는 힘을 인위적으로 조작, 스스로 나노 구조를 이루도록 하는 것으로 바이오칩(biochips), 나노튜브(nanotubes), 신소재, 고집적 반도체 분야 등에서 활용되고 있다.

대표적인 예로 금(Au)과 알칸티올(alkanthiol)분자간의 자기조립을 들 수 있는데, 금으로 코팅된 기판 위에서 알칸티올 분자는 스스로 일정한 배열과 규칙성을 갖고 기판위에 정렬하게 된다.<sup>[1],[3]</sup>

본 연구에서는 펨토초 레이저를 이용하여 금 기판 위에 자기조립 된 알칸티올 분자의 패턴링을

관찰하고, 패턴링된 금 기판 표면 위에 금 나노입자가 선택된 영역에 흡착(adsorption) 하는 특성을 살펴보고자 한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 알칸티올 분자의 자기조립

금 나노입자(Au nanoparticle)는 refluxed methods를 이용하여 제조한다. 준비된 금 기판은 오염 물질 제거를 위해 Piranha( $H_2SO_4 : H_2O_2 = 3 : 1, (v/v)$ )용액과 RCA ( $NH_4OH : H_2O_2 : H_2O = 5 : 1 : 1, (v/v)$ )용액으로 처리한 후 기판은 증류수(DI water)에 충분히 세척하고, 질소( $N_2$ ) 가스로 시편을 완전히 건조시킨다.

금 기판위에 자기조립 시킬 알칸티올 분자는 에탄올(ethanol) 용액에 2mM 의 농도로 금 기판을 50°C에서 24 시간 정도 용액에 담그면 금 기판위에 알칸티올 분자들이 자기 조립 한다(Fig. 1(a)). 완성된 시편은 에탄올과 증류수(DI water)로 여러 번 세척하고, 질소( $N_2$ ) 가스로 말린다.

##### 2.2 펨토초 레이저를 이용한 나노패터닝 공정

기판에 자기 조립된 알칸티올 분자는 펨토초레

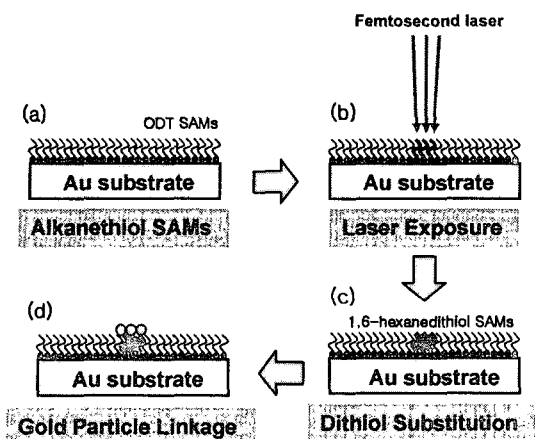


Fig. 1 Experimental procedure for fabricating one-dimensional array Au nanoparticles on a gold substrate by the combined use of a femtosecond laser and chemical self-assembly techniques

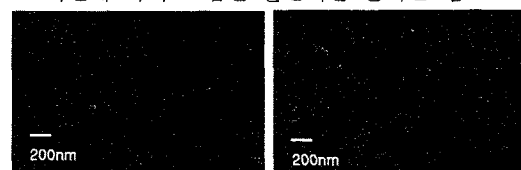


Fig. 2 Scanning electron microscopy (SEM) image of femtosecond laser photopatterning after etching process

이저를 광원으로 400nm 파장의 에너지를 조사하여 패터닝을 실시한다(Fig.1 (b)).<sup>11)</sup>

이 때 에너지를 받은 알칸티올 분자는 빛을 조사받은 영역에 한해서 광산화 반응이 일어나는데, 금 기판과 알칸티올 분자가 서로 해리되는 현상이 일어나게 된다. 기판의 패터닝 확인은 식각공정(etching process)에 의해 확인이 가능하다(Fig. 2)

### 2.3 기판위에서 금 나노입자(nanoparticles)의 자기조립

Refluxed methods 로 제조된 금 나노입자는 증류수(DI water)에 분산시킨다. 분산된 용액에 패터닝된 금 기판을 상온에서 24 시간 동안 담그면, 기판은 패터닝된 특정자리의 광산화에 의해 전하를 띠게 되고, 기판의 표면은 금 나노입자와 정전기적(electrostatic) 인력에 의해 선택적으로 광산화된 자리에 결합하게 된다(Fig. 3). 자기조립된 금 나노입자는 전자 주사 현미경(Scanning electron microscopy, SEM)을 이용하여 특성을 파악하였다.

## 3. 결과

### 3.1 티올(thiol)분자로 자기 조립된 금 기판의 특성

금 기판위에 자기조립된 티올(thiol)분자의 광산화 메커니즘(photooxidation mechanism)은 다음과 같다.



여기서 R 은 수소이며, X 는 -CH<sub>3</sub> 이다. 온도와 시간, 적당한 습도를 주면, 알칸티올 분자는 기판위에 효과적으로 자기 조립이 이루어진다.

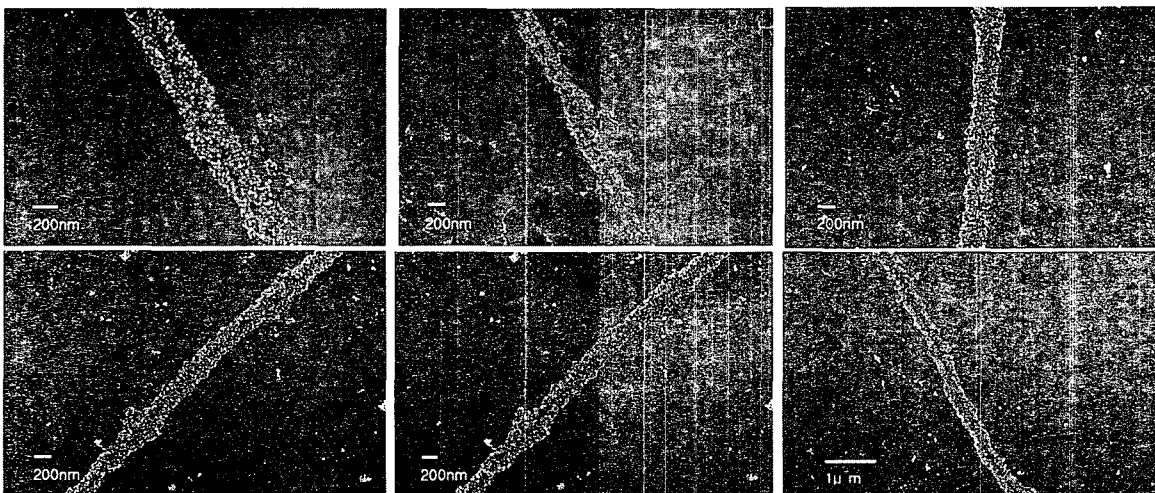


Fig. 3 Scanning electron microscopy (SEM) image of two-dimensional arrays of gold nanoparticles immobilized on a chemically patterned gold surface

### 3.2 금 나노입자(nanoparticles)의 자기조립

위 결과를 토대로 펄스 레이저로 패터닝된 기판위에 금 나노입자를 자기조립 한 결과를 Fig. 3 에 나타냈다. 금 나노입자는 기판위의 패터닝된 자리(site)에 선택적으로 붙어 있는 것이 확인됐고, 이는 나노입자가 특정영역에 화학적으로 결합하는 것을 나타낸다.

## 4. 결론

본 연구를 통해 펄스 레이저를 광원으로 이용하여 티올분자로 자기조립된 금 기판의 패터닝을 보여 주었으며, 그 선포는 200 ~ 400nm 의 크기를 갖고, 기판에서 금 나노입자 자기조립은 패터닝된 표면에 화학적 흡착을 보여주었고, 특정부위에 금 나노입자가 선택적으로 붙는 것을 확인했다. 이를 이용한다면 정렬성을 갖는 나노 구조물의 제작 및 응용이 가능할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 최무진, 장원석, 김재구, 조성학, 황경현, “펄스 레이저와 자기조립 박막을 이용한 나노스케일 패터닝,” 대한기계학회논문집 A 권, 제 28 권, 제 9 호, pp. 1270-1275, 2004
2. Sun, S., Chong, K, S, L., Leggett, G J., “Nanoscale Molecular Patterns Fabricated by Using Scanning Near-Field Optical Lithography,” J. AM. CHEM. SOC Vol. 124, No. 11, pp. 2414-2415, 2002
3. Dojindo Molecular Technologies, Inc., “Self-Assembled Alkanethiol Monolayer,” Technical Bulletin pp. 1-14, 2005