

UV-replication 으로 제작된 나노돔트 구조를 이용한 나노돔 형광 강화기판 제작

Fabrication of Nanodome Structure using UV-replicated Nanodot Array for Enhanced Fluorescence Substrate

장호영, 한윤아, 주종현, 변의현, *김석민

H. Jang, Y. Han, J. Ju, E. Byeon, *S. Kim(smkim@cau.ac.kr)

중앙대학교 기계공학부

Key words : Nanodome structure, Nanodot array, UV replication, Metal enhanced fluorescence

1. 서론

바이오센서는 다양한 물리화학적 기법을 통해 측정대상물의 신호를 감지 및 변환, 증폭하여 정량적인 변화량을 측정하는 장치로서, 신약개발 및 질병검진 등과 같은 분야에서 수요가 증가하고 있다. 바이오센서의 다양한 물리화학적 신호변환 과정 중, 형광 분석법은 유기염료(Organic dyes), 형광 단백질(Fluorescent protein) 및 퀀텀닷(Quantum dots) 등과 같은 형광 물질을 바이오 물질 혹은 세포에 부착하는 방법을 이용하여, 측정 시편에 특정 바이오 물질이 얼마나 많이 존재 하는지를 검출하거나, 세포 안에서의 바이오 물질의 기능과 세포에 의해 발현되는 유전자(gens)를 검출하는 과정에 주로 사용되지만, 낮은 농도에서의 신뢰성문제 사용이 제한되어 왔다. 낮은 농도에서의 신뢰성 및 일관성을 확보하기 위하여 금속 나노 구조물과 형광물질의 상호관계를 이용하는 Metal-enhanced fluorescence(MEF)에 의한 신호증폭에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다.^[1] 형광물질은 금속 나노 구조물 주위의 전자기장에 의해 영향을 받으며 금속 나노 구조를 이용하여 공학적으로 제어된 전자기장에서 높은 형광증폭을 얻을 수 있다. 일반적으로 MEF 를 위한 금속 나노 구조물 제작은 습식 화학처리 공법과 전기적 화학처리 공법 또는 사진 및 식각 처리 공법에 의해 이뤄진다.^[2] 하지만 일회성인 바이오센서의 특성을 고려할 때 화학처리와 사진, 식각 처리는 긴 공정시간과 높은 공정비용으로 인해

대면적 저가 대면적 저가 양산공정의 적용에 한계가 있다. 본 연구에서는 이를 극복하기 위하여 UV replication 및 physical vapor deposition (PVD) 공정을 통한 Ag 나노돔구조를 유리 기판 상에 제작하여 대면적 저가 MEF 기판 제작방법을 제안하였으며, 이때 제작된 나노돔에 의한 형광신호 증폭을 확인하였다.

2. Ag 나노돔 구조 제작 공정

Fig.1 은 나노돔 구조제작공정을 대략적으로 보여주는 것이다. 주기가 400 nm 이고 직경이 200 nm, 높이 100 nm 의 나노돔 패턴 Si master 는 KrF 레이저를 이용한 사진공정과 reactive ion etching 공정으로 으로 제작 되었다. 제작된 마스터 웨이퍼 상부에 UV-curable polymer 를 도포하고 플라스틱필름을 덮은 후, 자외선을 조사하여 UV-curable polymer 를 경화시켜 음각의 나노홀 패턴을 필름기판 위에 제작하였다. 이후 성형된 나노홀 기판과 UV-curable polymer 간의 이형성 향상을 위해 물리적 증착 방식을 이용하여 니켈을 10 nm 두께로 증착 하였다.

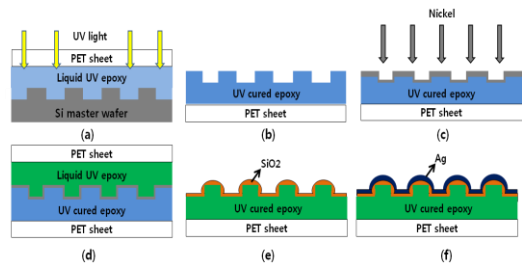


Fig.1 (a)-(f) Schematic diagram of nanodome fabrication process

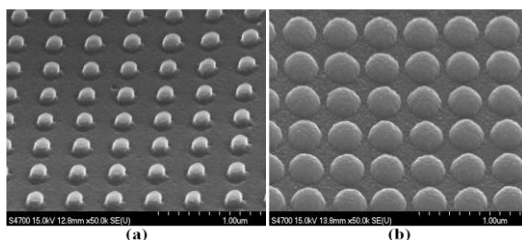


Fig.2 SEM images of (a) UV replicated nanodot array and (b) fabricated nanodome structures

나노홀 기판에 UV-curable polymer 를 이용한 복제과정을 통해 최종적인 양각의 나노도트 패턴을 제작하게 된다. 이후 E-beam 증착기를 사용하여 SiO₂ 100 nm 와 Ag 200 nm 를 제작된 양각의 나노도트 패턴에 순차적으로 증착하여 나노돔 구조를 제작하였다. 나노돔 구조가 만들어지는 원인은 증착 시 발생하는 side wall 효과 때문인데 fig.2 에서와 같이 나노도트 구조가 증착이 진행됨에 따라 점차적으로 나노돔 구조로 변하는 것을 확인하였다.

3. 형광 측정 방법 및 분석

형광 강화기판의 평가를 위해 일반적으로 Protein chip 분석할 때 자주 사용되는 SA-Cy5 를 Phosphate buffered saline(PBS) solution 에 희석하여 각각 100µg/ml, 10µg/ml, 1µg/ml, 100ng/ml 농도로 준비 하였고, µ-pipet 을 이용하여 준비된 기판상에 각 농도별로 1µl spot 2 개씩을 도포하였다(기판 당 총 8 개 spot). Fig.3(a)는 일반유리기판과 Ag 나노돔 상에 도포된 SA-Cy5 의 형광신호를 측정된 것이다. 결과를 통해 나노돔 구조 기판에서의 형광신호가 일반유리 기판에서의 신호에 비해 증폭되었음을 확인할 수 있으며 일반 유리기판의 경우 100 µg/ml 농도 이하의 형광신호는 판별하기 어렵지만 나노돔 구조기판의 경우 1 µg/ml 농도에서도 판별이 가능하다. 이 결과는 Ag 나노돔 기판의 신호 검출 능력이 일반 유리기판보다 훨씬 뛰어나다는 것을 보여주며 신호검출 및 분석시에 보다 낮은 농도의 시료를 사용하여도 Ag 나노돔 기판에서는 단백질이나 유전자의 분석이 가능하다는 것을 나타낸다. Fig.3(b)는 일반유리 기판과 Ag 나노돔 기판 상에 농도가

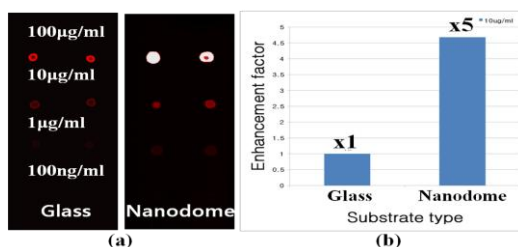


Fig.3 (a)Comparison of fluorescence image on the glass and Ag nanodome substrate, and (b)effects of nanodome structure on the fluorescence enhancement factors

10 µl/ml 인 SA-Cy5 를 도포하였을 때 검출된 Fluorescence enhancement factor 값을 그래프화 하여 비교한 것이다. 일반 유리기판보다 5 배 향상된 enhancement factor 를 얻었다.

4. 결론

본 연구에서는 UV-replication 과 증착공정을 사용하여 Ag 나노돔을 갖는 형광신호증폭 기판을 제작하였으며 제작된 기판상에 여러 가지 농도로 준비된 SA-Cy5 시료를 도포하여 형광 신호 증폭 정도를 분석하였다. Ag 나노돔 기판이 일반 유리 기판보다 형광신호 증폭효과가 뛰어났다. 가장 높은 증폭효과를 얻기 위하여 나노돔의 직경과 간격을 증착공정을 통하여 제어 하면서 최적화하는 연구를 지속적으로 수행할 것이다.

후기

이 논문은 2012 년도 서울 R&BD 프로그램(ST110012)의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. Pompa, P. P., Martiradonna, L., Della torre, A., Della Sala, F., Manna, L., De Vittorio, M., Calabi, F., Cingolani, R., and Rinaldi, R., "Metal-enhanced fluorescence of colloidal nanocrystals with nanoscale control," Nature Nanotechnology, **1**, 126-130, 2006.
2. Choi, C. J., Xu, Z., Wu, H.-Y., Liu, G. L., and Cunningham, B. T. "Surface enhanced Raman nanodome", Nanotechnology, **21**, 41530, 2010.