

나노미터 규격의 친수성 박막 패터닝을 이용한 선택적 폴리스티렌 입자 배열

강정화, 김경섭, 김남훈, 노용한*
성균관대학교

Selective Array of Polystyrene Beads by Using Nanometer-Scaled Hydrophilic Thin Film Patterning

Jung-Hwa Kang, Kyoung-Soeb Kim, Nam-Hoon Kim and Yonghan Roh*
Sungkyunkwan Univ.

Abstract : Nanometer-scaled polymer beads, such as polystyrene beads, were used as nanometer fabrication materials due to their some advantages such as self-assembled monolayer, nanometer scaled size and excellent compatibility with silicon based devices. Thus, the investigation on these properties of polymer beads was required. It is difficult to control the array of polystyrene beads on silicon substrate. In this study, we investigated the condition of selective array of polystyrene beads on nanometer-scaled hydrophilic surface which was obtained by APS coating. A tilting method was used to array the polystyrene beads selectively on the substrate. The polystyrene beads could be arrayed selectively by this method. From these results, we verified that there are possibilities to fabricate unique tools for the nanometer-scaled electrical devices.

Key Words : Polystyrene bead, Plasma oxygen ashing, APS, Nano patterning

1. 서 론

나노 입자와 구조물은 종래의 구조화되지 않은 물질들로부터 얻을 수 없는 새로운 전기적, 자기적, 광학적, 생물학적 특성으로 인해 큰 관심을 끌고 있다. 나노 입자와 구조물의 적용 범위에는 저차원 전자기적 시스템, 포토디텍터, 포토이미터, 표면증강라만 (Surface Enhanced Raman Scattering: SERS), 여과, 바이오리액터, 바이오센서, 고밀도 자기 기록 장치 등이 있으며, 전자빔 리소그래피(electron beam lithography)나 이온빔 리소그래피(ion beam lithography) 등의 노광 공정으로 구현이 가능하다 [1]. 이 방법들은 많은 장점을 가지고 있지만 크고 값비싼 시스템의 필요성, 정밀한 패터닝의 어려움 등과 같은 단점이 있다. 따라서 폴리머 입자를 이용한 패터닝에 관심이 집중되었다. 이 방법은 다른 정밀한 공정들에 비하여 간단한 방법과 저렴한 가격으로 이루어 질 수 있기 때문에 산업 분야에서 넓은 범위에 많은 적용이 가능할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 나노미터 크기의 폴리머 입자와 기존의 광학 노광 기술로 제작된 나노미터 규격의 구조물을 이용하여 선택적 정렬을 하는 방법에 대하여 연구하였다.

2. 실험

P형 (100) 실리콘 기판 위에 line-and-space 패턴을 형성하기 위하여 광학 노광 공정을 실시하였다. 선 간격이 2 μ m 인 포토마스크와 두께 12 μ m의 음성 감광제 (PMER)를 사용하였다. 12mW의 전력상에서 i선파장을 이용한 Mask aligner를 사용하였고, PMER P-7G (Tokyo Ohka Kogyo Co.)로 노출되어 있는 패턴을 현상하였다. 그 후, 현상된 PR 패턴들을 플라즈마를 이용하는 화학 건식 식각기 (Tokuda Co., CDE-7-3) 로 4분 21초 동안 식각하였다.

반응 챔버의 압력은 0.1mTorr이고, microwave의 주파수는 2.45GHz, 전력은 500W이다. 식각 공정에서 사용된 가스는 산소 (O₂) 1500sccm, 질소 (N₂) 500sccm, 사플루오르화탄소 (CF₄) 100sccm이다 [2].

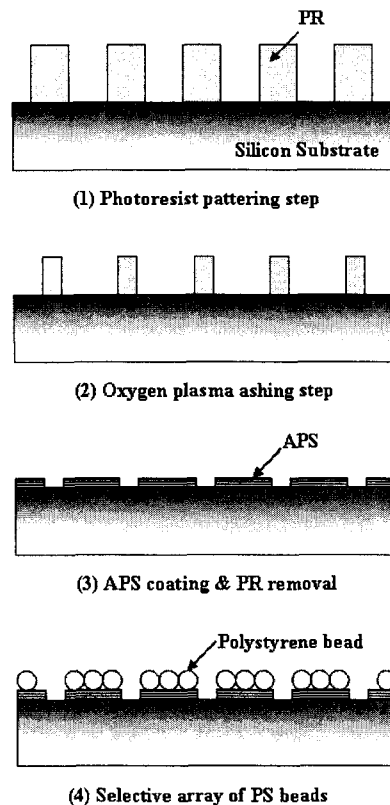


그림 1. PS beads의 선택적 배열 실험 순서

폴리스티렌 나노 입자의 선택적 배열을 위하여 실리콘 기판의 표면을 친수성으로 개질하는 공정은 다음과 같다.

동근 플라스크에 Toluene (C_6H_6) 50ml를 주사기를 이용해 넣고 3-Aminopropyltriethoxysilane (APS) 1.2 μ l를 마이크로 피펫을 이용하여 넣은 뒤 5분 동안 초음파 처리하여 잘 섞이게 하였다. 섞인 용액을 비커에 옮기고 식각된 시편을 넣은 뒤 30분 동안 담가 두었다. APS가 코팅된 시편을 흐르는 초순수로 1분 동안 세척하고 N_2 가스로 건조시켰다. 건조된 시편을 아세톤에 넣고 2분 동안 초음파 처리하여 시편 위의 PR을 제거하였다. 초순수와 에탄올을 1:1의 비율로 섞은 용액에 폴리스티렌 입자를 0.5 wt% 첨가하여 혼합하였다. 혼합된 용액 15 μ l를 시편 위에 도포하고 tilting한 후 충분히 건조시켰다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 실리콘 기판 위에 선택적으로 부착된 폴리스티렌 입자의 SEM (scanning electron microscopy) 이미지를 나타낸다. 그림 2의 윗부분은 PR이 현상되지 않고 남아있어 APS가 코팅되지 않은 영역이며 아랫부분은 APS가 코팅된 부분을 나타내고 있다. APS는 실란커플링제로 한 쪽은 3개의 ethoxy 관능기 (OC_2H_5)로, 다른 한쪽은 amine 관능기 (NH_2)로 구성되어 있다. 전자는 물에 의해 가수분해되어 수산기 ($-OH$)로 된 뒤 실리카 입자와 같은 무기질 표면의 $-OH$ 기와 수소결합을 형성한다. 또한 후자인 amine 관능기는 고분자 필름 표면의 carbonyl기, 탄소 이중결합 혹은 epoxy기 등과 반응하여 접착하기 어려운 무기물과 유기물의 결합력을 향상시키는 역할을 한다 [3]. 실리콘 기판은 APS가 코팅되지 않으면 폴리스티렌 입자들이 부착되기 어렵고, 따라서 PR이 현상된 자리에만 APS가 코팅되어 폴리스티렌 입자들의 선택적 배열이 나타나는 것이다.

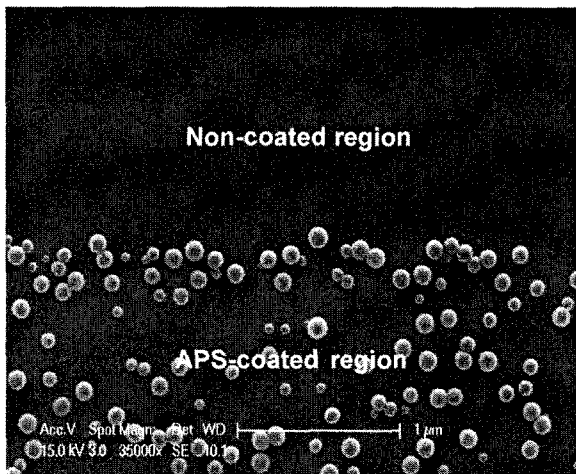


그림 2. 시편 위에 선택적으로 부착된 폴리스티렌 입자

그림 3은 선 간격이 2 μ m인 라인이 패터닝된 시편을 식각한 후 APS 코팅을 하고 PR을 제거한 뒤 폴리스티렌 입자를 도포하여 얻은 SEM 이미지이다. 식각 공정에서 PR의 폭은 500nm로 감소하였고, PR이 남아있던 부분

에는 APS가 코팅되지 않았다. APS가 코팅되지 않은 부분은 소수성을 띠기 때문에 폴리스티렌 입자가 부착되지 않아 긴 선 형태의 패턴이 형성되었다. 입자가 부착되지 않은 자리의 폭은 500nm로 측정되었다.

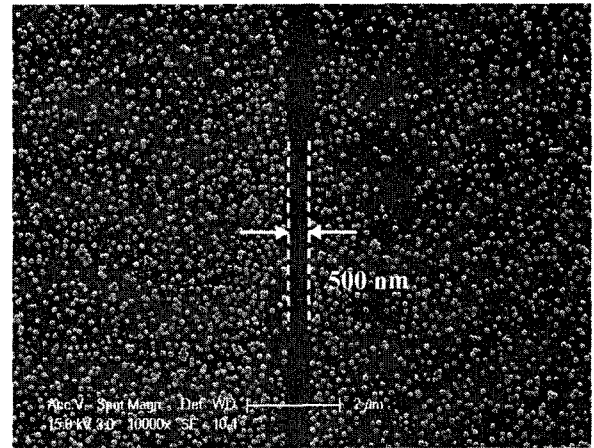


그림 3. 폴리스티렌 입자의 선택적 부착으로 인하여 형성된 선형의 패턴

4. 결론

본 연구에서는 기존의 광학 노광 기술을 이용하여 제작된 나노미터 규격의 구조물 위에 나노미터 크기의 폴리머 입자를 선택적으로 정렬하는 방법에 대하여 연구하였다. 먼저 나노미터 규격의 구조물을 제작하기 위하여 기존의 광학 노광 공정을 이용하였고, PR 패턴의 사이즈를 조절하기 위하여 식각 공정을 시행하였다. 그 후 시편의 표면을 APS 코팅 하여 친수성으로 개질하고 남아있던 PR을 제거함으로써 폴리머 입자들이 APS가 코팅된 영역에만 선택적으로 배열된다는 사실을 확인하였다. 이 방법에서는 광학 노광과 식각 공정 시 조건을 조절하여 패턴의 크기와 모양을 임의로 조절할 수 있기 때문에 다른 정밀한 공정들과 같이 복잡하고 값비싼 장비를 필요로 하지 않고, 빠른 시간 내에 비교적 간단한 방법과 저렴한 가격으로 이루어 질 수 있다. 따라서 더욱 미세하고 정확한 회로를 설계하고 구현함에 있어 폭넓게 사용될 수 있고 다양한 패턴을 형성 시 넓은 범위의 적용 가능성을 가질 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] C. Haginoya, M. Ishibashi and K. Koike, Appl. Phys. Lett., Vol. 71, No. 20, 1997
- [2] Y. Lee, Y. Roh, K. S. Kim, Thin Solid Films 515 (2006) 744.
- [3] Lee, D. I., Jang, S. H. and Song, K. D., "Preparation of Hydrophilic Inorganic-Organic Hybrid Coating Solutions by Sol-Gel Method", HWAHAK KONGHAK, 41(6), 768-772(2003)