

산화아연 나노로드 기반의 피에조 나노발전소자 향상을 위한 상부 전극 제작

고영환, 유재수

경희대학교

최근 주위 환경에 존재하는 다양한 에너지를 전기에너지로 회수 또는 수확하는 에너지 하베스팅 기술(energy harvesting technology)이 크게 주목을 받고 있으며, 이와 더불어 압전 나노발전소자(piezoelectric nanogenerator)의 연구가 활발해 진행되고 있다. 한편, 수열합성법 또는 전기화학증착법을 이용하여 비교적 간단하게 수직으로 성장된 산화아연 나노로드(ZnO nanorod)는 광대역 에너지 밴드갭(wide bandgap energy)과 압전(piezoelectric)특성을 갖게 된다. 이렇게 수직 정렬된 나노로드의 기하학적 구조는 외부 물리적인 힘에 의해 구부러짐(bending) 변형이 일어나 압전특성이 효과적으로 일어나며, 이런 현상을 이용하여 압전 나노발전소자에 응용할 수 있다. 본 연구에서는 상부의 전극의 표면 거칠기(surface roughness)를 증가시켜 외부 힘에 의해 산화아연 나노로드가 효과적으로 변형을 일으켜 압전 특성을 향상시켰다. 실험을 위해, 산화아연 마이크로로드 어레이 (microrod arrays)와 실리카 마이크로스피어(silica microsphere)를 각각 템플릿으로 이용하여 그 위에 금(Au)를 증착하여 상부전극을 제작하였다. 산화아연 나노로드와 마이크로로드는 전기화학증착법을 이용해서 저온공정(75°C)으로 ITO가 코팅된 PET 기판위에 성장하였으며, 인가된 전압의 세기를 변화시켜 산화아연 구조물의 크기를 조절하였다. 또한 화학합성법으로 실리카 마이크로 스피어를 준비하였다. 이렇게 제작된 상부전극을 통해 기존의 사용되었던 전극과 비교하여 성능이 향상됨을 확인하였으며, 이와 함께 이론적인 분석을 진행하였다.

Keywords: 산화아연 나노로드, 압전 나노발전소자, 표면 거칠기, 전기화학증착법

Correlation between Charged Silicon Nanoparticles in the Gas Phase and the Low Temperature Deposition of Crystalline Silicon Films during Hot Wire Chemical Vapor Deposition

유승완¹, 홍주섭², 김정형¹, 유신재¹, 황농문^{3*}

¹Vacuum Center, Korea Research Institute of Standards and Science, Seoul 305-340,

²KCC Research & Development Center, Gyeonggi-do 446-912,

³Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea

열필라멘트 화학증착공정(Hot Wire Chemical Vapor Deposition)에서 기상에서 생성되는 하전된 실리콘 나노입자와 저온결정성 실리콘박막 증착의 연관성을 압력의 변화에 따른 상호비교를 통해 조사하였다. 필라멘트 온도는 1800°C로 고정시키고 0.3~2 torr의 범위에서 공정 압력을 변화시키면서 증착하였다. 압력이 증가함에 따라 증착된 실리콘 박막의 결정화도는 증가하였으며, 증착속도는 감소하였다. 반응기 압력에 따른 기상에서 생성되는 나노입자의 크기분포의 변화를 조사하기 위하여 탄소막이 코팅된 투과전자현미경(Transmission Electron Microscopy) 그리드 위에 실리콘 나노입자를 포획하고 관찰하였다. 포획된 실리콘 나노입자의 크기분포와 개수농도는 압력이 증가함에 따라 감소하였다. 투과전자현미경을 이용하여 분석한 결과, 나노입자는 결정성 구조를 보였다. 압력이 증가함에 따라 나노입자의 크기가 감소하고 개수농도가 감소하는 것은 증착속도의 감소와 관련됨을 알 수 있다. 한편, 공정압력 증가에 따른 나노입자의 크기분포 및 개수농도 감소와 증착속도의 감소는 일반적으로 알려진 기상에서 석출하는 고상의 평형석출량(equilibrium amount of precipitation)이 압력의 증가함에 따라 증가한다는 사실과 일치하지 않는다. 이러한 압력경향성은 Si-H 시스템이 0.3~2 torr의 압력 영역에서 retrograde solubility를 갖는 것을 의미한다. 나노입자의 하전여부, 크기분포 및 개수농도를 측정하기 위하여 입자빔질량분석장비(Particle Beam Mass Spectroscopy)를 이용하였다. 그 결과, 실리콘 나노입자는 양 또는 음의 극성을 가진 하전된 상태를 확인하였고, 투과전자현미경(TEM) grid에 포획한 실리콘 나노입자의 크기와 경향성이 일치하였다. 이는 나노입자가 저온의 기판에서 핵생성되어 성장하여 생성된 것이 아니라 열필라멘트 주위의 고온영역에서 생성된 것을 의미한다.

Keywords: CNP (Charged nanoparticles), silicon, HWCVD (hot wire chemical vapor deposition)