

플라스틱 기판 위에 스핀 코팅으로 증착된 HgSe 나노입자 박막의 광전류 특성

변광섭, 조경아, 김상식  
고려대학교 전기전자전파공학과 나노과학연구소

Photocurrent characteristics of HgSe nanoparticle films on plastic substrates

KwangSub Byun, Kyoungah Cho, and Sangsig Kim

Department of Electrical Engineering and Institute for Nano Science, Korea University

**Abstract** - 콜로이드 방법으로 합성한 HgSe 나노입자를 스핀코팅 방법을 이용하여 플라스틱 기판위에 HgSe 박막으로 형성하고 그 광전류 특성을 633 nm 파장의 빛을 이용하여 조사하였다. HgSe 나노입자 박막을 150 °C에서 15분동안 열처리 하였을 때 효율이 약 90 μ/A으로 열처리 전에 비해 대략 45배 증가하였다.

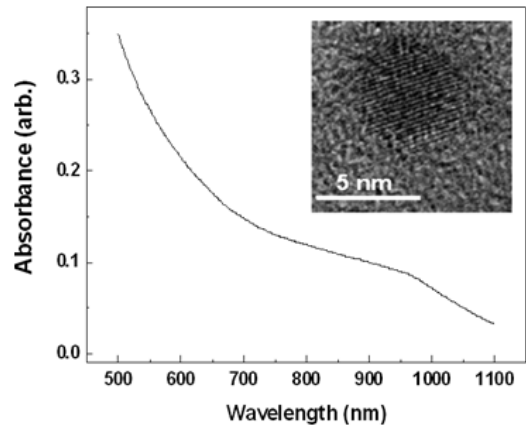
1. 서 론

차세대 소자로 주목받고 있는 플렉시블 소자에 바탕이 되는 플라스틱 기반소자는 트랜지스터를 비롯한 다양한 전자소자분야에 대해서는 연구가 많이 진행되어 왔으나 광소자에 대한 연구는 미비한 상태이다 [1-2]. 특히 수광소자에 대해서는 플라스틱의 유리전이온도를 초과하지 않는 온도 범위내에서 제작공정이 가능한 물질을 찾기가 어렵기 때문에 플라스틱 기반의 수광소자에 관해서는 제한적으로 연구가 진행되어 왔다. 플라스틱 기판에 수광소자를 제작하는 위해서는 수광물질이 용이하게 플라스틱 기판위에 박막을 형성할 수 있어야 하며, 전기적 특성 향상을 위한 열처리 온도가 플라스틱의 유리전이온도보다 낮은 온도이어야 한다. 수용액에서 합성된 HgSe 나노입자는 앞에서 기술한 조건을 만족시키는 물질 중의 하나이다. HgSe는 벌크일때 녹는점이 800도 이하로 다른 화합물 반도체에 비하여 낮은 녹는점을 가지는 화합물 반도체이며, 수용액에서 합성된 HgSe 나노입자는 스핀코팅 방법으로 플라스틱 기판위에 용이하게 박막을 형성할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수용액상에서 합성된 HgSe 나노입자를 수광물질로 이용하여 플라스틱 기반 수광소자를 제작하고, 그 광전류 특성으로 조사하여 차세대 플렉시블 수광소자의 소재로서 나노입자 용액의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

2. 본 론

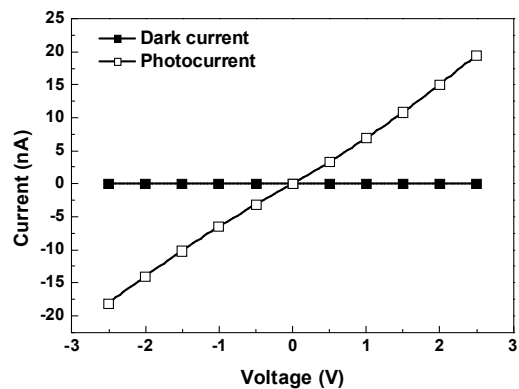
HgSe 나노입자는 수용액상에서 콜로이드 방법으로 합성되었다 [3]. 250 ml의 증류수에 1.97 g의 Hg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O와 1 ml의 1-thioglycerol을 섞은 후, 1 M의 NaOH를 넣어서 용액의 pH를 11.4로 맞추었다. 이 용액을 플라스크에 넣은 후 0.3 g의 Al<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 파우더가 들어있는 또 다른 플라스크와 연결시키고, 30분간 질소 분위기에서 버블링을 하였다. 그 후, Al<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>가 들어있는 플라스크에 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣어 H<sub>2</sub>Se 가스를 발생시켜 HgSe 나노입자를 합성하였다. 합성된 나노입자는 원심분리와 세척 과정을 거친 후 다시 증류수에 재분산 되었다. 재분산된 HgSe 나노입자용액은 스핀 코터를 이용하여 PES 플라스틱 기판위에 HgSe 나노입자 박막으로 형성되었다. HgSe 나노입자 박막위에 길이 300 μm, 너비 20 μm의 채널을 갖도록 포토리소그래피와 열증착기를 이용하여 금 전극을 증착하였다. 전기적 특성을 향상시키기 위해서 150 °C에서 각각 15분, 30분, 45분간 열처리를 하였다.

소자의 암전류와 광전류, 광응답 특성은 대기중에서 Agilent 4155C를 사용하여 측정되었다. 광전류 측정을 위해 사용된 광원은 633 nm 파장의 헬륨-네온 레이저로 파워는 10 mW였다. 본 실험에서 합성된 HgSe 나노입자용액의 흡광도와 나노입자의 고분해능 투과전자현미경 이미지를 그림 1에 나타내었다. 합성된 HgSe 나노입자는 크기가 5 nm 정도 구형의 나노결정이며, 크기가 나노수준으로 작아짐에 따라 벌크 상태에서 마이너스 밴드갭을 갖는 HgSe 흡광도가 단파장쪽으로 이동한 것을 알 수 있다.



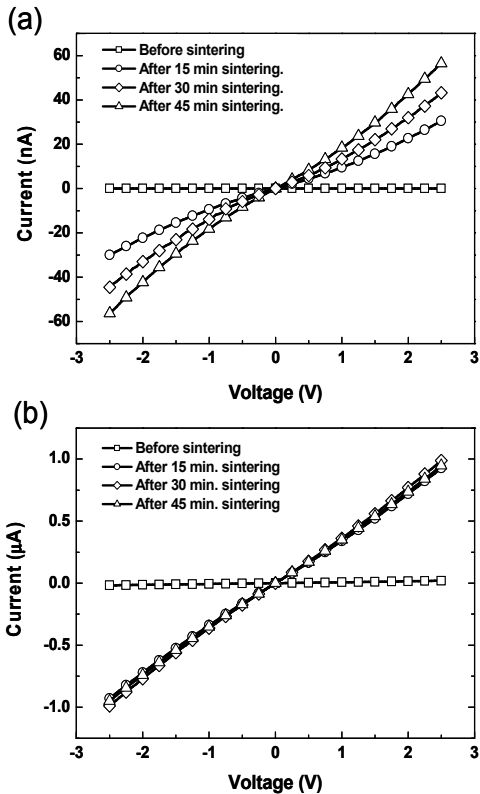
〈그림 1〉 합성된 HgSe 나노 입자 용액의 흡광도와 고분해능 투과전자현미경 이미지

그림 2는 열처리 전 소자의 전류-전압곡선으로 633 nm 파장의 빛에 대한 광전류 특성을 보여주고 있다. 전극물질인 금과 수광물질인 HgSe 나노입자사이에 오믹 접촉이 발생한 것을 직선의 전류-전압 관계로 알 수 있다. 열처리 전 HgSe 박막의 수광효율은 2.5 V에서 1.95 μ/A이었으며, I<sub>ON</sub>/I<sub>OFF</sub> 값은 3.73x10<sup>3</sup>으로 계산되었다.



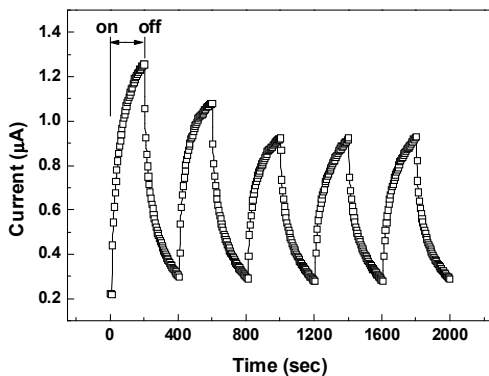
〈그림 2〉 열처리전 HgSe 나노 입자 박막의 전류-전압 곡선

열처리를 통해 전기적 특성이 향상되는 것은, 그림 3에서 알 수 있다. 그림 3 (a)는 암전류에 대한 결과이고 (b)는 633 nm 파장의 빛을 조사하였을 때의 광전류 특성을 나타낸다. 열처리 시간이 길수록 암전류는 증가하는 경향을 보이나 광전류는 15분의 열처리시간 이상에서는 더 이상 증가하지 않았다. 즉, 열처리 시간이 15분이었을 때가 암전류에 대한 광전류의 비율 뿐만 아니라 효율도 최대가 되었다. 2.5 V에서의 15분 열처리 소자는 효율이 90 μ/A이고, I<sub>ON</sub>/I<sub>OFF</sub> 값이 30 으로 계산되었다.



〈그림 3〉 열처리전과 후의 HgSe 나노 입자 박막의 암전류 (a)와 광전류 (b) 특성

150 °C에서 15분간 열처리 한 소자의 광응답 특성은 그림 4에 나타내었다. 실온에서 200초간 633 nm 파장의 광원을 켜고, 끄고를 반복하여 실험하였다. 앞에서 계산된 낮은 Ion/Ioff 값은 느린 광응답 특성에 기인한 것으로 생각되어 진다.



〈그림 4〉 150 °C에서 15분간 열처리된 HgSe 나노입자 박막의 광응답 특성

HgSe 나노입자 박막의 느린 광응답특성으로 부터 HgSe 나노 입자 박막의 광전류가 빛 조사에 의해 여기된 전자들의 hopping에 의해 전도된 것이라는 것을 알 수 있다.

### 3. 결 론

HgSe 나노입자 용액을 이용하여 플라스틱 기반의 수광소자

를 제작하였다. 플라스틱의 유리전이온도보다 낮은 150 °C에서 행해진 열처리를 통해 나노입자 박막의 전기적 특성이 향상된다는 결과를 얻었으며, 15분동안 열처리를 거친 경우, 633 nm 파장의 빛에 대한 수광효율이 90 μ/A로 열처리 전에 비해 대략 45배 증가한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 광응답 실험을 통해 HgSe 나노입자 박막의 광전류는 hopping 메커니즘으로 이해되었다.

나노입자 용액을 이용하여 플라스틱 기반 광전소자 제작을 실현한 본 연구는 차세대 플렉시블 광전소자의 소재로서 나노입자 용액의 활용 가능성을 보여주었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단이 지원하는 나노원천기술개발사업 (CINS), 국가지정연구실사업 (NRL), 세계수준의 연구중심대학 육성사업 (WCU)과 한국학술진흥재단이 지원하는 중점연구소지원사업, 한국산업기술개발원이 지원하는 중기거점기술개발사업, 중소기업청이 지원하는 중소기업기술혁신개발사업, 한국산업기술평가원이 지원하는 핵심기반기술개발사업 (시스템IC2010)의 연구비에 의하여 수행되었다.

### [참 고 문 헌]

[1] H. Klauk, "Remotely powered by printing", Nat. Mater, pp. 397-398, Jun. 2007.  
 [2] Z. Fan, Ali. J " Solar cell on curtains", Nat. Mater, pp 835-836, Nov. 2008.  
 [3] S. V. Kershaw, M. Harrison, A. L. Rogach, A. Kornowski, "Development of IR-emitting colloidal II-VI quantum dot materials", IEEE. J. Sel. Top. Quantum. Electron, pp. 534-535, May/June. 2000.