

반도체 나노구조 표면구조 제어를 통한 나노제너레이터 성능향상 기술 연구

Performance Enhancement of Nanogenerator Based on Surface Structure Modification of Semiconductor Nanostructures

남광희^a, Md. Roqibul Hasan^a, 백성호^b, 박일규^{a*}^{a*}영남대학교 전자공학과 (E-mail: ikpark@ynu.ac.kr), ^b대구경북과학기술원 에너지연구부

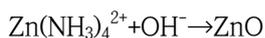
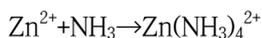
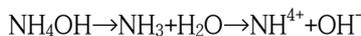
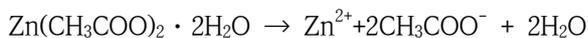
초 록: 본 논문에서는 수열합성법으로 성장된 ZnO 기반의 나노구조를 응용함으로써, 압전기반의 새로운 나노제너레이터 구조 및 성능향상에 관한 연구를 제시하고자한다. ZnO 나노구조는 원자층증착법을 적용하여 균일한 ZnO 나노박막 seed층을 성장하고, 이러한 seed층 위에 수열합성법을 통해 90 ° C 저온에서 ZnO 나노구조를 성장함으로써 이루어진다. 성능향상을 위해 다양한 종류 및 구조의 기관 적용을 통해 압전소자를 제작하였으며, 주기적인 스트레인의 적용을 통해 출력특성을 측정하였다. 또한 유연성 나노제너레이터의 제작을 위해 Graphene기반의 전극구조를 적용하였으며, 이를 통해 유연성 나노제너레이터 소자로부터 나노압전특성을 제어할 수 있었다. 특히 나노압전소자의 성능향상을 위해 기관의 표면미세구조를 조절하여 표면적을 넓혀줌으로써 압전소자의 출력전압특성을 향상하였으며, 이러한 메커니즘을 구조적, 성분 분석 및 광학적 특성분석을 통해 규명하였다.

1. 서론

최근 사물지능통신의 발전과 스마트워치나 스마트 글라스 등의 웨어러블 기기들에 대한 수요가 급증하면서 자연스럽게 나노발전소자기술에 대한 관심이 증대하고 있다 [1-3]. 특히 영국 일간 텔레그라프는 최근 사람의 심장박동이나 손가락을 구부리는 몸의 미세한 움직임으로 전기에너지를 생산하는 새로운 칩이 지속적인 전원을 생산할 수 있는 돌파구가 될 것이라고 보도했으며, 이 새로운 칩은 나노발전기를 토대로 했으며, 기존의 프로토타입(시제품)보다 ‘수천 배 강력하다’고 설명한 바 있다. 글로벌 스마트 기기 전문업체들은 이 기술을 상용화된 스마트 기기 등에 결합, 우리의 몸 움직임으로 전원을 생산하게 된다면, 스마트 기기의 혁신 제품들의 새로운 돌파구가 될 것으로 조심스레 전망한 바 있다. 현재까지 개발된 나노발전소자가 생산할 수 있는 전력은 아직까지 나노~마이크로 와트(nano~micro watt)라고 불릴 정도의 아주 적은 양일 뿐이며, 이 정도의 극소량의 에너지를 유용하게 활용하기란 쉬운 일이 아니다 [1-3]. 다만, 향후 나노 크기 단위 규모의 장치들, 특히 의학계에서 활발히 논의되고 있지만 여전히 반영구적인 전원 문제를 해결해야만 하는 이식용 나노 센서 또는 나노 통신 분야 등과 같은 것이 현실화 가능성을 높일 수 있을 것이다. 따라서 이러한 나노제너레이터가 본격적으로 응용되기 위해서는 전력 생산량을 획기적으로 증대시킬 수 있는 방법을 개발하는 것이다. 이를 위해 나노제너레이터의 성능향상을 위한 여러 가지 방법이 제시되고 있으며 [4-5], 다양한 응용기술에 관한 연구들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 반도체 및 기관의 표면제어를 통해 나노제너레이터의 성능향상을 시킬 수 있는 연구에 관해 진행된 연구들에 대해 논하고자한다.

2. 본론

수열합성법으로 성장된 ZnO 기반의 나노구조를 응용함으로써, 압전기반의 새로운 나노제너레이터 구조 및 성능향상에 관한 연구를 제시하고자한다. ZnO 나노구조는 원자층증착법을 적용하여 균일한 ZnO 나노박막 seed층을 성장하고, 이러한 seed층 위에 수열합성법을 통해 90 ° C 저온에서 ZnO 나노구조를 성장함으로써 이루어진다. 수열합성을 통한 ZnO나노구조의 반응은 다음과 같은 화학식으로 나타낼 수 있다. 본 논문에서는 zinc acetate dihydrate [Zn(CH₃COO)₂•2H₂O]와 NH₄OH를 증류수 (DI water)에 희석하여 성장 용액으로 이용하였다. 온도는 90 ° C의 저온에서 성장하였으며, 이러한 저온 성장으로 기관의 종류에 관계없이 고품위의 ZnO 나노구조를 성장할 수 있었다.



나노압전소자의 성능향상을 위해 다양한 종류 및 구조의 기관 적용을 통해 압전소자를 제작하였으며, 주기적인 스트레인의 적용을 통해 출력특성을 측정하였다. 또한 유연성 나노제너레이터의 제작을 위해 Graphene기반의 전극구조를 적용하였으며, 이를 통해 유연성 나노제너레이터 소자로부터 나노압전특성을 제어할 수 있었다. 아래 그림은 이러한 유연성 나노제

너레이터의 출력특성으로 변위주파수에 따라 1.5 V에서 3 V까지도 향상되는 것을 관측할 수 있었다. 이러한 특성은 나노제너레이터의 일반적인 특성으로써, 주파수가 증가할 수록 압전포텐셜을 따라가지 못하는 전하수송자에 의한 현상임을 알 수 있다. 또한 Graphene기반의 투명전극을 적용함으로써, 유연성이 우수한 나노제너레이터의 제작이 가능함을 알 수 있었다.

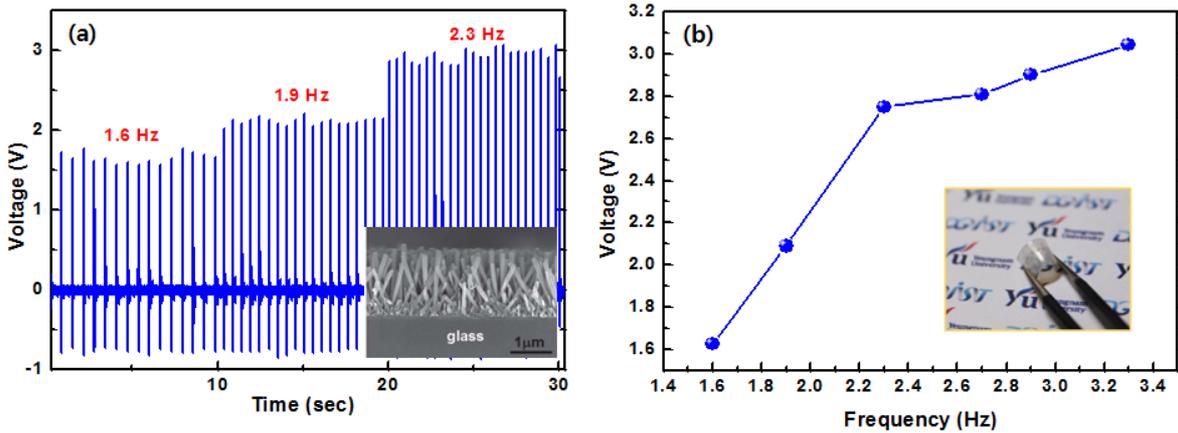


그림 1. (a) 나노제너레이터의 전압출력특성 및 ZnO 나노구조의 미세구조 (b) 유연성 나노제너레이터의 변위주파수에 따른 전압출력특성

특히 나노압전소자의 성능향상을 위해 기판의 표면미세구조를 조절하여 표면적을 넓혀줌으로써 압전소자의 출력전압특성을 향상하였으며, 이러한 메커니즘을 구조적, 성분 분석 및 광학적 특성분석을 통해 규명하였다. 다양한 나노제너레이터 구조의 성능향상 기술 및 성능향상 메커니즘에 관한 연구를 논하고자 한다.

3. 결론

저온 습식법으로 성장된 ZnO 기반의 나노구조를 응용하여 압전기반의 새로운 나노제너레이터 구조 및 성능향상에 관한 연구를 제시하였다. ZnO나노구조는 원자층증착법과 수열합성법의 2단계 성장법을 적용하였다. 성능향상을 위해 다양한 종류 및 구조의 기판 적용을 통해 압전소자를 제작하였으며, 주기적인 스트레인의 적용을 통해 출력특성을 확인하였으며, 유연성 나노제너레이터의 제작을 위해 Graphene기반의 전극구조를 적용하였다. 또한 나노압전소자의 성능향상을 위해 기판의 표면미세구조를 조절하여 표면적을 넓혀줌으로써 압전소자의 출력전압특성을 향상하였으며, 이러한 메커니즘을 구조적, 성분 분석 및 광학적 특성분석을 통해 규명하였으며, 자세한 내용은 본 발표에서 다루고자 한다.

감사의 글

This research was supported by the Basic Science Research Program (no. 2012R1A1A1001711) through the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning of the Korean government.

참고문헌

1. Z. L. Wang, Sci. Am., 2008, 298, 82-87.
2. Y. Hu, Y. Zhang, C. Xu, L. Lin, R. L. Snyder and Z. L. Wang, Nano Lett., 2011, 11, 2572-2577.
3. Z. L. Wang, Nano Today, 2010, 5, 512-514.
4. J. I. Sohn, Y.-I. Jung, S.-H. Baek, S. Cha, J. E. Jang, C.-H. Cho, J. H. Kim, J. M. Kim and I.-K. Park, Nanoscale, 2014, 6, 2046-2051.
5. G.-H. Nam, S.-H. Baek, C.-H. Cho and I.-K. Park, Nanoscale, 2014, 6, 11653-11658.