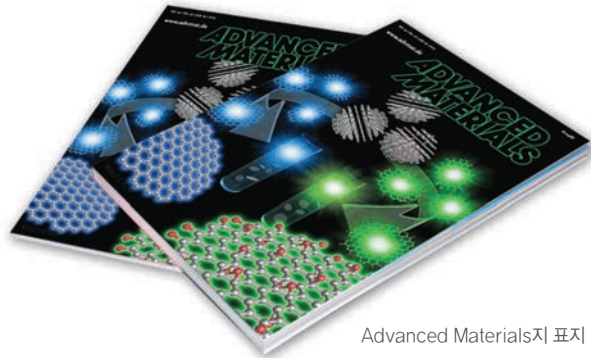




KAIST 10대 우수 성과

순수 그래핀 양자점 개발 및 풀리지 않던 형광 방출의 원인을 밝히다!

생명화학공학과 서태석 / 물리학과 조용훈



Advanced Materials지 표지

세계적으로 친환경적이고 경제적인 소재의 필요성이 강조되면서, 독성과 제작의 복잡성으로 제한이 있는 Cd 계열의 콜로이드 양자점을 대체할 수 있는 새로운 발광 소재가 필요하게 된다. 이때 친환경적이고 경제적인 탄소 기반의 「그래핀 양자점」의 활용이 급속도로 증가하게 되어 다양한 광전 소자, 바이오 및 의료 분야에 응용하게 된다.

「그래핀 양자점」은 수 나노미터 이하의 직경을 갖는 그래핀 구조로 가시광 영역의 형광을 가지는 나노 소재이다. 값싼 흑연으로 제작되는 그래핀 양자점은 인체에 무해한 친환경적인 소재라는 점에서 바이오 센서, 광센서, 바이오 이미징 등 다양한 응용 분야에 적용할 수 있는 광원으로 기대되고 있다. 하지만, 기존의 그래핀 양자점은 대부분 산화된 그래핀 양자점을 다시 환원하는 방식으로 제작하여 왔는데, 그래핀 양자점 구조에 존재하는 순수한 탄소 결합과 산소 결합에 의한 형광 특성이 혼합되어 있게 되어 발광의 근원을 정확하게 구분하기 어려웠다. 또한 복잡한 화학적 제작 방법으로 인해 생산성이 떨어진다는 문제점이 있었다. 이에 정확한 발광의 원인에 대한 규명과 함께 단순한 그래핀 양자점 제작 방법 개발에 대한 필요성이 요구되었다.

시료 제작

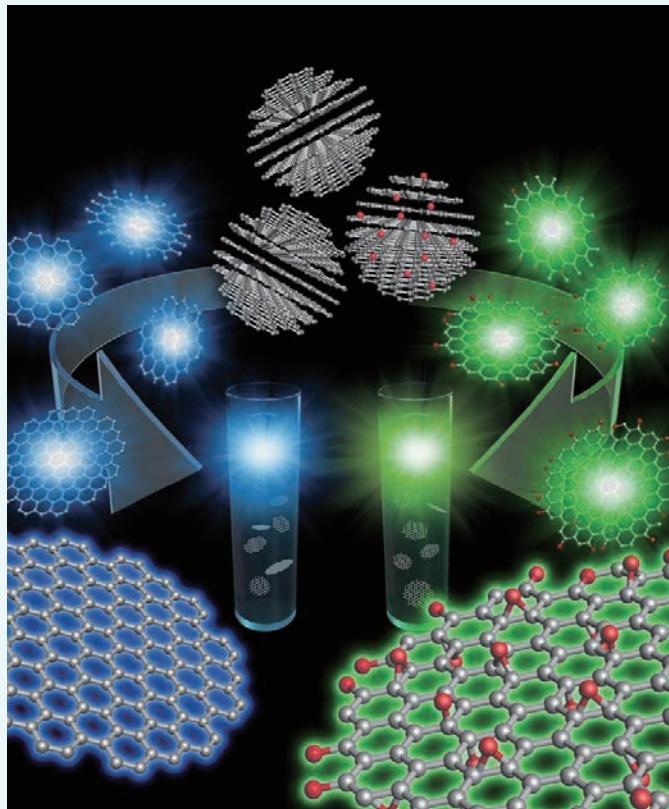
본 연구팀은 그래핀 양자점이 가지는 정확한 발광의 원인을 규명하기 위해, 수 나노미터 크기의 구형 흑연 나노입자를 간단한 물리적 박리를 통해 산화 과정이 일절 사용하지 않는 방법으로 「순수한 그래핀 양자점(GQDs)」을 세계 최초로 제작하였다. 또한, 흑연을 산화 그래핀으로 제작하는 가장 보편적으로 알려진 「휴머즈 방법」을 흑연 나노입자에 적용해 산화 기능이 많은 「산화 그래핀 양자점(GOQDs)」을 간단하게 제작하는 방법도 제시했다.

광촉정 특성

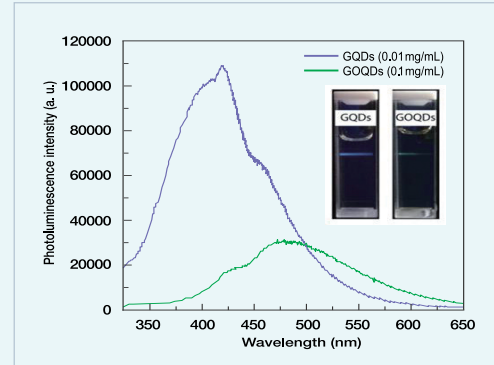
순수한 그래핀 양자점과 산화 그래핀 양자점으로부터 각각 청색과 녹색 형광의 빛을 방출하는 것을 확인하였다. 빛의 흡수 정보를 이용하여 순수한 그래핀 양자점의 경우 단파장의 흡수를 가지는 반면에 산화된 그래핀 양자점은 넓은 파장영역에 대한 흡수를 가지는 것을 확인하였다. 초고속 레이저 시스템을 이용한 시분해 분광 특성 분석을 통하여, 순수한 그래핀 양자점에서 여기된 운반자의 재결합 시간이 산화된 그래핀 양자점보다 더욱 빠르다는 것을 확인하였다. 이 두 종류의 그래핀 양자점은 산소 결합의 유무에 근본적인 차이가 있었다.

결론

순수한 그래핀 양자점의 청색 형광 현상이 벤젠 형태의 탄소 결합에 원인이 있는 반면, 산화 그래핀 양자점의 녹색 발광은 그래핀에 결합된 다양한 산소 기능기에 의한 것임을 밝혔다.



순수한 그래핀 양자점(GQDs)과 산화 그래핀 양자점(GOQDs)의 모식도(빨간색 입자는 산소를 표현)



순수한 그래핀 양자점(GQDs, 청색)과 산화 그래핀 양자점(GOQDs, 녹색)의 형광 스펙트럼

기대효과

본 연구는 순수한 그래핀 양자점의 개발과 발광 특성 분석을 통해 기존에 뚜렷하게 설명되지 않았던 그래핀 양자점에서의 가시광 대역의 형광에 대한 원인을 밝혀냈다. 제작된 순수 그래핀 양자점과 산화 그래핀 양자점은 모두 각각 다양한 형태의 광학적 소재 및 소자에 응용될 수 있다. 특히, 그래핀은 독성이 없고 광 안정성도 뛰어날 뿐 아니라 물에도 매우 안정하게 녹기 때문에 바이오 분야에도 다양하게 응용될 것으로 전망된다.

연구지원

· 환경부, KAIST 나노융합연구소 그래핀 연구센터

연구실적

- Advanced Materials 표지 논문 선정(Back Cover in Advanced Materials July 19th)
- 더사이언스, 헤럴드생생뉴스, 뉴시스, ZDNet Korea, 뉴스1, 뉴스타운, 연합뉴스, 아주경제 등 국내언론보도
- Nano Korea 2013, The 11th International Nanotech Symposium, July 12th, 2013 우수 포스터상
- 2013년 가을 한국 물리학회 학술 논문 발표회 우수발표상