형광나노입자, 양자점

형광물질은 재료연구, 물리화학적 상호작용 연구 및 세포의 생화학적 연구 등에 널리 사용되고 있다. 일반적인 형광물질보다 훨씬 강한 형광을 좁은 파장대에서 발생하는 양자점(quantum dot)이란 입자가 개발되었다. 양자점(quantum dot)은 나노크기의 II−IV 반도체 입자(CdSe, CdTe, CdS 등)이 중심(core)을 이루는 입자이다. 양자점의 형광은 전도대(conduction band)에서 가전자대 (valence band)로 들뜬 상태의 전자가 내려오면서 발생하는 빛이다. 양자점은 일반적 형광염료와는 다른 성질을 많이 보여준다. 양자점은 같은 물질의 중심으로 구성되더라도 입자의 크기에 따라 형광파장이 달라진다. 입자의 크기가 적어질수록 짧은 파장의 형광을 내며, 크기를 조절하여 원하는 파장의 가시광선영역의 형광을 거의 다 낼 수 있다. 또한 일반적인 유기형광화합물과 달리, 발광파장(excitation wavelength)을 임의로 선택해도 형광을 얻을 수 있으므로, 여러 가지 양자점이 공존할 때 하나의 파장으로 발광시킬 경우 여러 가지 색의 형광을 한꺼번에 관찰할 수 있다. 또한 일반적 염료에 비해 흡광계수(extinction coefficient)가 100～1000배 크고 양자효율(quantum yield)도 높으므로 매우 센 형광을 발생한다. 또한 전도대의 바닥진동상태(ground vibration state)에서 가전자대의 바닥진동상태로의 전이만을 관찰하므로 형광파장이 거의 단색광이다. 또한 일반적인 염료가 들뜬 상태에서 광화학반응에 의해 분해되어 광탈색(photobleaching)이 일어나는 반면에, 양자점은 매우 안정하다.

양자점은 약 2～10 nm 크기의 중심과 주로 ZnS 등으로 이루어진 껍질(shell)로 구성되며 수용액상에 분산시키기 위해 고분자 코팅을 한 10~ 15 nm 크기의 나노입자이다. 고분자의 외부에는 용도에 따라 여러 가지 연결기(conjugation group)가 결합되어 있는데, 현재 세포 또는 생체분자와의 특이적 반응을 일으키기 위한 연결기가 결합된 양자점이 가장 많이 시판되고 있다.

양자점은 특이하고 유용한 광학적 성질 때문에 기초적 물성연구 및 다른 물질과의 상호작용 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 양자점은 주로 바이오텍 분야에 많이 응용도하기 위한 입자형태로 많이 개발되어 있으나, 재료공학, 화학,화공학을 연구하는 사람들에게 유용한 탐침(probe)가 될 것으로 생각되며, 특히 고분자를 연구하는 사람들은 여러 가지 형태의 재료를 만들 수 있을 것으로 기대된다.

양자점은 현재 Quantum Dot Co.에서 독점공급하고 있으나, 여러실험실에서 연구용으로 제조하여 실험을 수행하고 있다. 양자점에 대한 자료는 http://www.qdots.com에서 찾아볼 수 있다.

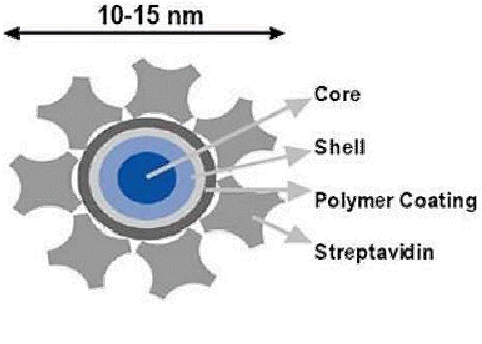

그림 1. 양자점의 모식도. 중심에 II−IV 반도체 나노입자가 있고, 형광 양자효율(quantum yield)를 높이고, 수용액상 안정성을 증대시키기 위해서 ZnS 및 고분자가 각각 코팅되어있다. 생체분자와 특이적 반응을 일으키기 위하여 Streptavidin을 결합한 것을 보여준다.

<한국과학기술연구원 의과학연구센터 정혜선, e−mail:heschung@kist.re.kr>