

Quantum Dot 기술

I. Quantum Dot 기술

1. 정의 및 특징
2. 응용 분야
3. LED 소자 및 디스플레이

II. 경쟁사 동향

1. 업체별 동향
2. 업체간 비교

III. Quantum Dot 시장

IV. 특허 동향

V. 주요 Issue

NexFinder
정보전략그룹

<http://www.nexfinder.com>

I . Quantum Dot 기술

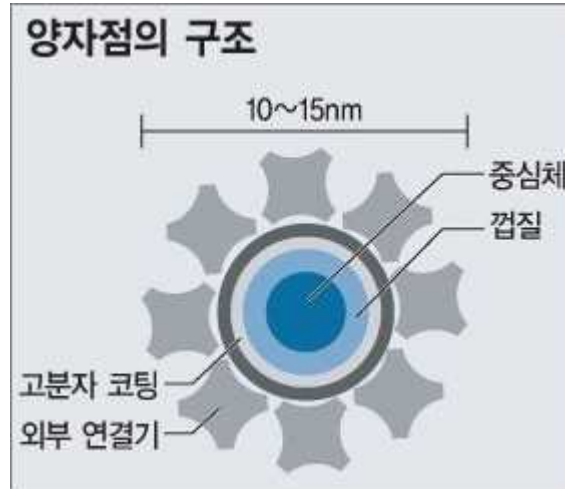
1. 정의 및 특징<1>

□ 정의

- 양자점(quantum dot)은 양자역학을 따르는 독특한 광학특성을 갖는 나노크기의 II~IV 반도체 입자
 - 약 2~10nm 크기의 중심체와 주로 황화아연(ZnS)으로 이루어진 껍질(shell)로 구성되며, 수용액 상에 분산시키기 위해 껍질 밖 표면에 고분자 코팅을 한, 통상 10~15nm 크기의 나노입자(반도체 결정체)를 가지게 됨
 - 중심체로는 카드뮴셀레나이드(CdSe), 카드뮴텔루라이드(CdTe), 황화카드뮴(CdS)을 주로 사용됨

족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
주기																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* 71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	* 103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
*관단족 Lanthanoids			* 57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
*악티늄족 Actinoids			* 89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

<1>디지털타임스, 2009.06.22



중심에 II-IV 반도체 나노입자가 있고, 형광 양자효율을 높이고, 수용액상 안정성을 증대시키기 위해서 ZnS 및 고분자가 각각 코팅되어 있음. 생체분자와 특이적 반응을 일으키기 위해 Streptavidin을 결합한 것을 보여 준다

□ 원리^{<2>}

- 양자점의 크기가 빛, 전기 등에 의해 여기^{<3>}되는 전자와 정공이 이루는 여기자의 Bohr 반경^{<4>}보다 작게 되면 양자구속효과^{<5>}가 발생하여 띄엄띄엄한 에너지 준위를 가지게 되며 에너지 갭의 크기가 변화하게 됨
 - 전자가 에너지를 받게 되면, 가전자대(valence band)에 있던 전자가 전도대(Conduction band)로 여기됨. 그 후, 전도대에서 가전자대로 여기 상태의 전자가 내려오면서 에너지를 내놓게 되고, 이 에너지의 파장이 빛의 형태로 나타남
 - 이때 발생하는 형광은 양자점의 입자가 작을수록 짧은 파장의 빛(파란색)을, 입자가 클수록 긴 파장의 빛(붉은색)을 발생함

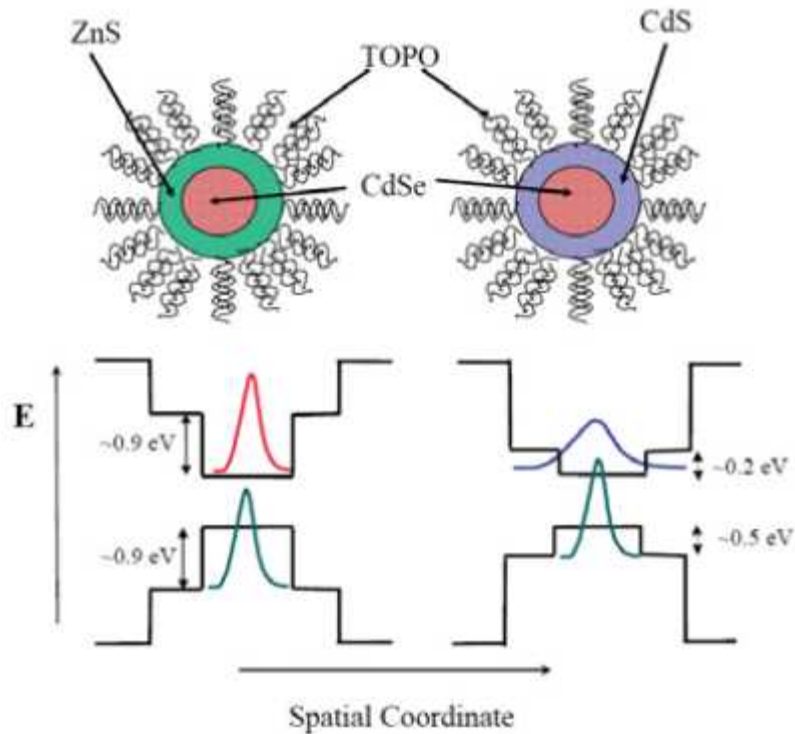
<2>기계와 재료, 2009. 7 "차세대 광원 LED 응용을 위한 현광체 기술 현황"

<3>외부에서 에너지를 가함으로써 원자, 분자 등의 높은 에너지 준위로 전이시키는 것

<4>양자화된 궤도 중 가장 작은 반지름

<5>양자점과 같이 입자가 수십 나노미터 이하인 경우에서 전자가 공간 벽에 의해 불연속적인 에너지 상태를 형성하며, 공간의 크기가 작아질수록 전자의 에너지 상태가 높아지고 넓은 띠 에너지를 갖게 되는 현상

- 따라서, 양자점의 크기를 조절하면 원하는 파장의 가시광선 영역의 모든 빛을 발생할 수 있음
- 또한, 발광파장(excitation wavelength)을 임의로 선택해도 형광을 얻을 수 있으므로, 다양한 크기의 양자점이 공존할 때 하나의 파장으로 발광시킬 경우, 여러 가지 색을 한꺼번에 구현할 수 있음



<Core-shell 구조의 양자점 및 에너지 level>



<양자점은 입자 크기에 따라 다양한 색을 발현한다>

□ 특징^{<6>}

- 콜로이드^{<7>} 형태로 합성되는 양자점은 발광 밴드의 조절이 가능하고 밴드 폭이 좁으며, 입자의 직경에 의존하는 특징적인 발광 특성을 가짐
 - 단지, 발광과장이 조정 가능하고 스펙트럼의 반치폭이 좁다는 것 뿐만 아니라, 일반적 염료에 비해 흡광계수(extinction coefficient)가 100~1000배 크고, 양자효율^{<8>}도 높으므로 매우 강한 형광을 발생함
- 또한, 수용액(많은 경우 유기용매)에 분산시킬 수 있으므로, 저비용의 프린트 기술이나 코팅 기술을 이용하는 것이 가능함
 - 그 용도는 생체 이미징, 조명, 디스플레이로부터 태양전지나 보안 태그까지 다양한 용도의 이용을 목적으로 활발한 연구 개발이 진행되고 있음

^{<6>}<http://www.sigmaaldrich.com/japan/materialscience/nano-materials/lumidots.html>

^{<7>}보통의 현미경으로는 확인되지 않는 물질이 원자 또는 저분자보다 큰 입자로(0.1 μ m 정도), 다른 물질 속에 분산되어 있는 상태

^{<8>}물질 중에서 광자 또는 전자가 다른 에너지의 광자 또는 전자로 변환되는 비율