

# Organic Nano-Materials Engineering

## Exam #1

### 모범답안 및 채점기준

1. 기존의 Top-down method의 대표적인 공정으로는 Lithography가 있다. Lithography의 발전은 현대 반도체의 기술을 이끌어왔다고 해도 과언이 아닌데, 이 공정은 기기의 가격이 비싸고 빛을 이용하는 공정의 특성상 줄일 수 있는 크기의 한계가 존재하며 사용할 수 있는 물질의 종류에 제한이 있다. 그래서 그 대안으로 원자 레벨에서부터 조립하는 bottom-up method가 대안으로 제시되고 있다. 또한 나노 사이즈에서는 물질의 특성이 변하기 때문에 이를 이용한 다양한 application도 기대할 수 있다. 이를 이용하여 기존의 top-down method를 이용하여 만들어져 왔던 반도체와 전자 부품뿐 아니라 사이즈 별로 발광 스펙트럼이 변하는 특성을 이용한 발광 소자, 레이저, 그리고 넓은 표면적을 이용한 촉매와 생체 재료 등에 이용이 가능하다.

#### 채점 기준

기존 방법의 단점을 언급	~3점
Top-down, Bottom-up method에 관한 설명	~4점
Application에 대해 언급	~3점
합계	10점

잘못된 설명일 경우 그에 따른 감점

Application의 언급이 단순 method 제시에 그칠 경우 감점

2. (1) 사이즈가 작아질수록 에너지 밴드가 연속적인 형태에서 불연속적인 형태로 변화한다. 반도체의 경우 밴드갭이 증가하고 금속의 경우 Kubo gap이 나타나게 된다.

#### 채점 기준

반도체, 금속의 밴드 형태의 변화를 언급하면	~3점
이유를 적절하게 설명하면	~2점
합계	5점

이유를 언급하지 않거나 반도체와 금속 중 한 가지의 경우만 설명할 경우 감점

(2) 상온에서는 bulk 물질의 conductivity는 옴의 법칙을 따른다. 그러나 나노 사이즈로 가면 물질의 Kubo gap은 증가하고 밴드는 discrete해지면서 열 에너지가 그 갭을 극복하지 못하면 옴의 법칙을 더 이상 따르지 않고 VI곡선이 step형식을 띄게 된다.

#### 채점 기준

Step형식을 띄게 한다는 것을 언급하면	~3점
이유를 적절히 설명하면	~2점

합계

5점

스텝형식이 된다는 말을 빼고 밴드갭 관점으로 설명하여 conductivity의 감소를 설명하면 2점

(3) 나노 사이즈에서는 표면적이 커지고, 그만큼 dangling bond가 증가하여 열역학 적으로 불안정한 상태가 된다. 그래서 더 낮은 온도에서도 액체상태가 더 안정한 상태가 되기 때문에 녹는 점이 사이즈가 작아짐에 따라 점차 낮아지는 경향을 보인다.

채점 기준

온도에 따른 변화를 제대로 말하면	~2점
그 이유를 제대로 설명하면	~3점
합계	5점

(4) Diamagnetic material은 모든 전자들이 쌍을 이루고 있어 spin의 up-down이 상쇄되어 외부 자기장에 대한 자화가 일어나지 않고 faraday 유도에 의해 반대 방향으로의 자화가 아주 작은 값으로 일어난다. 그러나 나노 사이즈에서는 개수가 적어서 완전한 상쇄가 일어나지 않는다. 그로 인해 diamagnetism을 잃게 된다.

채점 기준

사이즈 감소에 따른 magnetic properties의 변화	~3점
이유 설명	~2점
합계	5점

3. (1) Nanoparticle의 사이즈를 줄인다. 물질이 원자상태에서는 각각의 고유한 전자 에너지 레벨을 가지고 있다가 결합을 하면서 사이즈가 커지면서 파울리의 배타 원리에 의해 동일한 에너지 레벨에 전자가 존재할 수 없어서 에너지 레벨이 splitting 되면서 bulk상태가 되면 밴드의 구조를 이루게 된다. 그러나 nanoparticle과 같이 물질의 개수가 적을 때에는 에너지 밴드가 bulk상태의 그것만큼 넓지 않아 valence band와 conduction band의 gap이 bulk상태보다 커진다. 이는 나노 물질의 사이즈가 작으면 작을수록 구성하는 원자들의 개수가 적기 때문에 bandgap이 더욱 커지게 되고, bandgap이 커지면 더 높은 에너지의 광자를 방출하기 때문에 붉은 색에서 녹색 쪽으로 형광 특성이 변화한다.

채점 기준

사이즈가 작아져야 한다는 것을 밝히면	~5점
이론적 설명이 충분하면	~5점
합계	10점

(2) Ostwald ripening이란 사이즈가 큰 particle의 에너지 상태가 사이즈가 작은 particle보다 낮아 사이즈가 작은 particle은 solution state로 녹아들어가는 반면 큰 particle은 점점 더 크기가 성장한다는 이론이며, coalescence은 surface tension때문에 nanoparticle들이 뭉쳐 더 큰 particle을 형성하는 현상으로 nanoparticle을 형성할 시 사이즈의 균일성을 떨어뜨리는 역할을 하기 때문에 반드시 피해야 한다.

이를 피하는 방법으로는 여러가지 방법이 있을 수 있으므로 이론의 타당성만 충분하다면 되나, 수업시간에 배운 이론을 통해서 구현하자면 surfactant를 이용하여 nanoparticle을 감싸는 방법을 통해 구현할 수 있다.

채점 기준

Ostwald ripening, coalescence에 대해 제대로 설명하면	~5점
방지하는 방법이 이론적으로 타당하면	~5점
합계	10점

Ostwald ripening과 coalescence를 구분하여 설명하지 않으면 감점  
현상에 대한 이유가 부족하게 제시됐을 경우 감점

4.

Macroemulsion	Microemulsion
Kinetically Stable	Thermodynamically Stable
1-10 $\mu\text{m}$	Droplet size 10 - 100 nm
Opaque	Transparent
Low surface area	High surface area
O/W IFT	Ultra Low O/W IFT
W/O or O/W types	W/O , O/W and Bicontinuous types

Microemulsion은 High surface area를 가지고 있으나, surfactant의 작용으로 인해 interface tension이 매우 낮은 값을 가지고 많은 수의 nanoparticle의 형성으로 인한 엔트로피의 증가때문에 깁스 프리 에너지가 특성 r의 영역에서 최하값을 가지게 된다. 그 부분에서 열역학적으로 안정하기 때문에 microemulsion은 크기의 변화없이 안정한 상태로 존재하게 된다. 반면 emulsion은 r이 작아짐에 따라 깁스 프리 에너지가 커지는 형태를 보여 단지 kinetically 안정한 상태로만 존재하게 된다.

채점 기준

차이점 각 항목별로	~2점
------------	-----

열역학적인 차이에 관한 설명

~8점

합계

20점

---

Surfactant의 영향으로 interface tension이 줄어든다는 이론, 엔트로피의 증가, 특정영역에서 G가 최소값을 갖는 다는 주장(혹은 그래프)이 뒷받침 되지 않을 경우 감점

5.

i. Electrolyte를 첨가한다. - head group area가 좁아지는 효과

ii. Hydrocarbon의 길이가 긴 surfactant를 사용한다. -

채점 기준

---

i번에 관한 설명 및 이론적 근거

~10점

ii번에 관한 설명 및 이론적 근거

~10점

합계

20점

---

6. 구현하는 방법은 다양하기 때문에 과학적인 논리성과 이론적인 베이스만 갖춰지면 됨. 단 학부 레벨 과정에서 배운 지식을 이용하여 검토하더라도 불가능한 process를 제시하였을 경우에 감점. 하나의 예시) 물과 같은 hydrophilic solvent에 surfactant를 넣어 micelle을 형성. MMA와 같은 monomer와 initiator를 넣으면 micelle안으로 투입되고 이 상태에서 polymerization. Styrene과 같은 monomer를 다시 투입하고 polymerization을 하면 core/shell구조의 nanosphere가 만들어진다. 적당한 solvent로 PMMA만 선택적으로 제거하고 surfactant를 제거하면 hollow nanosphere를 형성할 수 있다.

채점 기준

---

제시한 방법이 과학적으로 타당하면

~20점

7.

채점 기준

---

Comment만 제대로 작성하면 10점