

## 《 화학 도서 수행평가 》

하이에듀

주제	GaAs 반도체와 GaN 반도체
요약	<p>GaAs 반도체는 이전부터 쓰였던 반면, GaN 반도체는 최근 차세대 전력반도체로 꼽히고 있는 것 중 하나입니다. GaAs는 갈륨과 비소, GaN은 갈륨과 질소가 결합한 화합물입니다.</p> <p>이러한 화합물이 어째서 반도체에 이용되는지, 그리고 특징이 무엇인지 등을 조사하였습니다. 수행평가에 쓸 수 있는 글자 수를 맞춘 문장은 각 자료의 최상단을 참고 부탁드립니다.</p>

### 관심을 가진 물질과 화학 반응 (260자 내외)

#### 문장 예시:

차세대 반도체의 구성 물질로 GaN, 질화갈륨 화합물이 유망하게 꼽히고 있다. 반도체는 조건에 따라 전기 전도도가 변하는 물질이다. 질화갈륨을 규소로 만든 기판 위에 증착시키면 반도체를 만들 수 있다. 기사 <차세대 전력반도체 'GaN' 시대 열리나>에 따르면, 이렇게 만들어진 반도체는 전력이 많이 들지 않아 전기를 아낄 수 있다. 또한, 갈륨이 들어간 다른 반도체 구성 물질인 GaAs, 갈륨비소 화합물이 있다고 한다. 두 화합물에 공통적으로 갈륨이 들어간다. (259)

#### 참고기사:

#### [인사이드 반도체] 차세대 전력반도체 'GaN' 시대 열리나

저전력, 이라는 키워드가 반도체 업계에서 심심찮게 들리고 있습니다. 같은 크기의 배터리로 한 번 충전에 오래 디바이스를 사용하기 위해서는 전력을 덜 소모할 수 있는 반도체를 도입해야 합니다. 또한, 서버·데이터센터를 가동하면서 생기는 에너지 비용을 줄이기 위해서는 이를 구동하는 데 드는 전력을 줄일 필요가 있습니다. 특히 최근 서버 수요가 증가할 것으로 예상되는 가운데, 저전력 반도체에 대한 주목도도 올라가는 추세입니다.

저전력 반도체의 핵심에는 화합물 반도체, 그 중에서도 GaN 반도체가 있습니다. GaN은 갈륨이라는 금속과 질소를 합친 화합물을 말하는데요, 질화갈륨 혹은 갈륨 나이트라이드라고도 합니다. 이를 기반으로 웨이퍼를 만들면 더 전력 효율성을 높일 수 있는 반도체를 만들 수 있다고 합니다.

어떻게 불러도 생소하고 어려운 느낌이 드는 GaN이지만, 저전력에 대한 수요가 늘어나는 만큼 앞으로 GaN을 무시하고 살 수는 없을 것으로 보입니다. 따라서 이번 인사이드 반도체

체에는 GaN 반도체에 대한 이야기를 다뤄보고자 합니다. 아무래도 GaN과 저전력을 구동할 수 있는 배경을 설명하다 보니 이번에는 조금 공학적인 이야기가 많이 들어갈 예정입니다. 하지만 왜 이 시장에 GaN 반도체가 필요한지, 현재 GaN 반도체 시장이 어디까지 왔는지 배경부터 차근차근 알아가 봅시다.

(후략)

### [알아봅시다] GaAs(갈륨비소) 반도체

연산속도·고주파처리 탁월  
전자 이동속도 실리콘의 6배... 고성능 통신 등에 적합

트랜지스터 구조 간단해 많은 집적 가능  
에너지 빛으로 발산... LED 소재로 각광

높은 전력소모·낮은 수율·비싼가격 단점

우리나라 수출 품목에서 1등 효자 품목으로 자리매김한 D램, 플래시메모리 등 반도체는 기본적으로 모래(규소, 실리콘)를 주요 원료로 사용합니다. 반도체 산업에 대해 이야기 하다 보면 실리콘웨이퍼라는 단어가 빠지지 않을 정도로 실리콘이 반도체의 핵심 재료로 소개되고 있습니다.

사실 반도체는 그 소자가 구현하고자하는 목적에 따라 실리콘 외 다른 소재가 더욱 유용하게 쓰일 수도 있습니다. 실제로 실리콘게르마늄이나 갈륨비소, 인듐인 등 두 가지 이상 원소를 화학반응을 통해 얻을 수 있는 화합물도 반도체 산업에 있어 훌륭한 소재로 이용되고 있습니다. 화합물 반도체 가운데 하나인 갈륨비소반도체에 대해 알아보겠습니다.

◇갈륨비소 반도체의 특성=정보통신 기술이 발전하면서 유선과 무선을 이용한 데이터, 음성, 멀티미디어 전송이 점점 더 증가하고 있고, 이에 따라 더욱 높은 동작주파수와 대역폭에 대한 요구가 발생해 왔습니다. 반면에 고성능 통신 애플리케이션에서 실리콘 기반 솔루션은 한계를 드러냈으며 이에 대한 대안으로 떠오른 것이 갈륨비소 반도체 기술입니다.

실리콘이 4족 원소로 구성돼 안정성을 보이는데 반해 갈륨비소는 3족 원소인 갈륨(Ga)과 5족 원소인 비소(As)를 혼합한 화합물로 여러 다른 특성을 보입니다.

우선 갈륨비소는 실리콘에 비해 전자의 이동 속도가 약 6배 가량 빠른 특성을 갖습니다. 따라서 연산속도도 6배 빠르다고 할 수 있습니다. 또 트랜지스터 구조가 간단하여 많은 트랜지스터를 집적할 수 있습니다. 250GHz에 이르는 고주파 대역까지 처리할 수 있으며 실리콘과 비교해 동작시 노이즈가 적은 장점이 있습니다.

하지만 무엇보다도 갈륨비소의 가장 큰 특징은 에너지를 빛으로 발산하는 성질이 있는 점입니다. 바꿔말하면 발광 효율이 좋다고 할 수 있는데요. 이는 전도띠(conduction band)의 최저점과 원자가띠(valence band)의 최고점이 일직선상에 위치하는 특성(direct band gap) 때문입니다.

하지만 갈륨비소도 몇 가지 단점을 갖고 있습니다. 우선 갈륨비소는 웨이퍼의 크기가 커질 경우 쉽게 깨지는 특성이 있습니다. 실리콘웨이퍼가 200~300mm가 주로 쓰이는 반면 갈륨비소는 주로 50mm 웨이퍼를 사용합니다. 경쟁소재라고 할 수 있는 실리콘의 지구 매장량이 풍족하고 값이 워낙 싸기 때문에, 갈륨비소는 고가의 소재가 돼버렸습니다.

또한 실리콘과 달리 CMOS으로 처리 할 수 없기 때문에 구동시 전력 소모가 심한 단점이 있습니다. 이 점이 실리콘 반도체와 경쟁에서 쳐지는 가장 큰 이유로 전문가들은 지적하고 있습니다.

◇갈륨비소의 활용 분야=앞서 설명한 것처럼 갈륨비소 반도체는 성능은 뛰어나지만 수율이 좋지 못하며 가격 또한 비싸기 때문에 통신위성이나 레이더 시스템 등 고급 애플리케이션이나 군사용 제품에 주로 쓰여왔습니다. 최근 급격한 성장을 보이는 발광다이오드(LED) 소재로 각광받고 있으며 태양전지 모듈의 원료로도 쓰이고 있습니다.

1970년 구소련의 조레스 알페로브(Zhores Alferov)박사의 연구팀이 갈륨비소를 이용해 복합 반도체 방식 태양광 전지를 처음 만들었습니다. 1980년대 초반에는 갈륨비소 태양전지의 효율이 실리콘 방식 셀을 처음으로 뛰어넘었고, 1990년대 이르러서는 인공위성에 쓰이는 실리콘 방식 태양전지를 갈륨비소 방식이 대체하기에 이릅니다. 이후 갈륨비소와 게르마늄, 인듐갈륨을 함께 사용해 만든 이중, 삼중 구조의 태양전지가 발명되면서 갈륨비소 태양전지는 32% 효율을 내기에 이르렀습니다.

#### 관심을 가지게 된 이유 (120자 내외)

##### 문장 예시:

희망 전공인 전자공학과 관련해, 질화갈륨에 관심이 생겼다. 또한, 갈륨비소에 대해서도 더 알아보고 싶어졌다. 질화갈륨과 갈륨비소가 어떻게 규소 기판 위에 증착되는지, 반도체를 만드는 원리에 대해 알고 싶어졌다. (117)

#### 도서 내용 중 물질/화학 반응 관련 내용, 새롭게 알게 된 사실 등 (360자 내외)

##### 문장 예시:

책 <거의 모든 물질의 화학>에 따르면, 반도체 제조 공정은 태양이나 전구의 빛을 이용해 감광지에 그림을 그리는 것과 비슷하다고 한다. 반도체는 규소로 만든 기판 위에 GaAs나 GaN을 증착시켜 고집적 회로인 IC로 만들어진다. 회로 선의 폭이 나노미터 수준으로 미세하므로, 물리화학적 방법을 사용한다. 필름을 사진으로 인화하는 것처럼 설계도를 미세하게 비추어 화학물질을 바르는 것이다. 반도체가 만들기 어렵다는 것은 널리 알려진 사실이

지만, 왜 그런지 구체적으로는 처음 알게 되었다. 물질을 도포하고, 불화수소산으로 깎아 내리는 것을 반복해야 한다. 또한, 갈륨을 사용한 이유가 '인화' 과정에 중요하기 때문이라는 것이라 추측했다.

## 참고 기사:

### [반도체 8대 공정] 4탄, 웨이퍼에 회로를 그려 넣는 포토공정

지난 시간에 산화공정과 집적회로에 대해 소개해드렸는데요. 이번에는 웨이퍼 위에 반도체 회로를 그려 넣는 포토공정(Photo)에 대해 알아보려 합니다. 포토공정은 필름카메라로 사진을 찍는 원리와 비슷한데요. 어떻게 비슷한 지 알아보을까요?

#### 흑백사진 인화와 비슷한 포토공정

흔히 포토 리소그래피(Photo Lithography)를 줄여서 포토공정(Photo)이라고 하는데요. 이 공정은 웨이퍼 위에 회로 패턴이 담긴 마스크 상을 빛을 이용해 비춰 회로를 그리기 때문에 붙여진 이름입니다. 여기서 패턴을 형성하는 방법은 흑백 사진을 만들 때 필름에 형성된 상을 인화지에 인화하는 것과 유사합니다.

반도체는 집적도가 증가할수록 칩을 구성하는 단위 소자 역시 미세 공정을 사용해 작게 만들어야 하는데요. 미세 회로 패턴 구현 역시 전적으로 포토 공정에 의해 결정되기 때문에 집적도가 높아질수록 포토 공정 기술 또한 세심하고 높은 수준의 기술을 요하게 됩니다.

#### 웨이퍼에 회로 패턴을 만드는 준비 단계

그럼 본격적으로 포토공정이 어떻게 이루어지는지 알아보을까요? 먼저 컴퓨터 시스템(CAD, computer-aided design)을 이용해 웨이퍼에 그려 넣을 회로를 설계합니다. 전자회로 패턴(Pattern)으로 설계되는 이 도면에 엔지니어들이 설계한 정밀회로를 담으며, 그 정밀도가 반도체의 집적도를 결정합니다.

설계된 회로 패턴(Pattern)은 순도가 높은 석영(Quartz)을 가공해서 만든 기판 위에 크롬(Cr)으로 미세 회로를 형상화해 포토마스크(Photo Mask)로 재탄생 하게 됩니다. 마스크(Mask)는 Reticle이라고도 부르는데, 이것은 회로 패턴을 고스란히 담은 필름으로 사진 원판의 기능을 하게 되는데요. 마스크는 보다 세밀한 패턴링(Patterning)을 위해 반도체 회로보다 크게 제작되며, 렌즈를 이용 빛을 축소해 조사하게 됩니다.

포토공정은 감광액 도포, 노광, 현상의 세부 공정으로 다시 나뉩니다.

이제 웨이퍼에 그림을 그릴 준비가 됐습니다. 다음 단계는 웨이퍼 표면에 빛에 민감한 물

질인 감광액(PR, Photo Resist)을 골고루 바르는 작업인데요. 이 작업이 사진을 현상하는 것과 같이 웨이퍼를 인화지로 만들어줍니다. 보다 고품질의 미세한 회로 패턴을 얻기 위해서는 감광액(PR) 막이 얇고 균일해야 하며 빛에 대한 감도가 높아야 하죠.

감광액(PR) 막을 형성해 웨이퍼를 사진 인화지와 비슷한 상태로 만든 후에는 노광장비(Stepper)를 사용해 회로 패턴이 담긴 마스크에 빛을 통과시켜 웨이퍼에 회로를 찍어냅니다. 이 과정을 노광(Stepper Exposure)이라고 하는데요. 반도체 공정에서의 노광은 빛을 선택적으로 조사하는 과정을 말합니다.

포토공정(Photo)의 마지막 단계는 현상(Develop)으로 일반 사진을 현상하는 과정과 동일합니다. 이 과정에서 패턴의 형상이 결정되기 때문에 매우 중요한데요. 현상(Develop) 공정은 웨이퍼에 현상액을 뿌려 가며 노광된 영역과 노광 되지 않은 영역을 선택적으로 제거해 회로 패턴을 형성하는 공정입니다.

웨이퍼 위에 균일하게 입혀진 감광액(PR)은 빛에 어떻게 반응하는가에 따라 양성(positive) 혹은 음성(negative)로 분류됩니다. 양성 감광액의 경우 노광 되지 않은 영역을 남기고 음성 감광액의 경우 노광된 영역만 남겨 사용하게 되는데요.

현상 공정까지 마치게 되면 모든 포토공정이 끝나는데요. 각종 측정 장비와 광학 현미경 등을 통해 패턴이 잘 그려졌는지 꼼꼼하게 검사한 후, 이를 통과한 웨이퍼만이 다음 공정 단계로 이동합니다.

지금까지 웨이퍼 표면에 세밀한 회로 패턴을 찍는 포토공정에 대해 알아보았는데요. 다음 시간에는 웨이퍼에 회로 패턴을 만들기 위해 필요한 부분을 남기고, 필요 없는 부분을 선택적으로 깎아내는 식각공정에 대해 소개하겠습니다.