

주제	화학 독서 탐구 생활
가이드	1. 주제
	<p>도서명: 세계사를 바꾼 12가지 신소재</p> <p>※ 도서와 관련된 자세한 사항은 붙임 자료를 참고하세요.</p> <p>1. 챕터명: 제 12장 무기물 세계의 선두 주자</p> <p>2. 위 챕터를 선택한 이유: '세계사를 바꾼 12가지 신소재'라는 제목에서도 유추할 수 있듯이 이 책에서 소개하는 세계사를 바꾼 신소재 중 가장 최근에 연구된 신소재가 바로 '반도체'이다. 그 앞장에서 설명되는 신소재들은 이미 충분히 연구되어 현재에는 거의 정형화된 형태로 사용하는 반면, 반도체는 현재에도 지속적으로 연구되고 있기 때문에 더 관심이 갔다. 이러한 이유로 신소재라는 학문을 공부함에 있어서 반도체에 대한 이해는 필수일 것이라고 생각했기 때문에 12장을 집중하여 탐구하기로 했다.</p>
	2. 인상적인 내용 및 소감
	<p>제 12장에서는 대표적인 반도체인 실리콘에 대하여 다룬다. 그리고 반도체가 무엇인지, 어떤 성질을 가지고 있는지 등을 다양한 화학 원리를 기반으로 설명하고 있다.</p> <p>여기에서 설명하는 반도체의 정의와 성질들을 완전히 이해하기 위해서는 나만의 언어로 새롭게 설명하는 과정이 필요했는데, 이때 화학1 과정에서 배우는 '보어의 원자 모형', '공유결합', '파울리 배타 원리' 등의 이론들이 도움을 주었다.</p> <p>반도체라는 것은 도체와 부도체의 중간적인 성질을 가지는 어떠한 물질이라는 것만 막연하게 알고 있었는데, 책을 읽은 후 화학1에서 배운 이론들을 바탕으로 새롭게 설명해보는 과정에서 '반도체'라는 것이 그리 어렵지 않은 개념이라는 것을 알게 되었다.</p> <p>반도체가 궁금하지만 너무 막연한 개념이라고 느껴지는 학생들에게 내가 이 개념을 이해하게 된 방식을 소개해보면 좋겠다는 생각이 들었다. 가장 적합한 형식이 '어떠한 사실을 알리는 글'인 '기사'라는 생각이 들어. 화학1을 공부한 적 있는 고등학생 혹은 성인들을 대상으로 '반도체'에 대하여 설명하는 기사를 작성해보려고 한다.</p>

3. 창작 작품 작성

1. 분야: 기사
2. 제목: 반도체란? 반만 도체인 물질인가?
(반도체가 무엇이지 아나요?라는 질문을 던지면 대부분의 사람들이 반만 도체인 물질이요. 라고 대답을 한다. 반도체가 무엇인지 정확히 모르는 사람들의 대답이다. 이 기사를 읽게되면 정확한 답을 할 수 있을 것이라고 예상하며 기사의 제목을 지어봤다.)
3. 내용: 기사 작성 예시는 자료3에서 확인하기 바랍니다.

자료1. 반도체의 정의 및 성질 이해하기

<보어의 원자 모형> (교과서 내용)

보어의 원자 모형을 다루는 부분(p. 70)에서는 다음 내용을 공부할 수 있습니다. 보어가 제안한 원자 모형에 따르면 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 가진 원 궤도를 따라 운동하는데, 이 궤도를 전자껍질이라고 합니다.

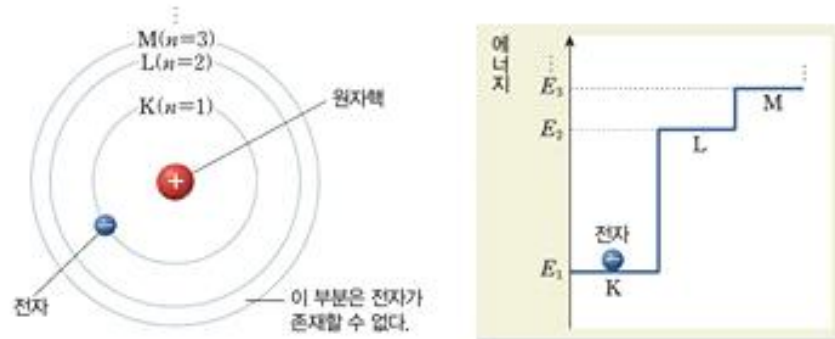


그림 II-13 보어 원자 모형

전자가 같은 전자껍질에서 운동할 때는 에너지를 흡수하거나 방출하지 않지만, 에너지 준위가 다른 전자껍질로 이동할 때는 두 전자껍질의 에너지 차이만큼 에너지를 흡수하거나 방출합니다.

원자가 가장 낮은 에너지를 갖는 상태를 바닥상태라고 합니다. 그림 II-14와 같이 원자에 에너지를 가하면 낮은 에너지 준위의 전자 껍질에 있던 전자가 에너지를 흡수하여 높은 에너지 준위의 전자 껍질로 들뜨게 됩니다. 이처럼 원자가 높은 에너지를 갖는 상태를 들뜬 상태라고 합니다.



그림 II-14 전자 전이와 에너지 출입

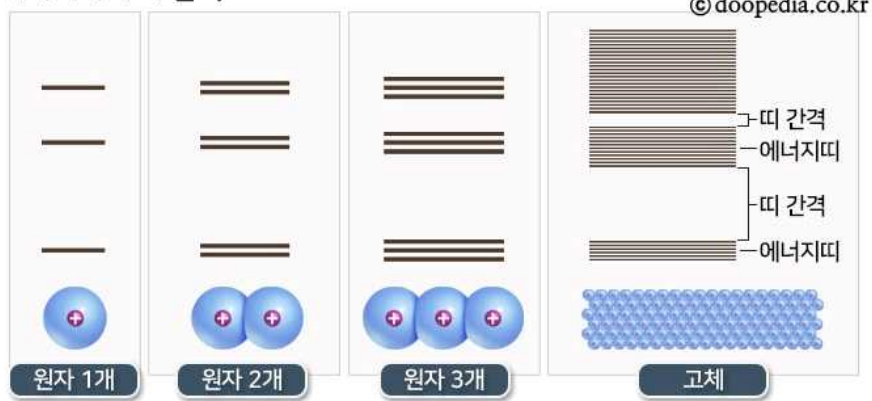
들뜬 상태의 원자는 불안정하므로 높은 에너지 준위에 있던 전자는 낮은 에너지 준위로 되돌아가면서 두 전자껍질의 에너지 차이만큼 빛에너지를 방출합니다.

이렇게 전자가 에너지를 흡수하고 방출하며 에너지 준위 사이를 이동하는 것을 바로 '전자 전이'라고 부릅니다.

<에너지띠> (추가 조사 내용)

독립된 원자의 경우에는 보어의 원자 모형에서 확인한 것과 같이 전자가 한 궤도를 그리며 일정한 에너지 준위에 있습니다. (가장 왼쪽 그림)

에너지띠와 띠 간격

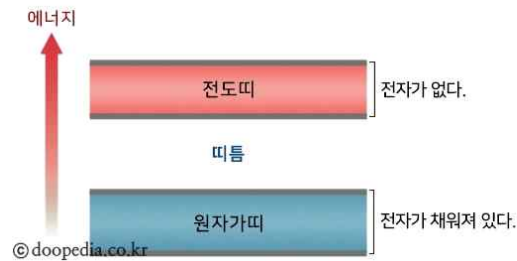


하지만, 이러한 원자가 모여 분자를 이루면 각 원자의 에너지 준위가 아주 좁은 공간에 배치되어 서로 겹치게 됩니다. 이들이 무수히 겹치게 되면 비슷한 에너지 준위끼리 각각 한 집단을 이루게 되며 이 집단을 바로 '에너지띠'라고 부릅니다. **이때 각 원자의 에너지 준위가 겹칠 때 파울리 배타 원리에 의해서 전자는 같은 에너지 준위를 가질 수 없기 때문에 새로운 불연속적인 에너지를 가지는 분자 궤도를 형성합니다.** 이렇게 형성된 분자 궤도에서 각 에너지띠 사이에는 각 에너지띠의 에너지 차이에 따른 빈틈이 생기며 이 빈틈을 '띠 간격'이라고 부릅니다.

(파울리 배타 원리 추가 설명: 그림에서 확인할 수 있듯이 독립되어 있던 원자들을 여러

개 접근시켜 배열하면 미세한 차이를 두면서 전자가 위치한 에너지 준위가 선에서 면으로 중첩됩니다. 이때, 같은 원자들은 같은 에너지 주위를 가지고 있음에도 미세한 차이를 두면서 배치되는 이유가 바로 파울리 배타 원리 때문입니다. 한 오비탈에 전자가 최대 2개까지만 들어갈 수 있다는 파울리 배타 원리에 의해 같은 에너지 준위에 2개 이상의 전자가 존재할 수 없습니다. 따라서 같은 원자의 에너지 준위가 겹치더라도 조금씩 어긋난 상태로 겹치다 보니 에너지선이 아닌 에너지띠가 형성됩니다.)

앞선 자료를 통해 전자가 에너지 준위 사이를 에너지 흡수 및 방출을 통해 이동하는 '전자 전이'라는 현상이 존재한다는 것과, 원자가 가지는 에너지 준위가 여러 개 겹치게 되면 '에너지띠'라는 새로운 분자 궤도가 생긴다는 것을 확인할 수 있었습니다. 이 내용들을 기반으로 전기전도도가 무엇인지, 또 어떻게 물질을 분류할 수 있는지 이해할 수 있습니다.

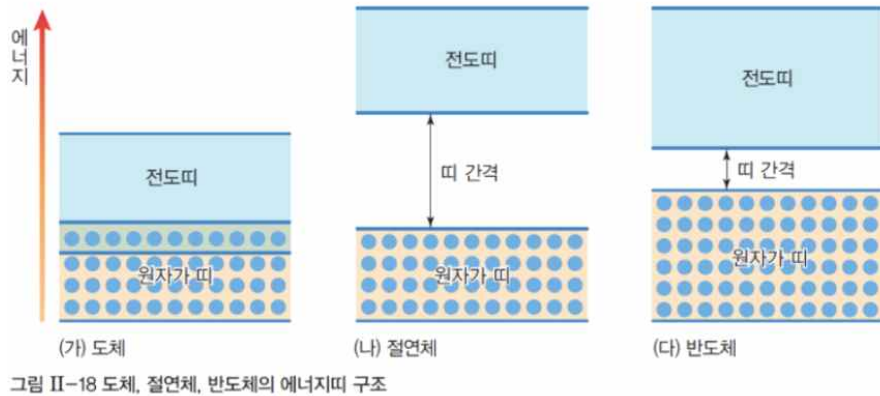


원자가 모여 분자가 되는 과정에서 에너지띠가 형성되는데, 이때 전자가 채워져 있는 가장 높은 에너지의 띠를 원자가 띠, 전자가 채워져 있지 않은 가장 낮은 에너지 띠를 전도띠라고 합니다. 쌓음 원리에 따라 전자는 에너지 준위가 가장 낮은 곳부터 채워지기 때문에 당연히 원자가 띠보다 전도띠는 높은 에너지를 가집니다.

이때, 원자가 띠에 존재하는 전자는 원자가 띠와 전도띠 사이의 에너지 차이 즉, 띠간격의 크기만큼의 에너지를 얻게 되면 전도띠로 이동(전이)할 수 있는데 이것이 바로 자료1에서 확인했던 '전자 전이'입니다. 이 '전자 전이'는 전자가 자유롭게 이동할 수 없는 원자가 띠에서 자유롭게 이동할 수 있는 전도띠로 전이하여 '자유전자'가 된다는 것에 의의가 있습니다.

전기전도도란 말 그대로 전기가 잘 흐르는 성질을 의미하는데, 전류의 흐름은 전자의 이동을 의미합니다. 따라서, 전자가 모두 채워져 있는 원자가 띠에 해당하는 에너지를 갖는 전자는 자유롭게 움직이지 못하지만, 비어있는 전도띠로 전이된 전자는 전류를 흐르게 할 수 있습니다.

즉, 전자가 자유롭게 이동하기 위해서는 원자가 띠에 있는 전자가 띠 간격에 해당하는 에너지를 받아 자유전자가 되어야 하므로, 이러한 띠 간격의 크기에 따라 전기전도도가 달라지게 됩니다.



위에서 띠간격의 크기에 따라 전기전도도가 다르다는 사실을 확인했습니다. 이 사실을 통해 물질을 도체, 반도체, 부도체로 분류할 수 있습니다.

먼저, 도체는 전기전도성이 좋은 물질로 대표적으로 은, 구리, 알루미늄 등이 있습니다. 에너지띠의 구조는 원자가 띠의 일부분만 전자로 채워져 있거나, 원자가 띠와 전도띠가 일부 겹쳐 있어 상온에서도 비교적 많은 자유 전자들이 자유롭게 이동할 수 있습니다.

따라서, 약간의 에너지만 흡수해도 전자가 쉽게 전도띠로 전이할 수 있어 고체 안을 자유롭게 이동하거나, 원자가 띠에 전자가 꽉 채워진게 아니기 때문에 전자가 자유롭게 움직일 수 있으므로 전류가 잘 흐르게 됩니다.

부도체는 전기전도성이 좋지 않은 물질로 대표적으로, 나무, 고무, 유리 등이 있습니다. 에너지띠는 원자가 띠가 모든 전자로 채워져 있고, 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 매우 넓어 띠간격에 해당하는 큰 에너지를 얻어야 하므로 쉽게 전류가 흐르지 않습니다.

반도체는 전기 전도성이 도체와 절연체의 중간 정도인 물질로 대표적으로 규소와 저마늄이 있습니다. 에너지띠는 원자가 띠가 모두 전자로 채워져 있고, 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 좁아 상온일 때는 원자가 띠에서 전도띠로 전자가 전이될 가능성이 있습니다. 또한, 불순물을 도핑하여 띠간격을 조절함으로써 전기전도성을 조절할 수도 있습니다.

출처

<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1125020&cid=40942&categoryId=32230>

<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1098632&cid=40942&categoryId=32372>

<https://blog.naver.com/msjuner97/222829546777>

자료2. 반도체의 원리

앞서 설명한 내용을 기반으로 반도체의 원리를 설명하면 다음과 같습니다. 이때 반도체의 원리를 이해하기 위해서는 '주기율표와 이를 구성하는 원소의 전자배치'(p. 84~88) 그리

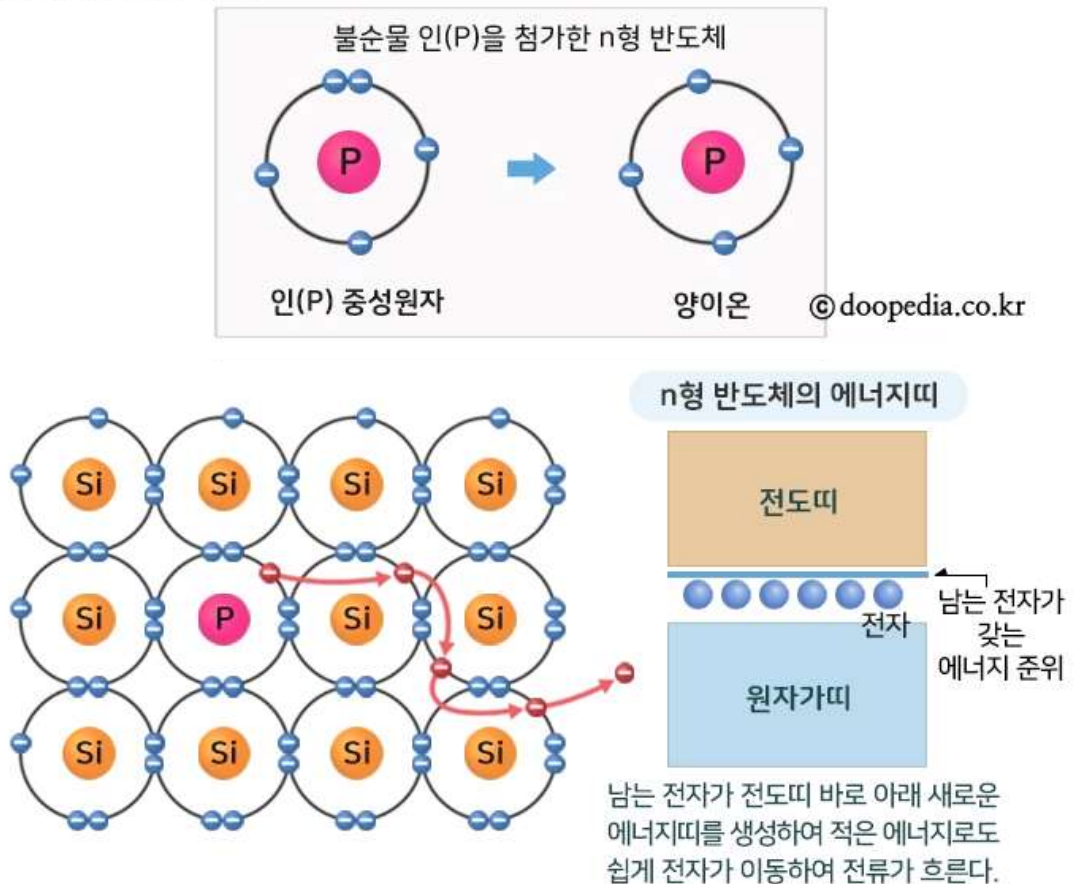
고 '공유결합'(p. 118~120)에 대한 이해가 필요합니다.

현대 주기율표에서는 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 배치되어 있습니다. 이 원소들은 금속 원소, 비금속 원소, 준금속 원소로 분류할 수 있는데 그중 금속과 비금속의 중간 성질을 가지고 있는 원소인 준금속 원소라고 부릅니다. 준금속 원소의 대표인 규소(Si), 저마늄(Ge)은 14족에 위치하고 있는데, 이 두 원소가 바로 대표적인 반도체입니다.

순수한 반도체는 14족으로 이루어져 있지만, 어떤 불순물을 첨가하느냐에 따라 n형 반도체와 p형 반도체로 나눌 수 있으며, 불순물의 첨가에 따라 전기전도도를 조절할 수 있습니다. 이 과정을 이해하기 위해서는 '공유결합'과 '전자 전이'에 대한 이해가 필요합니다.

순수한 반도체는 14족 원소로만 이루어져 모든 원소의 원자가 전자가 4개이므로 4개의 전자가 모두 공유결합을 이룹니다. 하지만, 여기에 15족 원소를 첨가하면 아래의 그림과 같이 공유결합에 참여하지 않는 1개의 잉여 전자가 발생하여 n형 반도체가 됩니다.

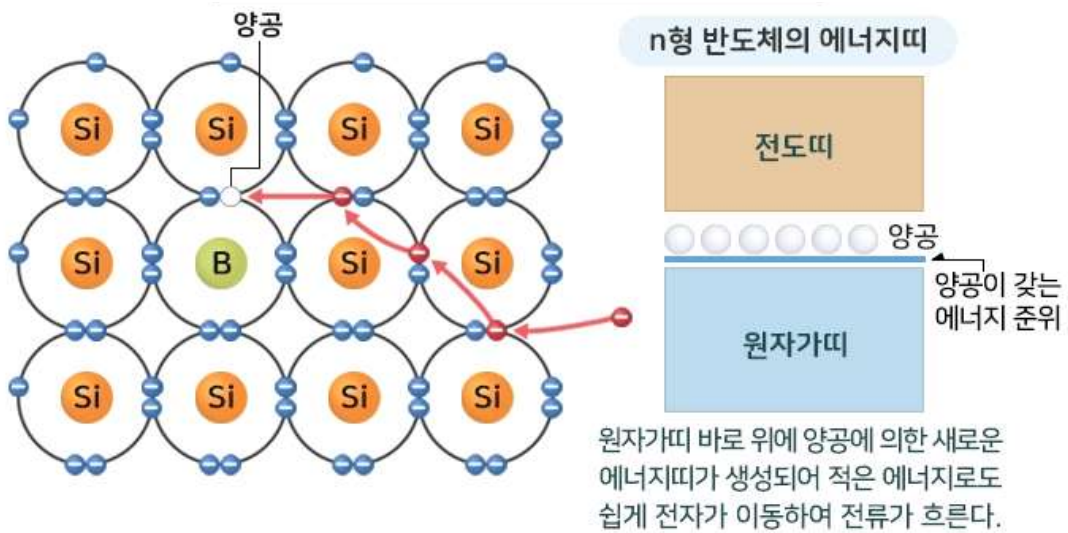
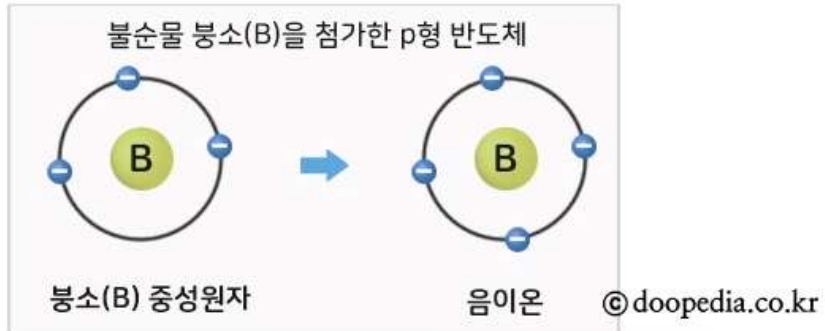
n형 반도체의 원리



반대로 순수한 반도체에 13족 원소를 첨가하면 전자가 부족하게 되어 정공으로 이루어진

p형 반도체가 됩니다.

p형 반도체의 원리



출처

<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1098632&cid=40942&categoryId=32372>

자료3. 기사 작성 예시

<반도체란? 반만 도체인 물질인가?>

반도체가 무엇인가?

반도체가 무엇인지에 대한 질문을 던지면 대부분의 사람들은 반만 도체인 물질이라고 대답을 한다. 맞을 수도 또, 틀릴 수도 있는 답이다.

반도체란 전기전도도(물질이 전기를 잘 흐르게 하는 능력) 측면에서 도체와 부도체의 중간 정도 되는 물질이라는 뜻이다. 전기를 잘 흘리든지, 아니면 흘리지 않든지 해야 하는데 절반 정도만 흘려주는 반도체가 왜 좋은걸까?

물이 나오는 수도꼭지를 생각해보자. 항상 물이 콧콧 나오는 수도꼭지도, 물이 전혀 나오지 않는 수도꼭지가 좋은 수도꼭지라고 아무도 말하지 못할 것이다. 가장 좋은 수도꼭지는 바로 내가 원할 때, 원하는 양만큼 나오는 수도꼭지이다. 물을 전기라고 생각하면 항상 물이 콧콧 나오는 수도꼭지는 도체, 물이 전혀 나오지 않는 수도꼭지를 부도체라고 할 수 있다. 반도체는 물이 나오거나 나오지 않게도 가능하고, 물의 양도 조절이 가능하다. 이를 통해 우리가 원하는 다양한 동작들을 가능하게 해준다.

반도체는 어떻게 전기전도도 제어가 가능한걸까? 그 원리를 화학1 교과서에서 배울 수 있는 이론들을 바탕으로 이해해보자.

-> 자료1과 자료2의 내용을 적절히 요약하여 작성하시기 바랍니다.

위의 방식으로 제작한 n형 반도체와 p형 반도체를 붙여놓으면 p형 반도체에서 n형 반도체 방향으로 전류가 잘 흐르며 반대 방향으로 거의 흐르지 않는 정류작용이 일어난다. 이러한 소자를 다이오드라고 하며 이것이 반도체 소자의 기본이 된다.

반도체는 오늘날 컴퓨터, 스마트폰, 전자 기기는 물론 자율주행차, 스마트팩토리, 로봇, 우주항공, 첨단무기 등을 구동시키는 핵심 기술이다. 반도체 없이는 세상이 돌아가지 않는다고 해도 과언이 아닌 수준이다. 오늘 이 기사를 통해 현대 삶의 핵심 기술인 반도체의 정의, 원리, 성질에 대하여 알아볼 수 있었다.

자 그럼 이제 다시 한번 질문에 답을 해보자.

반도체는 무엇인가?