

트랜지스터를 이용한 크리스마스 장식 만들기

경동고등학교 물리교사 신다인

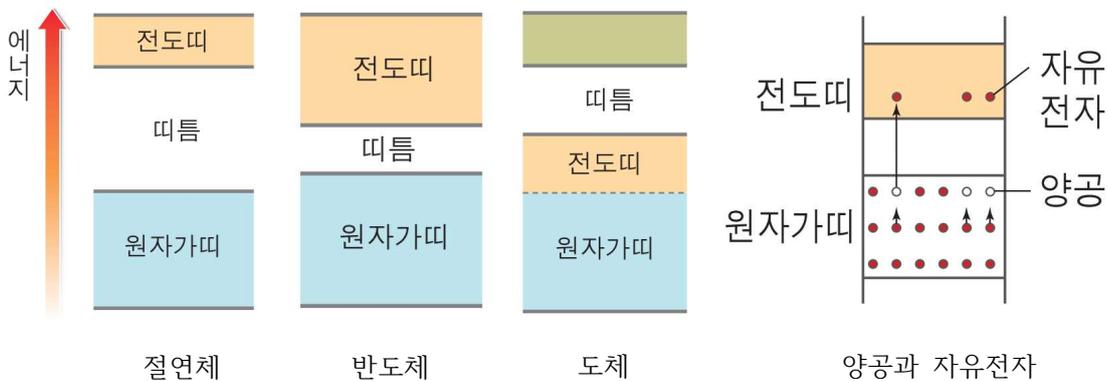
트랜지스터란 p형 반도체와 n형 반도체를 교대로 접합하여 만든 것으로, 전류의 흐름을 조절하여 증폭 작용과 스위칭 작용을 한다. 또한 트랜지스터는 가볍고, 소비 전력이 적으며, 가격도 저렴하여 대부분의 전자회로에 쓰이고 있다. 이러한 트랜지스터의 작동 원리를 이해하기 위해 일명 해지면 빛나리 회로를 이용하여 나만의 장식품을 만들어보고 이를 통해 전기 회로 및 물리 과목에 대한 심리적 저항감을 낮추고 흥미를 유발해보고자 한다.



1. 이론적 배경

(1) 반도체

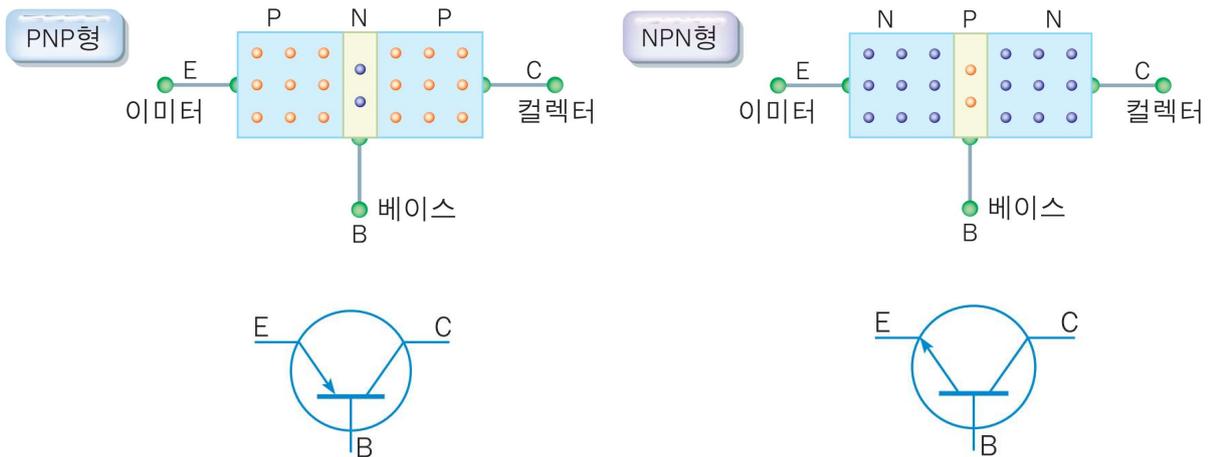
고체는 전기 전도성에 따라 도체, 반도체, 절연체로 나누어진다. 이는 에너지띠이론으로 고체의 전기전도성을 설명할 수 있다. 에너지띠 이론에서 전자가 채워져 있는 가장 바깥쪽 에너지띠를 원자가띠, 원자가띠 바로 위의 전자가 채워져있지 않은 띠를 전도띠라고 한다. 원자가띠에는 전자가 가득 채워져 있어 움직임이 어렵고, 전도띠는 대부분 비어있기 때문에 전자가 자유롭게 이동할 수 있어 전도띠에 존재하는 전자를 자유전자라고 명칭하며 자유전자가 주로 전하나르개의 역할을 하게 된다. 반도체의 경우 원자가띠와 전도띠의 띠간격이 작아 전압을 걸어주면 원자가띠의 전자가 에너지를 받아 전도띠에서 자유전자처럼 이동할 수 있다. 반도체는 어떤 원소를 이용하는가에 따라 띠간격을 조절할 수 있을 뿐만 아니라 도핑시켜서 불순물 반도체인 p형 반도체, n형 반도체를 만들면 전하나르개인 양공과 자유전자의 개수를 조절할 수 있어 전기전도성을 마음대로 변화가능해 전자부품에 많이 쓰이고 있다. 불순물 반도체를 서로 다른 2개를 접합 시킨 것을 다이오드, 3개를 교대로 접합시킨 것을 트랜지스터라고 한다. 여기서는 트랜지스터에 대해 알아보고 이를 활용한 실험을 하고자 한다.



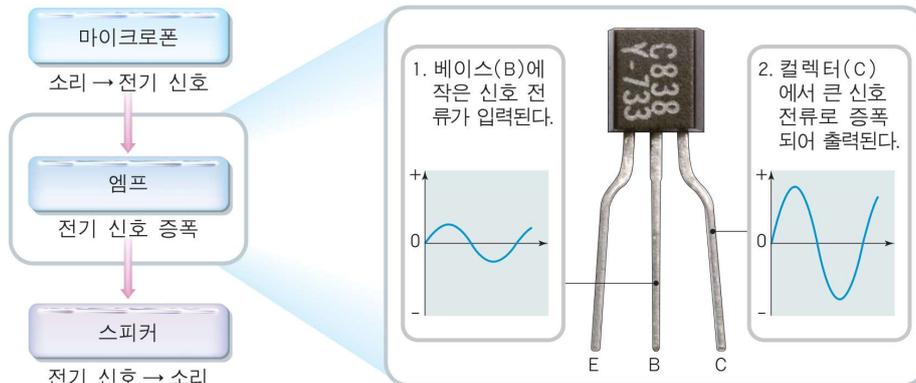
(2) 트랜지스터

트랜지스터는 반도체의 접합 순서에 따라 pnp형 트랜지스터와 npn형 트랜지스터가 있다. 보통 p형 반도체와 n형 반도체가 접합되어 있을 경우 p형 반도체에 전원의 (+)극, n형 반도체에 (-)극이 연결되어야 각각의 전하나르개가 두 반도체의 접합면으로 움직이면서 전류가 흐를 수 있다. 이렇게 연결한 것을 순방향 연결이라고 한다. 반대로 p형 반도체에 전원의 (-)극을 연결할 경우 일반적으로 전류가 흐르지 않으며 이를 역방향 연결이라고 한다. 트랜지스터는 반도체 3개를 교대로 연결해서 순방향연결한 끝을 이미터, 가운데 얇은 반도체를 베이스, 역방향 연결의 끝을 컬렉터라고 명칭한다. 일반적으로 반도체의 역방향으로 전류가 흐르지 않지만 트랜지스터의 경우 베이스의 두께가 매우 얇고 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압, 베이스와 컬렉터 사이에는 높은 역방향 전압을 걸어주어 전류가 베이스를 지나치기 때문에 베이스에 흐르는 전류보다 컬렉터에 흐르는 전류가 많아지게 된다. 단, 닫힌 회로에서 전류는 보존되므로 이미터에서 흐르는 전류는 베이스와 컬렉터에서 흐르는 전류의 합과

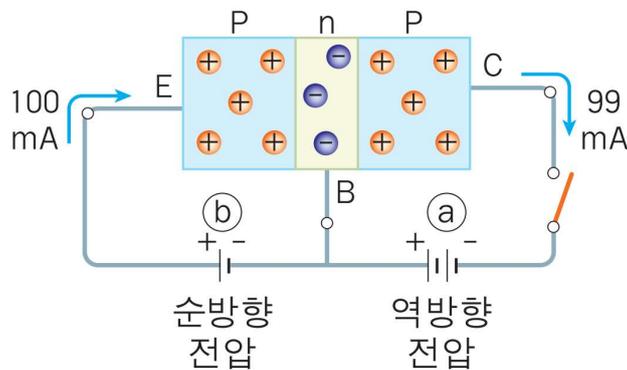
같다.



이러한 트랜지스터의 독특한 특성에 따라 전기회로에서 트랜지스터가 하는 역할이 대표적으로 2가지가 있는데 하나는 증폭 작용이나 다른 하나는 스위치작용이다. 우선 베이스에 작은 전류가 입력되면 컬렉터에서 큰 신호로 증폭되어 출력되는 현상을 이용하여 작은 신호를 큰 신호로 바꾸어주는 앰프 등에 활용된다.

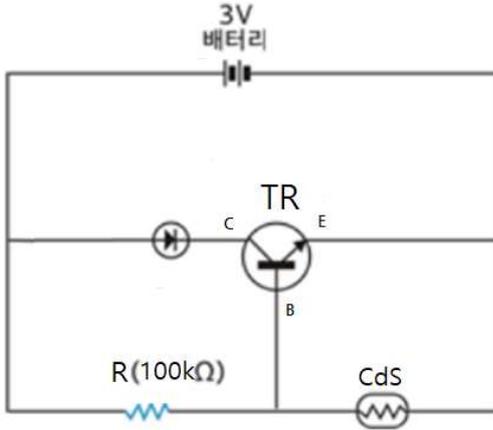


또한 역방향 전압만 연결되고, 순방향 전압이 연결되지 않은 경우 다이오드에 역방향 연결한 것과 같이 회로에 전류가 흐르지 않는다. 이때 일정 이상의 순방향 전압을 걸어주어 베이스에 전류가 흐르도록 해주면 컬렉터에서도 베이스에 흐르는 전류보다 훨씬 높은 전류가 흐를 수 있게 되는 것이다. 즉, 순방향 전압의 세기가 컬렉터에 흐르는 전류의 스위치 역할을 할 수 있게 된다. 즉, 순방향 전압의 여부를 상황에 따라 조절할 수 있도록 하면 트랜지스터를 스위치로 이용할 수 있다. 이를 이용하여 '해지면 빛나리 회로'에 적용하고자 한다.



(3) 해지면 빛나리 회로

해지면 빛나리의 회로도 는 다음과 같다.

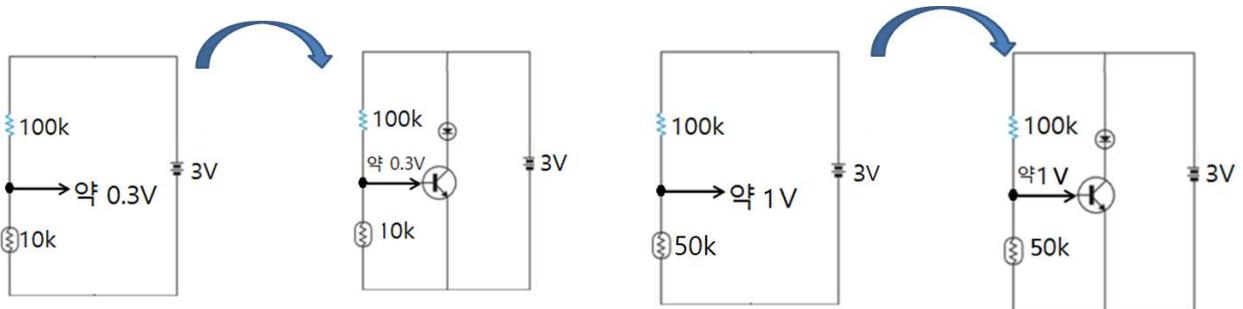


CdS

해지면 빛나리 회로도

※ 조도센서(CdS) : 조도센서는 CdS를 연결하여 만든 것으로 주변의 밝기에 따라 값이 달라진다. 여기서 CdS는 Cadmium Sulfide의 약자로 황화카드뮴이라는 빛에 반응하는 화학 물질이다. 조도센서의 지그재그로 된 주황색 물질이 CdS이며 빛의 양과 저항값이 반비례 관계를 지니는 물질이다. 이처럼 빛의 반응하는 성질을 이용하여 자동으로 조절하는 자동차 전조등, 자동으로 휴대폰 밝기를 조절해 주는 일상생활에서도 많이 활용된다.

이제 어두워지면 LED전구(LED)에 빛이 들어오는 원리를 설명해보자. 회로를 살펴보면 건전지에 대해서 저항(R)과 조도센서(CdS)는 직렬연결되어 있다. 직렬연결된 저항은 저항의 크기에 비례하여 각 전기소자에 전위차가 생긴다. 따라서 주위가 밝을 때는 조도센서의 저항값이 낮아지기 때문에 조도센서에 낮은 전압이 걸리게 된다. 이로 인해 베이스와 이미터 사이에는 약 0.3V의 전압이 걸리게 되는데 베이스의 전압이 0.6V보다 작은 값을 가져 컬렉터에 전류가 흐르지 않게 된다. 반대로 주위가 어두워지게 되면 조도센서의 저항이 높아진다. 이에 따라 베이스와 컬렉터 사이에 걸리는 전압이 약 1V로 높아지게 되고 이는 트랜지스터의 베이스 기준 전압인 0.6V보다 크기 때문에 컬렉터에 전류가 충분히 흐를 수 있게 되고 전구에 불이 들어오게 되는 것이다.



주위가 밝을 때

주위가 어두울 때

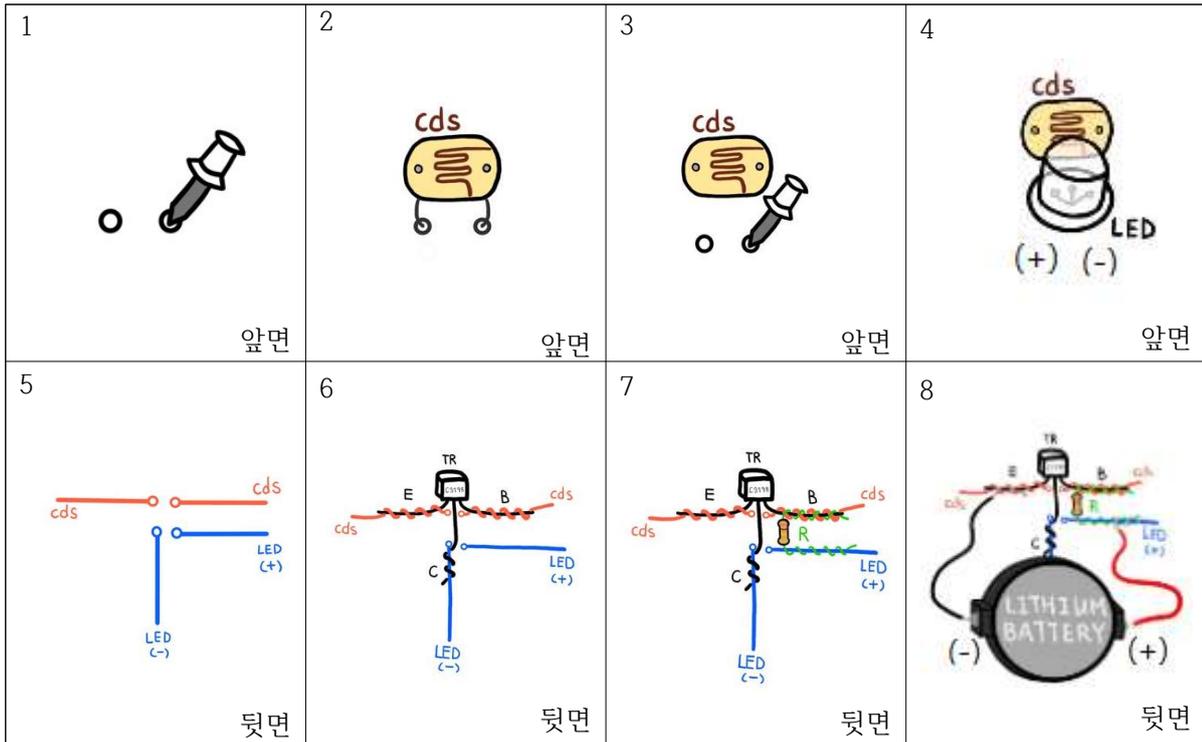
2. 실험 안내

(1) 준비물 : • 트랜지스터 C3198(C1815 가능), 저항 100kΩ(갈-검-노-금), 3색 LED, CdS(지름 6mm, 모델번호가 5자로 시작), OHP 필름, 홀로그램 접착시트, 가위, 3V 리튬 전지(CR2032), 투명 압편, 전지 끼우개(바닥이 평평하고 연결선을 납땀한 것으로), 폼양면테이프, 빵판, 오링, 장식용 스티커, 등

(2) 실험 과정

첫째, 접착용 시트로 OHP필름에 크리스마스 장식을 꾸며봅시다.

둘째, 완성된 장식에 다음과 같은 순서로 회로를 꾸며봅시다. (앞면 뒷면 구별 주의!)



3. 전지 끼우개는 폼양면테이프를 붙여 적당한 위치에 부착한 뒤 (+), (-)선을 연결해줍니다.

4. 적당한 위치에 투명 압편으로 구멍을 뚫어 오링을 끼운 뒤 적당한 길이의 끈을 매달도록 합니다.

(3) 주의점

1. 부품 가닥끼리는 접착을 통해 전류가 흐르므로 빈 공간 없이 촘촘히 꼬아줍니다.
2. 트랜지스터는 다리가 짧고 약해 끊어지기 쉬우므로 무리하게 구부리거나 펼치지 마세요.
3. 부품 가닥끼리 꼬아준 뒤 길이를 같게 가위로 정리해주면 회로가 더 깔끔해집니다.
4. 부품 가닥을 꼬아 연결하는 방법 이외에 구리 테이프를 활용하면 더 간단하고 실험 시간을 줄일 수 있지만 접착 불량에 생기기 더 쉽습니다.
5. 연결 시 트랜지스터 커넥터를 사용하면 길이에 여유가 생기고 연결점이 더 잘 보이는 장점이 있습니다.
5. CdS센서가 충분히 민감하지 않을 경우 저항을 한 두 개 더 추가하여 베이스 전압을 낮추어 사용하도록 합니다.
6. 전지 끼우개는 생략 가능합니다. 이때는 전지를 부품 가닥 사이에 넣고 마스킹테이프로 감아 고정합니다.

(4) 완성본 예시



구리테이프를 사용했을 때



트랜지스터 커넥터를 사용했을 때

※ 참고자료

1. 트랜지스터를 이용한 크리스마스 장식 만들기, 임윤진 (신과람 발표 자료)
2. 브레드보드 전자과학실험, 이동준
3. STEAM 교육을 위한 융합과학실험 Field Manual 2권(어두워져야 불이 켜지는 전구), 김인수 외
4. ZUM 학습백과 '트랜지스터', <http://study.zum.com/book/11901>
5. ZUM 학습백과 '반도체', <http://study.zum.com/book/13998>