반도체의 실용지식

3

역/대한전기기사협회

3. 기타 다이오드

다이오드에는 전술한 정류작용 외에도 여러가지 작용이 있다. 이들 다이오드는 <표 3.1>에 표시하는 바와 같이 많은 종류의 것이 있으며, 각각의 작용에 따라 분류되고 있다. 여기서는 현재 사용되고 있는 다이오드에서 주된 것의 종류와 구조 및 그 용도에 대해서 기술한다.

<표 3. 1> 다이오드의 종류

명 칭	그림기호	용 도
가변용량다이오드 (바 리 캡)	혼란의 우려가 없을 때는 원은 생략해도 된다.	전자동조, FM변조, AFC회로, 마이크로파용 (바랙터 다이오드)
일 방 향 성 항 복 다 이 오 드 (정전압다이오드)		정전압, 기준전압 (제너 다이오드)
발 광 다 이 오 드 (L E D)		파일롯 램프 표 시 기
호 토 다 이 오 드		리모트콘트롤용 수광기 광검출기
터 널 다 이 오 드 (에사키다이오드)		수위칭 발 진 증 폭
더 미 스 터		온도검출 온도보상
쌍방향성다이오드 (대상 바리스터)		서지흡수

3. 1 가변용량 다이오드(바리캡)

가변용량 다이오드는 <그림 3.1>과 같이 다이오드에 역방향의 전압을 가하면 공핍영역의 폭이 넓어진다. 이것은 다이오드의 공핍영역에 있어서의 전하가 공간적으로 분리되기 때문이며 바꾸어 말하면 절연물과 같은 것이다. 따라서 콘덴서와 같은 작용을 한다.

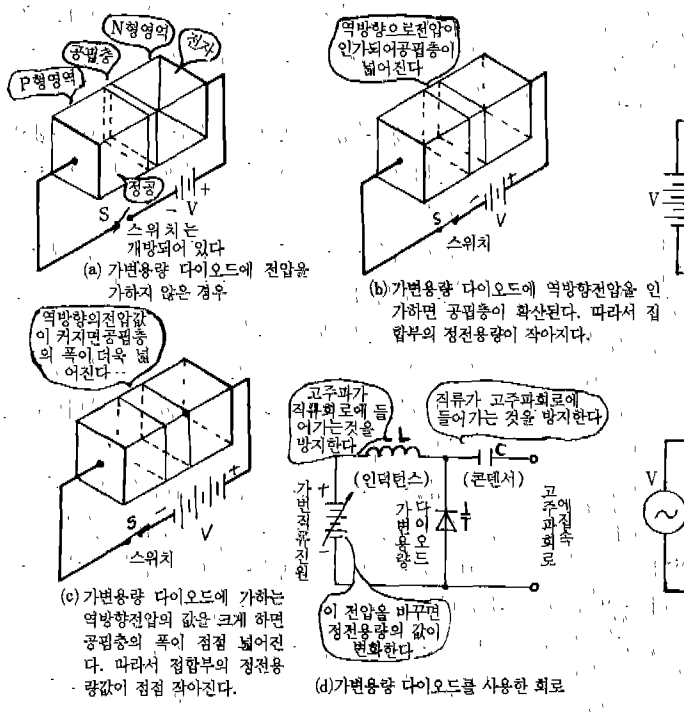
<그림 3.1>과 같이 다이오드에 인가되는 전압(역방향)이 증가하면 그에 따라 공핍영역의 폭이 넓어져 마치 콘덴서의 2매의 플레이트 간격이 넓어진 것같이 되고 다이오드의 용량값이 작아진다.

이와 같이 가변용량 다이오드는 다이오드 양단에 인가하는 직류 역전압의 값에 의해 정전용량의 값을 바꿀 수 있는 반도체이다.

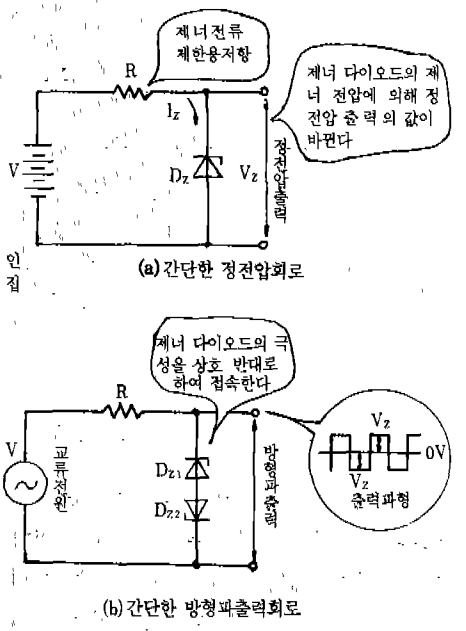
가변용량 다이오드는 라디오 수신기의 동조회로나 텔레비전 수상기 동조회로에 사용되고 있다.

특히 현재의 텔레비전 수상기에는 종전에 사용되던 인덕턴스의 값을 바꾸는 로터리식 채널 셀렉터 대신 푸시 버튼식이나 리모트 콘트롤에 의한 채널 셀렉터로 바뀌었다.

이것은 동조주파수 변환에 인덕턴스를 사용하지



<그림 3. 1> 가변용량 다이오드의 동작



<그림 3. 2> 제너 다이오드의 접속

않고 가변용량 다이오드를 사용하고 가변용량 다이오드에 가하는 직류전압의 값을 푸시 버튼에 의해 변환한다. 따라서 로터리식과 같은 기계적인 구조가 없어지고 소형으로 조작도 용이해지며 수명도 길어진다.

한편, 라디오 수신기도 바리콘(가변 콘덴서) 대신 가변용량 다이오드를 사용함으로써 휴대용 라디오 수신기는 그 두께를 3mm 정도까지 얇게 할 수가 있다.

또, 자동선국하는 동조회로도 가변용량 다이오드를 사용하면 간단히 만들 수가 있다. 이와 같이 가변용량 다이오드 라디오, 텔레비전에 널리 사용된다.

3. 2 정전압 다이오드(제너 다이오드)

정전압 다이오드는 제너 다이오드라고도 호칭되며 현재는 실리콘의 PN 접합을 사용해서 만들어지고 있다.

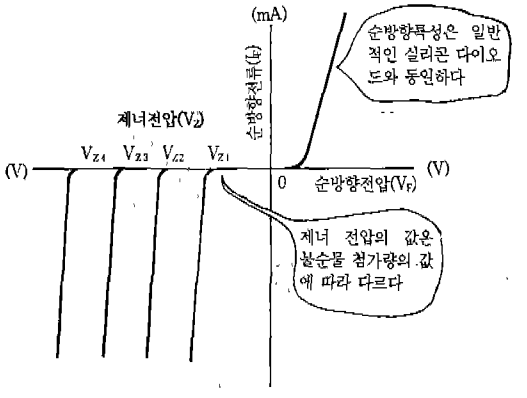
정전압 다이오드는 일반 다이오드와는 달리 전압을 가하는 방향이 반대이며 <그림 3.2>와 같이 접속한다. 다이오드에 가하는 전압의 값을 증가해 나가면 <그림 3.3>과 같이 전류가 돌연 증가하도록 만든 다이오드이다.

이 원인은 높은 전계에 의해 격자에 잡혀 있던 전자가 자유롭게 되는 제너 현상 또는 고속전자의 충돌에 의한 케리어의 애벌랜취 현상에 기인하고 있다.

이 현상에 일어나는 방식과 돌연 전류가 증가하는 전압의 크기는 다이오드의 불순물 첨가량에 따라 상이하다.

정전압 다이오드의 역방향 항복전압을 제너 전압이라고 부르고 있다. 제너 전압은 5~150V 정도, 제너 전류는 2mA~10A 정도의 정전압 다이오드가 여러가지 만들어지고 있다.

제너 전압의 일정성은 극히 양호하고 또 안정하



<그림 3. 3> 제너 다이오드의 접속

다. 따라서 이 제너 전압을 기준전압으로 하여 정전압회로나 안정화 전원회로 등에 사용되고 있다.

특히 온도보상형의 정전압 다이오드는 제너 전압이 안정되어 있기 때문에 디지털 테스터 등의 기준 전압용으로 많이 사용되고 있다.

3. 3 발광 다이오드(LED)

발광 다이오드는 PN 접합을 갖는 결정체로서 <그림 3.4>와 같이 순방향으로 전압을 인가하면 N영역에서 전자가, P영역에서는 정공이 PN 접합으로 이동하여 전자와 정공이 재결합할 때 광을 발한다.

즉, 자유로운 전자가 결합상태가 되고 이때 자유롭게 된 에너지가 광이 되어 방사되는 것이다. 이와 같이 재결합이 일어나면 언제나 광을 발생하는 것은 아니며 다른 형태로 에너지가 소비되면 광이 방출되지 않는다.

이 때문에 발광 다이오드에서는 가능한한 광으로서 여분의 에너지를 방출하는 반도체재료의 선택이 필요하다.

발광 다이오드는 <그림 3.4>에 표시한 바와 같이 광을 방사하는 본체는 중앙의 펠렛으로 캐소드 리드선의 핀 상단에 설치되어 있다.

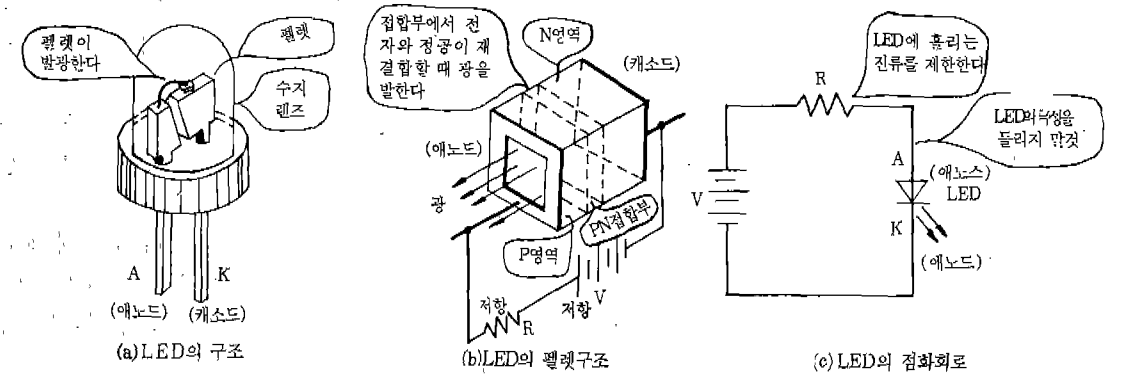
애노드에는 0.03mm 정도의 가는 철선으로 접속되고 각 리드는 케이스내에 절연재료로서의 유리로 고정되어 있다.

또, 광을 효과적으로 끄집어 내기 위하여 발광 다이오드 펠렛은 투명수지의 렌즈 내에 매입되어 있으며 렌즈의 형상이나 재질에 따라 외관이 상이한 발광 다이오드를 만들 수가 있다.

렌즈는 무색 투명한 것을 사용하는 경우도 있지만 무발광시에 식별할 수 있도록 발광색과 동일한 색으로 착색하는 경우도 있다.

발광 다이오드의 발광색은 반도체재료에 따라 상이하며, 현재 실용화되고 있는 발광 다이오드의 종류와 그 특성을 <표 3.2>에 든다. 또한 발광 다이오드의 전압, 전류특성을 <그림 3.5>에 든다.

이와 같이 발광색은 반도체내에 미량으로 가해지는 불순물의 종류와 양에 따라 상이하다. 발광 다이오드의 특성은 일반적인 정류용 다이오드와 동일하

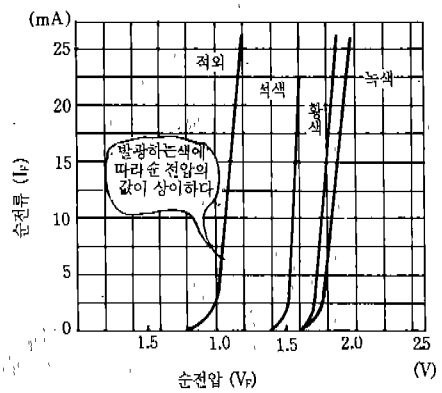


<그림 3. 4> 발광 다이오드

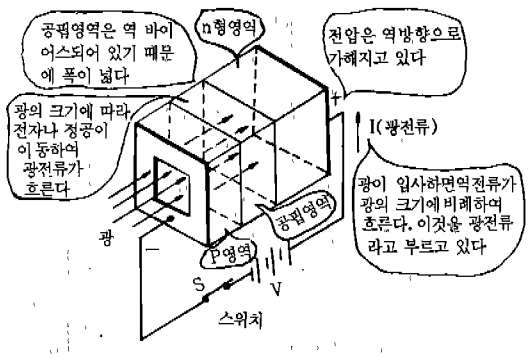
<표 3. 2> 발광 다이오드의 종류와 특성

반도체재료	발광색	순전압	발광파장	펄스 응답속도	용도
GaP	적	2.0V	700nm	수 백ns	표시램프 숫자표시 문자표시
	녹	2.2V	560nm	수 십ns	
GaAsP	적	1.7V	660nm	수 ns	표시램프 숫자표시 문자표시
	황		610nm	수 십ns	
GaAs	적외	1.3V	940ns	수 μs	광스위치 광결합소자 광릴레이

게 정류특성을 갖는 전압-전류특성을 보인다. 발광 다이오드의 응답속도는 발광 중심의 케리어가 발광



<그림 3. 5> 발광 다이오드의 전압-전류특성



<그림 3. 6> 호토 다이오드의 구조

재결합하는 속도로 정해지며 <표 3.2>와 같이 일반 램프에 비해 극히 빠르다. 또한 발광속도는 전류의 2승에 비례하는 특성이 있다.

발광 다이오드는 반도체이기 때문에 기계적으로 강하며 장수명, 고휘도로 광전 변환효율이 좋다. 또 낮은 전압으로 동작하는 등의 우수한 특성을 가지고 있다.

따라서 종래 사용되던 텅스텐 램프 대신 파일롯 램프로서 사용되는 외에 소형으로 전력소비가 적고 신뢰성이 높은 표시기로서도 사용되고 있다.

3. 4 호토 다이오드

호토 다이오드는 <그림 3.6>과 같은 구조로 되어 있으며, PN 접합에 역바이어스를 가해두면 거의 전류가 흐르지 않는다. 그러나 호토 다이오드에 광이 입사하면 격자에 결합되어 있던 전자는 결합이 풀려 자유로운 전자가 되고 자유로운 전자나 정공이 발생한다. 이들 전자나 정공은 공핍영역으로 이동, 광의 강약에 비례한 강도의 역전류가 되는데, 이것을 광전류라고 한다.

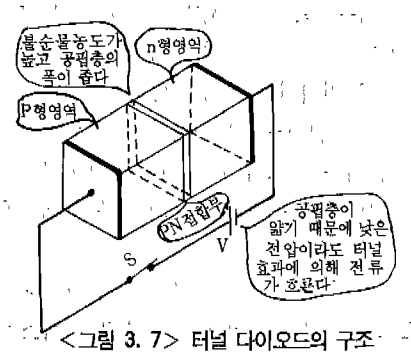
호토 다이오드는 광신호를 전기신호로 바꾸거나 또 사진용 광도 측정, 공작기계의 위치 결정, 적외선 조사에 의한 원격 조작, 예를 들면 텔레비전 수상기나 비디오 등의 리모콘 수광기 등에 사용되고 있다.

3. 5 터널 다이오드(에사키 다이오드)

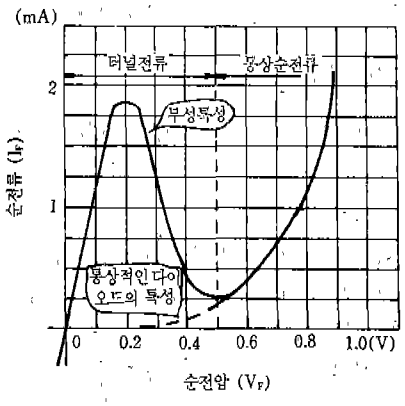
터널 다이오드는 발명자의 이름을 따서 에사키 다이오드라고도 불린다. 터널 다이오드는 일반 다이오드에 비해 불순물의 농도를 높게 한 것이다.

그 구조는 <그림 3.7>과 같이 결합부의 공핍층을 대단히 얇게 한 것으로써, 이 공핍층에서의 터널 효과를 이용한 다이오드이다.

터널 다이오드의 특성은 <그림 3.8>과 같은 부하특성을 가지고 있다. 터널 다이오드는 이 부성저항 특성을 이용해서 마이크로파 및 밀리파의 발진기, 마이크로파의 증폭기, 주파수 변환기 및 디지털 회로의 고속 논리회로, 기억회로, 계측회로 등에 사



<그림 3. 7> 터널 다이오드의 구조



<그림 3. 8> 터널 다이오드의 특성

용되고 있다.

터널 다이오드는 이와 같이 초고속 펄스회로나 마이크로파 회로에 사용되며 우수한 성능을 발휘하고 있다. 이와 같이 터널 다이오드는 특수한 회로에 사용되고 있어 보는 기회가 적을 것으로 생각된다.

3. 6 더미스터

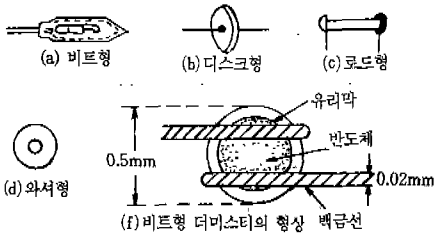
온도에 따라 저항의 값이 크게 변화하는 반도체를 더미스터라고 한다. 이 저항—온도특성을 이용해서 온도측정이나 온도제어에 사용하거나 또 더미스터의 전압—전류특성을 이용해서 고주파 전력계 등이 만들어지고 있다.

더미스터의 재료로서는 망강, 코발트, 니켈, 철, 크롬, 티탄 동 각종 금속산화물을 혼합 소결한 것이나 탄화규소(SiC)와 금속산화물을 혼합 소결한 것이 사용되고 있다. 더미스터의 형상은 <그림 3.9>와 같은 비트형, 로드형, 와셔형 등이 있다.

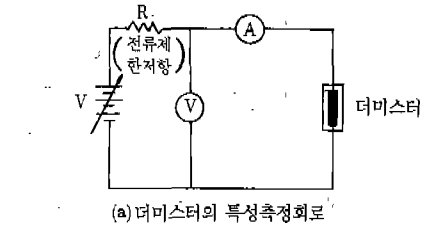
더미스터에는 백금형을 더미스터에 매입하고 이것에 직접 전류를 흘려 사용하는 직열형과 더미스터를 간접적으로 가열하여 더미스터의 저항변화를 이용하는 방열형이 있다.

더미스터의 저항률은 $10^1 \sim 10^3 \Omega \cdot cm$ 정도이고 온도계수는 1deg에 대해 $-3 \sim -5\%$ 정도이다. 더미스터의 전압—전류특성을 <그림 3.10>에 든다.

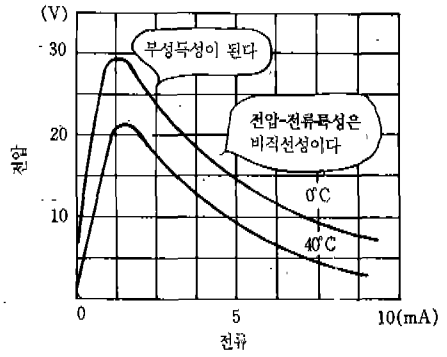
더미스터의 전압—전류특성은 그림에 표시한 바와 같이 비직선으로 되어 있다. 또 티탄 산 바륨 등을 사용한 더미스터는 반대로 온도가 상승하면 저항도 높아지는 정특성 더미스터로 되어 있다.



<그림 3. 9> 더미스터의 형상



(a) 더미스터의 특성측정회로



(b) 더미스터의 온도에 의한 전압—전류특성

<그림 3. 10> 더미스터의 특성

3. 7 바리스터

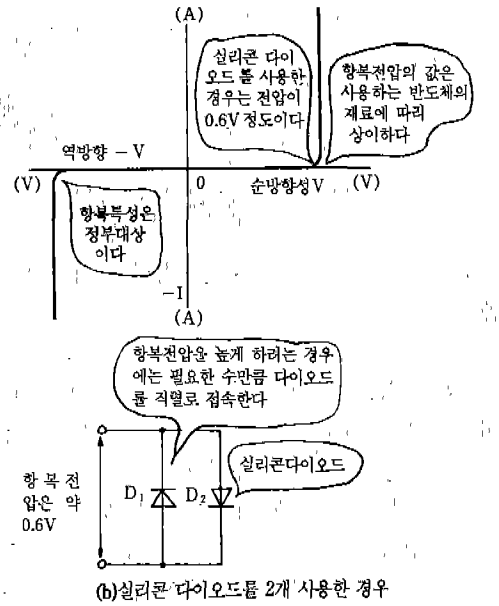
PN 접합의 반도체 전압—전류특성은 비직선이 된다. 이 비직선의 특성을 적극적으로 이용한 소자를 바리스터라고 부른다.

다이오드를 바리스터 소자로서 사용하는 경우는 통상 순방향 특성을 이용한다. 따라서 1V 이상의 전압특성을 이용하고자 할 때는 다이오드를 직렬로 접속하여 필요한 전압을 얻을 수가 있다.

그러나 이 방법으로 얻어지는 전압에는 한도가 있다. 만일 동작전압이 높은 것이 필요한 경우에는 세라믹스를 카본과 혼합, 소결하여 만든 세라믹스 바리스터나 탄화규소(SiC)로 만들고 있다.

세라믹스 바리스터는 탄화규소로 만든 바리스터에 비해 항복전압까지의 누설전류가 적고 항복특성이 샤프하기 때문에 서지 전압의 흡수 등과 같은 목적에는 대단히 우수하다.

또한 서지 전력의 흡수도 다이오드와 비교하면 크고 항복전압이 수 10V에서 수 천V까지의 것이 제조되고 있다. 이들 바리스터의 특성을 <그림 3.11>에 든다.



(b)실리콘 다이오드를 2개 사용한 경우

<그림 3. 11> 바리스터

3. 8 트리거용 반도체소자

다이리스터 등을 제어하기 위해 트리거 펄스를 사용하여 제어하는 일이 많다. 이 트리거 펄스를 발생시키기 위해서 반도체소자를 많이 사용한다.

트리거 펄스 발생용 반도체소자를 트리거 소자라고 부르고 있다. 트리거 소자에도 여러가지의 것이 개발되고 있다. 여기서는 그 대표적인 트리거 소자에 대해서 기술한다.

3.8.1 다이액(쌍방향 다이오드 : DIAC)

다이액은 쌍방향 다이오드 또는 트리거 다이오드 등으로 불리며, 소용량의 다이리스터나 트라이액의 게이트 트리거용 소자로서 사용되고 있다.

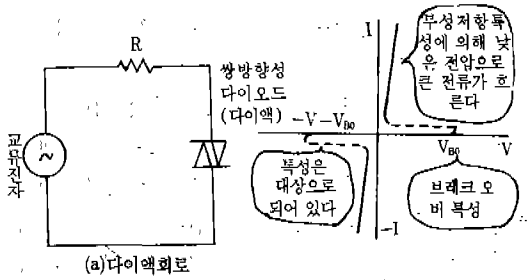
다이액의 특성은 <그림 3.12>와 같이 다이액에 가한 전압을 증가시켜 나가고 인가전압이 다이액의 브레이크 오버 전압 V_{BO}의 값을 초과하면 소자는 부성저항 특성을 표시하고 전압이 일정값 V_s까지 감소한다.

이때 소자에 흐르는 전류의 값은 외부회로에 의해 제한된 값이 된다. 다이액은 <그림 3.12>에 표시한 특성에서도 알 수 있듯이 소자의 전극에 가해지는 정부 어느 전압에 의해서도 동일한 특성을 표시하며 교류회로의 트리거 소자로서 사용되고 있다.

3.8.2 UJT(유니접크션 • 트랜지스터)

다이리스터의 트리거용 소자로서 최초에 개발된 반도체소자이다. UJT는 <그림 3.13>에 표시하는 특성을 가지고 있다.

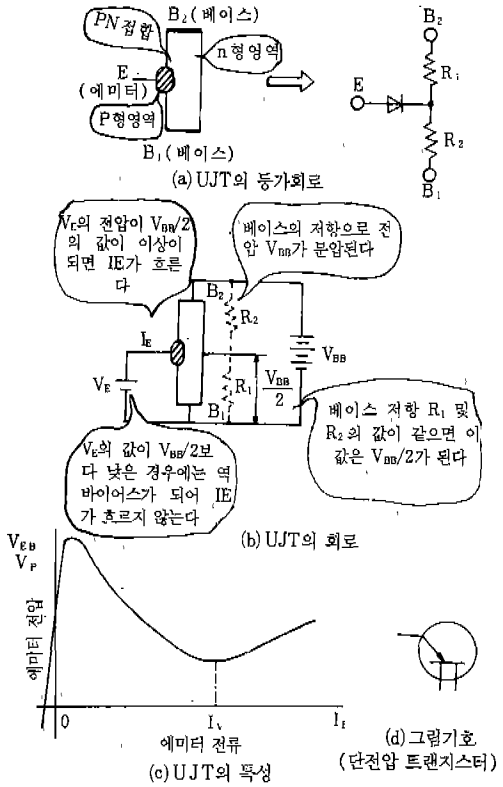
UJT는 그림에서도 알 수 있듯이 베이스 전극 B_1



(a)다이액회로

(b)다이액의 전압—전류특성

<그림 3. 12> 다이액의 특성



<그림 3. 13> 유니전크션 · 다이오드(UJT)

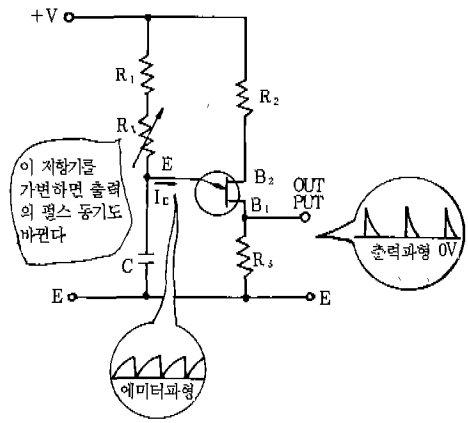
및 B_2를 가지며 중간에 PN 접합에 의해 에미터 전극 E도 가진 3단자 소자이다.

UJT의 동작은 우선 베이스 단자 B_1, B_2 간에 전압 V_{BB}를 가한다. 이 전압 V_{BB}는 UJT의 베이스 B_1 및 B_2의 반도체 저항에 의해 분합된다. 따라서 에미터에는 분압된 전압 V_{BB1}이 가해진다.

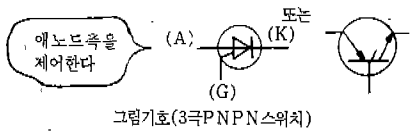
지금 에미터 단자의 전압 V_E가 V_{BB1} 보다 낮은 경우에는 PN 접합은 역방향으로 전압이 가해지기 때문에 에미터에는 전류가 흐르지 않는다.

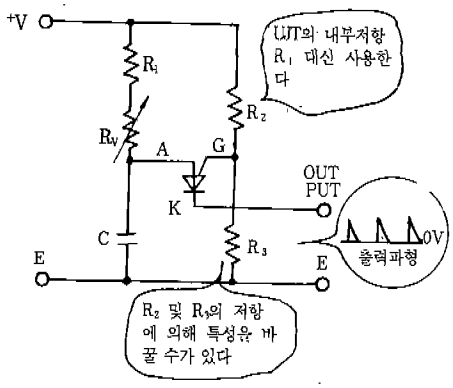
여기서 에미터 단자에 V_{BB1} 보다 높은 전압을 가하면 에미터에는 에미터 전류 I_E가 흐르기 시작한다. 에미터 전류 I_E가 흐르면 에미터 베이스 간의 저항은 부성저항 특성을 보이고 에미터 전류 I_B가 급증한다.

실제로 사용되고 있는 회로는 <그림 3.14>에 표시하는 회로가 사용되고 있다. 이 회로는 이장발진 회로로서 많이 사용되고 있다.



<그림 3. 14> UJT에 의한 트리거 펄스 발생회로





<그림3. 15> 프로그래머블 · 유니전크션 · 트랜지스터(PUJ)

3.8.3 PUT(프로그래머블 · 유니전크션 · 트랜지스터)

PUT는 UJT가 소자내부에 고유의 2개의 저항을 내장하고 있는데 비해 PUT는 <그림 3.15>에 표시한 바와 같이 외부에 접속한 저항의 값을 조정함으로써 특성을 변화시킬 수가 있다.

그리고 UJT에 비해 대단히 작은 게이트 전류에 의해 통전시킬 수가 있다. PUT는 소자의 누설전류가 대단히 작기 때문에 장시간의 타이머 회로 등을 만드는 데 적합하다. **<다음호에 계속…>**