

# 광센서 기술 및 응용

## I. 서론

센서는 통상적으로 인간의 감각기관과 같은 역할을 하며, 전자기기의 자동화 시스템에서 역학적, 열적, 전기적, 자기적, 전자기적, 광학적 변화 등을 감지하는 모듈을 형성한다. 센서는 감지 대상에 따라서는 역학 센서, 전자기 센서, 광 센서, 방사선 센서, 음향 센서 등으로 분류되고, 재료별 분류에 따라서는 반도체 센서, 세라믹 센서, 금속 센서, 효소 센서, 미생물 센서 등으로 분류할 수 있다. 또한 응용 용도에 따라서는 계측용, 감시용, 제어용 센서 영역으로 분류한다. 산업현장의 모든 자동화 장치 시스템은 센서들을 통해 변화를 계측하고, 자동 제어하는 시스템과 연동하여 구성된다.

센서 중에서 인간의 시각기능 해당되는 것이 광센서이다. 광센서는 빛의 양, 물체의 모양이나 상태, 동작 등을 감지한다. 광센서는 기본적으로 대상에서 복사하는 광의 검출과 빛이 대상 물체에 입사하고, 반사되어 오는 것을 받아들여, 그 대상 물체의 움직임이나 빠르기 등을 검출하는 구조로 구성되며, 자외선에서 적외선 광 파장 영역의 빛을 검출하여 이것을 사용 가능한 물리량으로 변환하는 소자를 말한다. 즉, 광센서는 수광된 광 에너지의 변화를 전기 신호(전기 에너지)로 변환시키는 광소자이다. 현재 상용화 되고 있는 광센서는 제어의 용이성을 고려하여 전기신호로 출력하는 전자 디바이스의 총칭이다.

전기-광학적 현상을 이용한 광센서들의 분류는 광 변환 원리에 기초

**센서는 인간의 감각기관과 같은 역할을 하며, 전자기기의 자동화 시스템에서 역학적, 열적, 전기적, 자기적, 전자기적, 광학적 변화 등을 감지하는 모듈을 형성한다.**



이병철  
(주)비드앤마이크로



김상용  
한국폴리텍대학 청주캠퍼스



〈표 1〉 감지원리에 따른 광센서 분류

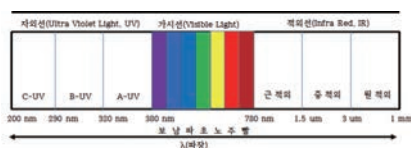
분류	센서 종류	특징	주요용도
광도전형	- 광도전 셀	소형, 고감도, 저가격	포토 릴레이, 광 제어
광기전력형	- 광 다이오드 - 광 트랜지스터 - LASCER - CCD, CIS - 태양 전지	소형, 저가격, 전원 불필요 대출력/대전류 제어	카메라 EE 시스템, 스트로보, 광전스위치, 바코드 리더, 카드리더, 화상 판독, 조광 시스템, 레벨 제어
광전자 방출형	- 광전 증폭관 - 광전관	초고감도, 빠른 응답속도, 미약 광 검출	정밀 광 계측기기 초고속/미약 광 검출
복합형	- 포토 카플러 - 컬러 센서	전기적 절연, 아날로그 광로에 의한 검출	무접점 릴레이, 전자 장치 노이즈 컷, 광전스위치, 레벨 제어, 광전식 카운터
기타 센서	- 광섬유 센서 - 적외선 센서 - 자외선 센서	소형, 전원 불필요, 고감도	의료용기기, 분석기기

를 두고, 광 다이오드, 광 트랜지스터, CIS(CMOS Image Sensor)와 CCD(Charge Coupled Device), 태양전지 등과 같은 광기전력형, 반도체에 빛이 입사하면 자유전자와 자유정공이 생성되어 전류가 증가하고, 광량에 비례하여 반도체 저항 감소에 따른 전류증가 일어나는 현상인 광도전형, 광전자 방출형 등이 이용되고 최근에는 광섬유를 이용한 센서도 출현하여 광센서도 더욱 다양화 되고 있다. 〈표 1〉에 감지 원리에 따른 광센서의 분류를 정리하였다.

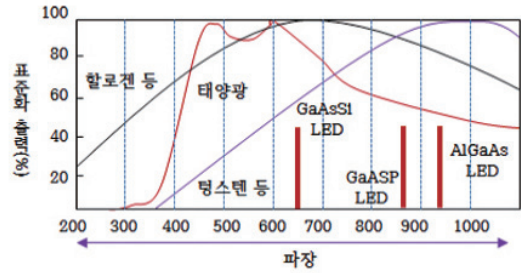
## II. 본론

### 2.1. 광(light)의 기본 개념

광은 입자와 파동의 성질을 함께 가진 에너지이며, 광의 의미로는 전자기파(Electromagnetic wave)의 범주에 속한다. 광입자가 어떤 진동수( $\nu$ )를 가질 때 광 에너지( $E$ )와의 관계와 파동으로 표현되는 파장( $\lambda$ )과의 관계는 아래 (식 1)으로 표현된다.



〈그림 1〉 센서 영역의 파장대역에서 파장에 따른 광의 분류



〈그림 2〉 여러 종류 광원의 스펙트럼 분포

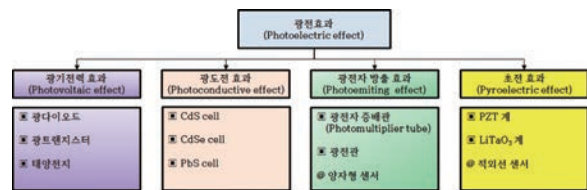
$$E = h\nu, \quad \lambda = \frac{c}{\nu}, \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad (\text{식 1})$$

여기서,  $h$ 는 플랑크 상수( $6.626 \times 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ )이고,  $C$ 는 광속도( $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ )이다. (식 1)의 물리적인 의미는 광이 입자이면서 파동인 광의 이중성이다. 파장에 따른 광의 분류를 센서 영역의 파장대역에서 분류하면 〈그림 1〉과 같고, 여러 가지 광들의 스펙트럼 분포와 그 구간 안에 발광다이오드(LED) 소자의 스펙트럼 분포가 〈그림 2〉에 도시되어있다.

태양광에는 인간의 눈에 보이는 가시광선보다 눈에 보이지 않는 적외선(IR)이나, 자외선(UV) 등의 분포도가 크다. 파장이 1 mm 이상이면 전자파라 부르고, 투과도가 높은 X선 등은 방사선이라는 별도의 범주에 넣고 있다. 이들 파장 영역대에서는 반도체를 재료로 이용한 센서가 없다. 근적외선은 광통신과 적외선 리모컨 등에 많이 사용되고 원적외선은 열에너지가 큰 점을 이용해 공업, 의학(건강분야) 등의 용도에 널리 활용되고 있다. 가시광 영역은 3-5족 반도체와 2-6족 반도체를 이용하여 이원, 삼원, 사원화합물 반도체를 이용하여 센서를 제작하고, 가시광통신과 스위치용으로 응용하고 있다.

### 2.2 수광소자

광센서는 광을 받아 전기적 신호로 전환하는 기능소



〈그림 3〉 광전 효과에 의한 광센서의 분류

자(transducer)이므로 수광소자라 부른다. 수광소자는 광을 검출하는 광센서를 총칭한다. 물질이 광을 흡수하여 광전자를 방출하는 현상을 광전 효과(photoelectric effect)라 한다. 광전 효과에 의한 광센서의 분류가 <그림 3>에 도시되어있다.

■ 양자형(photon detector or quantum detector)

전자파의 양자를 흡수해서 전하 캐리어(charge carrier)로 직접 변환하는 광센서이다. 광도전셀(photocell), 포토다이오드(photodiode), 포토트랜지스터(phototransistor) 등 양자형은 자외선에서 중적외선(midIR) 범위에서 동작한다.

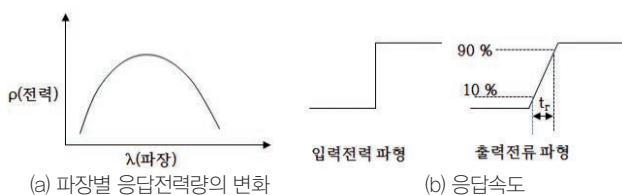
■ 열형(熱型; thermal detector)

적외선을 흡수한 소자의 온도가 변화, 그 결과 소자의 전기적 특성(저항, 열기전력, 전기분극 등)이 변하는 효과를 이용하는 광센서이다. 써미스터(thermistors), 볼로미터(bolometer), 서모파일(thermopile), 초전센서(pyroelectric detector) 등이 있고, 중적외선부터 원적외선 범위를 검출하는데 유용하게 사용된다.

2.2.1 수광소자 주요특성

■ 응답특성/응답도

응답특성의 인자는 응답도이다. 응답도( $\rho$ )는 입사광량에 대한 출력전류(I)의 비(A/W)로 표현된다. 이 물리량은 광 검출 성능, 광-전 변환이득, 입력 광 전력(P)에 대한 출력 전류의 비 등을 의미한다. 즉,  $\rho=I/W$ 의 관계식을 갖는다.



<그림 4> 수광소자의 분광 감도(a)와 응답속도

■ 분광 감도/스펙트럼 응답(Spectrum Response)

파장에 따라 응답도가 달라지므로, 이에 따른 변화 특성을 보여주는 곡선이다. 즉, 주어진 감지 파장 영역에서 응답신호가 최대치를 나타낸다. <그림 4>의 (a)에 관계 그래프가 도시되어있다.

■ 응답속도/상승시간 (Rising time,  $t_r$ )

응답속도는 <그림 4>의 (b)에서 보는바와 같이 계단형 펄스파형이 최종 값의 10 %에서 90 %까지 상승하는데 걸리는 시간이다.

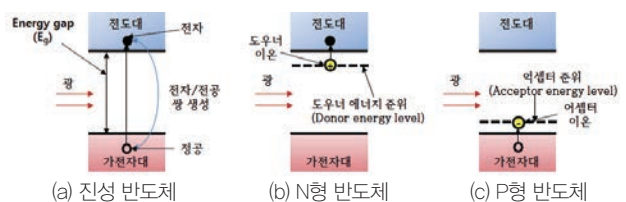
2.2.2 광도전 효과 센서

어떤 반도체에 그 반도체의 에너지 밴드 갭 에너지 보다 큰 에너지를 갖는 광을 입사시키면, <그림 5>와 같은 세 가지 전자, 전공 이동현상이 일어난다. (a)의 진성 반도체에서는 가전자대에서 전도대로 여기된 전자가 이동해서 도전성을 높여 준다. (b) 및 (c)의 불순물 반도체에서, n형 반도체에서는 도너 에너지 준위에서 전도대로 옮겨간 전자가, 그리고 p형 반도체에서는 가전자대의 전자가 억셉터 에너지 준위로 옮겨진 다음에 생긴 정공이 각각 도전성을 높여 준다. 이 현상을 광도전 효과(photoconductivity effect)라 한다.

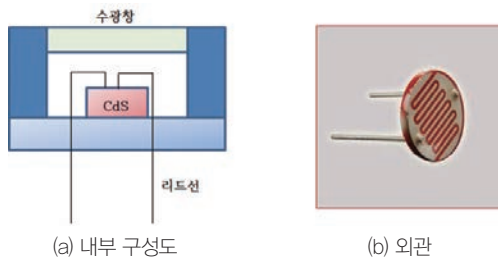
양자형 광 센서 제작기술은 다중 양자우물구조로 에너지 밴드갭을 엔지니어링한 것이다.

■ CdS 광도전 소자

CdS 광도전 소자는 광도전 효과를 이용한 것으로, 입사된 빛의 양의 변화를 전류의 변화로 바꾸는 소자로 쓰이고 있다. N형 반도체인 광도전 센서는 빛에너지를 받으면 N형 반도체내의 전자가 자유전자로 되어 전기 전도



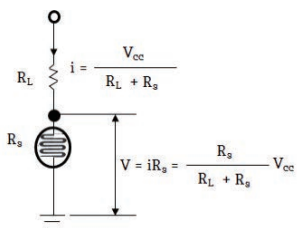
<그림 5> 광도전 효과 과정도



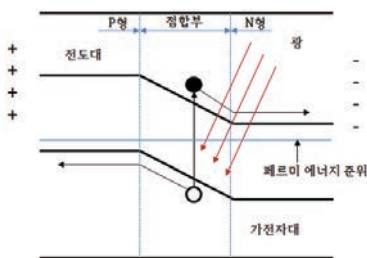
〈그림 6〉 CdS 광전도 센서

를 활성화하기 때문에 조도에 따라 저항의 차이가 많이 발생한다. 조도를 측정하는 센서라 하여 조도센서라고도 한다. 허용 사용온도 범위는  $-30 \sim +60^{\circ}\text{C}$  정도이고, 지름이 작은 CdS 일수록 조도측정 범위가 작다. 광도전 센서는 조도에 따라 저항차이를 발생시키는 저항체의 소재에 따라 CdS(황화 카드뮴), CdSe(셀렌화 카드뮴) 또는 이들을 적당한 비율로 혼합하여 구워 고정시킨 것들이 있다. CdS(황화 카드뮴) 광도전 셀은

〈그림 6〉의 (a)와 같이 CdS를 밀폐용기에 넣고, 수광창은 투명한 플라스틱 또는 유리로 되어 있으며, 외부로는 2개의 리드선이 나와 있으나 따로 극성은 없는 구조로 되어 있다. CdS 셀의 수광 창으로 광이 들어오면 조도에 의해 셀의 저항  $R_s$ 가 줄어들어서 전류  $i$ 가 증가하게 된다. 그리고, 센서 저항( $R_s$ )과 부하저항( $R_L$ )이 직렬로 연결



〈그림 7〉 CdS 광도전 센서의 동작회로



〈그림 8〉 광기전력 효과 과정도

되어 있으므로 흐르는 전류  $i$ 는 전압( $V_{cc}$ )를 두 저항의 합으로 나눈 값이 되므로, 조도센서 저항( $R_s$ )의 양단에 걸리는 전압은  $iR_s$ 가 된다. 〈그림 7〉에 센서 구동회로가 도시되어 있다.

### 2.2.2 광기전력 효과 센서

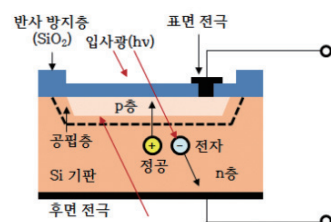
반도체의 pn접합부에 빛을 쬐면 전자와 정공이 생기고, 외부에서 인가한 전기장이나 확산현상으로 인하여 전자와 정공이 이동하여 〈그림 8〉과 같이 p형이 양(+), n형이 음(-)이 되는 기전력을 일으킨다. 이 현상을 광기전 효과(photo galvanic effect)라 한다. 광 다이오드(photo diode)나 광 트랜지스터(phototransistor)도 이 원리를 이용한 것이며, 최근 신 에너지원으로 등장한 태양 전지도 광기전효과(photo galvanic effect)를 응용한 센서 겸 에너지 저장 소자이다. 페르미 에너지 준위는 원자가 절대영도 일 때 최외각 전자가 갖고 있는 평균적인 에너지 준위를 의미한다.

#### (1) 무기물 반도체 광다이오드

##### ■ 원리와 구조

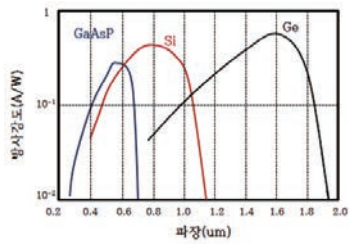
광 다이오드는 n형 기판 상에 p형 층을 형성시킨 p-n 접합부에 발생하는 광기전력 효과를 이용한 소자이며 입사광을 유효하게 이용하기 위해 표면에 반사 방지층이 설치되어 있다. 〈그림 9〉에 실리콘(Si) 광 다이오드의 단면 구조와 동작도가 도시되어 있다.

〈그림 9〉에서 보는바와 같이 동작 원리는 입사광의 에너지가 반도체의 공핍층 전체에 의해서 정공은 p형으로, 전자는 n형으로 이동해 분리되고 p형은 정(+)으로 n형은 부(-)로 대전한다. 이 양단을 결선하면 p형에서 결선을 통하여 n형으로 전류가 흐르고 광이 조사되고 있는 동안



〈그림 9〉 실리콘 광 다이오드 단면과 동작도





〈그림 10〉 물질에 따른 광 다이오드 분광감도 특성곡선

은 외부 전원이 없이 전류가 흐른다.

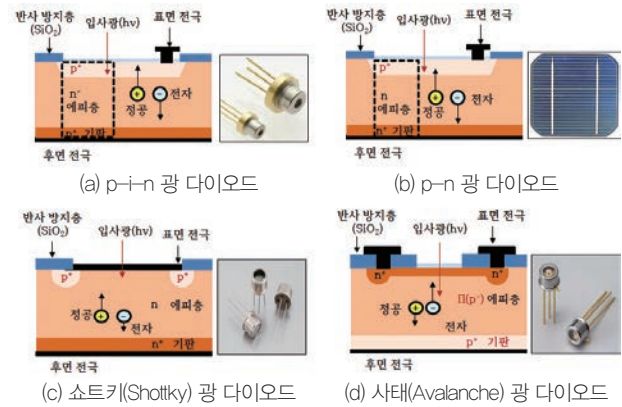
광 다이오드의 재료는 p-n 접합을 형성할 수 있는 물질이어야 한다. 4족 반도체에서는 실리콘(Si)과 게르마늄(Ge)이 대표적이며, 3-5족 화합물 반도체는 갈륨비소(GaAs), 인듐갈륨비소(InGaAs), 갈륨비소인(GaAsP) 등이 사용되고 있다. 광다이오드의 특성은 재료, 형상, p-n 접합의 위치 등에 의해서 수광되는 파장의 영역이 다르다. 〈그림 10〉에 실리콘, 게르마늄, 갈륨비소에 대한 파장에 대한 수광 분광감도 특성곡선이 도시되어있다.

■ 특징

- 광 이오드의 수광 영역은 접합의 구조에서 정해지지만 통상적으로 400~1000 nm 파장 영역에서 사용할 수 있고 특히 700~900 nm에서 감도가 최대가 된다.
- 입사광에 대한 광전류 출력이 직선성이 양호하므로 아날로그 동작시키는데 적합하다.
- 고속 응답성을 가진다.

〈표 2〉 각종 포토다이오드의 특성과 용도

구조	특성	용도
쇼트키 형	- 고차외선 감도 - 저압전류	- 분광 광도계, 비색계 - 광전 스위치
플레너 형	- 입사 광량과 출력 전류의 직선성 양호 - 감도영역은 400~1000 nm	- 카메라 노출계
p-i-n 형	- 고속 응답 - 입사 광량과 출력 전류의 직선성 양호 - 감도영역은 400~1000 nm	- 리모콘 - 팩시밀리 - 광통신(단거리)
사태 형	- 고속 응답 - 고주파에서 S/N비 양호 - 증폭 기능 포함한 고감도 - 감도영역은 400~1000 nm	- 광통신(단 · 중거리)
쇼트키접합 형	- 단파장에 고감도	- He-Ne 레이저 광센서



〈그림 11〉 물질에 따른 광 다이오드 분광감도 특성곡선

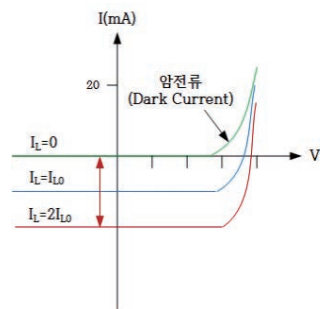
- 수명이 길고, 신뢰성이 높다.
- 암 전류(dark current)가 적고, S/N 특성이 좋다.
- 출력 분산이 적고, 온도에 대한 특성변화가 작다.

■ 종류

구조적으로 분류해보면 메사(Mesa)형, 플레너(Planar)형, 핀(pin)형, 사태(Avalanche)형, 쇼트키(Shottky) 접합형 등이 있다. 〈표 2〉에 각각의 특성이 정리되어있고, 〈그림 11〉에 구조단면도가 도시되어있다.

■ 전류-전압 특성

광이 없는 상태에서 광 다이오드에 전압을 인가하면 〈그림 12〉의 인가곡선 1(녹색)과 같이 일반 다이오드의 전류특성을 나타낸다. 만일 외부로부터 광이 조사되면, 광전류(I<sub>ph</sub>)가 발생하고, 곡선은 광의 세기에 비례해서 2(파랑), 3(빨강)의 곡선으로 평행 이동한다. 입사광의 세기(I<sub>L</sub>)가 증가하면 광다이오드의 출력전압(V)과 전류가



〈그림 12〉 광 다이오드 전류-전압 특성곡선

증가한다. 출력전류와 출력전압 관계는 (식 2)와 같이 표현된다.

$$I_{out} = I_{ph} - I_s [\exp(\frac{eV}{kT}) - 1] \quad (\text{식 2})$$

여기서, k는 볼츠만 상수(Boltzmann constant), T는 절대온도,  $I_s$ 는 역방향 누설전류,  $I_{ph}$ 는 입사광의 세기에 비례하는 광전류이다.

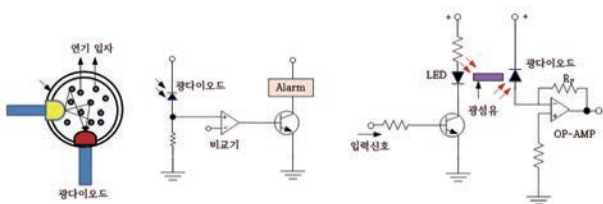
■ 응용의 예

광 다이오드를 이용한 실제 응용제품들이 LED와 쌍을 이루며 실생활 및 장비의 정렬도 자동화 부분에 많이 사용하고 있다. 화재, 가스 누스 문제를 발견하고, 경보 시스템과 자동화로 연결되는 응용제품의 회로구성도가 <그림 13>의 (a)에 도시되어있고, LED 또는 LD(Laser Diode)에서 광섬유 광학에 의해 전달되는 신호를 수신하는 회로도가 (b)에 도시되어있다.

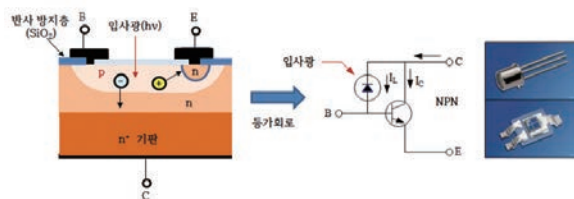
(2) 무기물 반도체 광 트랜지스터

■ 원리와 구조

광다이오드의 출력은 일반적으로 작아서 증폭하여 사용되는 것이 보통의 사용 방법이다. 광 트랜지스터는 광다이오드를 npn 트랜지스터로 증폭함으로써 근사할 수 있다. 보통의 트랜지스터와 마찬가지로 베이스(base; B), 이미터(emitter; E), 컬렉터(collector; C)를 구조로 되어



<그림 13> 광 다이오드 활용의 예시



<그림 14> 광트랜지스터 단면도, 등가회로도 및 제품모습

있다. 등가적으로 광다이오드와 트랜지스터를 조합하여 트랜지스터의 증폭작용에 의해 고감도의 광 센서가 얻어지는 개념이다. 광전류가 발생하는 원리는 광다이오드와 동일하다. <그림 14>에 도시되어있다. 광 트랜지스터는 <그림 14>에서처럼 n형 기판 상에 p형의 베이스 영역을 형성하고 또한 n형의 이미터 영역을 형성한 구조를 갖고 있다. 반도체 재료는 대부분이 실리콘이고 사용되고 있다. 베이스 표면에 광이 입사하면, 역 바이어스 된 베이스-컬렉터 사이의 광 전류가 흐르고 이 전류가 트랜지스터에 의해 증폭되어 외부 리드에 흐른다.

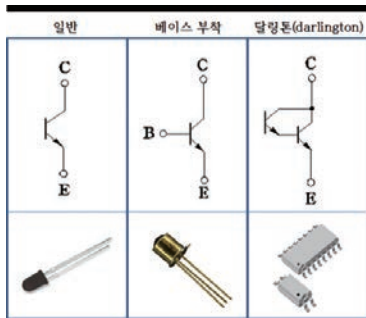
B-C 접합에는 역 바이어스가 인가되고, B-E 접합에는 순 바이어스가 인가된다. 베이스 영역에 광이 입사하면 베이스 영역에서 전자정공 쌍이 발생하고, 발생한 전자는 컬렉터 측으로, 정공은 이미터 측으로 이동하여 베이스 전류의 역할을 수행한다. 컬렉터이미터 사이에 광량에 대응하는 전류가 흐름으로써 이 전류 값으로부터 광의 강도를 알 수 있다. 광 트랜지스터의 출력전류는  $I_C = h_{FE} I_L$ 의 관계식을 갖는다. 여기서,  $h_{FE}$ 는 트랜지스터의 이미터 접지 증폭률이다. 광 트랜지스터의 광 전류 크기 결정 요인은 베이스 접합면적, 베이스컬렉터 접합의 광전 변환효율, 트랜지스터의 이득률이고, 광 트랜지스터의 감도는 핀(p-i-n) 광다이오드와 사태다이오드 사이에 있다.

■ 특징

- ◎ 현재 가장 많이 사용되는 수광 소자로서 일반적으로 500~1100 nm의 파장영역에서 사용 할 수 있고, 특히 800 nm 부근에서 최대 감도를 갖고 있다.
- ◎ 광다이오드보다 출력 광전류가 크고, 신호는 동일 칩 내에서 증폭되어 전기적 노이즈가 작아 큰 S/N 비를 얻을 수 있다. 그러나 온도가 높아질수록 S/N 비가 저하되므로 온도 보상회로가 필요하다.
- ◎ 기계적 강도가 크고, 신뢰성이 높다.
- ◎ 암 전류가 적고, 소형 저가, 높은 전류 증폭률을 갖는다.

■ 광 트랜지스터의 종류

광 트랜지스터는 베이스가 개방된 일반적인 구조가 있



〈그림 15〉 광 트랜지스터의 구조 및 제품 모습

고, 베이스가 부착된 구조가 있다. 베이스가 부착된 광 트랜지스터는 암 전류의 감소, 응답속도의 개선, 온도보상 등이 가능한 장점은 있으나 외부잡음을 받기 쉽다. 광 트랜지스터와 일반 트랜지스터를 조합한 광 달링톤 (photo darlington) 트랜지스터는 출력 전류가 크고, 릴레이를 직접 구동하는 것이 가능하다. 〈그림 15〉에 각각의 광 트랜지스터의 구조와 모습이 도시되어있다.

■ 광 트랜지스터의 단점 및 응용

신호는 광 다이오드와 동일 칩 안에서 증폭되기 때문에 전기 노이즈가 없고, 큰 출력 값을 얻을 수 있지만 출력의 직진성에서는 포토다이오드보다 뒤지며, 포화 전압이 높은 결점이 있다. 광 트랜지스터는 단독으로 사용하는 경우보다는 발광다이오드(LED)와 조합하여 사용하고 있다. 광 트랜지스터의 응용 영역은 광 스위치, 단거리 광통신기, 마트 판별기 등에 이용되고 있다. 현재 이용되는 것은 발광 다이오드와의 조합에 의한 용도가 많지만, 향후 직진성의 개선과 응답속도 및 변환 효율의 개선 등이 실현되면 아날로그 동작으로의 응용이 확산되리라고 전망한다.

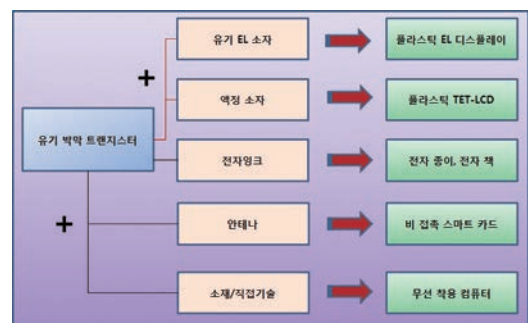
(3) 유기물 반도체 광 트랜지스터

1970년대 후반부터 특정한 유기물에 적절한 도핑을 하면 전기 전도도가 구리와 유사한 값을 얻는다는 사실을 발견하였다.<sup>[1]</sup> 현재 유기물 재료는 전도도 측면에서, 절연체, 반도체, 전도체, 초전도체까지 전기소자 제작에 필요한 모든 재료를 얻을 수 있다. 최근 반도체 특성을 보이

는 유기소재의 개발과 응용연구가 디스플레이 부분을 선두로 다양한 산업부분에서 활발히 이루어지고 있다. 전자파 차폐막, 캐패시터, 유기 EL 디스플레이, 유기박막 트랜지스터, 태양전지, 다 광자 흡수현상을 이용한 메모리 소자 등 유기반도체를 이용한 응용연구의 영역은 기존기술과 연계된 융복합 기술로 발전하고 있다. 그 보기가 유기반도체 박막 트랜지스터이다. 반도체 제조공정기술과 장비를 기반으로 무기가 아닌 유기물로 광 트랜지스터를 제작한다. 또한 유기물 반도체를 활성 층으로 하여 전기적 발전특성도 연구개발 되었다.<sup>[2]</sup> 이 결과는 레이저 다이오드로(LD)의 응용성이 기대된다. 태양전지 제작부분에서도 현재 단결정 실리콘의 광흡수효율에는 미약하지만 최근 도핑 기술을 이용한 효율 증진 연구가 계속되면서 비약적인 발전을 보이고 있다.<sup>[3]</sup>

유기 반도체 박막트랜지스터에 관한 연구는 1980년 이후부터 시작되었고, 최근 들어 글로벌하게 세계 각국에서 진행되고 있다. 제작공정이 간단하고, 비용이 저렴하며 충격에 의해 파손되지 않는다. 부가적으로 역학적으로 구부리거나 접히는 전자회로기판의 필요성에 따라 이를 충족시킬 수 있는 가능성을 가진 유기트랜지스터의 개발은 세계시장에서 경쟁력을 키우기 위해 연구개발이 필수적이다. 유기반도체는 전하이동도가 낮아 Si이나 Ge 등이 쓰이는 빠른 속도를 필요로 하는 수광 소자에는 부적합하다. 반면 대 면적 소자를 제작할 필요가 있을 때나, 저온 공정온도를 필요로 하는 경우와 저가공정이 필요한 경우에는 유용하게 쓰일 수 있다. 트랜지스터를 제작하는 방법에서 최 첨단기술인 잉크

**유기물과 무기물 광센서의 큰 차이점은 전자와 홀의 생성 방법에 있다.**



〈그림 16〉 유기 박막 트랜지스터의 응용분야

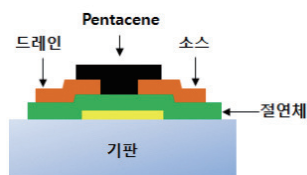


젯(ink-jet) 프린팅 방법<sup>[4]</sup>과 미세접촉 프린팅 방법 등 새로운 융복합 기술들이 적용되고 있다.<sup>[5]</sup> <그림 16>에 유기 박막 트랜지스터의 응용분야에 관하여 도식되어있다.

유기 반도체 트랜지스터는 소재의 특성 상 유기 전기발광 트랜지스터에 쓰이는 발광 유기물과 같은 유기물 반도체로 증착 방법이 같고, 물리적, 화학적 성질이 유사하여 같은 공정조건을 유지하면서 소자를 제작할 수 있다. 상온 및 저온 공정이 가능하여 플라스틱 기반의 유기 전기발광 소자제작과 유연성 있는 액정표시 소자를 제작공정에서도 사용 가능하다.

유기물 전계효과 트랜지스터의 구조가 <그림 17>에 도시되어있다. 전체구조는 실리콘을 기반의 트랜지스터와 크게 차이점이 없다. 게이트에 전압을 가하게 되면, 절연막 때문에 전류가 흐르지 않고 반도체에 전기장(전계)이 걸리므로 전계효과 트랜지스터라 부른다. 소자에 흐르는 전류는 소스와 드레인 사이에 전압을 인가하여 얻게 되며, 이때 소스는 접지되어 있어 전자나홀의 공급처 역할을 하게 된다. 그 위에 표시된 층이 유기 반도체 층이다.

소자의 동작은 p-형 반도체를 중심으로 이루어진다. 먼저 소스와 드레인, 게이트에 전압을 인가하지 않으면 유기물 반도체 내의 전하들은 모두 반도체 내에 일정하게 분포한다. 이때 소스와 드레인 사이에 전압을 인가하여 전류를 흘리면 낮은 전압에서는 전압에 비례하는 전류가 흐르게 된다. 이 상태에서 게이트에 양의 전압을 인가하면, 인가된 전압에 대한 전기장에 의하여 양의 전하인 정공들은 모두 위로 밀려 올라가게 된다. 따라서 절연체에 가까운 부분에는 전도 전하가 없는 공핍 층이 생성된다. 공핍 층이 형성된 상태에서 소스와 드레인에 전압을 인가하면 전도 가능한 전하운반자가 줄어들어있기 때문에 게이트에 전압을 인가하지 않



<그림 17> 유기 반도체의 구조 개략도

았을 때보다 더 낮은 전류의 양이 흐르게 된다. 반면 게이트에 음의 전압을 인가하면 인가된 전압에 의한 전기장의 효과로 유기물과 절연체 사이에 양의 전하가 유도되고, 절연체와 가까운 부분에 전하의 양이 많은 층이 형성된다. 이 층은 축적 층 (accumulation layer)이라 부른다. 이때 소스와 드레인에 전압을 인가하여 전류를 측정하면 더 많은 전류를 흘릴 수 있게 된다. 따라서 소스와 드레인 사이에 전압을 인가한 상태에서 게이트에 양의 전압과 음의 전압을 교대로 인가하여 줌으로써 소스와 드레인 사이에 흐르는 전류의 양을 제어할 수 있는 것이다. 이 전류량의 비를 점멸비(on/off ratio)라 한다. 우수한 성능의 트랜지스터 소자가 되기 위해서는 이 점멸비가 커야한다. 현재 전계효과 트랜지스터에 가장 많이 쓰이고 있는 반도체 재료는 비정질 실리콘이다. 그러나 유기물을 이용한 전계효과 트랜지스터의 성능도 비정질 실리콘을 이용한 소자를 능가하는 수준에 이르고 있다.

#### (4) 광 커플러(Photo coupler)

광 커플러는 입력 전기 신호와 출력 전기 신호를 광을 매체로 하여 전달하는 신호 전달 장치의 총칭이다. 일반적으로 발광 소자와 수광 소자를 하나의 패키지 (Package)에 결합하여 입출력 간을 전기적으로 절연시켜 광으로 신호를 전달하는 광 결합소자로 광 분리기(Photo Isolator), 광 결합기(Opto Coupler)라고도 한다. 대개 광 결합에 사용되는 발광 소자에는 발광효율이 높은 갈륨비소(GaAs) 적외 발광다이오드나, 고속도를 요구하는 알루미늄 갈륨비소(AlGaAs), 갈륨비소인(GaAsP)등이 사용되며, 수광 소자에는 출력 효율이 좋은 실리콘 광 트랜지스터와, 고속용인 로직 IC(Logic-IC), 그 밖에 광 트리아크(Photo Triac), 광 SCR 등이 사용된다. 광 커플러는 입출력간의 전기적 절연 특성으로 전위나 임피던스(Impedance)가 다른 회로 사이의 신호전달용으로 사무기기, 통신기기, 가정용 가전제품 등의 전자기기에 광범위하게 응용되고 있다. 광 커플러는 광로가 노출해 있는 광 인터럽터(Photo Interrupter)와 광로가 패키지 내에 있는 광 아이솔레이터(Photo

**광 커플러는 수광소자와 발광소자가 마주보는 구조로 되어 있다.**



Isolator)로 대별된다.

■ 특징

- 입출력간이 전기적으로 완전히 절연되어 있으며, 전 위치가 다른 두 회로간의 신호전달에 사용 된다.
- 신호전달이 한 방향이므로 출력으로부터 입력에 대한 영향이 없고, 잡음에 강하다.
- 논리소자와의 결합이 용이하고 응답속도(일반용 :  $\mu s$ , 고속도용 : 수 ns)가 빠르다.
- 소형, 경량이므로 실장 밀도를 높일 수 있다.
- 수명이 반영구적이며, 높은 신뢰성을 갖는다.
- 종류는 출력 단의 형태에 따라 <표 3>과 같이 구분한다.

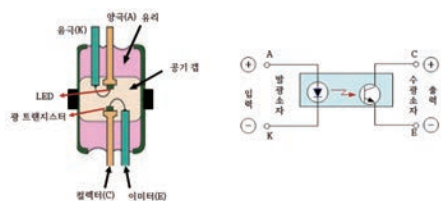
■ 구조 및 기본 동작

광 커플러는 <그림 18>와 같이 일반적으로 발광용 소자와 수광용 소자 사이에 고 절연물질을 넣어 광학적으로 결합시켜 접지 전위가 다른 회로간의 신호 인터페이스로 사용하는 절연 트랜스나 전자 릴레이를 대체하는 소자이다. 패키지 형태는 DIP, SOP, CAN SEAL 등이 있다.

범용으로 플라스틱(Plastic) DIP 유형이 많이 사용되고 있다. <그림 18>은 DIP 유형의 여러 종류의 외부 형태 중 하나이며, 내부 구조는 발광 소자 및 수광 소자가 대향 배치되어 입출력간의 신호 전달을 광을 매개체로 하는 구조이다. 제조방법은 적외 발광다이오드(Infrared Emitting

<표 3> 광 커플러의 출력 단에 따른 분류와 특성 차이점

출력단	특징 및 사용상의 차이점
단일 트랜지스터	- 범용, 전류 전달효율(CTR)에 따라 등급 구분, AC, DC 입력형 구분
달링턴 트랜지스터	- 저 전류 인가 & 높은 출력전류, C-MOS IC와 결속에 사용 - AC, DC 입력형 구분
로직 IC	- 낮은 출력효율, 고속 스위칭 속도가 요구되는 TTL과의 결속에 사용



<그림 18> DIP 패키지 유형 광 커플러 구조도와 동작원리

Diode)와 광 트랜지스터의 칩을 독립된 리드프레임(Lead Frame)에 실장하고, 각 칩의 전극을 금선(gold wire)를 사용하여 다른 리드프레임 간을 연결하여 절연성 수지로 모체를 구성한다. 광 커플러의 기본동작은 일반 트랜지스터와 비슷하다. 단지 차이점은 일반 트랜지스터에서는 베이스 전류를 인가하는 반면, 광 커플러는 IR LED 광 출력을 광 트랜지스터에 신호로 인가한다는 것이다.

■ 변수 결정법

● 절대정격(Absolute Maximum Ratings)

절대정격이란 순간이라도 동작 중에 넘어서는 안 되는 정격 값이며, 두 가지 이상의 정격이

설정되어 있을 때도 절대정격을 초과하여 공급되어서는 안 된다. 최대정격을 넘어 사용하는 경우 소자의 본래 특성을 회복하지 못하는 경우가 있으므로 회로설계에 있어 공급전압의 변동, 전기부품의 특성 편차, 회로조정시의 조건 변화와 주위 온도의 변화, 입력 신호의 변동 등에 유의하여 최대 정격중 하나라도 정격치를 넘어 사용되는 것을 피해야 한다. 아울러 이러한 정격치는 제품 공급 시 사양서에 명시되어 있으므로 소자의 선정 시 또는 사용할 때 충분히 검토가 이루어져야 한다. 주된 항목으로 각 입출력단의 전류, 전압, 전력 손실과 온도조건 등으로 중요한 몇 가지 조건들은 아래와 같다.

①  $V_{iso}$  (Isolation Voltage)

입력단과 출력단과의 절연 정도를, 전압을 인가 시 절연이 파괴되지 않고 견딜 수 있는 전압을 나타낸 특성으로 광 커플러 선택 시 중요한 특성중의 하나이다. 광 커플러의 입출력 간 플로팅(Floating) 정전용량은 작기 때문에 문제가 없다. 그러나 입력 또는 출력 측에서 빠르게 상승하는 서지(Surge)가 발생 시에 입력 또는 출력 측에 영향을 끼친다. 이 현상은 저주파에서는 문제가 되지 않으나 고주파에서는 심각한 문제가 될 수가 있다. 즉, 고주파 서지가 발생하였을 경우에 입출력 간 플로팅 정전용량의 작용으로 노이즈가 전달이 된다.

노이즈 전류 =  $C_s * (dv/dt)$  (A)

예를 들면 100v, 1us의 상승 서지가 인가되었을 경우 전달 노이즈는 100uA가 전달이 된다. 그러므로 이러한



노이즈가 발생하는 회로에는 입력, 출력회로에 서지흡수 회로를 내장하는 것이 바람직하다.

②  $I_F$ (Continuous Forward Current)

입력단(IRED)의 음극(Anode)에 연속적으로 인가할 수 있는 최대전류를 발광 소자의 신뢰성과 밀접한 관계가 있음에 따라 규정된 최대 IF 이상의 전류가 흐르지 않도록 주의하여야한다.

③  $V_R$ (Reverse Voltage)

입력단 음극과 양극(Cathode)간의 파괴 방지를 위하여 허용할 수 있는 최대 역전압으로 GaAs계의 발광 소자의 경우 통상 4~6 V정도로 규정되어 있다.

④  $P_c$ (Power Dissipation)

각 입출력단에서 허용 가능한 최대전력 손실치이다. 셋트에 적용 시에는 주위 온도 및 조건변화에 대한 허용가능 손실치를 고려하여야 한다.

⑤  $V_{CEO}$ (Collector-Emmitter Breakdown Voltage)

베이스 단자 개방 시의 콜렉터와 이미터 간 파괴를 방지하기 위한 최대 허용 전압치로 규정되어 진다.

⑥  $V_{ECO}$ (Emitter-Collector Voltage)

베이스 단자 개방 시의 이미터와 콜렉터 간에 인가 가능한 최대 허용 전압치로 규정된다.

⑦  $I_c$ (Collector Current)

광 트랜지스터의 콜렉터 단자에 흘릴 수 있는 최대 허용 전류치로 규정된다.

⑧ 온도조건

-  $T_{opr}$ (Operating Temperature)

광 커플러를 정상동작 시킬 수 있는 주위의 온도범위로 규정된다.

-  $T_{stg}$ (Storage Temperature)

광 커플러의 특성 변화 없이 보관 가능한 온도범위로 규정된다.

-  $T_{sol}$ (Soldering Temperature)

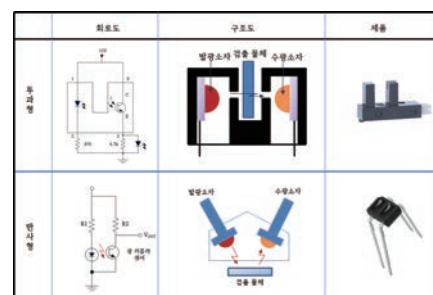
광 커플러를 PCB에 실장 시 솔더(Solder) 온도의 규정범위이다.

■ 광 인터럽터(Photo Interruptor)

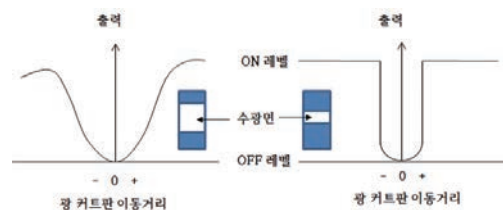
발광부와 수광부가 대향 배치되어 물체 삽입 시 수광부

광전류 차단되어 물체 유무를 검출하는 센서이다. 구조에 따라 투과형과 반사형으로 구분한다. 투과형은 발광 소자와 수광 소자를 일정거리로 대향시켜 배치시킨 구조이다. 두 소자 사이를 물체가 통과할 때 생기는 광량의 변화를 수광 소자가 받아 물체의 유무와 위치 등을 검출하는 원리이다. 반사형은 발광 소자와 수광 소자를 나란히 배치한 것 구조로 발광 소자에서 나온 광이 물체에 닿아서 반사된 광을 수광 소자가 받아 반사광 강도변화를 검출하는 원리이다. <그림 19>에 두 방식의 차이점이 도식되어 있다. 포토 인터럽트는 현재 슬릿(slit) 폭 0.2~3.0 mm, 캡 폭 1.0~10 mm의 제품이 상품화되고 있다. 슬릿은 스위칭 정밀도 캡 폭은 변환 효율에 영향을 미친다. <그림 20>은 슬릿 폭 차이에 따른 스위칭의 정밀도를 나타낸다. <그림 20>에서처럼 스위칭의 정밀도를 향상시키기 위해서는 슬릿 폭을 좁게 하면 좋지만 변환 효율이 나빠지므로 케이스 설계 시 반영해야할 중요한 사항이다. 광원은 적외선이 일반이지만 가시발광 다이오드도 이용된다. 이 경우에는 빛이 눈에 보이므로 센서의 동작 상태를 쉽게 체크할 수 있는 이점이 있다. 이 센서는 광을 ON/OFF 하는 것에 의해 비접촉 방법으로 물체의 유무를 검출할 수 있는 점이 특징이다.

광 인터럽터는 다양한 부분에 응용성을 갖고 있다. <표



<그림 19> 광 인터럽터의 두 가지 방식의 차이점



(a) 수광 면적(슬릿 폭)이 큰 경우 (b) 수광 면적(슬릿 폭)이 작은 경우

<그림 20> 수광 면적(슬릿 폭)에 따른 출력신호

〈표 4〉 광 인터럽터의 응용 범위

분야	실장기기	용도	
		투과형	반사형
가전 기기	VTR	회전 위치 검출	
	비디오 디스크	회전 위치 검출	
	플레이어	레코드 판의 크기 검출, 암의 위치 검출	
	미싱	실 끊어짐 검출	
	건강 기기	내부 구조의 위치 검출	
	온풍 난방기		기름의 잔량 검출
	카세트 데크		테이프의 시작과 끝단 검출
	카세트 데크 (오픈 타입)		Auto-return의 검출, 테이프의 시작과 끝단 검출
사무기	복사기	내부기구의 위치 검출, 종이 끝 검출	자동 화상 농도 조정, 종이 끝 검출
	플로피 디스크	디스크의 위치 검출	
	프린터	드럼의 시간 검출	
	팩스밀리	종이 송출 시간 검출	
자동차	타코 미터	회전 검출	
	스피드 미터	미터침의 위치 검출	
	자동문	문열시의 안전 확인	
제어 계측, 컴퓨터	입출력 해독 위치	종이 테이프 해독, 펀치 카드 해독	
	전자 저울	중량 계수	
	수도 미터	유량 계수	
	자기 디스크 장치	기록 보호 흡의 검출	
	전자식 마이크로 미터, 버니어 캘리퍼스	회전수, 회전 방향 검출	
산업 기기	밸브 컨베이어		물체의 계수, 형상 판별
	자동 생산 기기	내부 구조의 위치 검출	
기타	전화		수화기 흡 센서
	전자 부자		부자의 뜨고 가라앉음 검출
	탱크		유량 제어
	전자 펌프		액면 검출
	오락 기기	동전 검출	동전 검출, 구슬 계수
	자동 판매기	동전 검출	동전 검출
	연기 감지기		연기 유무 검출
	자동 응답 전화기		테이프 끝의 검출

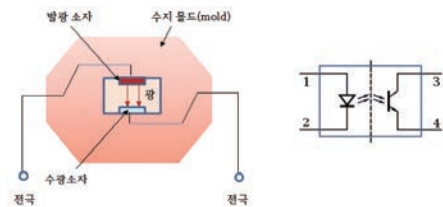
4)에 응용 부분에 대하여 정리되어있다. 광 인터럽터의 응용 분야는 매년 확대되고 있다. 전기부와 기계부의 결합 회전 속도의 제어, 계수, 경보 장치 등이 주된 응용 분

야이다.

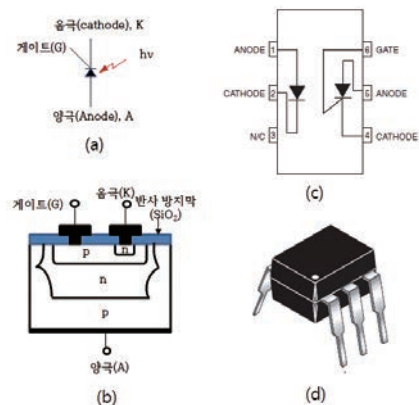
■ 광 분리기(Photo Isolator)

광 분리기는 발광부와 수광부를 불투명 수지로 감싸는 구조이다. 이 구조는 전기적 절연이 우수하다. 그리고 오 동작 제거 및 다른 회로와의 연계가 쉽도록 되어있다. 구조가 〈그림 21〉에 도시되어있다. 차별화된 특징은 입출력 측의 절연 저항이 매우 크고, 결합 정전용량이 작으며, 신호 전달이 단방향이어서 응답 속도가 빠르다. 또한 구동 전원이 다른 반도체 소자와 함께 사용 가능한 구조이어서 구조가 간단하고, 저가이며, 수명이 길고, 신뢰성 특성이 좋다. 가장 널리 쓰여 지는 부분은 회로 간의 연결 기능 분야이다.

광 인터럽터와 마찬가지로 발광 소자와 수광 소자를 조합하여 한 개의 소자로 결합한 형태이고, 구조와 동작 측면에서 광 인터럽터와 다른 점은 광이 통과하지 못하는 흑색 수지로 패키징하여 외부광의 영향을 받지 않는다는 점이다. 발광 소자를 구동하는 입력 측과 신호출력 측은 전기적으로 절연되어, 발광 소자를 직류에서 고주파까지 넓은 범위로 변조했을 때, 충실도가 높은 신호를 출력 측



〈그림 21〉 광 분리기 패키지 구조와 동작



〈그림 22〉 광 시리스터의 심벌(a), 구조단면도(b), 패키지회로(c), 제품모습(d)



에서 얻을 수 있다는 장점이 있다.

(5) 광 사이리스터(photothyristor)

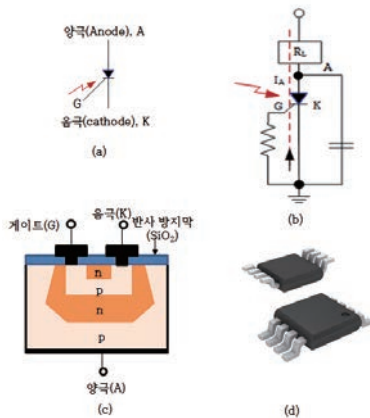
사이리스터의 전극 구조 형태를 광의 입사가 허용될 수 있도록 하여 마치 게이트에 전류를 흘려 도통 상태를 만드는 것처럼 광 입사에 의해 도통 상태로 된다. 즉, 광 사이리스터는 전류의 ON/OFF 제어에 사용된다. 그 구조가 <그림 22>에 도시되어있다.

(6) LASCR(Light Activated SCR)

n-p-n-p 구조로 광에 의하여 개방되어 두 단자 사이를 도통할 수 있으므로, 전류의 on-off 제어에 쓰인다. 게이트가 개방된 상태에서 빛을 조사하면 n-p 접합의 광 다이오드로 작용하고 게이트 전류가 공급되므로 A-K 사이를 도통한다. 감도는 G-K 사이에 삽입되는 저항으로 결정된다. 여기서, 실리콘 정류기(SCR, Silicon Controlled Rectifier)는 게이트 단자에 가해지는 신호 전압에 따라 부하 및 출력의 스위칭 다이오드가 개폐되어 전류 및 전압의 흐름을 조절할 수 있는 기능을 가진 반도체 회로를 지칭하는 용어이다. LASCR의 심벌과 회로, 단면도의 구조가 <그림 23>에 도시되어있다.

(7) 컬러 센서

백색광이 포함된 고유의 파장 대역을 감지하는 광 센서



<그림 23> LASCR 심벌(a), 동작회로도(b), 구조(c), 제품 모습(d)

이다. 광의 색, 즉 파장의 변화에서만 출력 전압이 변한다.

■ 실리콘 광다이오드 컬러 센서(SPD)

p-n 접합에 광이 입사하면 p형 반도체에는 전자, n형 반도체에는 정공이 광의 강도에 따라 발생하고, 이들 전자와 정공은 공핍층을 넘어 광전류를 형성한다. 이때 광전류는 아래 (식-3)과 같다.

$$I_{SC} = q\beta SR_T \quad (\text{식 3})$$

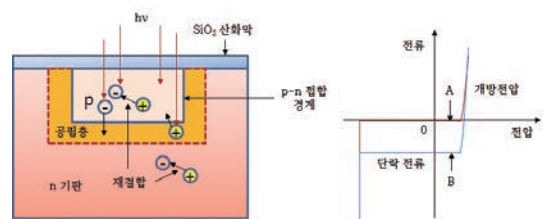
여기서,  $q$ 는 전자의 전하,  $\beta$ 는 효율,  $S$ 는 p-n 접합 수광 면적,  $R_T$ 는 이용된 유효광양 지수이다. SPD에 에너지를 일정하게 유지한 상태에서 파장을 바꾸어 광을 조사하면 그 단락전류는 분광 감도 특성이 된다. 짧은 파장의 광은 실리콘 표면 근처에서 흡수되고, p형 반도체 영역 내에서는 전자가 생성한다. 그러나 발생한 전자는 공핍층에서 벗어나 확산 전위에 의한 가속을 얻을 수 없어 p형 영역 내에서 재결합하여 소멸할 확률이 커진다. 결국 짧은 파장 쪽의 감도 저하가 있게 된다. 적색 또는 적외선 파장영역 측에서는 실리콘 내

반도체 컬러 센서는 CMOS, CCD 카메라 제작 기술의 기반기술이다.

부 깊이 광이 도달하지만 통과해 버린다는 짧은 파장과 같이 재결합하여 소멸되어 감도가 떨어진다. 원리와 구조, 전류-전압 특성이 <그림 24>에 도시되어있다. p-n 접합의 전압-전류 특성곡선에서 A는 광이 조사되지 않는 경우이고, B는 광이 조사되고 있을 때이다.

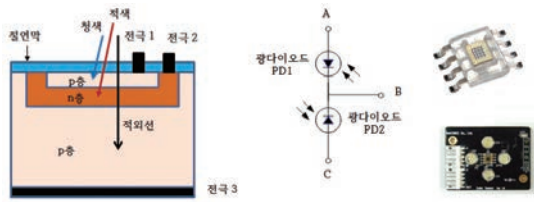
■ 반도체 컬러 센서

기본적인 구조는 <그림 25>와 같이 하나의 기판에 2개의 p-n접합을 중형으로 겹쳐 만든다. 즉, 표면에서부터 차례로 PNP로 3층이 되어 합계 2개의 p-n접합이 있게 된다. 표면 가까이 있는 PD1은 청색 쪽 감도가 높고,



<그림 24> SPD 구조와 원리 및 전류-전압 특성





〈그림 25〉 반도체 컬러 센서 구조도와 회로도

〈표 5〉 컬러 센스의 용도

종류	분야	용도
컬러센서	산업용	- 자동차의 차량 도장의 색차 관리
		- 종이 펄프의 색차 관리
		- 철, 비철의 색차 관리
		- 각종 기계, 로봇의 색판별
		- 잉크, 안료의 색차 관리
		- 섬유염색의 염색 측정, 색열록 판별
		- 과실의 신선도, 달고 신맛의 판별, 표백, 착색
		- 파운데이션, 루즈 등의 색차 관리
	- 발광소자의 색온도, 파장 측정	
	의료용	- 피부, 장기, 치아 등의 색 측정
		- 정체, 과립, 분말의 색열록 판별
	가전용	- 난방기구의 산소결핍 상태 검지
- 불완전 연소의 검지		
- 컬러TV의 색 조정		
- 가전기기의 색열록 판별		
기타	- 인쇄물, 벽물, 카페트의 색 측정	
	- 신호, 표지의 색조화	
	- 상품용 color code의 해독	
	- 카메라의 색 측정용	
	- 컬러 복사기의 색관리	

반면 PD2는 깊은 쪽에 위치하여 적외선 쪽에 피크를 갖는 특성이 된다. 컬러 센스의 용도는 다양하다. 〈표 5〉에 응용분야를 정리하였다.

### III. 맺음말

센서(sensor)라 함은 측정 대상 물로부터 정보를 감지 또는 측정하여 그 측정량을 전기적인 신호로 변환하는 장치이다. 구체적으로는 물리량이나 화학량의 절대치의 변화와 소리, 빛, 전자기파의 세기 변화를 검출하여 유용한 신호로 변환하는 기능을

**최첨단 장비들은 비접촉 방식의 정밀하고, 재현성이 높은 자동화 광센서를 요구한다.**

갖춘 소자 또는 장치이다. 센서의 활용범위는 그 폭이 매우 광범위하다. 스위치와 같이 간단한 기능에서부터 휴대폰이나 카메라의 센서로 사용되는 CIS(CMOS Image Sensor)나 CCD(Charge Coupled Device)와 같은 고도의 시스템까지 활용성이 넓다. 최근에는 스마트 센서 또는 인텔리전트 센서라고 하여 그 기능과 내용도 복잡한 마이크로 중앙 처리 장치(CPU : Central Processing Unit) 내장형의 센서가 개발되어 생활 정보기기에 많이 실용화 되고 있다. 발전의 속도가 어느 분야보다도 빠른 센서는 인간의 오감보다 더 예민한 센서들이 출현하면서 생산 공정에서의 정밀한 제어나 인간을 닮은 로봇의 생산을 가능케 하고 있다. 결국 산업현장에서 안전하고 신뢰성 있는 자동화 시스템 구축의 선결과제는 정밀한 센서의 개발인 것이다. 또한 센서 산업은 디지털 전자와 결합하여 유비쿼터스 컴퓨팅 사회의 핵심요소로 부상하고 있다. 태양전지의 경우 광 센서의 개념에서 출발하여 앞으로 지구의 에너지 고갈의 문제를 해결하는 대안으로 떠오르고 있다. 센서의 활용은 자동차 산업에서도 핫 이슈로 떠오르고 있다. 자동차의 전자화는 자동차의 각 계통을 전자 제어 방식에 의해 정밀제어를 할 수 있게 하였고, 이러한 역할을 맡고 있는 전장품 가운데 가장 핵심적인 기능을 하고 있는 부품이 자동차의 각 시스템에 신경망처럼 분산 배치되어 차량의 상태를 실시간으로 파악하고 검지하여 주는 센서인 것이다. 반도체 기술의 발전으로 MEMS에 의해 생산되는 마이크로 센서들은 종전의 센서에서는 생각하지도 못했던 소형, 고성능이면서 저가의 센서들을 양산 가능케 하였으며, 자동차의 전자제어 기술을 더욱 첨단 기술로 발전시키는 계기가 되고 있다.<sup>[6]</sup>

지금까지의 센서들 대부분은 금속과 비금속, 절연체와 유전체를 이용한 역학적, 화학적 방법에 의존해 센서를 제작하고 활용하고 있다. 그러나 최첨단 장비들은 광학적 비접촉 방식으로 구성된 정밀하고, 재현성이 높은 자동화 센서 시스템을 요구하고 있다. 자동화를 위해서는 전자시스템 구축이 필수적이다. 이 문제는 반도체 소자를 이용하여 구축할 수 있다. 반도체 소자는 온도, 전기, 압력, 광



등의 외부인가 에너지가 부가되어야만 동작하기 때문이다. 동작이라는 것은 곧 무엇인가를 센싱할 수 있다는 말과 일맥상통한다.

본 논고에서는 반도체를 이용한 센서 부분 중 광학적 현상을 이용한 센서들의 개념과 활용성에 대하여 고찰해보았다. 광은 파동과 입자의 성질을 동시에 갖고 있어서 응용영역이 매우 다양하다. 광 센서는 광 자체 또는 광에 포함되는 정보를 전기신호로 변환하여 검지하는 소자이다. 검지가 비접촉, 비파괴, 고속도, 계다가 주변에 잡음의 영향을 주지 않고 할 수 있는 특징이 있다. 광전변환의 원리는 크게 광전 효과, 광전도 효과, 광기전력 효과, 초전 효과로 대별할 수 있으며, 종류로는 개별 광 센서와 1차원 및 2차원 광센서, 복합광 센서 등이 있다. 센서의 재료는 전자화 시스템 구축을 위해 반도체 재료를 많이 사용하고 있다. 아직까지도 반도체를 재료로 하여 광 센서 제작 및 활용이 만족할 단계에 있지 않다. 전자시스템의 자동화 구축을 위해 부단한 연구개발이 요구된다. 특히, 이 논고에서는 무기물 반도체 광센서를 중심으로 내용을 전개했지만 유기 반도체의 활용성이 매우 폭 넓은 점을 감안하여 유기 반도체 광 센서 개발에 깊은 관심과 연구 개발이 필요하다.

### 참고 문헌

[1] C. K. Chiang, et. al., Phys. Rev. Lett. 39, 1098 (1977).  
 [2] J. H. Schn, et. al., Science 289, 599 (2000).  
 [3] J. H. Schn, et. al., Nature 403, 408 (2000).  
 [4] <http://www.eetimes.com/story/OGE20001215S0002>  
 [5] J. A. Rogers, et. al., IEEE Electron Device Letters 21, 100 (2000).  
 [6] <http://www.group.fuji-keizai.co.jp/press00.html>



이병철

- 1986년 2월 전북대학교 물리학과 학사
- 1988년 8월 전북대학교 물리학과 석사
- 1996년 8월 전북대학교 물리학과 이학박사
- 1996년 11월~2004년 3월 (주)동부하이텍
- 2004년 4월~2005년 7월 옴트팩(주)
- 2005년 10월~2008년 8월 광전자(주)
- 2008년 9월~2010년 9월 (주)에이스프라임 연구소장
- 2010년 10월~2012년 2월 포엔사 연구소장
- 2012년 3월~2012년 8월 (주)씨에스이 연구소장
- 2012년 9월~2013년 8월 (주)제이하라 부사장
- 2013년 9월~2015년 3월
- 2015년 4월~현재 (주)비드앤마이크로 연구소장

〈관심분야〉  
디스플레이, 전력소자, PKG



김상용

- 1999년 2월 중앙대학교 공과 대학 대학원 (공학박사)
- 2008년 2월~현재 한국폴리텍대학 청주캠퍼스 반도체 시스템과 교수
- 1997년 11월~2007년 12월 동부하이텍 반도체 공정기술팀
- 1990년 1월~1997년 10월 SK하이닉스 반도체 연구소