

첨단광학기술 활용을 위한 광학부품의 사용방법과 유의점 ⑨

광학세계에서는 지난해부터 일본 캐논의 연구개발부장을 지낸 末田哲夫씨가 집필한 <광학부품의 사용법과 유의점>이란 책 내용을 연재하고 있다. 본 내용은 일본의 월간 OPTRONICS에서 1982년부터 30회에 걸쳐 연재된 바 있고, 연재한 내용만 묶어 한 권의 책으로 나온 이후 지금까지 많은 광학인들이 애독하고 있는 핸드북이다. 월간 OPTRONICS는 1990년에 책 내용을 세 부에 걸쳐 수정함과 동시에 렌즈에 대한 기초를 보다 충실히 하고 비구면 렌즈, Rod 렌즈, 홀로그래프, 고체 촬상디바이스, 회절광간섭방식 엔코더 등을 새롭게 첨가하여 보다 알찬 내용으로 보강하여 증보개정판을 내놓았다.

국내에서는 (주)그린광학에서 본 자료를 입수하여 새내자료로 활용하고 있을만큼 시대와 장소를 초월하여 아직도 광학산업현장에서 유용한 자료로 읽혀지고 있다. 비록 일부 내용들은 우리나라 산업현실과 다소 차이가 있는 부분도 있을 것이나 광학기술의 역사와 기반이 앞서있다고 생각되는 일본의 실질적인 기술관련 자료이기 때문에 국내 업체 관련분야에 종사하시는 분들에게 일독을 권해드리고 싶은 마음에 광학세계에서도 2009년 7월호부터 연재를 하게 되었다.

전체 내용을 살펴보면, 제1부에는 대표적인 광학부품에 대한 설명, 제2부에는 그것들을 사용한 광학시스템과 그것들에 관한 기본적인 사항의 해설, 제3부에는 광학부품을 수입하는 경우의 측정방법과 그것들을 시스템으로 조립하는 경우의 조정방법 예 등을 소개했다. 기술내용은 응용범위가 넓다고 생각되는 구체적인 예를 기본으로 소개했다.

<편집자 주>

연재 순서

제1부 광학부품의 종류와 사용방법

- 제1장 평면을 베이스로 한 광학부품
- 제2장 구면을 베이스로 한 광학부품

▶ 제3장 다양한 광학부품

제2부 광학시스템과 광학부품

- 제1장 광학시스템의 빛의 포착방법과 기능

제2장 광학시스템과 광학부품

제3부 광학부품의 검사와 시스템으로 의 조립·조정

- 제1장 광학부품의 검사·측정
- 제2장 광학부품의 조립조정

저자역력: 末田哲夫

1947년 5월 25일생
1971년 慶應院대학 이학부 물리학과 졸업
1973년 同수사과정 수료
1973년 캐논(주) 입사
각종 광학계에 관한 계측·물리광학을 주제로 한 계측방법과 화상처리에 관한 연구개발 등에 종사, 현재 연구개발본부 G-CDS추진부 부장

제3장 다양한 광학부품(다)

<지난호에 이어서>

4. 광변조소자 · 광편향소자

광학시스템에서는 전기신호에 의해 광 강도를 변조하거나, 빛의 진행방향을 컨트롤하는 경우가 있다.

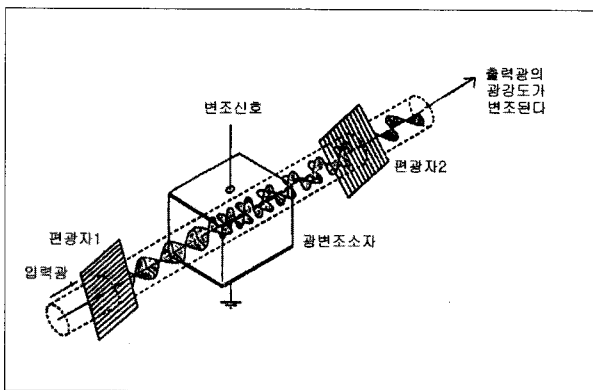


그림1.136 광변조 소자

Pockels효과와 Kerr효과를 사용한 광 변조기가 광 강도를 변조하는 경우에 사용된다. 즉 그림1.136과 같이 배치한 변조소자에 전계를 가하는 것에 의해, 복굴절이 변화하고, 변조소자를 투과한 빛의 위상차(타원편광의 타원율)가 변화한다. 이 빛을 편광자2에 입사시켜, 그곳을 투과하는 빛—즉, 전계에 의해서 변조된 빛—을 선택해서 시스템에 사용한다. 이 경우의 인가전압은 일반적으로 kV order에 있고 감전 등의 사고에는 충분히 주의할 필요가 있다. 만약 변조소피드를 추구하지 않는 경우에는 Nesa글라스 등의 투명전극을 사용한 Nematic액정 셀 등을 사용해도 간단히 변조기를 작성할 수 있다. 이 경우, 인가전압이 훨씬 낮게 되어 안전성은 높아지지만, 온도 영향을 쉽게 받게 되거나 투과율이 약간 떨어지는 결점이 있다.

초음파를 매질 안으로 흘려 넣으면, 광탄성 효과에 의해 굴절률의 소밀파(疎密波)를 만든다. 이 소밀파를 회절격자로서 사용한 것이 음향광학효과 소자라고 하는 것이다. 그림1.137과 같이 소자를 배치하고, 고주파전원을 ON-OFF하면 그것에 따라서 회절광을 ON-OFF 할 수 있다. 또 초음파의 강도를 변조

하면, 회절광의 강도를 변조할 수 있고, 초음파의 주파수를 변화시키면 회절광의 방향, 즉 회절각도를 변조할 수 있다. 이상의 사항을 동시에 행하는 것도 가능하다.

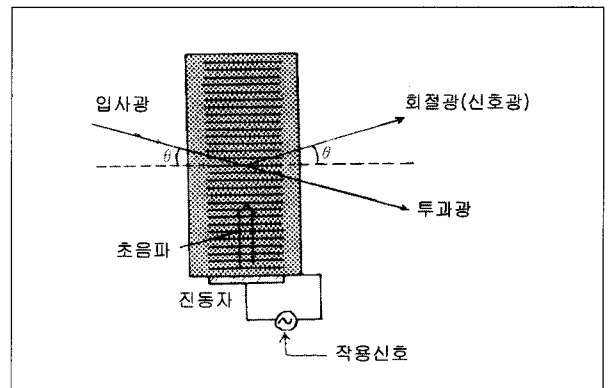


그림1.137 음향광학효과 소자

5. 필터

광학시스템에 사용되는 필터에는 색 흡수를 행하는 색 필터, 협대역의 빛을 선택하는 간섭필터, 넓은 파장대역에서 일정 분할의 광 강도를 흡수하는 ND필터, 직선편광을 만드는 편광필터, 공간 주파수에 대한 Low pass필터 등을 생각할 수 있다. 이 중에서 가장 다양한 필터는 아마도 ND필터이다. ND필터는 사진기용의 글라스필터가 가격도 싸고 손에 넣기도 쉽다. 또 젤라틴필터와 계측용의 가변농도필터도 시판되고 있다. 사진기용 필터는 어디까지나 가시영역에 대한 노광배수가 기재되어 있는데, 예를 들면 적외광에 관해서는 가시역보다도 농도가 낮은 경우가 많다. 즉 ND4로 기재되어 있는 필터(투과율 25%)는 적외광에 관해서는 투과율이 가시광보다도 높은 것이 있기 때문에 사용시에 주의할 필요가 있다. 또 가변농도필터는 크롬 등의 증착층 두께를 공간적으로 구배를 만들어 가변농도로 하고 있다. 필터경에 대한 사용광속의 경우에도 의하지만, 예를 들면 광속의 우단과 좌단에서는 광 강도가 다른 경우도 있을 수 있다. 이와 같은 가능성을 발생하는 경우에는 2장의 필터를 마주보게 해서 그림1.138과 같이 해서 사용하는 것을 추천한다.

일반적으로 ND필터를 사용하지 않고, 2장의 편광판과 1/4파장판을 사용해서 가변농도필터를 형성하는 경우도 많다. 그림1.139는 이 구성 예로, 2장의

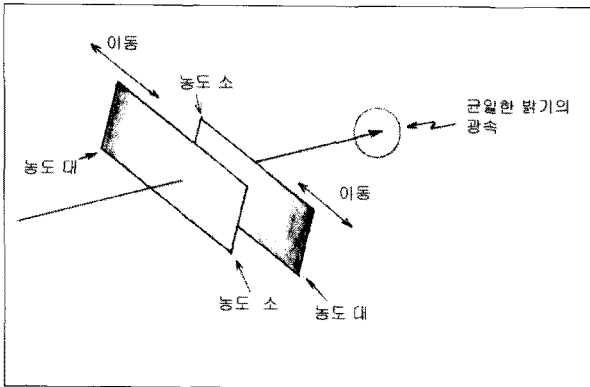


그림1.138 2판의 가변농도 ND필터

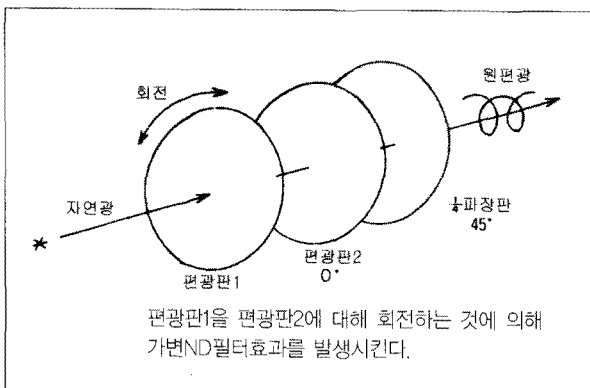


그림1.139 편광판을 사용한 가변농도 필터

편광판으로 가변ND를 형성해서, 1/4파장판에서 가장 자연광에 가까운 원편광을 작성한 경우이다. 이상 설명한 것과 같이 광학부품에는 렌즈와 프리즘 혹은 반사경 외에 다양한 것이 있는데, 여기서 설명한 것은 그 중의 극히 일부에 지나지 않는다. 예를 들면 화상을 관찰하는 스크린이라고 한 것도 그 보는 방법 등을 생각하면 다양한 것이 존재한다. 광학시스템을 완성도 높은 것으로 하기 위해서는 그렇게 한 주변에 존재하는 부품에 관해서도 여러 가지 면에서 흥미를 가지기 바란다. 제1부의 그림1.1에 각종 부품과 그 주된 사용방법에 대한 일람도를 실었다. 각 부품의 사용방법과 종류에 대해서는 충분한 조사를 행해서 선택하기 바란다.

6. 고체 촬상디바이스

반도체기술의 진보는 우리들에게 고체 촬상디바이스를 주변 광학시스템에 응용하는 것을 가능하게 했다. 즉 영상을 검지하는 디바이스로서 종래는 텔레비전용의 촬상관이 주로 사용되고 있지만, 최근은

그것이 주로 실리콘반도체를 사용한 고체 촬상디바이스로 바뀌고 있다. 또 사무용의 기기 등 2차원의 영상을 취급하는 것에도 화소수의 문제와 Reading 방식 및 기록방식의 제약 등에서 1차원의 고체 촬상디바이스를 사용하는 것도 많다.

고체 촬상디바이스에 사용되는 반도체는 그 제조방법 및 물성면에서 크게 2종류로 나뉜다. 그 하나는 결정실리콘 등의 결정재료이고, 다른 하나는 아몰파스실리콘(무정형상태의 실리콘)이다.

결정실리콘을 사용하는 촬상디바이스의 제조방법은 일반적인 메모리 등의 반도체 디바이스 제조공정과 기본적으로는 같다. 즉, 실리콘의 단결정을 결정방위를 정해서 얇게 슬라이스한 실리콘 웨이퍼를 원재료로서 전극의 Patterning과 이온주입 등의 프로세스를 거쳐 디바이스화 된다. 이것들을 커팅하여 와이어본딩에 의해 배선하고, 케이스에 패키징하여 디바이스로서 완성한다. 결정실리콘을 사용하는 디바이스의 특징은 미세구조를 이루고 있는 것으로 집약된다. 예를 들면 High Definition 텔레비전용의 CCD 촬상디바이스에서는 대각선이 2/3인치 화면 사이즈 내에 수백만 개나 되는 화소를 하나의 디바이스 안에 배열한다.

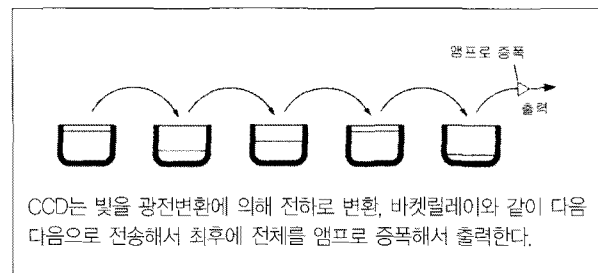


그림1.140 CCD ; 전하전송 순차 읽음

CCD 촬상디바이스는 그림1.140에 나타난 것 같이, 디바이스 안의 수광부분에 입사한 광 강도를 전기신호로 변환해서 전하 형태로 축적해서, 이 신호를 바CKET레이 방식으로 차례차례 옆의 소자에 전달해서, 전체를 앰프(Amp)로 신호증폭하여 출력하는 방법을 취한다. 이 전송방식의 것을 CCD라고 하지만 현재에서는 결정실리콘을 사용한 촬상디바이스의 것을 그렇게 표현하는 정도로 자주 사용되고 있다. 그러나 CCD에도 미약신호를 전송하는 것에 의한 약점이 있고, 전하 전송시의 정도를 높이는 필요성과

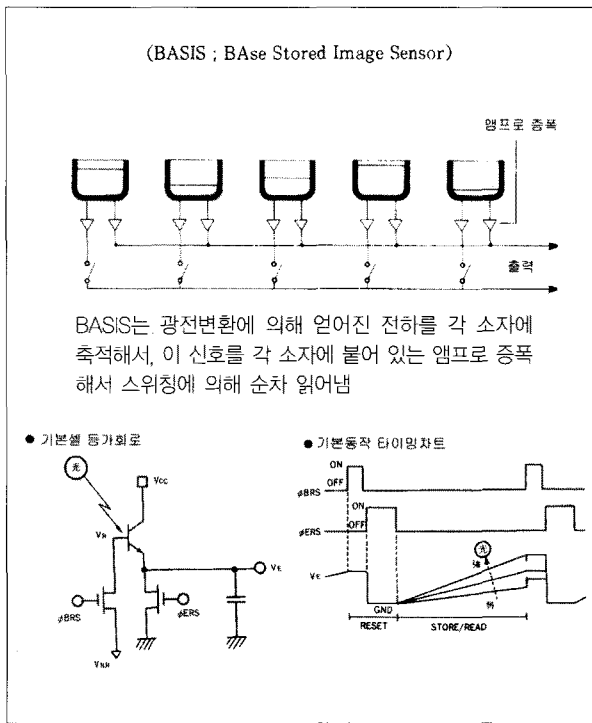


그림1.141 BASIS 원리

노이즈의 혼입을 가능한 배제할 필요가 있다. 이와 같은 CCD에 대한 기본적인 문제를 해결한 BASIS라고 불리는 촬상디바이스가 있다. BASIS는 그림 1.141에 나타나듯이 전하의 형태로 축적된 광 강도 신호를 각 소자마다 붙여 있는 앰프로 증폭해서 스위칭에 의해 정보로서 읽어내는 방법을 취한다.

그림1.142는 BASIS의 사양 일례 등을 나타낸 것이지만, CCD에 대한 BASIS의 이점은 노이즈가 적기 때문에 디바이스로서 본 경우에 감도가 매우 높은 점이다.

아몰파스실리콘을 사용한 촬상디바이스는 CCD와 BASIS(단결정을 사용한 것)와 다르고, 재료는 기본적으로는 실란(silane) 등의 가스를 사용해서 글라스 기판상에 성막(成膜)해서 작성한다. 그림1.143에 디바이스의 작성 프로세스 일례를 나타냈는데, 이 타입의 디바이스 이점은 CCD와 BASIS에 비교해서 큰 면적으로 만들 수 있는 점이다. 그림1.144는 아몰파스실리콘을 사용한 촬상유닛의 예이다. 이 촬상 유닛인 경우는 전술의 Rod렌즈에 의해서 원고등의 정보를 촬상디바이스면 상에 결상시켜, 영상정보를 전기신호로 변환해서 출력한다. 더욱이 Rod렌즈를 제거해서, 디바이스의 수광부분과 원고를 밀착시켜

보다 소형으로 한 촬상유닛도 실용화하고 있다(그림 1.145). 예를 들면 팩스장치는 장치전체를 소형화한 캐논제 CB0032 특징

- 유효화소수 : 512bits
- 화소사이즈(개구부) : 50 μ m \times 1mm
- 포화출력전압 : 1.5V (Typ)
- 감도 : 60V/lx \cdot sec (Typ)
- 잔상 : 0.3%이하
- 수광부에 BASIS를 사용해서 고감도
- 저전압, 저소비전력 : 50mW
- 우수한 출력직선성과 uniformity
- 클럭펄스는 TTL compatible
- 신호출력주파수 : 100kHz

CB0032의 전기광학적 특성
(온도25 $^{\circ}$ C)

| 항목 | 신호 | 조건 | 최소 | 표준 | 최대 | 단위 |
|---------|-------------|-------------------|----|-----|----|-------------------|
| 포화출력전압 | Vsot | Vcc=3.6V | | 1.5 | | V |
| 감도 | S | Vcc=3.6V CM500 | | 60 | | V/lx \cdot sec |
| 감도불균일성 | PRNU | | | 5 | | % |
| 암출력불균일성 | Δ Va | | | 5 | | mV _{r-p} |
| 암전류 | Id | | | | | |
| 감마값 | γ | | | 1 | | - |
| 잔상 | Lag | | | 0.3 | | % |
| 소비전력 | P | | | 5 | | mW |

BASIS의 제품 예

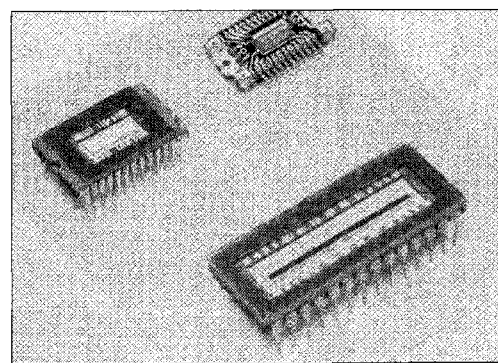


그림1.142 BASIS의 구체 예

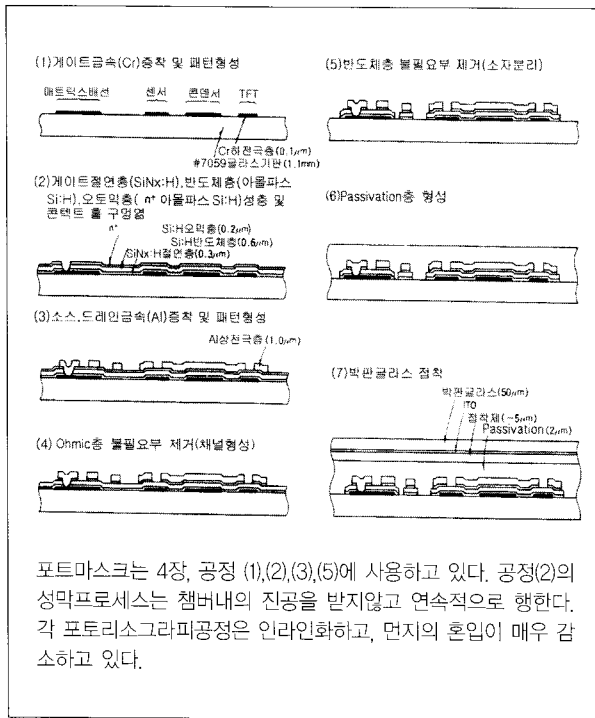
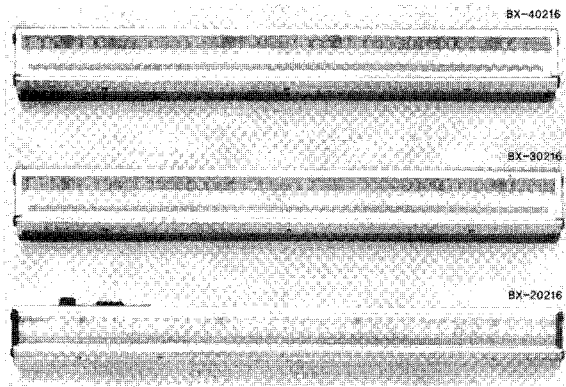


그림1.143 아몰파스실리콘을 사용한 활성디바이스의 프로세스 예

는 요구는 매우 높다. 이와 같은 장치의 원고 Reading부분에 초소형인 촬상유닛이 사용되고 있다(그림1.146). 이 예에선 Lenseless의 촬상유닛에 의해 팩스장치는 매우 소형화되고, 유저가 책상 위에 전화기와 같은 감각으로 두는 것으로 되었다.

고체 촬상디바이스를 사용하는 경우의 유의사항으로서, 수광부분이 많은 비트상의 센서에 의해서 구성되고 있는 것이 기본적 사항으로서 들 수 있다. 즉, 하나하나의 센서는 그 특성이 미세하게 다르다. 빛이 수광부분에 전부 닿고 있지 않은 상태에서 디바이스부터의 출력, 즉 Dark레벨의 출력은 일반적으로 센서마다 약간 다르다. 또, 광 강도와 출력의 비를 감마(gamma)라고 하는데, 이것도 센서마다 약간 다르다. 이와 같은 하나하나의 센서 고유의 차는 계산에 의해 보정하는 것이 가능하기 때문에, 만약에 계측기기 등과 같이 고정도로 영상정보를 취급할 필요가 있는 경우에는 컴퓨터 등을 사용해서 하나하나의 출력보정을 하는 것이 필요하다(그림 1.147). 또, 실리콘의 수광센서의 일반적인 특징이기도 하지만 그림1.148에 나타나듯이 분광감도 분포가 파장이 긴 적외방향으로 높고, 짧은 자외선에 대해서는 거의 감도가 없다고 생각하는 쪽이 좋다.



■ 사양

| | | | |
|---------|----------------|----------------|---------------|
| 기종 | BX-20216 | BX-30216 | BX-40216 |
| 유리리딩폭 | 216mm | 219mm | 220mm |
| 총화소수 | 1738 elements | 2592 elements | 3476 elements |
| 화소밀도 | 8 dot/mm | 300 DPI | 400 DPI |
| 리딩속도 | 5 msec/line | 1.8 msec/line | 1 msec/line |
| 최고출력주파수 | 1MHz | 1.5MHz | 3.5MHz |
| 데이터출력방식 | Analog Output | | |
| 외형치수 | L237×W21×H18mm | L238×W26×H20mm | |

■ BX-20216 전기광학적 특성

| Item | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-------------|------|------|------|-------------------|
| 명(明)출력 | 700 | 800 | 900 | mV |
| 명출력균일성 | -30 | | +30 | % |
| 암(暗)출력(오프셋) | -20 | | +20 | mV |
| 암출력균일성 | | | 20 | mV _{p-p} |
| 직선성(감마) | 0.95 | 1.00 | 1.05 | |
| MTF(4LP/mm) | 40 | | | % |

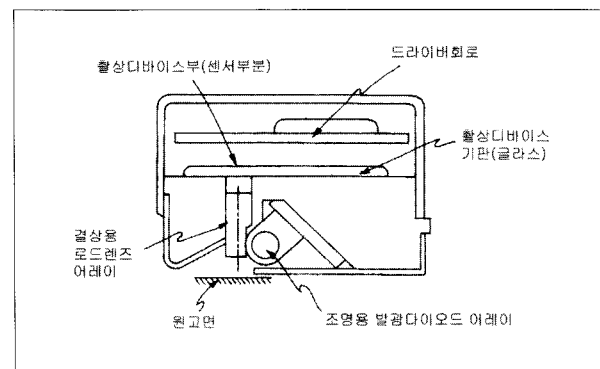
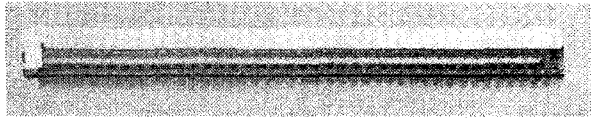


그림1.144 아몰파스실리콘 촬상유닛의 예(케논제 밀착형 이미지센서)

▶▶▶ 지상 공개 강좌

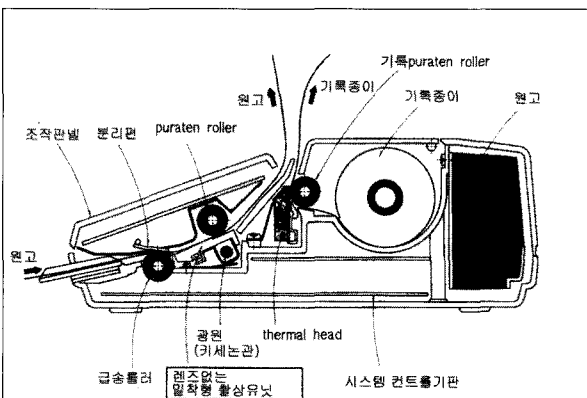


■ 사양

| | |
|---------|----------------|
| 유효리딩폭 | 216mm |
| 총화소수 | 1728 elements |
| 화소밀도 | 8 dot/mm |
| 리딩속도 | 5 msec/line |
| 데이터출력방식 | Analog Output |
| 외형치수 | L240×W21×H10mm |

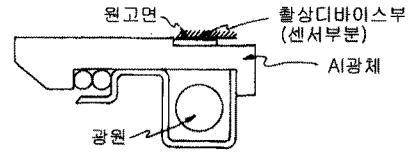
■ 전기광학적 특성/Electrooptical Characteristics

| Item | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-------------|------|------|------|------|
| 명(明)출력 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | V |
| 명출력균일성 | | | ±30 | % |
| 암(暗)출력(오프셋) | 1.5 | 1.7 | 1.9 | V |
| 암출력균일성 | | | 40 | mV |
| 직선성(감마) | | 1.15 | | |
| MTF(4LP/mm) | | 35 | | % |



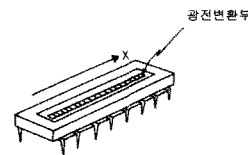
개인용 팩시밀리장치는 소형화가 상품결정의 하나로 된다. 기록종이와 같이 크기가 어느 정도 고정된 장치이기 때문에 원고의 Reading부분은 적으면 적을수록 좋다. 원고는 테이블을 이용해서 반송한다. puraten roller로 원고를 밀착형 촬상유닛으로 밀어 넣는다. Reading계, 기록계(thermal 프린터) 하부에 시스템·컨트롤·유닛 등의 전자부를 장치 끝 부에 전원을 배치해서 방열과 잡음의 영향을 적게 하는 구성으로 하고 있다.

그림1.146 Lensless 촬상유닛의 팩시 밀리로의 응용 예

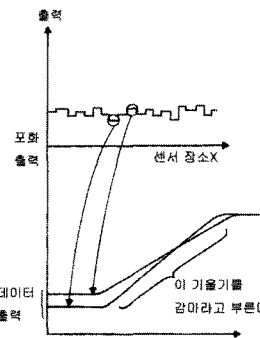


렌즈를 사용하지 않는 촬상유닛은 원고면을 센서의 이면(裏面)에서 조명해서 가능한 한 센서에 가까운 거리에 둔 원고의 반사를 읽는다.

그림1.145 Lensless 촬상유닛의 예(캐는 AX-20216)



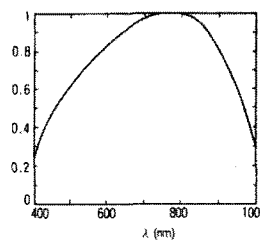
예를들면 1차원 촬상 다이바이스의 광원 변환부는 X방향으로 센서가 다수의 비트 상으로 배열해 있다.



예를들면 빛을 닿지 않는 상태라도(다크레벨) 센서 하나하나의 특성이 다르기 때문에 출력은 약간 다르다.

다크레벨만 아니고, 포화출력에 도달하기까지의 동작 범위 내에서도 특성은 다르다. 만약 치밀한 출력을 필요로 한다면 각 센서비트의 특성을 미리 측정(알고 있는 강도의 빛을 균일 조사해서 측정)해 두어 비트마다 보정하는 것이 바람직하다.

그림1.147 촬상다이바이스의 출력보정



실리콘의 촬상다이바이스에서는 출력피크 위치가 적외(700nm보다 긴 파장)로 되는 것이 많다. 또 자외영역(400nm보다 짧은 파장)의 빛에 대해서는 일반적으로 감도가 낮다.

그림1.148 분광감도 특성 예