

실리콘 광다이오드 어레이를 이용한 초고속 분광분석기 제작

(Fabrication of the Fast Scanning Spectrophotometer Using Si-Photodiode Array)

정만호*

(Man-Ho Jeong)

요 약

배열형 광다이오드인 EG&G Reticon을 사용하여 측정시간이 약 10[ms]인 광측정용 초고속 분광광도계를 제작하였다. 핵심 부품인 배열형 광다이오드의 물리적 특성인 화소의 균일성, 선형성, 분광감응도를 측정하였다. 화소의 균일성과 선형성은 각각 0.5[%] 이내에서 일치하였으며, 분광감응도는 400[nm]에서 900[nm]까지 표준검출기를 사용하여 구하였다. 제작된 분광광도계는 2[nm]의 대역폭으로 측정이 가능하며 측정불확도는 2[%]정도였다. 성능평가를 위해 미표준국의 표준기준물인 2009 didymium 필터와 수은 선광원을 측정한 결과 양호한 값을 얻었다.

Abstract

Fast scanning spectrophotometer for the measurement of light within 10[ms] is fabricated by using EG & G Reticon Si-photodiode array. Physical characteristics of the array detector such as pixel uniformity, linearity, and spectral responsivity are analyzed. The pixel uniformity, linearity is within ± 0.5 [%], and the spectral responsivity is compared with the standard detector in the range of 400~900[nm]. The fabricated spectrophotometer has the bandwidth of 2[nm], and it shows the measurement uncertainty of ± 2 [%]. As the performance tests of the fabricated spectrophotometer, typical results of the spectral measurements of NIST 2009 absorption filter and Hg line source are presented.

1. 서 론

광 측정 분야에서 고체상태 영상센서 특히 많은 수의 광검출기를 집적화한 배열형 다이오드를 분광 분석기용 광검출기로 사용하려는 연구가 최근에 많이 진행되고 있다^{1, 2)}. 이들 검출기는 배열형태인 다

*정회원 : 청주대 광학공학과 전임강사
접수일자 : 1995. 3. 28

중채널로서 넓은 영역의 파장을 측정할 수 있도록 많은 화소로 되어 있으며 크기는 매우 작다. 파장측정용 단색화 장치(monochromator)의 검출기 부분에 사용될 경우 파장을 스캐닝하지 않고 여러 파장에서 한꺼번에 측정할 수 있다는 장점이 있다. 배열 형태의 영상 검출기로 응용되는 장치로는 실리콘 촬상관(silicon vidicon tube), silicon intensified target(SIT) tube, 배열형 광다이오드(photodiode array)와 CCD등이 있다. 실리콘 촬상관, SIT등은 영상 신호를 처리하기 위해서 전자빔을 사용하는데 이 빔을 조절할 때의 불확실성 때문에 정확한 화소를 선택하는 것이 불가능하다. 또한 이들 영상검출기는 높은 복사조도에서 화소들 사이의 상호간섭(cross-talk)의 문제점과 영상신호를 읽어낼때 target의 전하들을 완전히 제거하지 못하는 지연 문제점 등이 있다. 반면에 배열형 광다이오드와 CCD는 IC 기술을 도입하여 만들어진 대표적인 고체 영상소자들이다. 이들은 지연현상을 최소로 줄이며 정확한 화소의 선택을 가능하게 한다. 또한 이들은 성능 대비 가격이 싸고 영상소자의 냉각이 쉬우며 크기도 매우 작다. 이러한 형태의 검출기는 전파장영역에 걸쳐 동시에 샘플을 측정하므로 데이터를 측정하는데 걸리는 시간이 짧으며 S/N비를 증가시킬 수 있다. 이 때문에 높은 복사조도하에서 측정시 발생하는 측정 샘플의 변질에 대한 영향을 극소화시킬 수 있는 장점이 있다.

배열형 실리콘 광다이오드의 응용은 여러 분야에 걸쳐 상당히 많으나, 그 중 대표적인 것은 복사도(radiometry) 및 광도(photometry) 분야에 쓰이는 분광광도계로 특정한 광원의 분광분포를 측정하여 광원의 특성을 조사할 수 있으며 특히 레이저, 섬광광원(flashlamp)과 같은 특수 광원의 특성을 조사할 수 있다^{3, 4)}. 이외에도 광학필터의 특성, 박막의 두께를 측정하여 광학적인 코팅을 정확히 할 수 있도록 한다. 특히 샘플의 색을 측정하는 분광광도계의 경우에 종래에는 회절격자를 기계적으로 회전시켜 각 파장을 측정하였는데 측정시간이 매우 길고 노출시간이 길어 샘플이 손상을 입기 쉬운 단점이 있었으나, 최근에 배열형 광다이오드를 사용하여 전

파장영역을 약 10[ms] 이내에 측정할 수 있는 분광광도계가 상품화 되어 색을 측정할 수 있게 되었다. 그러나 아직 국내에서는 배열형 광다이오드의 물리적 특성, 분광 회절격자의 제작, 광학부의 설계 등에 관한 구체적인 논문이 부족한 상태에 있다.

따라서 본 논문에서는 다이오드의 갯수가 1024개인 EG & G Reticon RL1024G 배열형 광다이오드를 사용하여 초고속 분광광도계를 국산화 할 수 있는 방법을 제시하였으며, 특히 홀로그래픽 분광회절격자를 포함한 광학부의 설계 및 제작, 측정알고리즘, 검출기의 신호처리부의 제작, 배열형 광다이오드의 물리적특성 연구, 그리고 성능평가 결과를 제시하였다.

2. 광학계의 설계 및 제작

배열형 광다이오드형 분광광도계는 약 10[ms]내에 동시에 모든 파장에 걸쳐 측정할 수 있으므로 연속광원(continuous-wave lamp) 및 펄스형 광원(pulsed lamp)을 광원으로 사용할 수 있다. 일반적으로 분광광도계에 사용하는 광원은 모든 파장영역에 걸쳐 거의 일정한 분광분포를 가져야 한다. 만약 어떤 파장에서 분광분포에 틈이 생기거나 또는 급격히 증가 또는 감소하는 값을 갖는다면 배열형 다이오드의 동작영역에 어긋나 광원으로 사용할 수가 없다. 또한 광원으로 사용하려면 작은 측정부위에 충분한 광이 입사되도록 광원의 광도가 매우 높아야 한다. 그러나 배열형 광다이오드를 사용할 경우 노출시간을 조절하여 출력 신호의 크기를 조절할 수 있으므로 비교적 다양한 광원을 사용할 수 있다. 이들 조건에 적합한 광원으로는 연속광원으로 쓸 수 있는 고압의 제논 방전 램프(xenon discharge lamp)와 텅스텐 할로겐 램프가 있으며 펄스형 광원으로 쓸 수 있는 제논 주입 섬광 램프(xenon-filled flash lamp)가 있다. 본 연구에서는 연속 광원인 텅스텐 할로겐 램프를 광원부에 사용하였으며 20[V]의 직류 전압을 공급했을때 색온도가 약 2,800[K]를 나타내었다.

본 연구에서는 분광광도계의 핵심부품인 회절격자

를 홀로그래픽 방법으로 제작하였다. 홀로그래픽 회절격자의 제작 광원으로는 출력이 75(mW)인 He-Cd($\lambda=442$ (nm))를, 그리고 감광재료는 포토레지스트 Shipley AZ-1350J를 사용하였다. 제작과정으로는 먼저 평면도가 $\lambda/10$ 인 유리판을 깨끗이 세척하여 온도 150(°C)에서 30분간 구운후에 유리기판 준비를 끝낸다. 약 10분후 유리기판이 식은 후에 Shipley AZ-1350J 포토레지스트를 스핀도포한다. 유리기판위에 포토레지스트를 떨어뜨린 후 4,000(rpm)으로 30초간 스핀도포하면 1.7(μm) 두께의 균일한 박막을 얻을 수 있다. 코팅이 끝난 후에 80(°C)에서 30분간 굽는다. 이제 감광판을 홀로그래픽 회절격자 제작장치에 설치한 후에 He-Cd 레이저를 조사시키면 양쪽에서 조사된 레이저 빛이 서로 간섭 현상을 일으켜 간격이 균일한 격자가 기록된다. 기록 후에 현상액 D-450으로 현상하여 세척하고 120(°C)에서 30분간 구웠다. 이제 이렇게 제작된 투과형 회절격자에 알루미늄을 진공증착하여 반사형 회절격자를 제작하였다. 본 연구에서는 1,200(lines/mm)인회절격자를 제작하였으며 회절효율은 80(%) 정도였다.

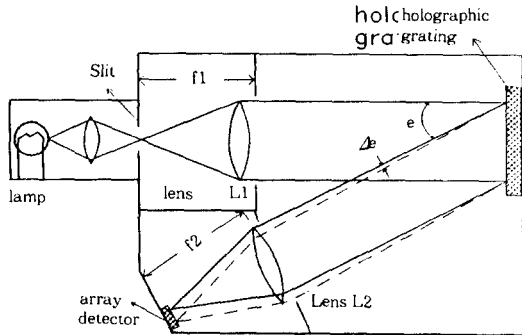


그림 1. 배열형 광다이오드 분광광도계의 광학구조
Fig. 1. Optical system of the photodiode array spectrophotometer.

그림 1에 배열형 광다이오드를 이용한 분광광도계의 기본구조를 나타내었다. 분광광도계는 광원부와 분광부 그리고 검출부로 크게 나눌 수 있다. 그림 1에 나타난 바와같이 광원에서 나온 빛은 집속렌즈(condensing lens)에 의해 빛이 모아진 다음에 측정하려는 샘플을 지나 입력 슬릿 S_1 을 통과한 후 렌즈

L_1 에 의해 평행광으로 만들어진다. 평행광은 공간주파수가 1,200(lines/mm)인 회절격자로 이루어진 분광부에 입사된 후 회절되어 렌즈 L_2 에 의해 집속되어 검출부인 배열형 광다이오드에 입사된다. 이때 배열형 광다이오드에 모든 파장의 빛이 입사되므로 동시에 모든 파장별 분광 분포를 측정 할 수 있게 된다. 광학장치를 구성하기 위해서는 필요한 슬릿의 크기 및 렌즈 L_1, L_2 의 초점을 정해야 한다. 먼저 회절격자의 회절 방정식으로 부터 식 (1)을 쓸 수 있다⁵⁾.

$$2d\sin\theta = \lambda \tag{1}$$

이때 d 는 회절격자의 간격, λ 는 광원의 파장, θ 는 회절격자에 들어오는 빛이 회절격자면의 수직선과 이루는 입사각이다.

또한 회절격자의 각도분산(angular dispersion)은 식 (2)와 같다.

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{1}{2d\cos\theta} \tag{2}$$

본 연구에서는 공간주파수가 1,200(lines/mm) 즉 격자간격 $d=0.83(\mu\text{m})$ 인 투과형 홀로그래픽 회절격자를 분광소자로 사용하였다. 회절격자면에 수직 입사인 경우 $\theta=0^\circ$ 이므로 측정하려는 파장범위를 300(nm)에서 700(nm)로 할 경우 $\Delta\lambda=0.4(\mu\text{m})$ 이다. 따라서 $\Delta\theta=0.24$ radian이 된다.

회절격자의 선형분산(linear dispersion)은 식 (3)과 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta x_2 = f_2 \cdot \Delta\theta \tag{3}$$

이때 f_2 는 렌즈 L_2 의 초점거리이다. 본 연구에서 사용하고자 하는 배열형 광다이오드는 EG & G Rdticon RL 1024G 로서 화소의 수는 1,024개이다. 화소 하나의 폭은 25(μm) 이므로 전체 길이는 25.6(mm)가 된다. 따라서 $\Delta x_2=25.6$ (mm)가 되므로 렌즈 L_2 의 초점거리 $f_2=106.6$ (mm)가 된다. 이제 전체 분광분석기의 측정신호의 대역폭을 1.5(nm)로 하면 1.5(nm)에 해당하는 배열형 광다이오드에서의 필요한 다이오드의 폭은 파장범위 400(nm)에 해당하는 다이오드의 전체폭이 25.6(mm)이므로 96(μ

m)가 된다. 따라서 슬릿의 폭을 $96(\mu\text{m})$ 로 하면 렌즈 L_1 의 초점거리 f_1 은 렌즈 L_2 의 초점거리 f_2 와 같은 것을 쓰면 된다. 본 연구에서는 슬릿의 폭이 $96(\mu\text{m})$ 인 것이 상용제품으로 구하기 어려워 $100(\mu\text{m})$ 인 것을 사용하였으며 렌즈는 초점거리가 $100(\text{mm})$ 인 것을 사용하였다.

3. 신오지리부 제작

배열형 실리콘 광다이오드의 기본구조는 n형 실리콘 기판에 여러개의 p형 실리콘바(bar)를 확산시킨 것이다. 다이오드와 다이오드간의 중심에서 중심까지의 거리는 스캔 방향에서의 분해능을 의미하며 감지면적은 배열형 광다이오드를 덮고 있는 금속 마스크에 의해 결정된다. 감지면적에 입사된 빛은 다이오드내에 전하를 형성시키며 빛의 노출 시간 동안 이들 전하는 축적되었다가 디지털 쉬프트 레지스터에 의해 순차적으로 영상신호로써 출력단에 나타난다. 그런데 p형 실리콘 바와 마찬가지로 n형 실리콘 바 역시 광에 대해 민감하기 때문에 전하가 생성되며 이들은 인접한 양쪽의 p형 다이오드에 이상적으로 나뉘어진다. 일반적으로 배열형 실리콘 광다이오드는 측정 파장영역이 $185\sim 1,100(\text{nm})$ 에 이르나 보통 상용되는 배열형 검출기는 $300\sim 1,100(\text{nm})$ 의 파장영역에서 사용가능하며 특별히 자외선 영역이나

혹은 근적외선 영역에서 사용할 경우 별도로 상용화된 제품을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들은 빛의 퍼짐(blooming)과 지연에 관한 문제가 거의 없다는 장점이 있다.

그림 2에 본 연구에 사용된 Reticon RL 1024G의 기본 전자 등가회로를 나타내었다⁶⁾. 화소 클럭(pixel clock)이 쉬프트 레지스터에 인가된 후 스타트 펄스(start pulse)가 들어 오면 순차적으로 각 화소를 연결하는데 화소 클럭의 반주기후 나머지 반주기 동안 리세트 펄스(reset pulse)를 재충전 게이트(recharge gate)로 보내면 이때 재충전 게이트가 ON되어 recharge line(virtual ground)에 연결되는데 이 때문에 다이오드에 포화 캐패시턴스 Q_{sat} ($+5[V]$)가 저장된다. 이렇게 하여 순차적으로 모든 화소에 Q_{sat} 를 저장시킨다. 이것을 첫번째 스타트 사이클(start cycle)이라 하며 이 기간 동안에 결국 모든 화소에 Q_{sat} 를 저장시키게 되며 마지막 화소를 저장시킨후 스타트 펄스를 지연시켜서 노출시간을 조절한다. 이제 또다시 스타트 펄스가 들어오면 화소 클럭의 반주기 동안 첫번째 쉬프트 레지스터의 스위치를 닫아 첫번째 화소에 생성된 전하가 방전된다. 이 전하는 영상 버퍼(video buffer)로 흘러나와 증폭되는데 buffer supply에 $-10[V]$ 가 걸려 있으므로 음 전압신호가 전단증폭기로 간다. 이 신호는 증폭된 후 샘플링 되어 홀드 캐패시터(hold ca-

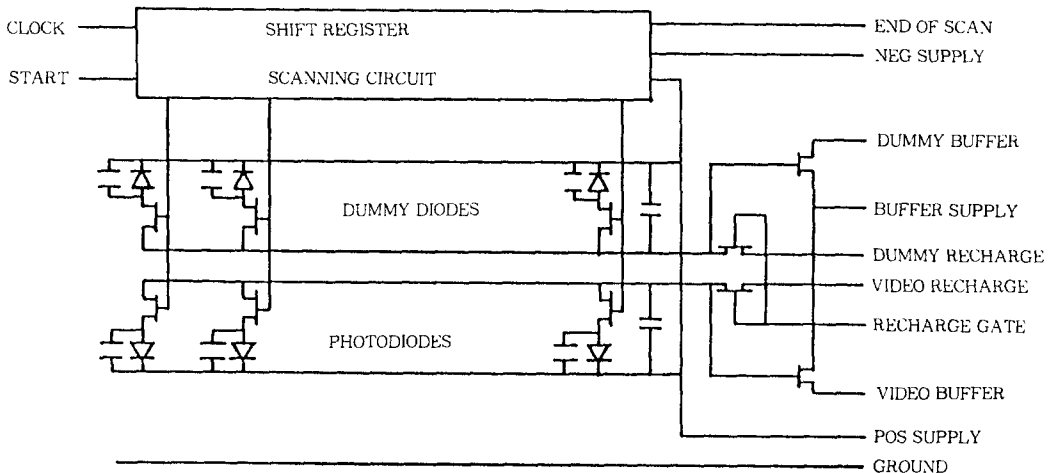


그림 2. RL1024G 배열형 광다이오드의 등가회로
Fig. 2. Simplified equivalent circuit for RL1024G Si-photodiode array

pacitor)로 간다. 화소 클럭의 반주기 후 재충전게이트로 연결하여 첫번째 화소를 다음의 적분 기간을 위하여 리셋 시켜 Q_{sat} 을 저장시킨다. 화소 클럭의 한주기가 끝난후 다시 두번째 화소를 연결하게 된다. 이렇게 하여 각 화소에 생성된 신호를 전단증폭기로 보내 증폭하여 순차적인 영상신호를 얻게된다.

RL 1024G와 같은 Reticon G계열의 배열형 검출기는 영상신호를 얻는 방식에 따라 전류모우드 방법과 전압모우드 방법이 있다⁶⁾. 전류모우드의 경우 재충전 게이트를 negative supply pin에 연결하여 bias ON 시키며 signal line은 영상 재충전라인(video recharge line)과 더미 재충전라인(dummy recharge line)을 사용한다. 이들 영상 재충전라인과 더미 재충전라인은 차등 전단증폭기에 연결되는데, 영상 재충전 라인에는 실제로 빛에 의해 생성된 신호와 검출기 자체의 잡음의 합으로된 신호가 흘러나오며, 더미 재충전라인에는 순수한 검출기의 잡음신호로 흘러나오므로 차등 전단증폭기에서는 이들이 서로 상쇄되어 배열형 검출기의 잡음이 제거되고 오직 빛에 의해 생성된 신호가 영상신호로 증폭되어 나오게 된다. 전류 모우드의 경우 사용하지 않는 버퍼 서플라이, 더미 버퍼 및 영상 버퍼는 모두 positive supply pin에 연결하여 bias OFF 시킨다.

전압 모우드의 경우 신호라인으로 사용하는 것은 영상버퍼와 더미버퍼로서 검출기 안에 각각의 버퍼 증폭기가 있어서 영상버퍼 신호와 더미버퍼 신호를 전압모우드로 바꾸어 외부의 차등 전단증폭기로 보낸다. 이때 전류모우드에서와 마찬가지로 검출기의 잡음이 제거되고 순수한 영상신호가 증폭된다. 전압 모우드의 경우 재충전게이트는 첫번째 화소가 읽혀

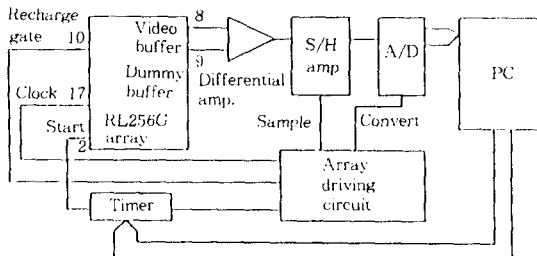


그림 3. 전압모우드 샘플 - 홀드 신호처리 회로도의 기본구조
Fig. 3. Block diagram of simplified voltage mode sample and hold signal processing circuit

진 후 두번째 화소가 읽혀지기전에 음(-)펄스를 보내 영상라인을 리셋 시키는 역할을 한다. 본 연구에서는 전압모우드 방법을 사용하였으며 그림 3에 전압모우드로 연결된 신호처리회로를 나타내었다.

4. 측정 알고리즘

먼저 시료의 정확한 복사조도 분포를 측정하기 위해서는 배열형 광다이오드의 파장교정 및 분광감응도를 측정해야 한다. 먼저 분광감응도는 파장별 분광감응도를 알고 있는 표준검출기와 비교 측정하여 구하였으며 파장교정은 파장별 분광강도분포를 알고 있는 표준전구를 사용하여 256개의 채널에 대응시켰다. 이제 이러한 데이터를 입력시킨 후에 측정을 시작하는데 처음에 하드웨어를 초기화 시켜 배열형 광다이오드의 암전류(dark current)를 측정한다. 그

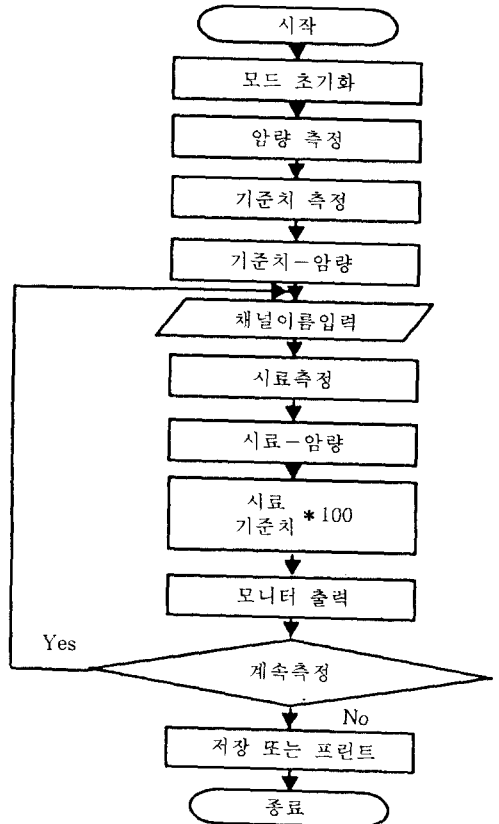


그림 4. 측정프로그램 순서도
Fig. 4. Flow chart of the measurement program

다음 시료를 거치지 않은 광원으로 부터의 광량을 측정하여 이 값에서 암량을 빼서 실제의 기준값으로 삼는다. 측정하려는 시료를 부착한 후에 시료에 광원을 입사시켜 시료값을 구한다. 이때도 마찬가지로 암량을 제거한다. 시료의 투과율은 시료값을 기준으로 나눈값이 된다. 그림 4에 측정 프로그램의 순서도를 나타내었다.

5. 측정결과 및 논의

배열형 검출기를 이용한 분광분석기를 제작하기 위해서는 배열형 검출기의 각 화소의 특성을 분석하여야 한다. 중요한 특성 파라미터로는 각 화소의 균일성(uniformity), 선형성(linearity), 분광감응도(spectral responsivity) 그리고 빛의 퍼짐(blooming)등이 있다. 화소의 균일성은 어떤 일정량의 균일한 분포를 갖는 빛을 모든 화소에 입사시켰을때 각각의 화소의 출력 값이 동일한 량인가를 나타낸다. 균일성을 측정하기 위하여는 먼저 측정면적에 균일한 복사조도분포를 얻어야 한다. 사용한 광원은 텅스텐 램프였으며 적분구를 통과시켜 출구에서 나온 빛이 균일하게 하였다. 출구앞에 중심파장이 550[nm], 대역폭이 10[nm]인 간섭필터를 놓아 파장을 선택한 후 빔을 확산시켰다. 그림 5에 균일성 측정장치를 나타내었다. 균일성 측정장치를 구성할때 주의할 사항은 출구에서 확산되어 나오는 빛의 복사조도를 측정대상인 배열형 검출기의 선형성 영역에 맞추어야 한다는 것이다. 본 연구에서는 출구에서 나

온 빛의 복사조도가 약 $4[\mu W/cm^2]$ 정도 되도록 텅스텐 램프의 출력을 조절하였다. 적분구는 직경 20[cm], 입구 및 출구의 직경 3[cm]인 것을 사용하였다. 이제 적분구의 출구로 부터 확산되어 나온 빛을 직경이 10[cm] 정도 되게한 후 상하 좌우를 각각 6등분(36개 지점)하여 이 가운데 12군데의 빛의 세기를 직경이 1[cm]인 실리콘 검출기를 사용하여 측정한 결과 동일한 값을 얻었다. 이제 실리콘 광다이오드 배열형 검출기인 Reticon RL 1024G를 놓고 스캔하여 측정한 결과 $\pm 0.5[\%]$ 이내에서 일정하였으며, RL 1024G의 처음 5군데 화소와 끝부분의 5군데 화소는 스캐닝 펄스의 스타트와 스캐닝 종료(end of scanning 펄스 부분)이므로 일정하지 않았다.

배열형 검출기의 선형성은 균일한 복사조도 분포를 갖는 빛을 모든 화소에 입사시켰을 때 입사 빛의 복사조도를 변화시킴에 따라 선형적으로 출력값이 변하는 가를 나타낸다. 선형성을 측정하기 위해서 그림 5와 같은 균일성 측정장치를 이용하였다. 먼저 그림 5에서 간섭필터를 통과한 빛의 세기를 I_1 이라 할때 절대적인 감응도 값을 알고 있는 검출기로 교정된 표준검출기(standard detector)를 놓고 I_1 을 측정하였다. 이제 배열형 검출기인 RL1024G를 표준검출기 대신에 검출기 위치에 놓고 스캐닝 시켜 빛의 세기 I_1 에 해당하는 출력값을 측정하였으며 이때의 배열형 검출기의 출력값을 E_1 이라 하였다. 다음에 빛의 세기를 변화시키기 위해 광학 밀도 필터(optical density filter)를 간섭 필터 앞에 설치 하였으며, 표준검출기로 측정한 빛의 세기 I_2 에 해당하는 출력을 측정하여 그 값을 E_2 라 하였다. 이러한 과정을 여러번 반복하여 선형성을 측정하였으며 그림 6에 측정결과를 나타내었다. 측정 결과 RL 계열의 Reticon 배열형 검출기의 선형 영역이 $0.04[\mu W/cm^2]$ 부터 $4[\mu W/cm^2]$ 까지의 복사조도 값에 존재하는 것을 알 수 있었으며 이 영역에서 $0.5[\%]$ 이내의 선형도를 나타내었다.

분광 감응도는 파장별로 검출기에 단위면적당 $1[W/cm^2]$ 의 빛이 입사했을때의 출력전류를 나타내는 것으로 결국 파장별로 입사된 빛을 검지할 수 있는

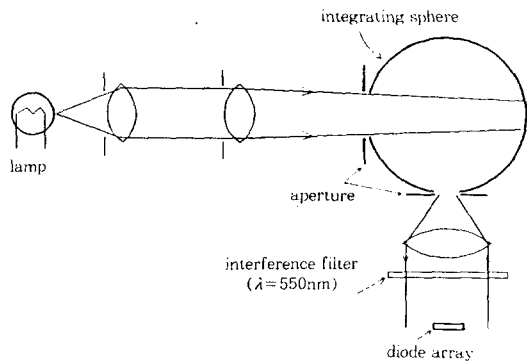


그림 5. 균일성 측정을 위한 광학장치도
Fig. 5. Optical system for measuring the uniformity

능력을 나타낸다. 일반적으로 실리콘 검출기는 자외선 파장영역인 300[nm]에서부터 근적외선 영역인 1.1[μm]의 파장까지 사용할 수 있다. EG&G RL 1024G 배열형 광다이오드의 분광 감응도를 측정하기 위해 절대적인 검출기인 UV444B 실리콘 검출기를 사용하여 파장 300[nm]에서 900[nm]까지 측정하였다. 그림 7에 측정된 RL 1024G의 결과를

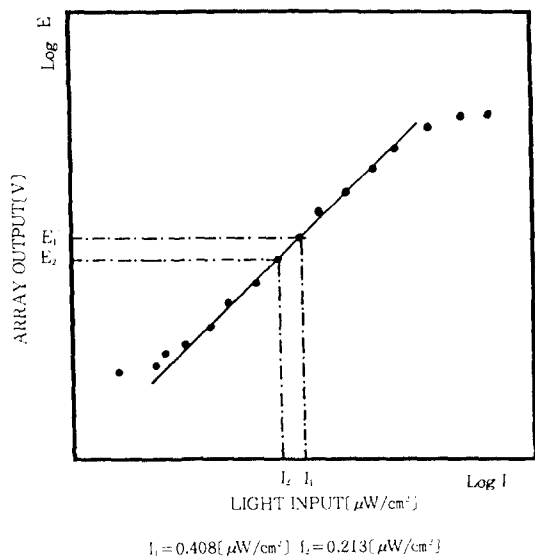


그림 6. RL 1024G의 선형도
Fig. 6. Linearity of the Reticon RL 1024G diode array

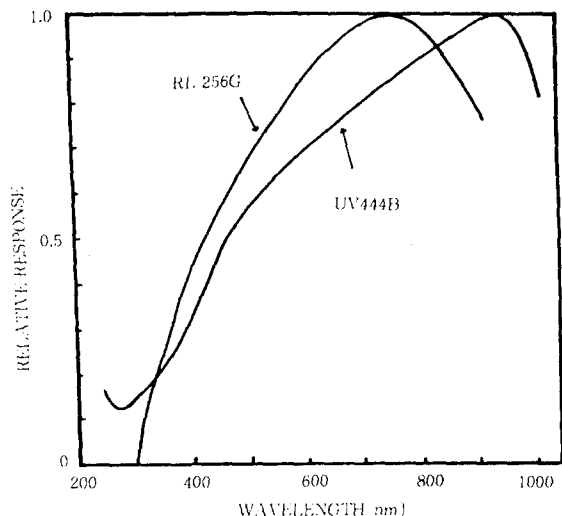


그림 7. UV444B와 비교 측정된 RL 1024G의 분광감응도
Fig. 7. Spectral response curve of the RL 1024G compared with silicon detector UV444B

UV444B의 분광감응도와 함께 나타내었다. 측정결과 본 연구에서 사용한 RL 계열의 배열형 실리콘 광다이오드는 400~800[nm]까지의 가시광선 영역에서는 실리콘 광검출기 UV444B 보다 분광감응도가 높은 것으로 나타났으나, 300[nm] 이하의 파장에서의 감응도는 실리콘 광검출기 UV444B 보다 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났다.

본 연구에서 제작된 분광분석기의 성능을 평가하기 위하여 분광분석기의 파장 측정용으로 사용되는 미표준국의 표준기준물인 Material 2009 didymium glass filter의 파장별 투과율을 측정하였다. 그림 8

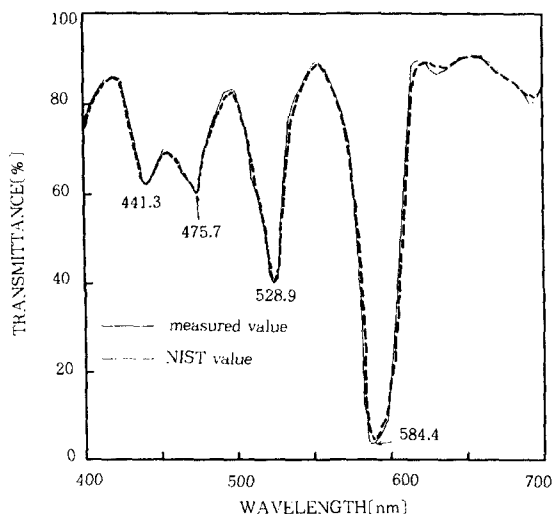


그림 8. NIST 2009 didymium 필터의 분광투과율 측정값
Fig. 8. Measured spectral transmittance of the NIST didymium glass filter compared with the NIST calibration curve

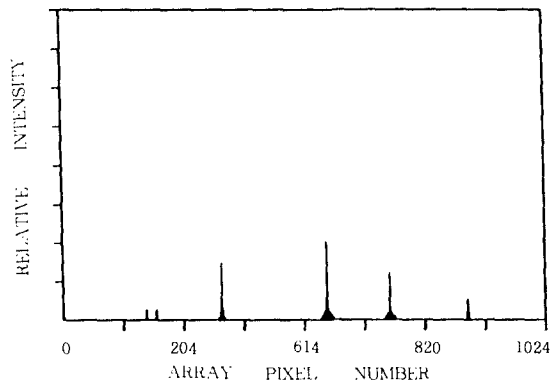


그림 9. 수은 선광원의 파장별 상대분광분포 측정값
Fig. 9. Measured relative spectral distribution of the Hg line source

에 RL 256G를 사용한 분광분석기를 이용하여 측정된 didymium 필터의 분광 투과율을 나타내었으며, 미표준국의 측정표준값과 비교하였다. 실선은 본 연구에서 제작된 분광분석기로 측정된 값이며 점선은 미표준국 표준값이다. Didymium filter를 사용하여 측정된 결과를 분석해 볼때 측정 대역폭은 10(nm)로 하였는데 미표준국 표준측정값과 비교해볼때 좋은 결과를 얻은 것으로 여겨지며, 가시광선 영역에서 물질의 흡수스펙트럼 측정시 좋은 결과를 얻을 수 있는 것으로 판단된다. 측정된 결과의 측정불확도는 약 2[%]정도로 이는 배열형 검출기의 선형성, 광원의 안정도, 그리고 계기오차를 포함한 값이다. 광원의 특성을 조사하기 위하여 ORIEL 제품인 수은광원을 측정하였다. 그림 9는 분해능을 2(nm)로 향상시키기 위하여 RL 1024G를 사용하여 본 연구에서 제작된 분광분석기를 사용하여 측정된 것이다. 수은 라인의 광원을 사용하여 측정된 결과를 분석해 볼때 수은등의 line peak 및 상대적인 빛의 세기 등 좋은 결과를 얻었다.

6. 결론

배열형 광다이오드인 EG & G RL1024G의 물리적 특성을 분석하고 배열형 광다이오드를 사용하여 초고속 분광광도계를 제작하였다. 배열형 광다이오드의 물리적 특성을 측정된 결과 선형성, 균일성 등은 우수하였으며 빛의 퍼짐정도는 화소 1개의 폭에 해당하는 빛이 입사할 경우 인접한 3개의 화소에 빛이 퍼짐을 관찰하였다. 본 연구를 통해볼 때 측정 분해능이 약 2(nm)인 경우까지는 측정 가능하므로 광원의 분광분포 측정 및 물체의 색측정에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구 결과를 토대로 하면 배열형 광다이오드를 사용하여 측정과장 영역을 자외선에서 근적외선 까지 확대시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Ronald K. Hopwood, "Design considerations for a solid-state image sensing system". Proceedings of

SPIE, Vol.230, 1980.

- 2) Hsin-Fu Tseng, John Robert Ambrose, and Masoud Fattahl, "Evolution of the Solid-state image sensor" Journal of Imaging Science, Vol.29, pp. 1~7, 1985.
- 3) H H. Schlemmer and M Maechler, "Diode array spectrometer : an optimised design" J. Phys. E : Sci. Instrum., Vol.18, pp. 914~919, 1985.
- 4) Klaus-P. Koch, Meinrad Maechler, and Franz Glueck, "Application of diode array spectrometers in microscope photometry". Rev. Sci. Instrum. Vol.56, pp. 2243~2247, 1985.
- 5) Jurgen R. Meyer-Arendt, "Introduction to classical and modern optics", Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- 6) EG&G Reticon Technical manual "Image sensing Products".

◇ 著 者 紹 介 ◇



정 만 호(鄭滿鎬)

1957년 2월27일생. 1979년 한국항공대학교 전자통신공학과 졸. 1981년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸(석사). 1989년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸(박사). 1984년~1995년 한국표준과학연구원 광학연구실 선임연구원. 현재 청주대학교 광학공학과 전임강사.