

# KRISS 분광감응도 표준기용 실리콘 광다이오드 포획검출기

## Silicon photodiode trap detectors as KRISS spectral responsivity standards

이동훈, 박승남

한국표준과학연구원(KRISS) 광도복사도그룹

snpark@kriss.re.kr

포획검출기(trap detector)는 측정하려는 빛이 검출표면을 여러 번 비추도록 하여 표면반사로 인한 손실을 보상하고 검출효율을 높인 광검출기이다. 특히 내부손실이 매우 적은 실리콘 광다이오드를 사용하여 포획검출기를 구성하면 100 %에 가까운 양자효율을 얻을 수 있고 검출표면에서의 감응 균일도도 향상되므로 많은 국가표준 대표기관에서 이러한 실리콘 광다이오드 포획검출기를 검출기 분광감응도(spectral responsivity) 표준기로써 광도 및 복사도 표준소급체계에 활용하고 있다.<sup>(1)</sup>

한국표준과학연구원(KRISS)은 현재까지 분광감응도 전달표준기(transfer standard)로 사용하고 있는 포획검출기(QED200, Graseby Optronics)의 단점을 보완하기 위하여 새로이 실리콘 포획검출기를 제작하고 특성을 평가하고 있다. 이 포획검출기는 반사형과 투과형 두 종류이며 각각 열광원 및 레이저광원을 이용한 측정에 적합하도록 설계하였다. 그림 1은 반사형과 투과형 포획검출기의 개략적 구성을 빛의 진행경로와 함께 보여준다. 반사형은 세 개, 투과형은 네 개의 고효율 실리콘 광다이오드(S6337-01, Hamamatsu, 검출면적 18 x 18 mm<sup>2</sup>)로 구성되었으며 빛이 검출표면에 맞는 회수는 반사형이 다섯 번, 투과형이 네 번이다.

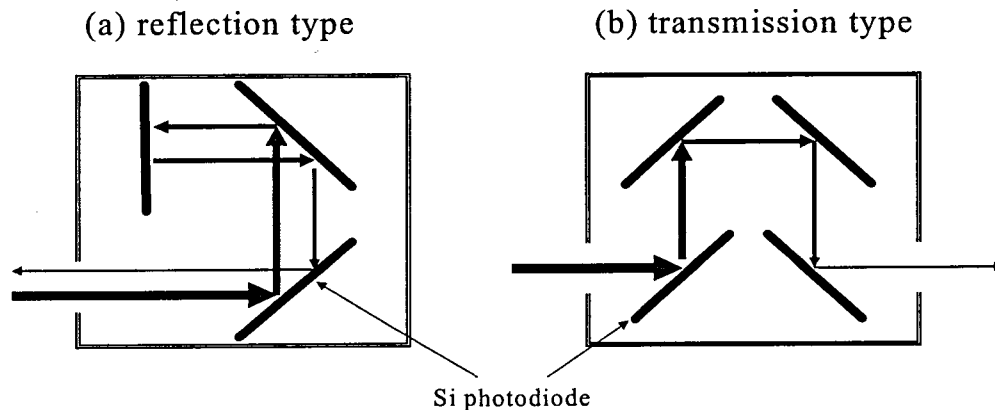


그림 1. 포획검출기 종류, (a) 반사형, (b) 투과형.

제작한 반사형 포획검출기는 들어오는 빛의 편광에 무관하게 일정한 감응도를 가지는 구조로 되어 있어 사용되는 광원에 제한 없이 널리 사용될 수 있으나 정밀한 반사율 측정이 어려워 내부 양자효율 등 사용된 광다이오드의 특성을 정확히 평가하기 어려운 단점이 있다. 한편, 투과형 포획검출기는 편광에 따라 감응도가 틀린 구조로써 단일편광 광원만을 사용해야 하나 투과율을 정확하고 쉽게 측정함으로써 광다이오드의 정확한 특성평가가 가능한 장점이 있다<sup>(2)</sup>. 따라서 우리는 투과형 포획검출기를 레이저 장치에서 사용하는 표준유지용 분광감응도 전달표준기로써, 그리고 반사형 포획검출기를 레이저 외의

다양한 광원에서 광도계 교정 및 제작에 사용하는 실용적 분광감응도 전달표준기로서 활용할 계획이다. 포획검출기를 분광감응도 표준기로 사용하기 위하여서는 모든 검출과장 영역에 대한 분광감응도, 검출표면의 감응 균일도, 검출신호의 선형성, 빛의 편광 및 입사각에 따른 신호변화 등을 정확하게 측정하여 불확도 평가를 수행해야 한다. 또한, 일차표준기로 사용될 투과형의 경우 파장에 따른 투과율을 정확히 측정하면 내부 양자효율을 계산할 수 있으며 이는 현재 제한된 레이저 파장에서만 가능한 절대 분광감응도 측정결과를 일정한 불확도 내에서 연속적인 파장영역으로 확장하는데 필수적인 정보가 된다<sup>(3)</sup>. 본 발표에서는 제작된 포획검출기의 중요한 특성인 분광감응도, 검출표면의 감응 균일도, 투과형 포획검출기의 파장에 따른 투과율 측정 결과를 소개한다.

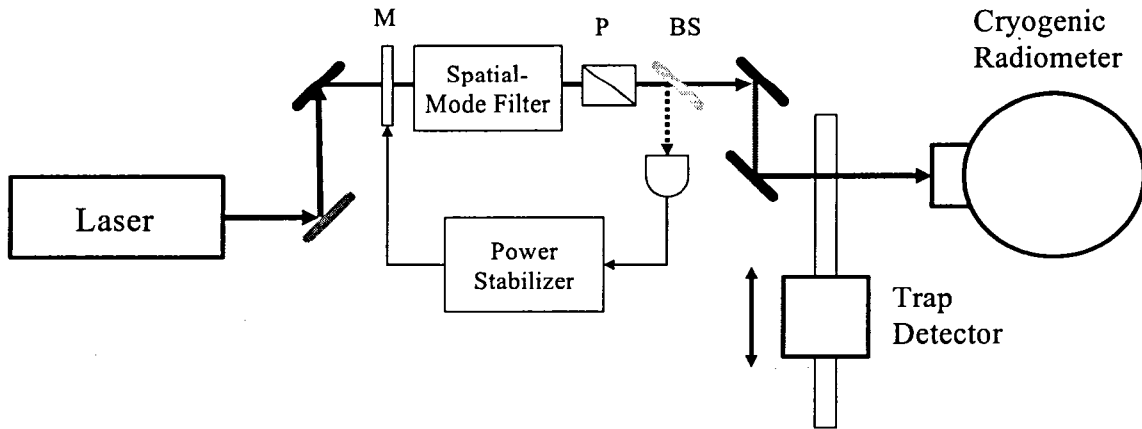


그림 2. KRISS 복사도 일차표준장치 구성, M: intensity modulator, P: polarizer, BS: beam splitter.

분광감응도는 현재 운용 중인 QED200 분광감응도 표준기와 상대비교를 통하여 측정하였으며 QED200 표준기의 분광감응도 절대값(불확도 0.12 %,  $k=2$ )은 레이저와 극저온 복사계(cryogenic radiometer)로 구성된 KRISS 복사도 일차표준장치에서 측정하였다. 그림 2는 복사도 일차표준장치의 구성을 개략적으로 보여준다. 레이저는 Ar-Kr 혼합가스 이온레이저로 출력파장을 476 nm에서 676 nm 사이 9개 값에서 선택할 수 있으며 공간모드필터와 출력안정화장치를 통과하여 각 파장별로 출력 0.1 mW 이상, 지름 약 4 mm의 균일한 원형 단면을 가지는 선속을 출력한다. 출력안정도는 수십 초 측정시간에서 0.001 %( $1\sigma$ )로 측정되었다. 투과형 포획검출기의 파장에 따른 투과율도 그림 2의 장치에서 측정하였으나 다만 극저온 복사계 자리에 QED200 표준기를 사용하고 이동판 위에는 투과율 측정대상 포획검출기를 장착하였다. 검출표면의 감응 균일도는 레이저를 비춘 검출기를 X-Y 방향으로 미세하게 이동하면서 각 점에서의 신호를 기록하여 측정하였다.

이와 같은 기본적 특성을 측정, 평가하고 분광감응도 절대값을 복사도 일차표준장치에서 직접 극저온 복사계로 측정한 후 최종적인 불확도 분석을 마치면 비로소 제작한 포획검출기들을 분광감응도 표준기로 사용할 수 있게 되다.

1. N. P. Fox, "Trap Detectors and their Properties", Metrologia 28, 197-202 (1991)
2. J. L. Gardner, "A four-element transmission trap detector", Metrologia 32, 469-472 (1995/96)
3. T. R. Gentile, J. M. Houston, C. L. Cromer, "Realization of a scale of absolute spectral response using the National Institute of Standards and Technology high-accuracy cryogenic radiometer", Applied Optics 35, 4392-4403 (1996)

