

## 광학 분석 시스템용 수·발광 소자 집적 모듈 개발

송홍주<sup>1,2</sup>, 이준호<sup>1</sup>, 박종환<sup>1,2</sup>, 한철구<sup>1</sup>, 박정호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>전자부품연구원 화합물반도체소자연구센터, <sup>2</sup>고려대학교 전기전자전파공학과

본 발표에서는 광학적 분석 시스템에 적용 가능한 발광소자(광원)와 수광소자(광센서)를 집적화시키는 모듈(수·발광 집적모듈) 기술을 제시하고자 한다. 이러한 수·발광 집적모듈은 다양한 응용 분야에 적용 될 수 있다. 예를 들어, 광신호 감지를 위한 광통신용 송-수신 모듈(optical communication), 의료/진단 분야에서 단백질/DNA/박테리아 등의 검출 및 분석에 관한 바이오 센서(bio-sensor), 그리고 대기(가스)/수질 모니터링에 관한 환경센서 등 매우 광범위한 분야에 해당되는 요소 기술이라 할 수 있다. 특히, 이들 분야들 중 바이오 물질을 분석하고 검출하는 광학적 바이오 센서 기술은 높은 경제적 가치와 산업적 성장 잠재력으로 인해 오랫동안 활발한 연구가 진행되어 오고 있다. 이러한 광학적 바이오 센서에서 가장 범용적인 방법 중 하나가 항온-항체 면역반응을 기반으로 하는 형광 검출(fluorescence detection) 기법이다. 이러한 시스템은 전체적으로 광원, 광학계, 그리고 센서로 구성되는데 기존에 일반적으로 사용되고 있는 형광 현미경의 경우는 민감도가 우수하다는 장점은 있으나 상당히 고가이고 부피가 크며 복잡한 광학구성으로 이루어져 있다는 한계점을 가지고 있다. 이러한 맥락에서 고민감을 확보하면서 휴대성, 고속처리, 저가 등의 특성을 가진 시스템에 대한 요구가 갈수록 증가하고 있다. 이를 해결하기 위한 핵심기술 중의 하나가 수·발광 부분을 집적화 시키는 기술이라 할 수 있다.

본 연구에서는 바이오 센서 기술의 하나로서 형광을 측정하여 혈액내의 진단 지표인자를 검출할 수 있는 휴대용 혈액진단기기에 적용되는 소형 수·발광 집적 모듈을 개발하였다. 혈액내의 검출 성분의 양에 따라 형광의 세기가 변화하게 됨으로써 정량적인 검출이 가능한 원리이다. 모듈의 구조는 크게 광원(발광소자), 광학계, 그리고 광센서(수광소자) 세 영역으로 나누어 진다. 광원은 635 nm 적색 레이저다이오드로서 형광체(Alexa Fluor 647/발광파장: 668 nm)를 여기 시키는 기능을 하며 장착된 볼렌즈 의해 샘플의 형광체 영역으로 집광된다. 광학계는 크게 시준렌즈(collimating lens)와 광학필터로 구성됨으로써 샘플로부터 발생하는 광을 적절하게 수광소자로 전달하는 기능을 하게 된다. 여기서 광학필터의 경우는 기본적으로 Distributed Bragg's Reflector(DBR) 구조로써 실리콘(Si) 포토다이오드 상부에 모노리식(monolithic)하게 형성되며 검출 샘플로부터 진행되는 레이저 광(잡음의 주원인)은 차단하고 형광(광신호)만 통과시키는 기능을 하게 된다. 따라서 신호 대 잡음비(S/N ratio)를 향상시키기 위해서는 정밀한 광 필터링 기능이 요구됨으로써 박막의 세밀한 공정 조건과 구조적-광학적 특성 분석이 수행되었

다. 마지막으로 포토다이오드 소자는 일반적인 구조 이외에 중앙에 원형 구멍이 형성된 특별한 구조가 적용된다. 이것은 포토다이오드 구조에 변화를 줌으로써 모듈 구조를 효율적으로 응용할 수 있다는 의미를 갖는다. 또한 포토다이오드의 전기적-광학적 측정 분석을 통해 잡음 및 감도 특성이 세부적으로 조사되며 형광신호를 효과적으로 측정할 수 있음을 확인하였다. 최종적으로 제작된 모듈은 약  $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$  내외 정도의 크기를 갖는다.

요약하자면 본 발표에서는 광학적 바이오센서에 적용할 수 있는 소형 수-발광 소자 집적모듈을 소개한다. 전체 모듈 설계는 최소한의 부피를 가짐과 동시에 측정의 정밀성을 향상시키는데 초점을 맞추어 진행하였다. 세부요소인 광학필터와 포토다이오드의 경우 잡음 및 민감도에 미치는 중요성 때문에 세밀한 공정 및 특성분석이 수행되었다. 결론적으로 독자적인 설계 및 공정을 통해 휴대성 및 정밀성 등의 목적에 부합한 경쟁력 있는 수-발광 소자 집적모듈 제작 기술을 확보하였다.

**Keyword:** 수·발광 집적 모듈