

# Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF)

## 측정 장비를 이용한 형광물질 감지용 UV센서의 설계 및 제작

### Fabrication and Design of UV Sensor for detecting

### Fluorescence Object used for BRDF measurement device

유남준, 최용선, 한득수, 이명관, 홍용표

(주)한국고덴시 연구개발팀

hong\_yong\_pyo@kodenshi.co.kr (yoo\_nam\_joon@kodenshi.co.kr)

#### 1. 서론

본 연구는 일반적으로 사용되는 형광 물질들의 유무 감지를 비접촉식 센서 기술로 검출하기 위한 방법을 제시 하고자 한다. 형광물질을 검출하기 위해서 반사형으로 센서를 설계하였으며, 광원으로는 375nm파장의 UV LED를 사용하였다. 반사형 센서를 설계하기 위해서는 반사되는 반사체의 Bidirectional Reflectance Distribution Function(BRDF)를 정확히 측정할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 검지체의 반사 패턴을 LightTEC 사의 BRDF측정 장비인 REFLECT 90을 사용하여 측정하였다. 이 측정된 자료를 광학 시뮬레이션 프로그램인 Trace Pro를 사용하여 센서를 설계하고 제작하였다.

#### 2. UV 센서 원리

반사형 센서의 설계시 가장 중요한 것은 검지체의 반사패턴과 반사율이다. 또한 반사하는 물체의 종류가 설계에 가장 중요한 변수가 된다. 본 연구에서 측정하고자 하는 것은 UV에 반응하는 형광의 패턴을 인식하는 센서로서 형광물질에 자외선을 빛추게 되면 가시광영역의 빛을 발하게 되고 이것을 포토 트랜 지스터로 검지하게된다. 만약 형광물질이 없게 되면 자외선만이 그대로 반사되어 포토 트랜지스터로 오게 된다. 이런 두 영역의 차이를 검지 할 수 있도록 포토트랜지터 앞단에 좁은 영역의 가시광 투과 필터를 부착하여 자외선 영역의 빛을 차단하게 된다. 결과적으로 자외선이 형광물질에 반사되어 가시광의 빛을 발광시킬 경우에만 신호를 검출 할수 있게 되어 형광물질과 비형광물질의 경우를 분리 해 낼 수 있게 된다.

#### 3. BRDF 측정

BRDF란 어떠한 물체의 면에 대해서 입사하는 각도에 따라서 변화하는 반사의 형태 조합을 함수의 형태로 나타낸 면의 특성 함수를 말한다.<sup>(1)</sup> 이처럼 입사하는 각도에 따라서 반사하는 형태가 달라지기 때문에 양방향(Bidirection) 함수라고 한다. 다르게 말하면 입사하는 광원의 복사조도에 대해 반사되어 나가는 복사 휘도의 비율이라고 할 수 있다. 그래서 BRDF는 아래와 같이 표현 할 수 있다.<sup>(2)</sup>

$$BRDF(\Theta_j, \Phi_j, \Theta_s, \Phi_s) = \frac{L(\Theta_i, \Phi_i, \Theta_s, \Phi_s)}{E} \quad (식1)$$

(  $E$  : 입사 복사 휘도( $\text{lm}/\text{m}^2$ ),  $L$  : 반사 복사 조도( $\text{lm}/\text{m}^2\text{sr}$ ),  $\Theta_j$  : 광원의 입사면 각도,  $\Phi_j$  : 광원의 입사면에 수평방향 각도,  $\Theta_s$  : 광원의 산란면 각도,  $\Phi_s$  : 광원의 산란면에 수평방향 각도 )

일반적인 모든 면들은 거울반사, 확산반사, 거울반사와 확산반사의 조합등의 형태를 가진다. 하지만 모든 물체들이 이러한 형태들을 갖는 것은 아니다. 또한 같은 물질이더라도 파장에 따라 달라 질 수 있다. 본 실험에서 BRDF의 측정을 위해서 사용한 장비는 LightTEC사의 REFLECT90으로 0~90° 방향으로 측정이 가능하며, 각 분해능 0.1°에 0.5°의 위치 정확도를 가지고 있다.



그림 1. LightTEC사의 REFLECT 90

#### 4. UV센서 설계

본 설계시에 BRDF값을 직접 측정한 뒤 이 데이터를 이용해 시뮬레이션을 실행하였다. 센서에 사용된 렌즈는 측정 면적이 1mm X 1mm가 되도록 설계 하였다. 또한 형광 물체의 유무를 확인하기 위해서 UV 차단 필터를 사용하였다. 측정가능한 거리는 4.5mm로 설계하였다.

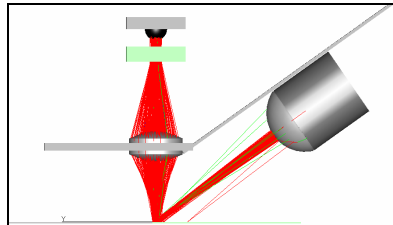


그림 2. UV Sensor의 시뮬레이션

#### 5. 제작

센서의 제작은 UV LED와 포토 트랜지스터를 사용했으며, 정확한 영역의 측정을 위해서 필드 렌즈를 삽입하였다. 이번에 제작된 센서는 주변의 다른 회로의 구성없이 아날로그 신호만으로 높은 분해능을 가지고 형광체를 검출해 낼 수 있다.

#### 참고 문헌

- 1) William C. Snyder and Zhengming Wan, "BRDF Models to Predict Spectral Reflectance and Emissivity in the Thermal Infrared", IEEE, VOL. 36, (214-225) 1998
- 2) Jeffrey T. Daiker and John L. Lundberg, "Scattered Light Predictions for Aluminum Painted Reflectors in Automotive Tail Lamps", Society of Automotive Engineers, 45, 2002