

## AD9) 반도체 레이저를 이용한 에어로졸의 밀도 측정 연구 Study on Aerosol Density Measurement Using a Diode Laser

김덕현 · 차형기 · 신은철<sup>1)</sup> · 연구황<sup>1)</sup>  
한국원자력연구소, <sup>1)</sup>충북대학교 물리학과

### 1. 서 론

최근 들어 대기오염 연구, 클린룸 및 실내환경 연구, 신물질 제조, 그리고 호흡기 관련 입자 연구 등 여러 산업 분야에서 에어로졸에 대한 관심이 증가되고 있다. 특히 에어로졸의 크기별 밀도분포는 산업 및 국민 보건 분야에서 매우 중요한 환경 인자로 취급되고 있다. 외국의 경우<sup>1,2</sup> 레이저나 다른 광원을 이용한 에어로졸 크기 측정연구는 60년대부터 활발히 진행되어 상용화되어 있으나 국내에서는 이에 대한 연구가 아직 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 반도체 레이저를 이용하여 0.2 $\mu\text{m}$ 에서 10 $\mu\text{m}$  내의 입자에 대한 크기별 밀도 측정을 다루었다.

### 2. 연구 방법

검증과정을 위하여 표준입자에 의한 산란광의 세기를 여러 가지 광학계(그림.1)를 구성하여 측정했다. 광학계로부터 대기 부유 입자의 입력단과 신호 측정부, 그리고 신호 해석단까지 전반적인 시스템을 구성하기 위하여 Mie 이론을<sup>3</sup> 이용하여 산란각, 레이저 파장, 입자의 크기 등에 따른 산란특성을 연구하였다.

일반적으로 산란광의 세기는 입자의 굴절률, 반사율, 흡수율 등의 광학적 성질과 모양, 크기, 산란각 등의 물리적 성질 등에 의해서 결정되어지는데, 적절한 광학계를 구성한다면 얻어지는 산란광의 신호로부터 입자의 크기에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이론적으로 계산된 신호를 검증하기 위해서 본 연구에서는 광원으로 파장이 780nm이고 30mW까지 세기를 조절할 수 있는 LD(Laser Diode)를 사용했고 산란광은 APD(Avalanche Photodiode)를 사용하여 측정하였다. 여러 가지 광학계를 구성하고 다양한 산란각에서 신호를 측정했으며 얻어진 신호는 8단계(Channel) PHA(Pulse-Height Analyzer)를 통하여 분류된 후 마이크로프로세서로 계산되도록 구성하였다. 표준입자를 이용하여 시스템의 선형성을 검증하였으며, 몇 가지 변수들(레이저의 세기, 집광 형태, 산란각등)의 조절을 통하여 OPC(optical particle counter)개발에 선행되는 기술들을 습득할 수 있었다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 전체적인 광학계의 간단한 개요이다. 노즐을 통하여 들어오는 에어로졸들은 렌즈로 집광되는 레이저빔 경로를 수직으로 통과하며 산란하게 된다. 이렇게 산란된 빛은 한 쌍의 신호 집광렌즈를 통해 APD로 들어가게 되며 얻어진 신호로부터 에어로졸의 크기에 대한 정보를 얻게 된다. 이때 산란각의 크기가 작을수록 효율이 높기 때문에 신호 집광렌즈의 위치는 0° 에 가깝도록 구성하여 실험하였다.

그림 2는 광학계로부터 얻어진 신호를 오실로스코프를 이용하여 얻은 그림이다. 일반 대기에서 측정된 결과로 산란광의 세기가 제각기 다른 모습을 보이고 있는데, 다양한 에어로졸에 의한 결과임을 알 수 있다. 일반적으로 산란광의 세기는 입자 직경의 제곱, 즉 입자의 2차원적인 크기에 비례하기 때문에 각각의 산란광의 세기로부터 대응되는 입자의 크기를 얻을 수 있다. 입자 크기의 계산은 Mie 이론에 근거를 두었으며 이때 입자의 굴절률, 산란각, 집광렌즈의 구경 등을 모두 변수로 하여 산란광에 따른 입자 크기를 구할 수 있다.

그림 3은 본 실험과 유사한 조건에서 에어로졸의 크기에 따른 산란광의 세기를 이론적으로 구한 것을 나타낸 것이다. 세로축은 산란광의 세기를 나타내며 가로축은 입자 크기에 비례하는 양을 나타내고 있다. 그림에서 보면 산란광의 세기와 입자의 크기가 선형관계인(직선영역) 곳과 요동부분(곡선영역)인 곳

으로 나눌 수 있는데, 이러한 곡선의 형태는 산란각과 레이저의 파장에 따라 각기 다른 모습을 띄고 있고 이러한 효과로 인해서 적절한 광학계를 구성해야하며 PHA에서 신호크기 분류시 그 분해능에 한계가 있음을 보여준다.

결론적으로 본 연구에서는 여러 가지 광학계를 구성하고 표준입자에 의한 산란광의 세기를 측정함으로써 OPC 개발에 있어서 선행되어야 할 여러 가지 정보들을 얻을 수 있었다.

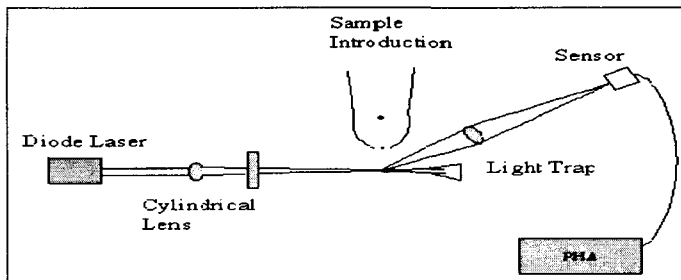


그림 261 광학계의 간단한 개요

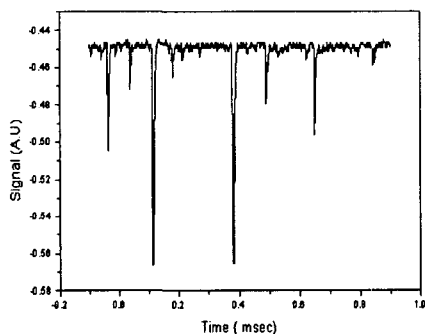


그림 262 여러 가지 크기의 에어로졸에 의해 산란된 신호의 크기

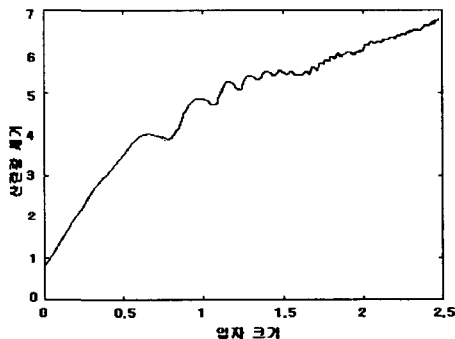


그림 263 에어로졸 크기에 따른 산란반응 곡선

**참 고 문 헌**

1. Klaus Willeke and Paul A. Baron (1993) Aerosol Measurement (John Wiley & Sons)
2. William C. Hinds (1982) Aerosol Technology (John Wiley & Sons)
3. Don Holve and Sidney A. Self (1979) Optical particle sizing for in situ measurements, Applied Optics / vol. 18, No. 10 / 15 May 1979