

# 온도 및 풍속 측정용 고분해능 라이다 수신광학계

## High Spectral Resolution Lidar Receiving System for Temperature and Wind Velocity

김덕현, 차형기, 양기호, 송규석, 정의창, 오석원  
한국원자력연구소, 양자광학팀  
dhkim3@kaeri.re.kr

속도 측정용 라이다 시스템의 수신광학계는 바람장에 의하여 발생하는 도플러 파장이동을 감지하는 것으로 1 m/sec 정도의 분해능을 얻기 위해서 고분해능 파장분산기가 필요한데, Fabry-Perot 에탈론을 이용하는 방법<sup>(1)</sup> 금속 증기를 이용하는 방법<sup>(2)</sup>이었다. 전자의 방법은 온도 제어에 의하여 원하는 파장을 자유롭게 이동할 수 있다는 장점이 있는 반면 고가이고 주위 환경에 따라 그 투과 특성이 잘 바뀌기 때문에 정밀 제어가 요구된다. 반면에 금속 증기를 이용하는 방법은 투과-흡수 파장 선택이 용이하지 않은 단점이 있으나 제작이 용이하고 흡수계수를 조절하기가 쉽기 때문에 필터로 초기연구단계에서 많이 사용되고 있다.

온도를 측정하는 라이다 시스템은 크게 질소나 산소의 회전라만천이(J=6,12)를 이용하는 방법<sup>(3)</sup>과 Rayleigh 산란<sup>(4)</sup>을 이용하는 방법이 있다. 회전라만산란을 이용하는 방법은 오래 전부터 많이 사용되어온 방법으로 현재까지 대부분의 라이다 시스템이 이 방법으로 구성되어 있다. 그러나 회전라만산란 단면적이 탄성산란 신호에 비하여 작기 때문에 낮 시간 측정이 까다로운 반면에 Rayleigh 산란을 이용하는 방법은 신호가 크기 때문에 낮 시간 측정이 용이하고 또한 시스템 구성이 간단하다.

레이저 바람장측정장치의 원리를 그림 1 에 간단히 나타내었다. 레이저는 선폭이 100 MHz 이하로 작은 것을 사용하여야 하고 레이저의 파장은 필터의 끝단(edge)에 중심파장이 있어서, 공기나 에어로졸에 의하여 도플러 이동된 파장 변화를 쉽게 판단할 수 있어야 한다. 속도를 측정할 경우 레이저의 파장을 투과도가 약 50 % 되는 파장으로 옮겨 측정한다. 그림1의 흡수 스펙트럼은 본 연구에서 사용한 레이저를 주사(scanning)하여 iodine 필터의 투과도를 직접 측정한 것이다. 물체가 멀어지게 되면 산란된 도플러 파장이 길어지게 되어 필터의 투과율이 높아지고 반대의 경우는 신호가 줄어들게 된다. 속도 측정원리는 이러한 산란신호의 변화를 검정곡선에 대입함으로써 얻어질 수 있다.

대기 중으로 조사된 빛은 공기분자에 의한 Rayleigh 산란과 입자들에 의한 Mie 산란 과정을 거치게 된다. 그 중에서 공기분자에 의한 산란은 공기분자의 운동 때문에 도플러 파장확대(broadening)가 일어나고 이 파장확대는 온도에 의존하기 때문에 선폭확대 정도를 알게되면 그 위치에서 온도를 알 수 있다. 레이저의 파장 중심은 흡수선의 중심에 두고 2 개 이상의 온도가 다른 수신 금속필터를 이용하여 라이다 신호를 획득하면 라이다 신호에 포함된 도플러 선폭확대 값을 찾을 수있고, 이로부터 온도를 추출한다.

고분해능 라이다 수신 광학계를 구성하고 움직이는 물체를 이용하여 그 성능을 검증하였다. 이를 위하여 iodine cell을 이용한 필터시스템을 구성하였으며 먼저 그 분광학적 특성을 조사하여 레이저 파장제어 파라메타에 따른 흡수율을 측정하였다. 사용된 핵심부품의 사양은 표 1 에 나타내었다. 펄스형 레이저의 iodine 셀의 흡수율을 구하기 위하여 그림 3 과 같은 실험장치를 구성하고 3000 rmp으로 회전하는 원판에 레이저를 조사하여 그 속도를 측정하고 수신광학계의 성능을 검증하였다.

센서로 입사되는 광은 iodine 셀을 통과한 것과 그렇지 않은 것으로 분리되어있는데, 하나의 센서에서 데이터를 동시에 처리하기 위하여 두 신호는 시간적으로 70 nsec 정도 지연시켰다. 화이버를 통과한 빛은 그 일부분만 수집하더라도 전체를 대표할 수 있기 때문에 광섬유를 통과한 신호는 레이저의 에너지를 모니터링하는데 사용하였다. 펄스형 광신호의 크기는 센서의 값을 원하는 시간범위에서 적분을 함으로 가능하며 특히 본 연구에서는 두 신호가 시간적으로 분리되어 있기 때문에 하나의 적분기도 충분히 사용이 가능하다.

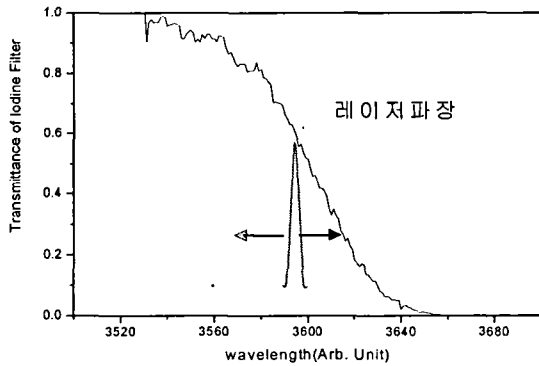


그림 1. 속도측정용 시스템에서 레이저 파장 위치 및 측정원리

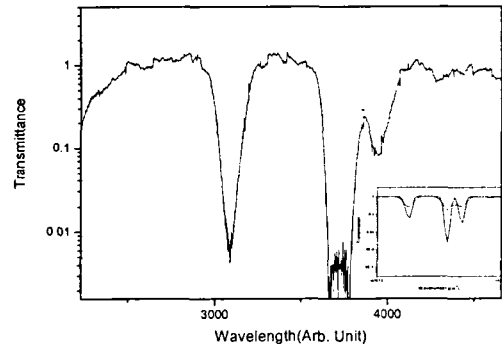


그림 2. 이론적으로 계산된 iodine cell의 흡수 스펙트럼과 실험적으로 측정된 스펙트럼

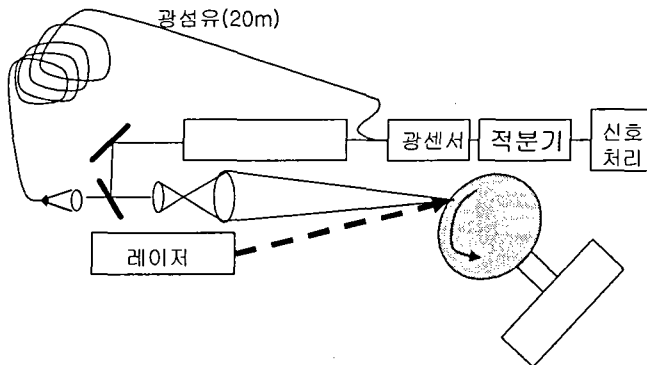


그림 3. 타겟의 속도를 측정하기 위한 실험 장치

표 3. 핵심 부품의 사양

레이저 선폭	0.003 cm <sup>-1</sup>
Iodine cell길이	30 cm
Cell pressure	2 torr
Cell Teperature	57 도

FB

### 참고문헌

1. C. L. Korb, B. Gentry, and C. Weng, Applied Optucs, Vol. 36, 5976(1997)
2. Zhi-Shen Liu, Dong Wu, Jin-Tao Liu, Kai-Lin Zhang,..., "applied optics, vol. 41, 7079(2002).
3. Dukhyeon Kim, Hyungki Cha, S. Bobronikov, JKPS Vol. 39, 838(2001)
4. H. Shimizu, S. A. Lee, and C. Y. She, Applied optics vol. 22, 1373(1983)