

단일 에탈론을 이용한 도플러 이중경계 도플러 파장 이동 측정 장치 설계 및 검증

Designing measuring of the single etalon double edge for doppler wavelength shift measuring system

김덕현, 차형기, 양기호, 선우정혜*, 김용기*

한국원자력연구원, 양자광학기술개발센터, *한공주대학교 물리학과,

dhkim3@kaeri.re.kr

레이저를 이용하여 물체나 공기의 이동을 원격으로 측정하는 장치는 Korb가 경계필터를 이용한 방법을 제시한 이래로 많은 방법들이 개발되어 사용되고 있다. 그 중에서 금속증기 필터를 이용하는 방법⁽¹⁾과 에탈론⁽²⁾을 이용하는 방법이 가장 대표적인 방법이나, 최근에는 화이버회절판(fiber grating)⁽³⁾을 이용하는 방법도 제시되고 있다. 이러한 방법들은 모두 도플러 파장 이동을 투과도 변화로 바꾸어서 측정하고 있으며, 수신 장치의 핵심은 파장 이동에 대한 민감도(sensitivity)를 높이는 일이다. 일반적으로 금속증기 필터는 금속 증기의 흡수선의 끝자락 즉 경계에 레이저의 파장을 고정시키고 파장 변화에 따라 흡수도가 커지거나 작아지는 효과를 측정하고, 에탈론을 사용할 경우에도 같은 방법으로 에탈론의 투과도가 50 % 인 지점에 레이저를 고정(locking)시키고 투과도를 측정한다. 감도를 높이기 위하여 수신되는 두개의 에탈론을 사용하는 방법이 제시되고 있으나⁽⁴⁾, 이러한 용도로 사용되는 에탈론은 일반적으로 $\lambda/100$ 정도로 평편도가 좋고 평행도가 $\lambda/50$ 정도로 좋은 에탈론이 사용되기 때문에 고가이고 서로 다른 에탈론을 사용할 경우 온도제어, 각도 제어 등 제어 변수가 독립적이기 때문에 설계가 까다롭다. 본 연구에서는 하나의 에탈론으로 Korb가 제안한 것과 같은 이중 경계필터의 성능을 지닌 장치를 개발함으로써 고가의 에탈론을 하나로 대체하고, 하나의 에탈론에 광학계를 설치함으로써 온도나 방향 제어 등의 제어 변수를 줄이고자 하였다.

그림 1 은 하나의 에탈론으로 두 개의 경계 필터를 구성하기 위한 장치의 개념도를 나타낸 것이다. 먼저 움직이는 물체에서 산란된 도플러 파장 이동된 신호는 렌즈나 기타 광학계를 통하여 평행광으로 된 후 그림 1 처럼 $\lambda/2$ wave plate를 통하여 설계된 광학계로 입력된다. $\lambda/2$ wave plate 는 일반적으로 편광된 산란 신호를 적절히 그 방향을 회전 시켜서 PB(Polarization Beam splitter)에서 50 % 반사가 되고 나머지는 투과하도록 하기 위함이다. 빔분리기(PB)를 통하여 두 경로로 나누어진 빛은 다시 PB에 의하여 하나의 경로로 되고 그 경로에 놓인 에탈론으로 입사된다. 에탈론으로 입사되는 빛의 각도는 거울과 PB에 의하여 적절히 그 각도를 제어할 수 있다. 그림 2 는 에탈론으로 입사되는 빛의 각도를 절절히 제어하고 레이저의 파장을 주사(scanning)했을 때 나타나는 전형적인 투과 특성이다. 그림에서 알 수 있듯이 두 경로에 해당하는 빛의 투과도는 파장에 따라서 다른 투과 특성을 지닌다. 그림 3 은 그림 2 와 같은 이러한 투과 특성에서 레이저의 파장에 따른 필터의 투과도 변화 즉 감도(sensitivity)를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 감도는 투과도의 변화가 가장 심한 경계면에 있음을 알 수 있다. 그림 4 는 도플러 파장 변화에 따른 이러한 투과도의 변화를 극대화 시키기 위하여 사용되는 레이저의 파장의 조건을 보여준다. 그림과 같이 레이저의 파장을 안정화 시키고 그 산란된-파장 이동된 빛을 수신하게 되면, 하나의 채널에서는(s1) 투과도가 증가하면 다른 하나의 채널(s2)에서는 신호가 감소하여 감도가 두 배로 증가한다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 파장변화를 감지하는 단일 에탈론 이중 경계필터를 구성하고 움직이는 물체에서 그 투과 특성을 살폈다.

본 연구는 기상지진기술개발사업(CATER-2006-3101)의 지원으로 수행되었습니다.

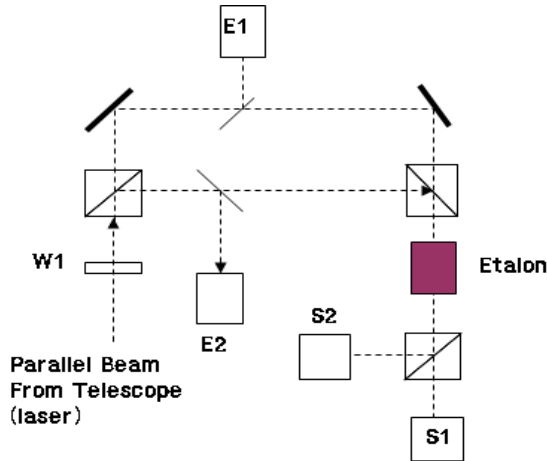


그림 1. 하나의 에탈론으로 구성된 이중 경계 필터의 구성도

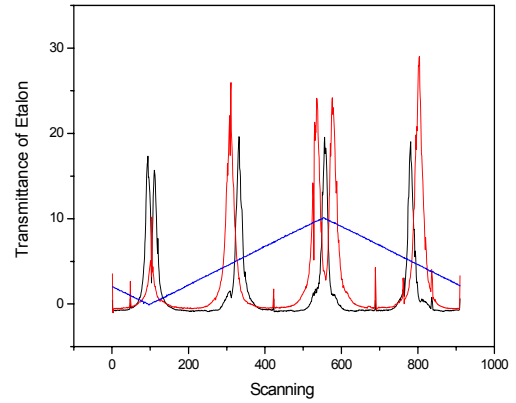


그림 2. 하나의 에탈론에서 얻어지는 두지 다른 투과 특성

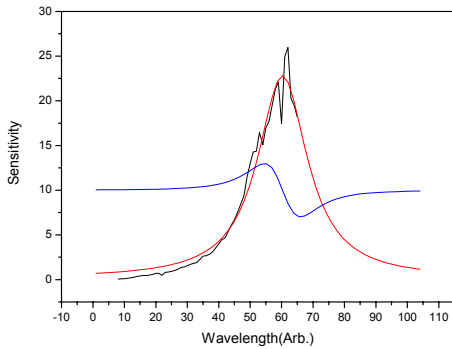


그림 3. 필터의 투과 특성 및 도플러 파장이동에 따른 감도

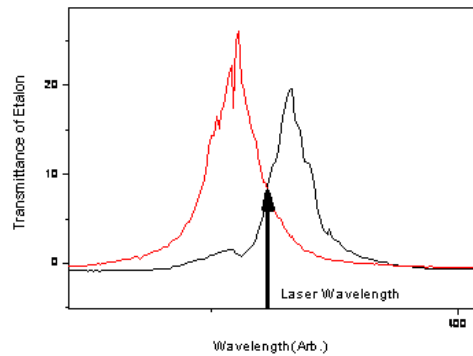


그림 4. 이중필터의 투과도와 사용되는 레이저의 파장

[1] Z. Liu, D. Wu, J. Liu, K. Zhang, W..Chen, X. Song, J. W. Hair, and C. She, "Low-altitude atmospheric wind measurement from the combined Mie and Rayleigh backscattering by Doppler lidar with an iodine filter" Applied Optics, Vol. 41, 7079(2002)

[2] C. L. Korb, B. M. Gentry, S. X. Li, and C. Flesia, "theory of the double-edge technique for Doppler lidar wind measurement", Appl. Opt., 37: 3097-3104, 1998.

[3]. M. J. McGill, W. R. Skinner, and T. D. Irgang, "Analysis techniques for the recovery of winds and backscatter coefficients from a muti-channel incoherent Doppler lidar", Applied Optics, Vol. 36, 1253(1997)

[4] D. Sun, Z. Zhong, J. Zhou, H. Hu, and T. Kobayashi, "Accuracy Analysis of the Fabry-Perot Etalon based Doppler Wind Lidar", Optical Review, Vol. 12,409(2005)