

반도체 레이저 LDV를 이용한 회전체의 속도측정

Velocity Measurement of Moving Object Using the Semiconductor Laser LDV

이병욱* · 황대석** · 최중운*** · 김용평*

*경희대학교 전자·정보학부, **목원대학교 전자공학과, ***한국표준과학연구원 양자표준부

bennylee@hanmail.net

Laser Doppler velocimeters: (LDV)¹⁾의 대부분의 기본원리는 호모다인(honodyne)방법을 사용한다. 호모다인 방법 중에서 많이 사용되는 방법으로는 마이켈슨 간섭계식과 되먹임식(self-mixing type)²⁾이 있다. 마이켈슨 간섭계식은 구성하는데는 많은 광학부품과 정밀한 정렬 장치들을 필요로 한다. 반면에 되먹임식은 레이저 공진기의 고유 주파수와 도플러 이동된 산란광을 공진기 속에서 자체 혼합하여 발생한 차주파수를 레이저 공진기 내부에 있는 pin-photodiode로 측정하므로 마이켈슨 간섭계에 비하여 간단한 장치로 속도계를 구성할 수 있다.

Doppler 효과에 의해서 주파수 변이된 산란광을 공진기에 되먹임시키면 공진기 내의 레이저광의 세기는 레이저 고유 주파수와 산란광의 변이 주파수 사이의 차 주파수로 변조되므로, 레이저 공진기 속에는 광전 효과에 의해서 광의 세기에 따른 임피던스 변화³⁾가 발생한다. 임피던스 변화에 따른 레이저 공진기에 흐르는 전류 변화를 측정하면 차주파수 즉, Doppler 효과에 의해 변이된 주파수 값을 측정할 수 있다. 이와 같이 되먹임식 도플러 속도계는 국부 발진기 신호 사이의 모드를 조심스럽게 맞추어야 하는 마이켈슨 간섭계 방식에 비하여 장치가 간단하므로 쉽게 도플러 속도계를 구성할 수 있는 장점이 있다.

도플러 주파수는 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다

$$\omega_d = 4\pi v \cos(\theta) / \lambda \quad (1)$$

여기서 ω_d 는 도플러 주파수이며 θ 는 원형체와 입사빔과의 각도, v 는 원형체의 속도를 말한다.

본 연구에서는 반도체 레이저를 사용하여 회전체의 회전 속도를 측정하기 위하여 산란광과 발진광의 자체 혼합 방식(self-mixing)을 이용한 그림 1과 같은 간단한 구조의 LDV를 구성 및 실험하였다. 그림 2는 3개의 각각 다른 Doppler 주파수를 연속적으로 보여줌으로써 물체의 속도에 따른 Doppler 주파수의 움직임을 보여주고 있다. 그림 3은 각도 60도로 고정된 후 신호 발생기의 주파수 간격을 50Hz 단위로 150Hz에서 1400Hz 까지 변화시키면서 측정한 그림이다. 회전체의 낮은 속도로 인한 기계적인 불안정성을 고려하여 5회씩 측정한 값을 평균하였다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 Doppler 신호의 주파수는 식 (1)과 같이 회전체의 회전 속도에 정확하게 비례관계를 알 수 있다. 그림 4는 회전체의 산란되는 면에서의 운동벡터와 입사되는 레이저 사이의 각도 변화를 주면서 Doppler 주파수 천이를 측정한 것이다. 회전체의 속도는 32mm/s 로 고정을 시켰다. 식 (1)과 일치함을 알 수 있었다. 즉 각도에 따른 Doppler 주파수의 변화도 선형적인 관계임을 알 수 있다.

결론적으로, 본 방법을 이용하여 예전에 복잡했던 구조를 아주 간단한 구조로 구현하였으며 Doppler

주파수와 원형 회전체의 속도 비례 관계 및 각도와 의 선형 관계까지도 확인하였다. 앞으로 신호처리 부문을 개선한다면 좀 더 정밀한 주파수 변화도 측정 가능할 것으로 예상된다.

[참고문헌]

- [1] S.Shinohara, A. Mochizuki, H. Yoshida, and M. Sumi, "Laser Doppler Velocimeter Using the Self-Mixing Effect of a Semiconductor Laser Diode," Appl. Opt. 25, 1417 (1986)
- [2] R.Lang and K. Kobayashi," External Optical Feedback Effects on Semiconductor Injection Laser Properties," IEEE J. Quantum Electron. QE-17, 44(1981)
- [3] Jong-Woon Choi, Young-Pyung Kim, and Youn-Myung Kim, US PATENT, 08.689,269 (1996).

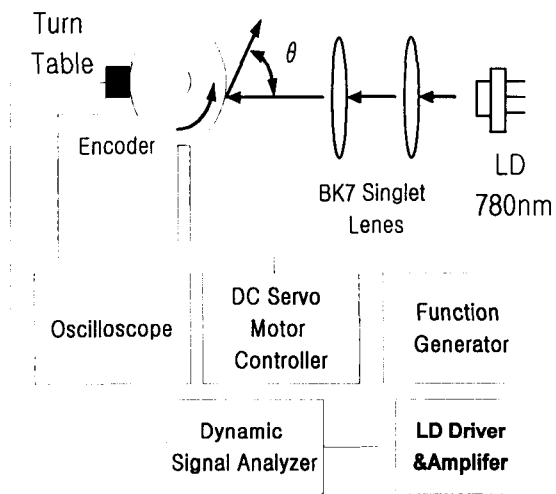


Fig.1. System configuration of LDV.

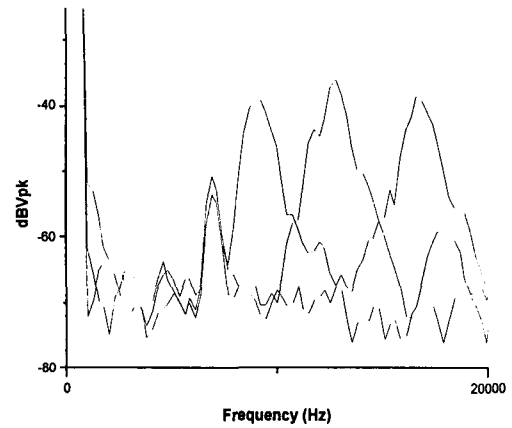


Fig.2. Samples of variation of the Doppler shifted signal.

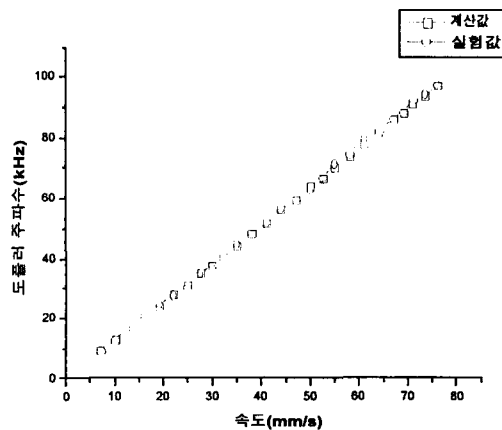


Fig.3. Measured Doppler frequency vs Calculated frequency as a variation of the rotator speed.

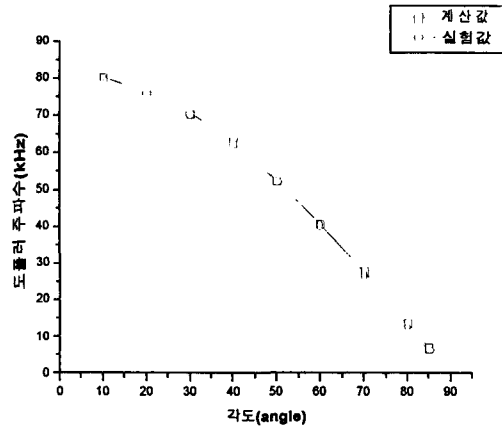


Fig.4. Measured Doppler frequency as a variation of the angle between the rotator and incident laser beam.