

측정 제한 조건을 개선시킨 헤테로다인 레이저 간섭계의 개발

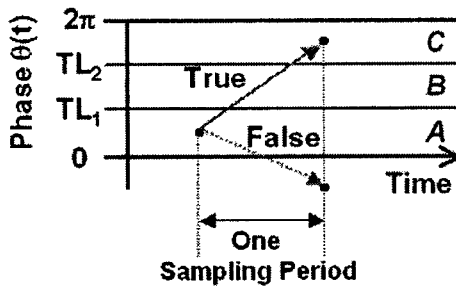
The development of heterodyne laser interferometer for improved measurement

이준영

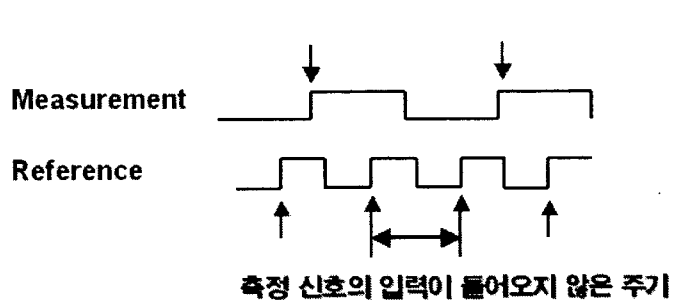
한국과학기술원, 기계공학과, 정밀/측정 연구실

s_jlly@kaist.ac.kr

초 정밀 측정을 요하는 생산/검사 장비에서 현실적으로 요구되는 측정 속도와 분해능 정도에 맞추어 적합한 속도와 분해능을 가변적으로 설정이 가능한 헤테로다인 레이저 간섭계의 위상측정기 개발에 대한 요구가 늘어가고 있다. 본 논문에서 제안하는 방법으로 헤테로다인 간섭계가 가지는 맥놀이 주파수 대비 $\frac{2}{3}$ 배 이상의 도플러 효과에 의한 주파수 신호를 측정할 수 없는 측정 제한 속도 한계(그림. 1)와 측정 신호가 들어오는 시점에서만 측정이 이루어져 도플러 효과에 의한 주파수가 음의 방향으로 생성될 경우, 측정 발생 시간의 늘어지게 되는 두 가지의 측정 제한 조건(그림.2)을 극복하여 헤테로다인 간섭계의 성능을 향상시키는 것이 가능하다.



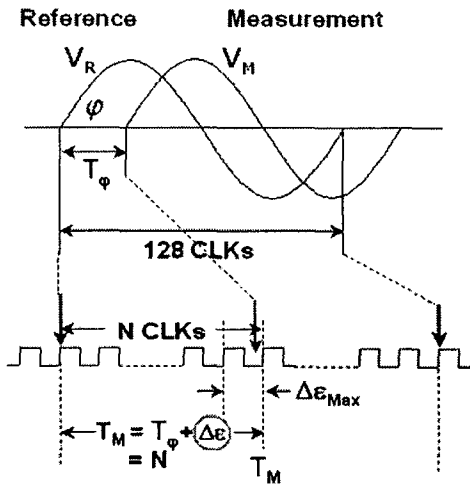
< Figure. 1 >



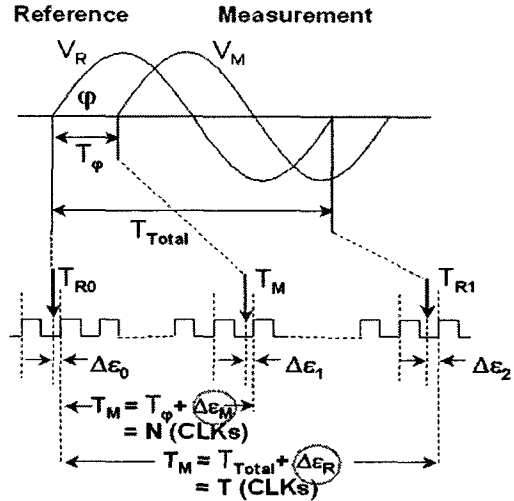
< Figure. 2 >

측정 제한 속도의 문제를 극복하기 위하여 기준 신호의 한 주기 안의 위상 차이를 측정하는 주기내 위상 측정 부분과 기준 신호와 측정 신호의 입력된 개수의 차이를 누적하여 측정 신호의 주기 단위의 위상 밀립을 측정하는 주기 단위 위상측정 부분을 분리하여 설계하였다. 따라서 맥놀이 주파수 대비 $\frac{2}{3}$ 배 이상의 도플러 효과에 의한 주파수 신호를 측정할 수 없는 측정 제한 속도 한계를 극복할 수 있으며 도플러 효과에 의한 주파수 발생의 방향을 맥놀이 주파수에 대해 서로 다른 방향을 가지는 두개의 측정 신호를 생성해냄으로써 기준 신호의 한 주기안에 측정 신호의 입력이 들어오지 않는 구간이 발생하는 것을 방지하였다. 따라서 기준 신호의 매 주기마다 위상의 측정이 주기적으로 이루어지게 된다. 주기내 위상을 측정하는 방법으로 PLL을 이용한 기준 신호 체배를 이용하는 방법(그림. 3)과 안정화된 기준 Oscillator CLK.를 사용하여 위상을 측정하는 방법(그림. 4)에 대한 오차율을 비교하였으며, 본 논문에서는 안정화된 Oscillator CLK.를 사용하는 방법을 택하여 주기내 위상 측정기를 개발하였다. 위

상 측정기의 설계는 FPGA를 이용하여 이루어졌으며, 고속의 입력 주파수에 대하여 다양한 State machine을 설계하여 빠른 시간에 구현하는데 많은 장점을 지니고 있다.

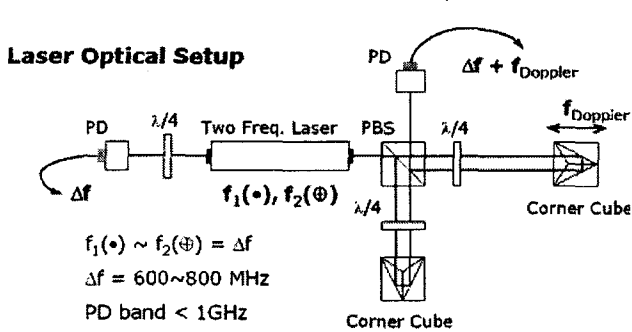


< Figure. 3 >

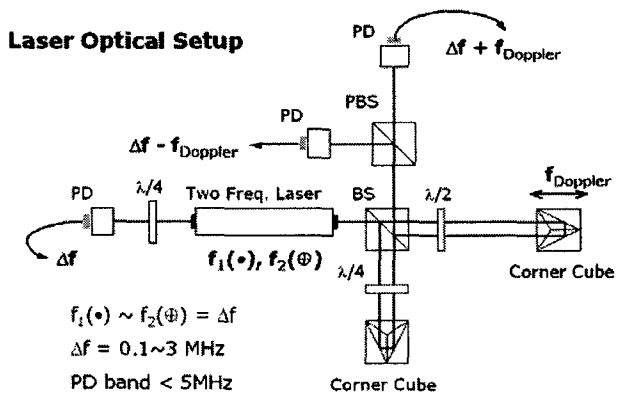


< Figure. 4 >

도플러 효과의 영향으로 발생하는 주파수의 방향이 반대로 실려있는 측정 신호를 생성하기 위하여 2중 모드 레이저를 이용하는 경우는 (그림. 5)에서 보는 바와 같이 맥놀이 주파수에 도플러 효과에 의한 주파수 성분이 더해져서 측정신호로 받아드리게 된다. 측정 신호에 실려 있는 도플러 효과에 의한 주파수의 영향은 한쪽 방향으로만 나타나게 되지만 도플러 효과에 의한 주파수 성분에 비하여 매우 높은 주파수 성분을 지니는 레이저 맥놀이 주파수에 맥놀이 주파수에 $\pm 1\text{MHz}$ 차이가 나는 신호를 mixing해서 그 차이 주파수 신호를 측정 신호로 사용하는 방법을 이용하여 도플러 효과에 의한 주파수의 영향을 각기 다른 방향으로 추출해 내는 것이 가능하다.



< Figure. 5 >



< Figure. 6 >

Zeeman 안정법을 이용하는 레이저를 이용하는 방법은 (그림. 6)과 같은 광학계 구성을 통하여 맥놀이 신호에 도플러 효과에 의한 주파수의 영향이 각기 반대 방향으로 실리는 측정 신호를 얻어 측정을 수행하게 된다.