

RF 방전을 이용한 소형 링 레이저 자이로스코프의 개발

Development of a RF Excited Ring Laser Gyroscope

손승현, 조현주, 김완식, 김의찬, 전갑송, 김희영, 윤성진, 이재철
 고등기술연구원 포토닉스 및 알에프/마이크로웨이브 센터
 shson@iae.re.kr

링 레이저 자이로스코프는 회전각을 검출하는 센서로서 광학식이 가지는 정밀함과 견고성으로 관성항법을 비롯한 운동 제어를 필요로 하는 여러 분야에서 기존의 기계식 자이로스코프를 대체해 오고 있다. 링 레이저 자이로는 세 개 또는 네 개의 반사경으로 밀폐된 고리형 공진기를 구성하고 He-Ne 기체를 봉입하여 방전시킴으로써 서로 반대 방향으로 진행되는 레이저를 동시에 발진시키면 Sagnac 효과에 의해 공진기의 회전각에 비례하여 두 레이저의 주파수 차이가 발생하는 원리를 이용한다.⁽¹⁾

지금까지의 기술 개발은 주로 고 정밀도를 요구하는 고가의 센서에 대한 수요를 목표로 진행되어 왔으나 최근에는 소형화된 링 레이저 자이로에 대한 관심이 높아지고 있다. 링 레이저 자이로스코프의 소형화는 공진기 길이의 단축을 의미하며 이에 따라 레이저 이득에 기여하는 능동 매질의 길이도 짧아지게 된다. 따라서 공진기의 손실을 보상할 수 있는 최소한의 능동 매질의 길이가 링 레이저 자이로의 크기를 결정짓는 한 가지 조건이 된다.

최초의 He-Ne 레이저는 지금과는 달리 종 방향의 RF 방전으로 여기 시켰다. 그러나 전극 부근에서의 집중적인 가열과 그로인한 수명 단축, 그리고 종 방향으로 균일하지 못한 방전 특성 등의 이유로 DC 방전 방식으로 교체되었으며 현재까지 대부분의 He-Ne 레이저에서 사용되고 있다.⁽²⁾ 그러나 링 레이저 자이로스코프에서 DC 방전은 주요한 오차의 원인을 제공하고 있다. DC 방전에 의해 He 이온은 음극으로 이동하며 이로 인해 생기는 압력 차에 의해 이득 매질인 Ne 중성원자를 레이저의 진행 축 상에서 이동시키는 Langmuir flow를 일으켜 자이로스코프 바이어스의 가장 큰 원인을 제공하게 된다.⁽³⁾ 이외에도 DC 방전은 여러 형태의 plasma oscillation을 일으키고 자이로스코프의 동작을 불안정하게 만든다. 또한 방전에 필요한 수 kV의 고전압 전원은 상대적으로 큰 부피를 차지하게 된다. 횡 방향 RF 방전을 이용하면 이와 같은 문제들을 쉽게 해결할 수 있을 뿐만 아니라 이득의 균일성과 효율을 향상시키고 DC 방전보다 낮은 잡음 수준을 유지할 수 있다.⁽²⁾

본 연구에서는 횡 방향 RF 방전(transverse RF discharge)을 이용하여 지금까지의 DC 방전보다 펌핑 효율을 높임으로써 링 레이저자이로의 소형화 방법을 제안하였고, 공진기 길이가 16cm인 소형 링 레이저 자이로를 제작하여 그 가능성을 입증하였다. 그림 1은 He-Ne 혼합가스가 채워진 방전관을 중심으로 상하 대칭으로 배치된 RF 전극의 단면이며, 그림 2는 상하 평판 전극에 200 MHz RF전원을 인가하여 관 내부에 형성된 플라즈마의 빛을 보여준다.

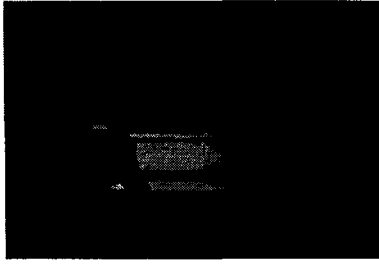


그림 1 RF 방전에 의해 관 내부에 형성된 플라즈마

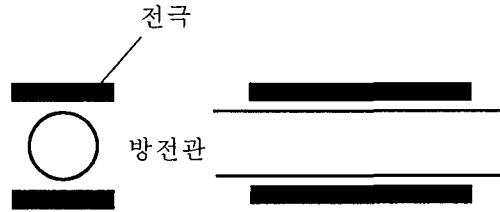


그림 2 RF 전극의 구성과 배치

RF 발생장치의 입력전압을 임계 값으로부터 증가시키면서 레이저 출력의 변화를 측정하였다. 시험 결과 약 9.3V에서 레이저 발진이 시작되며 10V에서 동작에 충분한 광 출력을 확보할 수 있었다. DC 방전 시에는 plasma oscillation이 일어나지 않는 구간에서 혼합가스의 압력을 결정하나, RF 방전인 경우는 plasma oscillation 일어나지 않기 때문에 압력을 바꾸어 가면서 레이저발진이 일어나는 RF임계전압을 측정하고, 이중 임계전압이 최소가 되는 2 torr 압력에서 혼합가스를 채웠다.

그림 3은 자이로스코프의 바이어스 안정도를 확인하기 위하여 6시간동안 측정한 결과를 샘플 주기를 변수로 표준편차를 계산한 그림이다. 계산 결과 불규칙 잡음은 0.04 deg/rh, < 0.1 deg/h의 바이어스 안정도를 얻었다.

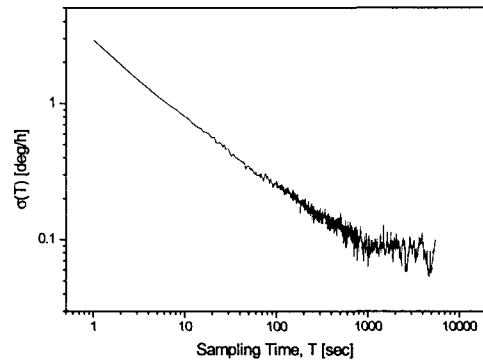


그림 3 RF 여기된 링 레이저 자이로의 성능

* 본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업(No. 2000-N-NL-01-C-253)의 지원을 받아서 수행되었다.

참고문헌

1. J. Killpatrick, "The Laser Gyro", IEEE Spectrum, pp. 44-55 (1967).
2. O. V. Boyko, A. M. Negriyko, L. P. Yatsenko, "Iodine-stabilized He-Ne laser pumped by transverse rf-discharge", Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics, vol 2, pp. 133-141 (1999).
3. T. J. Podgorski, F. Aronowitz, "Langmuir Flow Effect in the Laser Gyro", IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. QE-4, No.1, pp.11-18 (1968).