B-7

광펌핑 마그네토미터를 이용한 지자장 상쇄 장치 제작

한국표준과학연구원 *박 포 규
정 정 효
멘델레에프 계량연구소 V. Ya. Shifrin
한남대 물리학과 손 대 락

Construction of Earth Magnetic Field Compensation System by using Optical Pumping Magnetometer

KRISS *P. G. PARK
J. H. JUNG.
VNIIM V. Ya. Shifrin
Hannam Uni. D. Son

1. 서론

광펌핑(optical pumping) 마그네토미터의 원리는 빛을 이용하여 원자, 양성자 및 전자들을 원하는 에너지 준위로 모은 다음, 그 에너지 차이에 해당하는 전자기파를 인가하여 자기공명(magnetic resonance)을 만들어 공명주파수를 측정하고, 그에 비례하는 자장을 구하는 방법이다. 지자장의 일변화량은 약 100 nT 이므로 정밀한 저자장을 발생, 측정하는 실험에서는 지자장의 변화량을 상쇄시키는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 양성자 자기회전 비율 측정 및 저자장 국가표준을 확립하기 위하여 세슘 광펌핑 마그네토미터를 이용하여 지자장의 변화량을 상쇄시키는 장치를 제작하였다. 물리적 고유현상인 자기공명을 이용한 마그네토미터는 Hall effect 나 Fluxgate를 이용한 것보다 시간에 따른 드리프트가 거의 없고, 재현성이 우수한 것이 특징이다.

2. 실험내용

지자장 성분은 직류 및 교류로 분류할 수 있는데, 직류성분은 시간에 따라 변화지 않는 것, 교류는 시간에 따라 변화는 것을 의미한다. 우리나라의 경우 직류성분의 크기는 수직이 40 μT, 남-북(N-S) 30 μT 및 동-서(E-W) 3 μT 정도이다. 직류 지자장의 상쇄방법은 대형 3-축 헬름홀츠 코일을 이용하여 자장의 크기는 같고 반향이 반대인 자장을 발생할 수 있도록 각 코일에 전류를 인가하면 지자장을 상쇄시킬 수 있다. 교류성분의 지자장의 일변화량은 100 nT 정도이며, 시간에 따라 크기가 변화므로 상쇄시키는 방법은 빠른 응답이 요구되기 때문에 복잡하다. 자기발진(self oscillating)형 세슘마그네토미터를 비자성 실험실과 50 m 떨어진곳에 위치한 지자장 관측실의 소형 3-축 헬름홀츠 코일 내부에 E-W 방향으로 설치하였다. 교류성분(5 Hz 이하)의 지자장 변화에 비례하는 세슘의 자기공명주파수와 위상 판별기(phase detector)에 인가하는 기준주파수와의 차이에 비례하는 자장을 헬름홀츠 코일을 사용하여 반대로 발생시키므로써 상쇄되도록 제작하였다.

3. 실험결과 및 고찰

제작한 지자장 상쇄 장치를 사용하여 지자장의 변화량과 상쇄된 지자장의 크기를 그림 1과 와 같이 측정하였다. 40 시간동안 교류성분의 지자장 변화량은 80 nT 정도이고, 상쇄된 지자장은 1 nT 이하로 측정되었다. 관측실의 온도 변화에 의한 헬름홀츠 코일 뼈대(나무)의 변화량이 1 x 10^{-6} / ℃ 이므로, 상쇄된 지자장도 온도에 따라 변화되는 것을 측정하였다. 관측실의 온도를 일정하게 유지한다면 장치의 성능을 향상시킬 수 있을 것이다.

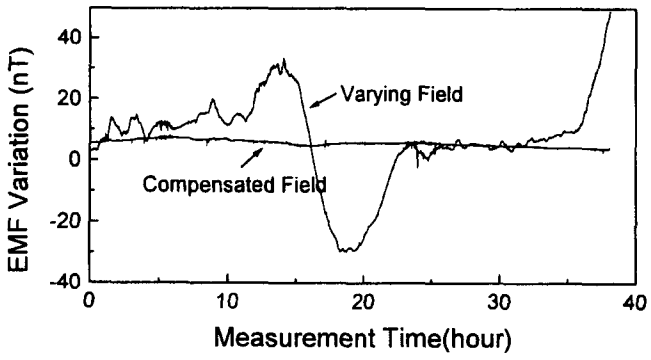

Fig. 1. Variation and compensation magnetic field by Cs magnetometer.

4. 결론

1 시간동안 지자장의 안정도를 측정한 결과 표준편차는 0.3 nT 이었다. 지자장을 상쇄하고, 안정화 시킬 수 있는 장치를 제작함으로써 정밀 자장 발생이 요구되는 실험을 할 수 있는 기반을 구축하였다.

5. 참고문헌

[1] V. Ya. Shifrin, P. G. Park, V. N. Khorev, C. H. Choi and C. S. Kim, IEEE Trans. Instrum. Meas. **47(3)**, 638, 1998.

[2] P. G. Park, C. G. Kim, B. C. Woo, V. Ya. Shifrin, Ungyong Mulli, **9(3)**, 274, 1996.

[3] V. Ya. shifrin, C. G. Kim and P. G. Park, Rev. Sci. Instrum. **67(3)**, 833, 1996.

[4] R. L. Driscoll and P. T. Olsen, Rev. Sci. Instrum., **42(10)**, 1427, 1971.

[5] B. C. Woo, C. G. Kim, K. S. Ryu, P. G. Park and C. S. Kim, The proceedings of IMTC/94, Hamamatsu, Jap. 925, 1994.