

NMR에 의한 저자기장 측정연구

전북대학교 이용호, 신용돌, 임기영
한국표준과학연구원 손대락, 김창석

Study on Low Magnetic Field Measurement by NMR

Jeonbuk National University Y.H.Lee, Y.D.Shin, K.Y.Lim
KRISS D.Son, C.S.Kim

1. 서 론

NMR에 의한 자기장 측정은 절대측정에 가까운 높은 정확도와 정밀도에 의하여 자기장의 측정 및 표준에 많이 쓰이고 있다. 그러나 한계발진기 (marginal oscillator)에 의한 500 Gauss 이하의 저자기장 측정은 검출되는 NMR 신호가 극히 미약하여 측정하기 어렵고 공표된 하한은 270G 정도이다. 본 연구에서는 약 40G 정도까지의 저자기장을 NMR에 의하여 측정한 결과를 보고한다.

2. 측정방법

장치의 구성은 그림1과 같다. NMR 신호는 물속의 양성자의 핵자기공명으로 얻는다. CuSO_4 , 또는 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 의 상자성염을 용해한 증류수를 내경 6mm, 높이 12mm의 얇은 플라스틱 용기에 넣고, 그 주위에 절연동선을 500회 감은 검출코일로 한계발진기 (MO)의 공진회로를 구성하고, 평균직경 62mm인 Helmholtz coil (HC)에 가변안정화 전원 (PA)에 의하여 최대 2A의 전류에 의하여 130G 까지의 자기장을 얻었으며, PA는 34.5Hz의 교류변조 전원 MD에 의하여 $\pm 0.5\text{G}$ 정도로 자기장을 소인하였다. MO에 의하여 검출된 공진신호와 MD의 참조신호는 위상검파기 LA에 의하여 검출되고 XY 기록계에 기록된다. CT는 주파수계이다. 한계발진기의 회로는 그림 2와 같다.

3. 실험결과 및 고찰

검출된 NMR신호의 보기는 그림 3과 같다. 반치폭 ΔB_H 는 약 0.8G이며 44G에서는 신호의 세기가 급격히 감소하였다. 인가자기장 B_0 와 NMR 신호의 peak치 V_p 사이의 관계는 그림 4에, B_0 가 100G 때의 이온농도와 ΔB_H 및 V_{p-p} 사이의 관계는 그림 5와 같다. 그림 4에서 B_0 가 50~80G 범위에서는 $\log V_p$ 와 $\log B_0$ 가 직선관계에 있으며 이것은 흡수전력의 이론식¹⁾과 대체적으로 일치하는 경향이나, 기울기는 45°보다 크며 80G~100G까지는 45°보다 작다. ΔB_H 의 실측치 0.8G는 계산치²⁾ 0.76G와 가까우나 Cu^{++} 의 스핀-스핀 완화시간 T_2 의 측정치 0.16ms는 Bloembergen³⁾의 이론치인 2ms와는 큰 차이가 있다. 그러나 Fe^{3+} 의 경우는 문헌 3의 값은 0.21ms가 되어 상당히 접근하고 있다. 이상의 실험결과에 의한 고주파 흡수전력 ΔP 를 계산하여 본다. NMR 공명시 회

로의 병렬등가저항 R 은 $R-\Delta R$ 로 약간 감소하고 그에 따라 공진전압 V 는 $V-\Delta V$ 로 약간 감소한다. 따라서 R 에 흐르는 전류를 I_R 라 하면 $\Delta P=I_R \cdot \Delta V$ 이고, 코일의 유도성분 L 에 흐르는 전류 I_L 라 하면 $I_R=I_L/Q=V/Q\omega L$, $Q=B_0/2\Delta B_H$ 따라서 $\Delta P=2\Delta V \cdot V \cdot \Delta B_H/\omega L B_0$ 가 된다. $B_0=100G$, $\Delta V=0.08mV$, $V=1.8V$, $\Delta B_H=0.8G$, $\omega=6.28 \times 4.26 \times 10^5/s$, $L=0.87mH$ 등의 실험치에 의하여 $\Delta P=1.1nW$ 이며, $50G$ 때는 $0.34nW$ 이다.

4. 결론

저자기장을 한계발전기에 의한 NMR 방법으로 측정하여 $0.35cc$ 의 시료에 의하여 $44\sim 140G$ 영역에서 신호대 잡음비 $3\sim 10$ 으로 측정할 수 있었다. Fe^{3+} 와 Cu^{2+} 의 이온농도에 대한 감도 변화를 조사하여 상온에서는 Fe^{3+} 는 $3.73 \times 10^{20}/c.c$ 때 최고 감도였다.

- 1) A.Losche, "Kerminдукtion", VEB Deutscher Verlag der Wissen shaften, Berlin (1957).
- 2) K.Weyand, IEEE Trans on Instr. Meas. 38, 410 (1989)/
- 3) N.Bloembergen, "Nuclear Magnetic Relaxation", 96, W.A.Benjamin Inc. New York (1961).

Fig.1

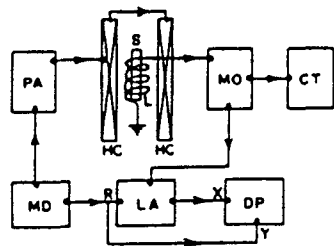


Fig.2 (MO)

