

## NMR 신호에 미치는 자장균일도의 영향

한국표준과학연구원

유권상\*, 김철기, 우병철, 김창석

## Influence of magnetic field homogeneity on NMR signal

Korea Research Institute of Standards and Science

K.S.Ryu, C.G.Kim,

B.C.Woo, C.S.Kim

## 1. 서론

저자장에서 양성자 자기회전비율( $\gamma_p' = \omega_p' / B$ )을 측정하기 위해서는, 솔레노이드 dimension 측정 및 전류에 의하여 자장  $B$ 를 결정하고, 이 자장에서 핵자기공명주파수  $\omega_p'$  을 측정하여야 한다[1]. 대형 3축 헬름홀츠 코일에 의하여 저자장을 상쇄시키고, 정밀 솔레노이드로 자장을 생성시키는데, 자장균일도가  $\gamma_p'$  정밀측정에 중요한 역할을 하므로 이를 향상시키기 위해서 다전류법을 이용한다[2, 3]. 핵자기공명을 이용하여 1 mT 영역의 저자장을 정밀하게 측정하는 방법에는 자기유도법과 자유세차법 등이 있는데, 자유세차법은 연속적인 자장측정이 가능하지않은 단점이 있다. 본 연구에서는 연속적인 자장측정이 가능한 자기유도법으로 자장균일도에 따라 측정한 공명흡수신호에서의 반치폭과 공명신호에 구형 시편의 체적 weighting factor를 고려하여 계산한 반치폭을 비교 분석하였다.

## 2. 측정장치 구성

대형 3축 헬름홀츠 코일에 의하여 저자장이 상쇄된 공간에 4-전류 솔레노이드(1172 turns, single layer,  $\phi 311$  mm)를 안치한후, 솔레노이드 중심에 솔레노이드 자장방향과 수직이 되게 RF 자장 인가용 소형 헬름홀츠 코일(직경  $\phi 100$  mm)을 설치한 측정장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 두 자장과 각각 수직이 되게 권선수 380회인 탐지코일을 헬름홀츠코일 중심에 두고 공명주파수에 tuning시켰으며, 솔레노이드 자장발생에는 voltage/current calibrator(Fluke 382A)와 3 개의 전류원(Keithley 220), RF 자장 발생에는 파형합성기(hp 3335), NMR 신호 탐지에는 lock-in amp.(EG & G Par 5210)를 사용하였다. 시편은 직경  $\phi 60$  mm인 구형의 중류수를 사용하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

저자장에서 자기유도법으로 공명신호를 측정하기가 쉽지 않으므로, 100 배 이상 신호가 크고 각 점에서의 자장을 측정할 수 있는 polarizing된 흐르는 물을 이용한 Rabi 핵자기 공명법으로써 단전류 및 4-전류 솔레노이드 축상의 자장균일도를 향상시킨 결과를 그림 2에 나타내었다[4]. 그림 3은 시편단면을 대칭면으로하여 자장기울기가 0 ppm/cm, 3 ppm/cm, 40 ppm/cm인 경우에 공명신호를 계산한 결과인데, 반치폭은 각각 0.2 Hz, 0.8 Hz 및 3.9 Hz이다. 그림 4는 4-전류와 단전류에 의해 자장균일도가 각각 3 ppm/cm, 40 ppm/cm일때 측정한 공명신호로 대응되는 반치폭은 2 Hz 및 4.1 Hz, 공명 중심주파수는 42588 Hz 및 42571 Hz로 측정되었다.

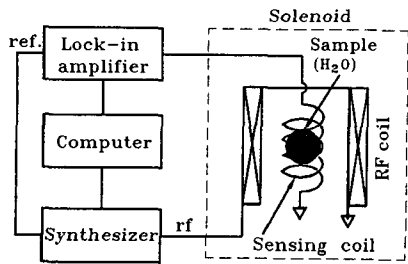


Fig. 1. Schematic diagram of NMR signal detection system.

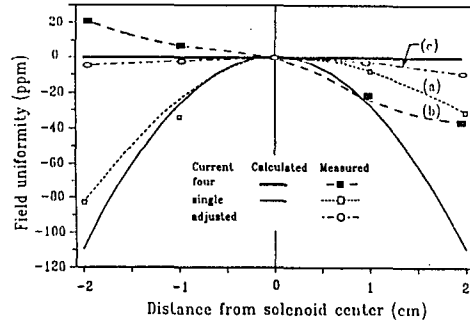


Fig. 2. Field uniformity near the solenoid center.

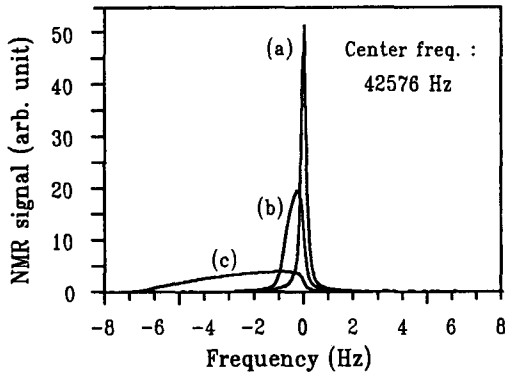


Fig. 3. Calculated NMR signals for the field uniformities (a) 0, (b) 3, and (c) 40 ppm/cm.

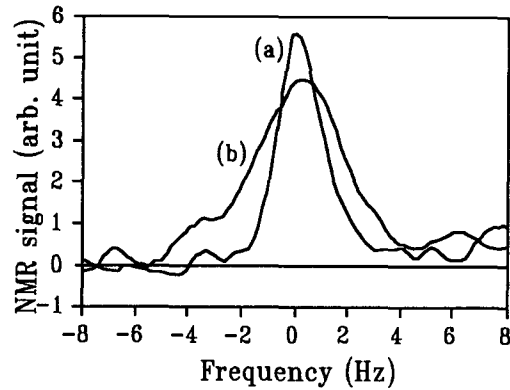


Fig. 4. Measured NMR signals for the field uniformities (a) 3 and (b) 40 ppm/cm.

#### 4. 결론

단전류 솔레노이드에 의해 생성된 40 ppm/cm와 4-전류에 의해 생성된 3 ppm/cm의 자장기울기를 가지는 자장내에서 자기유도법에 의하여 관측한 공명흡수신호의 반치폭은 각각 2 Hz 및 4.1 Hz이다. 40 ppm/cm에서는 계산값과 일치하였으나, 3 ppm/cm에서는 계산값과 다소 큰 차이를 보였는데, 이는 솔레노이드 off-axis에서의 자장기울기에 기인한 것으로 사료된다.

#### 5. 참고문헌

- ① B.W. Petley, The fundamental Physical Constants and the Frontier of Measurement, Adam Hilger Ltd., Bristol, 1985, p.119.
- ② 우병철, 박포규, 김철기, 유권상, 김창석, 한국자기학회 춘계연구발표회 digest(1992).
- ③ 김철기, 유권상, 우병철, 김창석, 한국자기학회지, 2(3), 268(1992).
- ④ N.F.Ramsey, Molecular Beams, Oxford Press, London, 1965, pp.115-124.