

LC 共振器を用いた超低磁場 NMR/MRI に関する研究

Study of Ultra-low Field NMR/MRI System using an LC Resonator

豊橋技科大, °豊田 裕智, 山本 将彰, 綱木 辰悟, 八田 純一, 廿日出 好, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol., °H. Toyota, M. Yamamoto, S. Tsunaki, J. Hatta, Y. Hatsukade, S. Tanaka

E-mail: h123431@edu.imc.tut.ac.jp

1. はじめに

我々は、食品異物検査への応用のため HTS-SQUID を用いた超低磁場 NMR/MRI 装置を開発している^[1]。食品異物検査の実用化のためには装置の高感度化が要求されている。LC 共振器は特定の共振周波数を持つ磁気信号を増幅することが知られているが、**そのまま装置に導入すると NMR 信号取得に用いる 90° パルス等も増幅する**。本研究では、LC 共振器を用いて NMR 信号の信号雑音比(SNR)を改善する方法と、**LC 共振器の共振の鋭さ Q** を時間制御して、90° パルスは増幅せず NMR 信号のみを増幅する Q-switch 回路の導入を検討した。

2. 実験

600 回巻きの 8.6 mH のコイル、808 nF のコンデンサを直列接続し、1914 Hz で共振する LC 共振器を作製した。LC 共振器に共振周波数と同一周波数の 90° パルスが鎖交した際、その信号を増幅しないように、電界効果トランジスタ(FET)を変抵抗として LC 共振器と並列接続し、その抵抗を時間制御するために RC 積分器と外部電源から構成される Q-switch 回路を作製した^[2]。LC 共振器と Q-switch 回路の回路図を Fig.1 に示す。この回路により、90° パルス印加時に FET の抵抗を増加させ、Q 値が 2.13×10^{-6} となり、印加後の測定時には Q 値を 3.5 に設定することができる。これを開発してきた超低磁場 NMR/MRI 装置に導入した。本装置では、分極磁石と測定部を分離した分離磁化方式を採用している。サンプルとして円筒状の容器 ($\Phi 35 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}^{\dagger}$) に満たした 7.7 ml の市水を用いた。NMR 信号の測定では、磁気シールドルーム外に設置した 1.1 T の永久磁石を用いて水サンプルを分極した。分極後、計測

部から 2 m 離れたサンプルを、窒素ガス圧を用いて、45 μT の静磁場 B_m が印加されている SQUID 直下に 0.7 s で移動させ、設定したパルスシーケンスにより 90° パルスを印加し、SQUID で FID 信号を計測した。計測された NMR 信号は、高速フーリエ変換により NMR スペクトルに変換した。

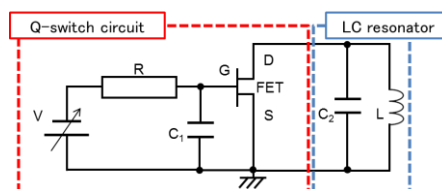


Fig.1 Q-switch circuit and LC resonator

3. 実験結果

Fig.2 に LC 共振器を用いた場合と用いていない場合の水サンプルの NMR スペクトルの測定結果を示す。LC 共振器を用いた場合、用いていない場合に比べ、共振周波数の周辺の帯域ではノイズもわずかに増加したが、1914 Hz の NMR 信号強度は $3.2 \text{ mV/Hz}^{1/2}$ から $15.6 \text{ mV/Hz}^{1/2}$ と約 5 倍に増加した。この結果、SNR は 1 回の測定で 320 から 520 へと改善することができた。

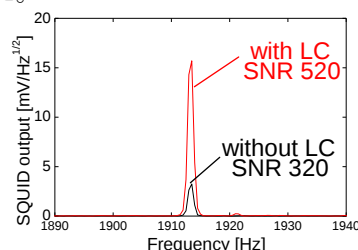


Fig.2 NMR measurement spectral

参考文献

- [1] http://www.astf.or.jp/project/page_03.html
- [2] Hui Dong et al., Supercond. Sci. Technol. 22 (2009) 125022