核四極共鳴信号計測のためのオートチューニングシステム

Auto tuning system for NQR measurements

阪大院基礎工 [1]，○佐藤 晋大 [1]，赤羽 英夫 [1]，糸﨑 秀夫 [1]
Graduate school of engineering science, Osaka univ. [1], ○S. Sato[1], H. Sato-Akaba[1], H. Itozaki[1]
E-mail: satou@sup.ee.es.osaka-u.ac.jp

【はじめに】

NQR（核四極共鳴）法は、核スピン≧1 の原子核が結晶内部の電場勾配により生じた磁気モーメントを物質固有な共鳴周波数の交流磁場を印加することで検出する方法である。核磁気共鳴法と異なり、外部磁場を必要としないことや、共鳴周波数が物質固有であることから、物質の非接触検知が原理的に可能であり、特に窒素原子核を含んだ爆発物や不正薬物、偽造医薬品などへの応用が期待されている。しかし、現状では NQR 周波数が未知な物質が多数存在することから、NQR 周波数を探索することも重要である。窒素原子核に起因する NQR 周波数はおよそ 0.5~ 5MHz に分布しているが、NQR 信号の線幅は非常に鋭く、また検出には共振アンテナを用いていることから、NQR 信号を探索するには、送受信アンテナの自動周波数同調（オートチューニング）機能が欠かせない。そこで、本研究ではモータ付き真空可変コンデンサを用いた自動周波数同調装置の開発を行った。

【実験方法及び結果】

開発した装置の構成を図 1 に示す。周波数同調と整合には、送受信コイルに対し並列と直列に一つずつ挿入した二つのコンデンサ Cp、Cs を使用した。このコンデンサはステッピングモータ付き真空可変コンデンサ（EC-125H65UW-001 明電舎製）を使用し、PC から静電容量を制御できるようにした。共振回路からなるアンテナの共振周波数は Cp と Cs の和を変化させることで調整し、整合は Cp と Cs の比を変化させることで調整した。

送信励起パルス照射後、共振回路内に残ったエネルギーはアンテナの Q 値に依存する時間をかけて消費されていく。このとき共振回路内に流れる電流の周波数は共振回路（アンテナ）の共振周波数となる。よって、この減衰信号を周波数解析することで、アンテナの共振周波数をモニタリングすることができる。アンテナの共振周波数と目的の周波数の差から、適切な Cp + Cs からのずれを計算することで共振周波数の調整を行った。Cp+Cs をほぼ一定に保ち、その比率を変化させながら、アンテナからの送信磁場強度が最大となるように整合の最適化を行った。

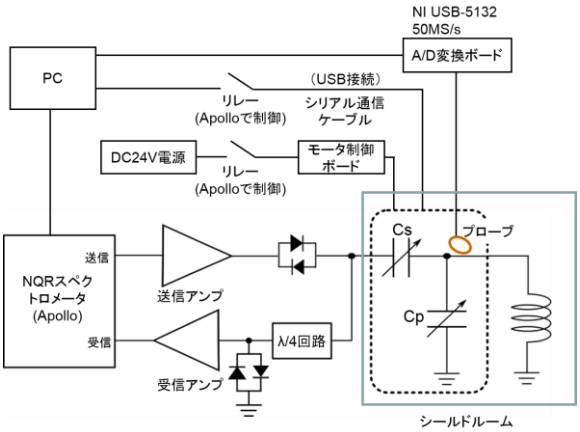

図 1. オートチューニングシステムを用いた NQR 信号計測時の装置構成

実際にオートチューニングを行った結果を図 2 及び図 3 に示す。このシステムを用いることで、Cp と Cs を共に可変コンデンサの最小値（69.3pF）に設定した状態からでも、目的の共振周波数にチューニングすることができた。

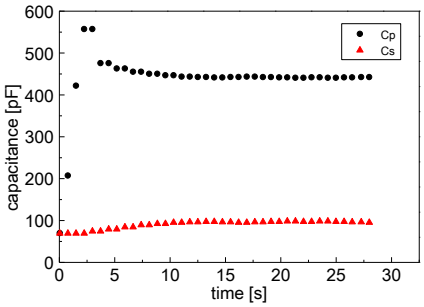

図 2. オートチューニング時の Cp 及び Cs の時間変化

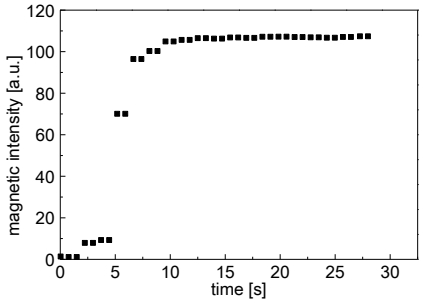

図 3. オートチューニング時の送信磁場強度の時間変化

© 2015年 応用物理学会