

Determination of Quality Factor for Highly Overcoupled EPR Resonators

Yasunori Ohba, Chika Watanabe, Shigeaki Nakazawa, Seigo Yamauchi

Applied Magnetic Resonance, 2010, 37, 781–794

大庭 裕範¹、渡邊 千香¹、中澤 重顕²、山内 清語¹

(1 東北大・多元研、2 大阪市大・院理)

パルス ESR 装置の開発や調整の際に必要な共振器特性 (Q : quality factor) の測定法を開発した。パルス ESR の二量子遷移距離測定で用いる低い Q 値 (< 100) は、従来の方法では測定できなかったが、本法では $Q \sim 20$ まで測定が可能である。

タンパクなどの巨大分子の構造決定で、2~8 nm の距離を測定する際に、電子スピン共鳴 (ESR) の二量子遷移 (DQC) を用いて電子スピン間の双極子 - 双極子相互作用からスピン間距離を求める方法は精度が高く有用である。DQC 測定では 2 つの電子スピンを同時に励起することが必須の条件であり、装置の帯域幅を大きくするために、低 Q に調整した共振器を用いなければならない。一方、装置の感度は Q 値が低いと低下する。したがって、適当な値に Q を設定することは重要である。

$1/Q$ は電力の損失を表す。外部回路から見た共振器の Q を Q_L 、共振器本体の損失を Q_0 、外部回路と共振器の結合回路の損失を Q_C と書くと、以下の関係がある。

$$1/Q_L = 1/Q_0 + 1/Q_C$$

Q_0 と Q_C の相対的な大きさと結合度が決まる。臨界結合 $Q_0 = Q_C$ では共振器からのマイクロ波の反射がなく、周波数の関数として反射を測定すると、共振点で深い dip が観測される。過結合 $Q_0 \gg Q_C$ では反射があり、dip は浅い。パルス ESR では過結合で Q を低くしているため、dip の測定・結合度の調整が困難である。我々は共振器にマイクロ波吸収体を挿入して Q_0 を下げ、dip の深い臨界結合にして Q_L を測定し、これから空の場合の Q_L を決定する方法を提案した。図 1 に様々な結合度の反射電力測定結果を示す。17.5 GHz 近傍の dip が共振点で、その幅が広いものほど Q 値は小さい。空の共振器 (A) では、 $L_c = 7$ mm が臨界結合、 L_c が小さくなるにつれて過結合の度合いが高い。過結合の $L_c = 0 \sim 2$ では浅い dip の幅を測定することは困難である。一方、B はマイクロ波吸収体を挿入し、臨界結合にした場合である。共振点でマイクロ波の反射がないため、明瞭に dip を観測できる。この測定から $Q_L \sim 20$ を決定できることを実験的に示した。

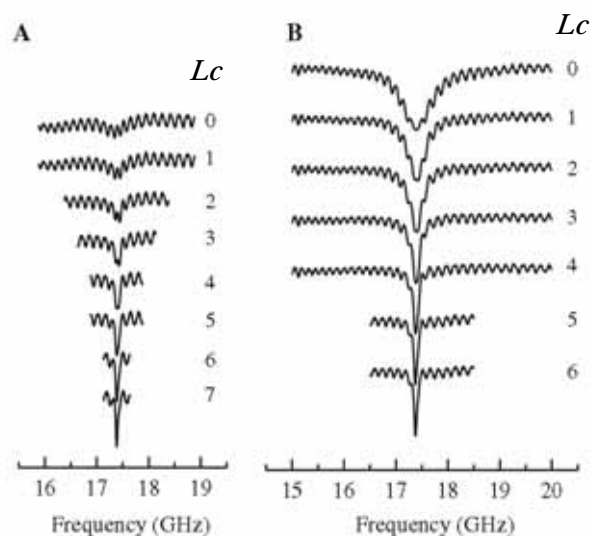


図 1 . 共振特性 . A : 空の共振器、B : マイクロ波吸収体を挿入 . L_c : 結合度調整距離 (mm) .