

氏名 青 山 歆 生

学位(専攻分野) 博 士(理 学)

学位授与番号 博 甲 第 1192 号

学位授与の日付 平成 5 年 9 月 30 日

学位授与の要件 自然科学研究科物質科学専攻

(学位規則第 4 条第 1 項該当)

学位論文題目 低磁場におけるスピン緩和現象の理論的研究

論文審査委員 教授 田中 基之 教授 萬成 勲 教授 山寄比登志
教授 平松 惇 教授 福井 廉

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

低磁場における核スピン緩和現象の理論的研究は、摂動論による考察ができないためむずかしい問題であり、久保、烏谷部による確率論的な考察がなされて以来ほとんど進展がない。本論文では、久保、烏谷部のモデルを拡張して、核スピンの作用する揺動局所場に異方性がある場合の核スピン緩和関数を計算機シミュレーションなどにより考察し、それを用いて得られた低磁場共鳴スペクトルには、次のような特性のあることが判明した。(1) 局所磁場の揺動が速い場合は、通常の NMR スペクトルのように、外場のラーモア周波数に鋭いピークをもつスペクトルを示し、局所場の異方性による影響はほとんどない。(2) 局所場の揺動が緩やかな場合は、緩和関数の長時間域が特異な振舞いをすることを反映して、スペクトルは外場のラーモア周波数から著しくずれた周波数にピークをもつ主共鳴線と零周波数にピークをもつ共鳴線よりなり、それらは局所場の異方性や揺動の速さ、外場の大きさにより著しく影響される。(3) 主共鳴線のシフトは、局所場の異方性が強く、外場が小さい場合には著しく大きく、主共鳴線は外場ラーモア周波数に対して高周波側にも低周波側にもずれる場合がある。

以上の結果を実験結果と比較するため、Redfield が測定した Rotary Saturation のスペクトルの解析を試みた。Rotary Saturation は、通常の NMR Saturation の実験で外場方向に可聴周波数域の振動磁場をかけ、回転系において核スピン系に低周波数域の共鳴を起こす実験である。回転系で核スピンの作用する有効外場は、異方性の強い双極子場と同程度の大きさになる。実測されたスペクトルにもっともよくフィットするようにパラメータを設定することにより、その物質の核スピンの作用する双極子場の特性を推定することができた。また、スピン緩和関数の長時間域における特異な挙動を解析して、その振舞い

を表す近似式を理論的に導出することを試みた。

論文審査の結果の要旨

低磁場におけるスピン緩和現象の理論的研究は、摂動論による考察ができないむずかしい問題であり、久保、烏谷部による確率論的な考察がなされて以来ほとんど進展がない。本論文では、久保、烏谷部のモデルを拡張して、核スピンの作用する揺動局所磁場に異方性がある場合の核スピン緩和関数をシミュレーションなどにより考察し、それを用いてこの系の低磁場共鳴スペクトルには次のような特性があることを明らかにしている。(1)局所磁場の揺動が速い場合には、通常の NMR スペクトルのように、外場のラーモア周波数に鋭いピークをもつスペクトルを示し、局所場の異方性による影響はほとんどない。(2)局所場の揺動が緩やかな場合には、緩和関数の長時間域が特異な振舞いをすることを反映して、スペクトルは、外場のラーモア周波数から著しくずれた周波数にピークをもつ主共鳴線と零周波数にピークをもつ共鳴線よりなり、それらは局所場の異方性や相関時間、外場の大きさなどにより著しく影響される。(3)主共鳴線のシフトは、局所場の異方性が強く、外場が小さい場合には著しく大きく、主共鳴線は外場ラーモア周波数に対して高周波側にも低周波側にもずれる場合がある。申請者は、これらの結果を用いて Redfield が rotary saturation の方法で測定したスペクトルの解析を試みた。rotary saturation は、通常の NMR saturation の実験で外場方向にも可聴周波数域の振動磁場をかけ、回転系において核スピン系にこの周波数域の共鳴を起こさせる実験である。回転系で核スピンの作用する有効外場は双極子場と同程度の大きさになり、その双極子場は異方性の強い局所場になる。申請者は、実測されたスペクトルにもっともよくフィットするようにパラメータを設定することにより、核スピンの作用する双極子場の特性を推定している。この試みは、rotary saturation による核スピン緩和の研究が低磁場スピン緩和の研究に理論的にも、実験的にも有用であることを初めて具体的に示したものである。申請者はまた、スピン緩和関数の示す特異な減衰を解析して、その挙動を示す表式を理論的に導出することを試みている。得られた表式は、ミューオン・スピンを用いてスピン緩和を直接測定する μ SR 法のデータ解析に有用である。

本論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。