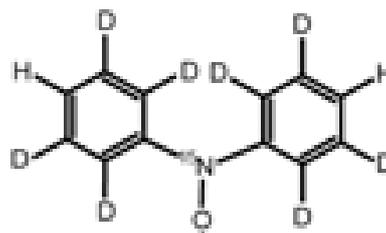


2P037

パルスELDOR法による電子 - 核スピン状態の量子制御と 分子スピン量子コンピュータへの展開

(阪市大院理¹, 阪大院理², 阪大院基礎工³, JST-CREST⁴) 田中彩香¹・佐藤和信^{1,4}・
西田辰介^{1,4}・中澤重顕^{1,4}・森田 靖^{2,4}・豊田和男^{1,4}・塩見大輔^{1,4}・北川勝浩^{3,4}・
工位武治^{1,4}

【序】我々は、分子スピン量子コンピュータの実現を目指し、マイクロ波 (MW) パルスやラジオ波 (RF) パルスを用いた電子スピン磁気共鳴技術に基づいて、分子のスピン量子状態を人為的に制御する(スピン量子状態制御)研究を進めている。これは、最終的には、量子情報処理などへの展開を視野に入れたスピン制御技術の確立に貢献しようとするものである。これまで、安定ラジカルがもつ電子スピン及び核スピンを対象にパルス電子-核二重共鳴 (ENDOR) 技術を適用することにより電子-核スピン系における量子絡み合い状態の生成と実証を行ってきた[1-3]。その中で、電子-核スピン形の量子状態変換は、核スピン状態の操作の代わりに電子スピン状態をMWパルスで操作しても実現することができることを示唆してきた。パルスENDOR法による量子状態制御では、高強度のRFパルスを用いたとしても核スピンの状態変換には数マイクロ秒オーダーの時間を要するが、MWパルスではナノ秒領域で変換が可能になるためにメリットが大きい。今回、2種のマイクロ波周波数を用いるパルス電子-電子二重共鳴 (ELDOR) 法を適用することにより、電子-核スピン状態のMWパルスによる状態制御技術の開発と高速化を目的として、ジフェニルニトロキシドの希釈単結晶を用いて単結晶パルスELDOR法による電子-核スピン量子状態の評価法を検討した。



同位体置換ジフェニルニトロキシド

1

【実験】実験には、窒素同位体及び重水素で部分的に標識化したジフェニルニトロキシド 1 を重水素化ベンゾフェノン単結晶 (ホスト分子) 中に希釈した混晶単結晶を育成して用いた。測定には、Bruker BioSpin 社製 Elecsys E580 に共同開発したコヒーレントデュアルマイクロ波パルス照射システムと高出力マイ

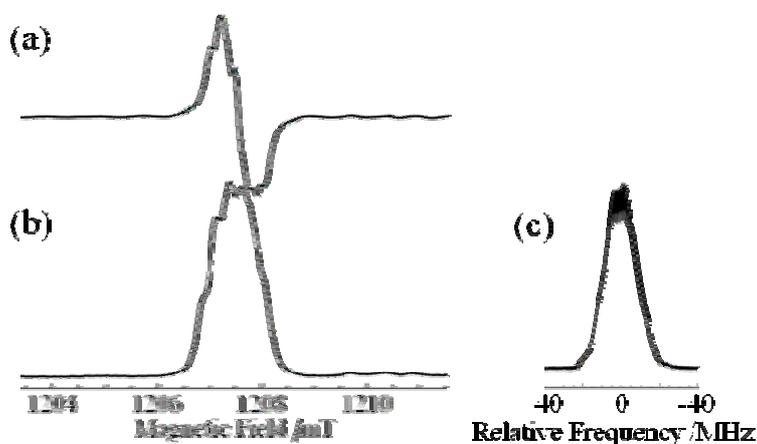


図1 分子 1 の単結晶 ESR スペクトル(a)、FID 検出磁場掃引 ESR スペクトル(b)、FID 検出周波数掃引 ESR スペクトル(c)

クロ波増幅アンプを組み込んだQバンドパルスELDOR分光器を使用した。試料の温度は、自作設計したOxford社製Optistat SXMクライオスタットを用いて制御した。

【結果と考察】図1(a)~(c)に、静磁場が重水素化ベンゾフェノン単結晶の**b**軸に平行な方向で観測した分子1の単結晶cw及びパルスESRスペクトルを示す。スペクトルの超微細結合分裂は、窒素同位体(^{15}N)及び2つの水素核スピンの由来する。図1(c)は、 $B_0 = 1207.5 \text{ mT}$ の静磁場下で第2マイクロ波周波数を $33945.018 \pm 40 \text{ MHz}$ の範囲で掃引したものである。このスペクトルは、第2マイクロ波を第1マイクロ波と位相同期をとることにより初めて実現したものである。

図2(a)~(c)に、図上部に示す3パルス系列を用いて測定した第2マイクロ波周波数掃引スペクトルの磁場依存性を示した。また、電子スピン ($S=1/2$) と窒素同位体の核スピン ($I=1/2$) を含む系のエネルギー準位図を模式的に図3に示す。図3(a)及び(b)で記載されている赤及び緑の実線矢印は、図2(a)と(c)の測定条件下においてエコー強度をモニターしているESR遷移を示す。図2の印で記したように、低磁場側(図2(a))では第2マイクロ波周波数が第1マイクロ波よりも約10MHz小さい周波数でエコー強度の減少が観測されるのに対して、高磁場側(図2(c))では逆に高い周波数でエコー強度の減少が観測された。このエコー強度の減少は、図3の破線矢印で示されるスピン副準位間でESR共鳴吸収が生じることにより、モニターしているESR強度に変化が生じたもので、青い矢印で記されるNMR遷移のELDORによる間接的な状態制御といえる。一方、0MHz付近の両脇に観測される変化は、 $| - + \rangle$ $| - - \rangle$ 間のNMR遷移に対応するELDOR効果である。現在、第2マイクロ波パルスによるELDOR効果と電子-核スピン状態の関係を明らかにし、量子状態制御への応用を検討している。

【文献】

[1] R. Rahimi, K. Sato et al., *Int. J. Quantum Inf.*, **3**, 197(2005). [2] K. Sato, R. Rahimi et al., *Physica E*, **40**, 363 (2007). [3] K. Sato, S. Nakazawa et al., *J. Mater. Chem.*, **19**, 3793 (2009).

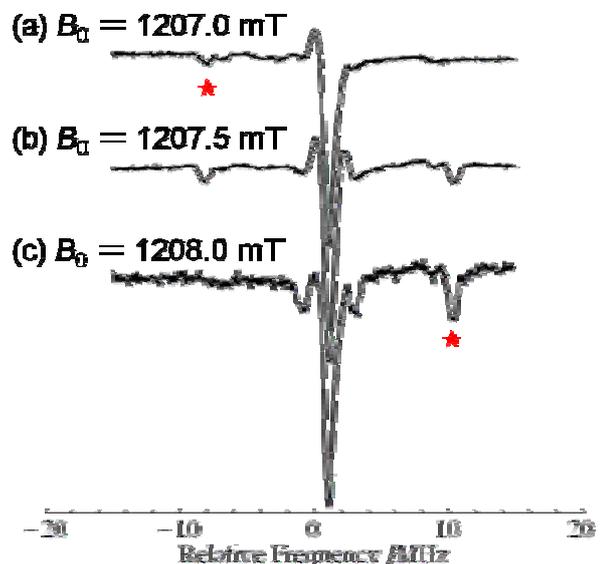
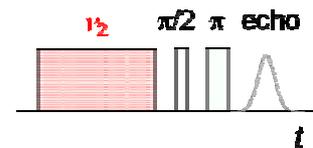


図2 分子1のエコー検出ELDORスペクトル
 $T = 100 \text{ K}$, $\nu_1 = 33945.018 \text{ MHz}$

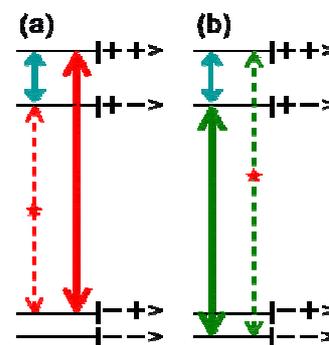


図3 4準位系 ($S=I=1/2$) のエネルギー準位図
赤及び緑の実線は、ELDORをモニターするESR許容遷移を示す。