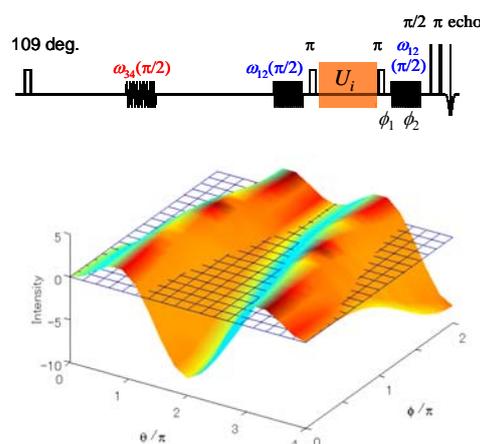


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-4. 磁気共鳴
小項目	1-4-6. ESR と量子計算

概要（200字以内）

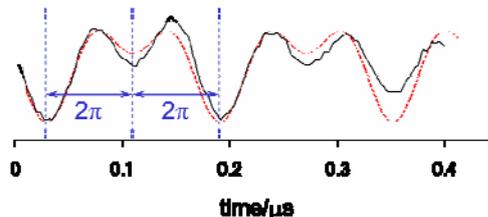
マイクロ波及びラジオ波パルス技術を用いて、スピンの量子位相を制御することにより量子重ね合わせ状態や量子絡み合い状態を利用する量子コンピュータや量子情報通信の実現を目指している。パルス電子一核多重共鳴法を応用して、電子スピンの介在する量子絡み合い状態を生成し、量子状態を相互に変換できることが示された。量子ビット数の拡大と、多電子スピン系の量子位相操作を実現するスピントクノロジーの開発が進んでいる。



現状と最前線

電子スピン共鳴を用いた研究では、周波数依存 ESR スペクトルからマイクロ情報を調べる多周波 ESR 法や、より高周波領域の電磁波を利用する高磁場 ESR 法を用いた物質系の研究が盛んに行われるようになってきた。高磁場・高周波への展開により、高感度化・高分解能化への技術革新が進んでいる。また、パルスマイクロ波を用いた ESR 法もパルス技術の進歩により著しく進展し、多次元化 ESR 法、相関分光法、電子スピンニューテーション法など複雑な物質系の電子状態を解明する有効な実験手段が提供できるようになっている。併せて、ESR と NMR の二重共鳴法 (ENDOR) ・三重共鳴法 (TRIPLE) も成熟し、汎用性の高い多彩な分光手法が確立してきた。一般に分光法は、未知である物質の電子状態・電子構造等の物理的性質を評価する手段として適用されるものであるが、分光技術を積極的に状態制御技術・スピントクノロジーとして応用することが可能である。量子状態制御に位相分光技術を応用することにより、スペクトル情報の変換・制御を行い、物質の量子状態を量子情報として活用することができる。ESR を用いた量子計算では、開核系物質が有する量子スピン状態をハードウェアとして、量子スピン状態の状態制御を実現し、量子コンピュータとして働く物質系の開拓と制御技術の確立が大きな課題である。現在、実現を目指す研究として、電子一核スピン混在系と電子スピンのみを対象とし、分子スピン量子コンピュータのプロトタイプの実現を目指している。

パルス電子-核二重共鳴 (ENDOR) 技術を適用することにより、電子スピンと核スピンの量子状態制御に成功している。強力なマイクロ波パルスとラジオ波パルスを単結晶中の希釈スピン系に照射することにより、電子スピンと核スピンの量子絡み合い状態が形成されることが実証された。電子スピンと核スピンの各々の量子位相回転から生じる回転位相干渉効果を測定し、4つの量子絡み合い状態（量子力学的ベル状態）を別々に評価する技術が確立されている。また、形成した量子絡み合い状態にマイクロ波パルス、或いはラジオ波パルスを照射することにより、電子スピン、或いは核スピンによるスピノール性（ 4π 周期性）が検出されている。このスピノール性の観測は、4つの量子絡み合い状態間の相互変換が可能であることを実証する実験結果であり、分子スピノール量子コンピュータの実現を期待させる。



一方、電子スピン間の量子状態制御を実現するために、2（或いはそれ以上の）電子スピン系のパルス電子-電子二重（多重）共鳴 (ELDOR) による量子状態制御の研究が新たに進行している。2スピン系における電子スピンの4準位全てを制御するための分子システムの分子設計開発と最適化、及び量子状態制御が大きな課題である。この多スピン系の量子スピン状態を制御する基盤技術としては、異なるマイクロ波パルスの位相制御技術が不可欠であり、2つの位相制御したマイクロ波パルスを用いるコヒーレントデュアルELDOR技術の開発を行なうとともに、3電子スピン系以上に対応可能な多周波コヒーレントなマイクロ波パルスを発生する技術の開発が行なわれている。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 電子-多核スピン系の量子状態制御の実現と分子スピノール量子コンピュータの開発・量子テレポーテーションの実験的検証
 - 多周波コヒーレント ELDOR の位相制御技術による新しい位相磁気共鳴分光学・位相分子科学の確立と高精度位相スピノールテクノロジーの開発
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 2桁の核スピンをもつ分子スピノール量子コンピュータの実現
 - 5~10電子系の分子スピノール量子コンピュータの実現と量子情報通信との結合
 - 高周波強力マイクロ波パルス技術の成熟

キーワード

パルス ENDOR、コヒーレントパルス ELDOR、量子状態制御、分子スピノール量子コンピュータ、位相分子科学

(執筆: 佐藤 和信)