

# 半導体中電子の量子状態の測定方法

## 半導体人工分子の量子情報処理への応用に期待



今村 裕志

いまむら ひろし

h-imamura@aist.go.jp

ナノテクノロジー研究部門  
ナノ構造物性理論グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

量子中継器、超高密度磁気記録、不揮発性磁気メモリ(MRAM)など半導体や金属ナノ構造中の電子スピンを用いた情報処理デバイスの理論開発を行っています。コンピュータシミュレーションや解析的な理論手法を駆使してナノ構造中の電子スピンの振る舞いを明らかにし、新しい動作原理に基づくナノスピントロニクスデバイスを世の中に送り出すことを目指しています。

### 関連情報：

- 共同研究者

余越 伸彦（科学技術振興機構）、小坂 英男（東北大学電気通信研究所）

- 参考文献

N. Yokoshi *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* 103, 046806 (2009).

- プレス発表

2009年7月21日「半導体人工分子の量子状態を電気的に測定する方法を開発」

### 電子スピン量子ビットの実用化

現在の通信デバイスやコンピューターの主要部を占める半導体中の電子を量子情報として活用することは、将来的な汎用性・集積性を考えると自然な流れであると思われます。特に、二つの電子スピン間の相関を量子情報の最小単位である量子ビットとするアイデアは集積性や演算効率の面から有用とされ、広く研究されています。この電子スピン量子ビットの実用化は将来の高度情報化社会に向けて急務と思われます。

### 量子状態の全体像の推定が可能に

この研究では、左右の量子ドット上（図1のLとR）と量子ドット間（図1のB）に配置されたゲート電極の電圧を断熱的に調整した後、左右の量子ドットに滞在する電子数を測定するという方法を提案しました。ここでゲートLとRの操作は二つの量子ドット内の静電エネルギーを、ゲートBの操作は電子の量子トンネル確率をそれぞれ変化させることに相当します。私たちは、半導体中電子のスピン-軌道相互作用を考慮した量子トンネル過程を取り入れ、

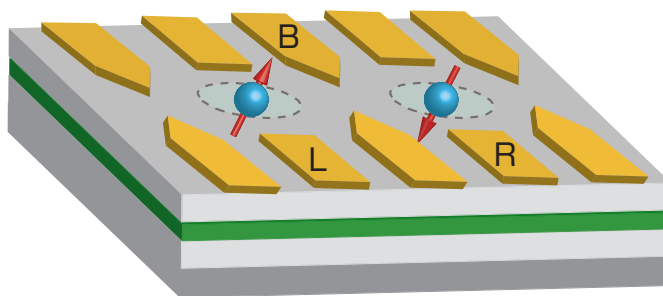
理論的な解析を行いました。

二つの量子ドットに滞在する電子数をそれぞれ測定し、電子の集団として処理するアンサンブル平均を取ると、左右の電子数差は重ね合わせ状態における一重項と三重項の相対位相の関数として振動することを発見しました。これによりスピン一重項・三重項が現れる確率と2状態間の相対位相を同時に測定することができます。

これまでの方法で得られる情報は一重項と三重項の相対振幅のみでしたが、この方法では相対位相も特定できることから量子状態の全体像を推定することが可能です。

### 今後の展開

電子スピンを利用した量子ビットの実用化には、GaAsなど材料のさらなる高品質化に加え新たな量子機能の付加・強化のための理論的提案も不可欠です。固体素子による量子インターフェースの実現に向けて新たな量子デバイスの設計を行い、将来の量子情報社会の基盤技術を確立したいと考えています。



二重量子ドットの模式図

青い球が1個の電子を、赤い矢印がスピンの向きを、点線は電子が存在し得る範囲（量子ドット）を表す。表面の黄色い部分はゲート電極である。