

## シリコン量子系のスピン制御

### Spin manipulation in silicon quantum device

大野 圭司, (理研)

K. Ono (RIKEN)

E-mail: k-ono@riken.jp

量子ビットは量子コンピュータの基本素子として注目を集めている。中でもシリコン技術で実装される電子スピン量子ビットは、蓄積された技術による微細加工および高度集積化が可能であり、古典コンピュータとの接続性に優れているうえ、不純物核スピンの少ないことから長いコヒーレンス時間が実現している。スピン量子ビットは、表面ゲート電極により形成される量子ドット構造や、浅い不純物準位を用いる方法によって実装されている[1-5]。

しかしながらこれまでのスピン量子ビットの閉じ込めは弱く、その動作には希釈冷凍機による0.1 K以下の極低温が必要となる。装置は大型となりコストもかかるため量子ビットの応用範囲は制限される。また希釈冷凍機温度の冷却能力は小さいため、大規模量子計算機の実装に必要な周辺古典情報処理回路からの廃熱やノイズに耐えられない可能性が指摘されている[6]。

我々は量子ビットとして深い不純物準位を利用することで、0.3 eVに達する強い閉じ込めを実現し、深い不純物が室温においても量子ドットとして機能することを示した、またこれまでより2桁高い動作温度である10 Kまでの量子ビット動作に成功した[7]。

我々は従来のMOSFETベースのデバイスに変わり、トンネルトランジスタ (TFET) 構造を採用した。深い不純物準位をチャンネル中に導入した短チャネルTFET構造を用いることで、単一の深い不純物準位への電氣的アクセスを実現した。これは、今まで極低温でしか実現できていなかった量子ビット動作をより高い温度で実現し、実用可能性や普及範囲を大きく広げる結果となる。また我々の素子はこれまでにほとんど利用されてこなかった半導体中の深い準位をその中枢機能として利用した最初の量子電子素子である。スピン量子ビット単体は高感度磁気センサーとしての応用が期待される。スピン量子ビット間の結合技術が開発されることにより高温動作量子計算機の実現につながるものである。

- [1] J. J. Pla, et al. Nature 489, 541–545 (2012).
- [2] J. T. Muhonen, et al. Nature Nanotechnol. 9, 986–991 (2014).
- [3] M. Veldhorst, et al. Nature 526, 410–414 (2015).
- [4] K. Takeda, et al. Sci. Adv. 2, e1600694 (2016).
- [5] R. Maurand et al. Nature Commun. 7, 13575 (2016).
- [6] L. M. K. Vandersypen, et al. arXiv:1612.05936.
- [7] K. Ono, T. Mori, S. Moriyama, submitted.