

シリコン量子コンピュータの現状と課題

Current Status and Future Perspective of Silicon Quantum Computers

慶大理工, 伊藤 公平

Keio University, Kohei M. Itoh

E-mail: kitoh@appi.keio.ac.jp

シリコン中の個々のリン原子核スピンを量子ビットとして用い、それらの結合をやはりリンに束縛された個々の電子スピンを介して行うというアイデアを Bruce E. Kane が Nature 誌に発表したのは 1998 年であった。基礎物性、量子情報、ナノテクノロジーの橋渡しを行った見事な提案であったが、シリコン中に 1 個ずつリンを配置し、その電子スピンと核スピンを初期化し、量子操作（量子計算を実行）し、最後に個々の電子および核スピンを読み出すことを実験室で実現するのは不可能と感じた人も多い。しかし、科学および技術の進歩とは驚くべきものであり、それから 15 年ほどを経た現在、我々はシリコン中で個々の電子スピンや核スピンを初期化し、操作し、読み出す事に成功したので報告する。

本講演は、3 部構成を成す。

第 1 部では、同位体濃縮された ^{28}Si 高純度ウエハーにイオン注入されたリンドナー原子 1 個を舞台として、そこに束縛された電子スピン 1 個と、 ^{31}P 核スピン 1 個で実行された 2 量子ビットの量子計算の実験結果を示す。また、この単一スピン操作に至るまでの我々の研究過程も示す。

第 2 部では、同位体濃縮された ^{28}Si 高純度ウエハーに微細加工を施し、ゲート電圧を印加することによって形成された量子ドット内の電子スピン 1 個で実行した量子情報処理の実験結果を示す。

第 3 部では今後の課題を議論する。

本研究は University of New South Wales (UNSW) の Andrea Morello 教授および Andrew Dzurak 教授の研究チームとの共同研究の成果である。本講演者の寄与は、高品質 ^{28}Si 単結晶の作製と評価であり、デバイス作製と実験は UNSW で実施された。慶應における研究は、その一部が内閣府 FIRST プログラム、一部が科学研究費補助金、一部が地域産学官連携科学技術振興事業費補助金 (Nanoquine) によって支援された。また UNSW と慶應の共同研究は日本学術振興会 Core-to-Core プログラムによって支援されている。