情報社会を支える新しい高性能情報処理技術
平成14年度採択研究代表者

武藤　俊一

（北海道大学大学院工学研究科　教授）

「量子情報処理ネットワーク要素技術」

1.研究実施概要

本研究では、代表者らが独自に提案している量子ドットの電子スピンを用いた量子演算の実験的検証を行うとともに、その光量子情報通信との整合性を検証し、量子情報処理ネットワークの要素技術を開発することにより実現の可能性を実証する。中心となるのは量子情報の光中継器の試作であり、これと並行して単光子光源の開発を行う。

平成16年度までに電子スピンを用いた量子演算の実証、光子と電子スピンとのQubit変換手法の確立、1.55μ帯量子ドットの波長制御技術の確立等を目指している。今年度は北大での３つの研究グループについて個々の要素技術の研究を行う。

量子演算：

量子演算については、MOMBE成長したInAs/GaAs/GaNAs歪み補償量子ドットについて結合量子ドットの形成を試みる。この量子ドットは1.55ミクロン帯用であるが，現有設備では1.55ミクロン帯で時間分解光学測定が行えるだけの十分な感度がえられない。このために成長後の熱アニ―ルによる原子拡散を用いた短波長化を行って，研究を進めることが出来る波長帯までシフトさせる。この結合量子ドットについて光支援トンネリングによるスピントンネル実験を行う。光源としては短波長の２光子を用いた２光子過程を試みる。また単一の量子ドットにおけるスピン回転の実験を同じく２光子過程を用いて検討する。

Qubit変換：

Qubit変換については核スピン分極による局所的静磁場の発生を検討する。具体的には量子ドットの集団への円偏光の照射による核スピンの分極と、これによる有効磁場の生成を量子ドットからの発光、吸収測定により確認する。

長波長帯結合量子ドットの作製・評価：

InAs/GaAs歪量子ドットにGaNAs歪補償層を導入することにより光通信用1.55ミクロン帯長波長量子ドットを実現する。さらに１光子の量子情報を電子スピンの量子情報に変換するのに最適な結合量子ドット系を実現するため，量子ドット発光波長，発光線幅，なら

びにドット間結合度の制御に関する研究を進める。

光ファイバー―結合量子ドット間の光結合の検討：
　光ファイバーを用いた通信系に研究成果を応用するために，SIL（solid immersion lens）による近接場光を用いた量子ドットと測定系との光結合の検討を始める。SILによる光結合できる領域の空間解像度の向上，結合量子効率の検討を進める。

量子情報再生のアルゴリズム及びシステム研究：
　各要素技術のスペック検討を理論面から行う。更に次年度にセカンド・ソースとして結晶成長を行う準備を開始する。

高偏極率電子スピンの半導体への注入：
　強磁性金属から半導体へのスピン偏極電子の注入について、すでにInAsバルク結晶でも良好な偏極度を確認している。量子井戸、量子ドット等半導体ヘテロ接合へのスピン注入により発光での円偏光の偏極度をさらに改善する検討を開始する。

2.研究実施体制
武藤グループ
　① 研究分担グループ長：武藤 俊一（北海道大学 大学院工学研究科 量子物理工学専攻、教授）
　② 研究項目1：結合量子ドットでのゲート動作の実証
　　研究項目2：キャビティーでの1光子から1電子への量子情報の変換
末宗グループ
　① 研究分担グループ長：末宗 幾夫（北海道大学 電子科学研究所 光材料研究分野、教授）
　② 研究項目1：長波長帯結合量子ドットの作製・評価
　　研究項目2：光ファイバー‐結合量子ドット間の結合の形成
臼杵グループ
　① 研究分担グループ長：臼杵 達哉（富士通株式会社 厚木分室）
　② 研究項目：量子情報再生のアルゴリズム及びシステム研究
陽グループ
　① 研究分担グループ長：陽 完治（北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター及び大学院工学研究科 物質情報工学講座、教授）
　② 研究項目：高偏極率電子スピンの半導体への注入