

助成対象事業成果報告書（概要版）

助成対象事業名	量子情報通信に向けた高効率単一光子源の研究
助成対象事業者 (研究代表者名)	筑波大学 (舩本泰章)

1 事業の概要

量子情報通信を実現するために必要な基本要素技術—単一光子生成・量子情報の保存技術—の開発を目指して、半導体中の等電子トラップを用いたエネルギーのそろった新しい単一光子発生、光と等電子トラップ・量子ドットの相互作用を増強するためのフォトニック結晶マイクロキャビティの設計と製作を行う研究、等電子トラップや量子ドット中の電子スピンを用いた量子メモリーの実現と性能向上を行い、更に単一光子と等電子トラップや量子ドット中の電子スピンの間の量子情報相互転写の手法を研究する目標をもって研究を推進し、主な成果として①Ⅲ-V族半導体 GaP 中の NN ペア等電子トラップの原子配置の同定と NNN クラスタ等電子トラップの発見と原子配置の同定、②NNN クラスタ等電子トラップが単一光子発生をすることを見だし、③量子ドット中のドーピングされた電子スピンへの偏光情報の書き込みと読み出しを実証した。初期の研究目的に沿った大変重要な成果を得た。

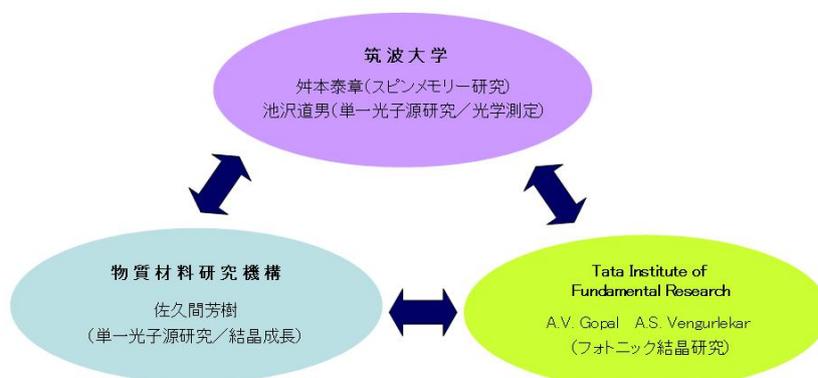
2 共同研究体制と分担内容

研究者氏名一覧

舩本泰章	教授	筑波大学大学院数理物質科学研究科
池沢道男	講師	筑波大学大学院数理物質科学研究科
Gopal, Achanta Venu	Fellow	Tata Institute of Fundamental Research
Vengurlekar, Arvind S.	Professor	Tata Institute of Fundamental Research
佐久間芳樹	主幹研究員	物質・材料研究機構

研究体制と分担内容

物質・材料研究機構が単一光子を発生する等電子トラップ結晶の結晶成長の研究、筑波大学が単一光子を発生する等電子トラップ結晶の光学的研究とスピン量子メモリーの研究を行い、Tata Institute of Fundamental Researchが光と等電子トラップや量子ドットの相互作用を増強するためのフォトニック結晶マイクロキャビティの設計を研究するという分担で、平成20年度は研究を進展させた。



3 事業の成果

(1) 研究成果

1) GaP:N中の等電子トラップNNペアを単一光子発生源にする研究が、結晶成長と計測の両面から進み、<N原子の・ドーピングの精度の向上とドーピング濃度域の拡張>、<GaP中のNNペアのN原子配置の同定>、<単一NNペア発光の偏光特性による原子配置の同定>、<GaP:N中のNNNクラスタ>の成果を得た。NNNクラスタからの単一光子発生に成功した。

2) 微弱光と量子ドットの相互作用を増強するためのフォトニック結晶マイクロキャビティーの設計と製作の研究が行われ、<量子ドットや等電子トラップを想定したフォトニック結晶マイクロキャビティーの設計>および<金属薄膜上の誘電体回折格子の表面プラズモンの共鳴励起>の研究が進展した。

3) III-V族半導体量子ドット中の電子スピンの量子メモリー特性が解明させ、<量子ドット中のドーパされた電子スピンへの書き込みと読み出し>、<II-VI族量子ドットのスピンドイナミクス>、<量子ドット中の電子・正孔交換相互作用>の成果を得た。

これらの研究成果は、当初目標を十分達成できたと考えている。日本側が1)と3)、インド側が2)と研究の補完性がよく国際共同研究協力はうまくいっている。

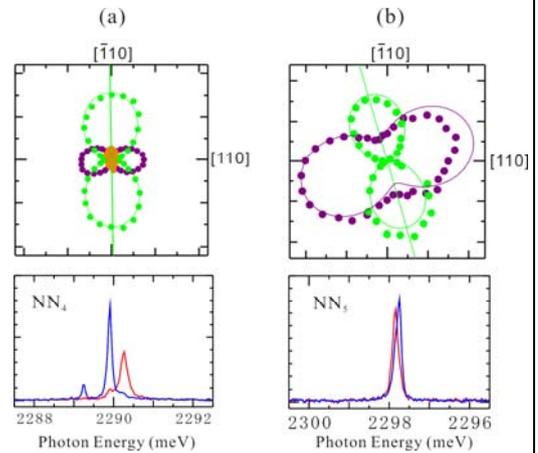


図 (a) GaP結晶中の単一NN₄の偏光依存性の例。上段は3つのピークの強度を偏光角に対して極座標プロットしたもの。(b) NN₅の偏光依存性。この単一NNペア発光の偏光特性の測定により原子配置の同定ができる。

(2) 研究レベル

研究成果のレベルは20編の学術誌や国際会議報告として公表されたか公表予定であり、獨創性、新規性に富んでいる。特に、半導体中の等電子トラップを単一光子発生源にする研究は、単一光子発生をするGaP:N中の等電子トラップペアやクラスタの原子配置の同定が初めて行われ、等電子トラップクラスタが単一光子発生をする初の実証が行われた。また、量子ドット中の電子スピンを用いた量子メモリーの研究では、量子ドット中にドーパされた電子スピンへの偏光情報のコヒーレントな書き込み読み出しが行われた。これらは研究目的に沿った大変重要な最先端の最高レベルの研究成果である。

本研究の成果は、量子情報通信を実現するための基本要素技術—単一光子発生技術、量子情報の保存技術—の提案や試行実験であり、研究成果は高度情報通信社会への波及効果にも優れている。

(3) 総合評価

量子情報通信は社会を一変させる新技術であり、本研究は量子情報通信を実現する基本要素技術を開発する基礎研究である。直接的にニュービジネスの創出とはいかないが、波及性は極めて幅広く、ニーズは大きいので量子情報通信の応用の技術的問題点が解決された時点で爆発的に多様な新規事業が創出されていくと考えられる。