

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名:超伝導フォトニクスの創成とその応用

2. 研究代表者:末宗 幾夫(北海道大学電子科学研究所 教授)

3. 研究概要

本研究では、ボゾン粒子としての電子クーパ対の巨大コヒーレント体積による振動子強度の増強と、半導体量子ドットの価電子帯離散準位におけるフェルミ粒子としての正孔に対するパウリの排他律を用い、**On demand** で一度に単一の量子もつれ合い光子対を発生するダイオード光源を実現する。これはまた超伝導とフォトニクスの境界領域をつなぎ、さまざまな量子情報処理の基幹デバイスとしての幅広い応用も期待される。

4. 中間報告結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

(1) 研究の進捗状況

本研究では、超伝導フォトニクスという新分野の創成を目指して、北海道大学(量子ドットの作製、超伝導発光ダイオードの特性評価、光子生成プロセスの評価を担当)を中心として、浜松ホトニクス株式会社(発光ダイオードの作製プロセスを担当)、日本電信電話株式会社、東京理科大学、物質・材料研究機構(超伝導電極の作製、クーパ対の半導体への注入を担当)との連携のもとで、ほぼ、当初の研究計画どおりに研究が進められている。残された問題は、量子ドット中の正孔対と超伝導電子対(クーパ対)による同時発光させて、もつれ光子対を発光させることである。理論的に可能と思われるが、実証して初めて評価される研究であり、今後の努力が期待される。

超伝導効果による発光ダイオードの発光増強については、現在、そのメカニズムが十分には理解できておらず、半導体におけるバンド間光学遷移を根本から変える可能性があり、科学的・技術的インパクトは大きく、成果のレベルや重要度は高いと判断される。

(2) 研究体制

北海道大学の末宗幾夫教授を研究代表者として、北海道大学、浜松ホトニクス株式会社、日本電信電話株式会社、東京理科大学、物質・材料研究機構が、それぞれ得意とする分野を担当しつつ、緊密に連携しながら研究を進めており、研究チームの体制・遂行状況は適当である。また、研究の進捗状況の把握、研究打ち合わせ等のためのミーティングを、グループごとに、あるいはグループ合同で適宜開催しており、研究代表者のリーダーシップも適当である。

(3) 研究費の執行状況

当初計画に基づき、それぞれのグループのミッションに応じて、研究費は適切に配分されていると判断される。また、研究費は当初計画どおりに支出されており、執行状況は適当と判断される。また、新たな蒸着装置が導入されているが、これは高い超伝導転移温度を有する電極膜の作製に有効に活用されている。

(4) その他の特記事項

超伝導とフォトニクスの融合から新たな物理が創生される可能性のある夢のある研究である。

4-2. 今後の研究に向けて

1) 超伝導電極を装荷した光ダイオードを実現し、クーパ対が有する巨視的な量子状態をフォトンに転送

する技術の開発を目指して、量子ドット発光部を超伝導体に埋め込んだ新しい共振器構造、もつれ合い光子対を確認するための光子相関測定法、光と超伝導量子ビットを結合する技術等の開発を計画しており、研究の進め方は、研究実施体制、研究費ともに適当と判断される。

- 2) 解決すべき課題は多いが、もつれ合い光子対を発生する発光ダイオードの実現が期待される。
- 3) 量子情報処理ならびに量子情報通信分野の開拓に貢献でき、成果の社会的なインパクトは大きいと期待される。

4-3. 総合評価

超伝導とフォトニクス融合から新たな物理が創生される可能性のある夢のある研究である。もつれあい光子対生成との目標に対し、現在の到達度がどの程度か、何をどの程度向上させる必要があるかを明確にし、ボトルネックに対して研究を集中するなどの戦略が重要かと思われる。