

平成22年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 中間評価結果（所見）

研究領域名

半導体における動的相関電子系の光科学

研究期間

平成20年度～平成24年度

領域代表者

五神 真（東京大学・大学院理学系研究科・教授）

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

近年、光と物質の科学技術は大きな展開を示しており、光科学の一層の深化を図りその潜在力をさらに引き出すことが基礎応用両面から求められている。本研究 領域では、先端レーザー分光技術、ナノテクノロジーや新物質開拓による物質科学の発展、量子多体物理学の進歩を背景として、未利用な物質の光効果・現象を 探求し、その活用に向けた道筋を探ることを目的とする。そのために、光と物質の関わりについて新たな視点で見直すこととし、特に、物質の励起状態に生じる 多数の電子間の相互作用や量子力学的位相相関—動的相関電子系—を制御することに着目した。そこで、DYCE (Dynamically correlated electrons) という標語を掲げ、分光学・量子光学、半導体デバイス工学、ナノ材料化学と量子多体系理論などの密接な連携により、動的相関電子系によって生じる新規な光効果を探索し、その基礎学理を創ることに挑戦する。このようにして光科学と物質科学が融合した新しい学術領域の創成を目指す。

本領域での展開によって、異分野間の交流が進み、物質の光効果が動的相関電子系という視点で新たな学理として理解され、共通の言葉で語れるようになる。また先端学理と技術の共有化が分野を超えて進み、関連する分野全体の学術研究・基盤技術の水準の向上・強化が図られる。

2. 研究成果の概要

励起子ボース・アインシュタイン凝縮、共振器ポラリトン量子凝縮、量子細線・井戸・バルク系における励起子モット転移、分数量子ホール状態など、半導体動的相関電子系の量子凝縮・相転移の実験および理論研究が領域全体で進展した。極低温冷却原子系の研究者との連携により、両分野の間で概念の共有や理論・実験の手法結果の比較を進め議論を深めることができた。

量子暗号の長距離化のためには理想的単一光子状態は必要なく、光子統計を測定してサブポアソン性を確認すれば疑似単一光子光源で十分であることを見いだした。これはデバイス・材料実験分野の研究者への重要な提言である。高次の光子相関測定のため、光子計数ストリークカメラを用いた計測手法の開発に着手した。

様々な物質についてオージェ再結合係数の実測評価を進めた結果、動的相関電子系の普遍的な問題であることが明らかになった。その制御法や太陽電池の効率限界突破への利用法という観点から、領域全体で議論を進めた。高強度テラヘルツ光源が開発され、テラヘルツパルスを用いた高密度励起状態や物質相の動的制御への応用が試みられた。

総括班主導により、DYCE シンポジウム、他の特定領域研究との合同シンポジウム、学生・若手研究者の育成などを目的としたDYCE 若手道場、DYCE 理論ワークショップを公開で開催し、直近の研究動向を解説したDYCE 解説論文集をまとめた。

審査部会における所見

A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）

本研究領域は、物質の励起状態に生じる多数の電子間の相互作用や量子力学的位相相関-動的相関電子系-を制御することによって生じる新規な光効果を探索し、その基礎学理を創ることを目指すものである。

領域代表者の優れたリーダーシップの下、研究は全体として順調に進展し、これまでの実績に加えて新たな研究成果が出始めている。また、計画研究と公募研究の連携が図られ、理論研究が強化されたこと、若手人材育成を意識した組織になっていることは評価できる。今後、理論研究との連携の実績が得られること、さらに、実際に応用につながる研究成果を挙げることに期待したい。