

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月4日現在

機関番号：12601
 研究種目：新学術領域研究
 研究期間：2008～2012
 課題番号：20104001
 研究課題名（和文） 半導体における動的相関電子系の光科学

研究課題名（英文） Optical Science of Dynamically Correlated Electrons

研究代表者

五神 真 (GONOKAMI MAKOTO)
 東京大学・大学院理学系研究科・教授
 研究者番号：70161809

研究成果の概要（和文）：

総括班では、分光学・量子光学、半導体デバイス工学、ナノ材料化学、理論物理の4つの研究項目間の分野横断的かつ緊密な連携を図り、領域全体を協力的・活発・円滑に運営し、若手育成、自己および外部評価、情報発信など、新学術領域研究を有効に進める支援活動を行った。総括班主催で、公開シンポジウム、国際ワークショップ、他領域との合同シンポジウム、一般向け公開フォーラム、若手道場、理論ワークショップ、研究討論会を企画・運営し、ニュースレター、ホームページなどの作成を行った。

研究成果の概要（英文）：

As a steering group, we promoted innovative and strong collaborations among four different research groups in quantum optics and spectroscopy, semiconductor device engineering, nanomaterials science, and theoretical physics. We planned and operated a variety of activities such as many symposiums, workshops, meetings, newsletters, and web pages, in order to manage the whole research area cooperatively and actively, encourage young researchers, arrange internal and external evaluations, and send out our research news and messages.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	400,000	120,000	520,000
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2012年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性I

キーワード：光物性・半導体物性・物性理論・材料化学・量子エレクトロニクス

1. 研究開始当初の背景

レーザー技術の革新とナノテクノロジーや新物質開拓による物質科学の発展により、光と物質の科学技術は近年大きな展開を示している。本領域では、半導体中の電流注入や光励起によって生じる多数の電子と正孔

のようなキャリアの動的相関効果に着目した。これは、従来の半導体エレクトロニクスが依拠する一電子バンド理論を超えるものであり、それに起因する現象の解明とそれを記述する理論の構築を進め、さらに新規の光機能発現を追求しその活用の道筋を探る必

要があった。現在関連する学術知識・技術・人材は、分光学、量子光学、半導体デバイス光学、ナノ材料化学、理論物理など様々な学問分野に散在していた。近年の研究の高度化の中で、学問分野の細分化が進み、関連する画題の研究が連携なく別々に進んでいたためである。

2. 研究の目的

本領域研究(DYCE: Optical Science of Dynamically Correlated Electrons)は、多数の電子と正孔が関わる光学過程に着目し、現在散在している最先端の学術知識と既存の技術を融合し、その応用技術を生み出す土壌となる新しい学術領域を世界にさきがけて創ることを目的とする。電流注入や光励起により半導体に生じる電子と正孔には動的な強い相互作用が働く。この動的電子相関効果は、半導体エレクトロニクスが依拠してきた一電子バンド理論の適用限界を超える効果である。まずこの限界を明確化し、それを超えた領域での光効果・機能の発現機構を解明し、さらにそれを技術として活用する道筋を見いだす。

このために、分光学・量子光学、半導体デバイス工学、ナノ材料化学、理論物理といった、既存の学問分野に分かれている研究者の組織的連携を図り新たな視点での共同研究を促進し、学問体系の再整理と深化をはかる。総括班ではその実現のため、異分野研究の有機的連携と結合を企画・推進する仕組みを整える。異分野間の有機的結合の出発点は、分野の壁を越えて、用語・課題・コンセプトを共有することである。例えば、量子情報技術に必要・有用な光デバイスを半導体工学や材料化学の研究者と連携して創造するために、課題の背景や内容を十分に咀嚼して分野を超えた解り易い用語で表現し、異分野間の議論の場を設ける。

また、研究方法・手段面でもノウハウの共有や共同研究などメンバー間の連携協力の推進を支援する。さらに、公募研究の仕組みを活かし、計画研究でカバーしきれないより広い分野の研究者にも働きかけ、融合的学術の幅を広げ波及をはかる。これにより多様な人材育成の推進、新しい融合的な光科学の構築をめざす。

3. 研究の方法

専門の異なる実施メンバー10名(代表者・五神、分担者4名及び連携者5名)が、項目A01～A04を担当し、異分野間の有機的連携を推進し、評価メンバー4名を外部の工学・物理・化学・民間企業の専門家に依頼し組織する。分野にまたがる重要な課題の背景と内容を分析・理解し、共通の用語で表現し、新たな学術領域の創成に資する異分野研究

の有機的連携と結合を企画・推進する。総括班メンバーは、公募研究メンバーや外部専門家も適宜加え、勉強会・連絡会・研究会を頻繁に行い、領域全体の研究推進に役立てる。

人材育成の推進、会議・セミナー・シンポジウムの企画運営および支援、記録と成果取りまとめ、領域外からの参加・連携の支援、評価・助言などの活動を担当する。本領域の運営においては、総括班が各種の会議を企画し、参加研究者により新しい視点を附加するための刺激を与え、融合的な研究展開を促す。その為に、(1)全メンバーによる集中研究討論会(年1回)、(2)異なるバックグラウンドをもつチームの組み合わせによる融合試行検討会、(3)若手自主研究会、(4)国内外から外部の研究者を招いたシンポジウムを行う。

評価は、実施メンバーの自己評価と、評価メンバーによる評価を実施する。観点として、国際的にトップレベルの研究成果が得られているか、研究成果が新しい光科学創出や光エレクトロニクス応用へ波及させられるか、等の点に留意する。

4. 研究成果

領域研究の推進、横断的研究推進、さらに若手育成を目的として総括班主催として、公開シンポジウム7回、国際ワークショップ2回、他領域との合同シンポジウム1回、一般向け公開フォーラム1回、若手道場3回、理論ワークショップ1回、その他の研究討論会を多数開催した。各年度毎の主な成果・実績を以下に示す。

平成20年度には、まず、12月27日に総括班実施メンバーによる会議(第1回DYCE戦略研究会議)を行い、本領域のより明確な目標とその達成に向けた戦略を立てた。さらに、本領域のコンセプトを文章化し関係研究者へ周知し、ホームページ(www.dyce-opt.org)の立ち上げを行った。2009年2月14-15日に計画研究メンバーおよび総括班評価委員の参加によるキックオフ全体会議(第1回DYCE公開シンポジウム)を東大理学部小柴ホールで開催した。各計画研究代表者の研究のねらいを明確化し、連携の促進や若手研究者の育成など領域運営のポイントが徹底されるように努めた。研究会議としてはこの他に、各計画研究メンバーの異分野間の有機的連携推進ための研究会・検討会・勉強会などをローカルに開催し議論を深めた(DYCE戦略会議やDYCE研究討論会などを開催)。

平成21年度には、公募研究メンバーが決定し研究期間前半の領域全体メンバーが決定した直後、8月20-21日に第2回シンポジウムを領域全体で行い、また、進捗成果報告のために2010年1月6-7日に第3回シンポ

ジウムを領域全体として行った。これらの機会に評価メンバーからの直接の評価や助言を得た。本領域の理論的理解の共有を図るとともに若手人材育成を目的とした、第一回若手道場（コロキウム）を9月14-15日に北大で開催した。「動的相関電子系における理論および理論実験連携のための基礎」を学び議論するテーマで企画し、充実した資料作成・配布を行った。異分野間の有機的連携を推進するため、研究討論会・勉強会・連絡会などを企画運営した。WWW ページでは、領域の概要、内容、組織のほか、若手研究者の研究紹介ページや、上記の各種会議の日程、プログラムなどを掲載し、領域内外へ成果を公開した。研究成果報告や、領域名簿、シンポジウム予稿・ポスター、若手道場テキストなどをニューズレターとして印刷・発行し、シンポジウムの機会に配布した。

平成 H22 年度は、各研究課題の進捗状況や研究成果の調査を4月から7月までかけて行い、総括班実施メンバーおよび評価メンバーによる自己評価を実施し、中間評価用の研究経過等報告書をまとめた。9月10日に中間ヒアリングを受け『評価 A』（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）の総合評価を得た。評価コメントを受け、領域運営についての再検討を行い、後半の研究のフォーカスを、動的相関光科学の学理の形成・学術体系化と、連携研究の推進の2点に絞ることとした。また連携研究の4本柱として、a) 動的相関電子系の物質相解明、b) 量子情報技術への展開、c) 多電子過程と光機能、d) テラヘルツ分光に注力することとした。

5月27-28日に、異分野連携融合を目指した合同シンポジウム（日本科学未来館）を、化学系の特定領域研究「光-分子強結合場」（代表：北大電子研・三澤弘明）と共同開催した。8月9-10日に、計画・公募全体の理論研究者の連携のための理論ワークショップを開催した。10月5-6日に、若手人材育成を目的とした第2回若手道場を分光光学実験の基礎をテーマとして領域内若手メンバーが企画し開催した。平成23年1月6-7日に、成果報告と研究討論のための第4回シンポジウム・合同班会議を領域全体として行った。このほか実施メンバーは、研究討論会・研究戦略会議を積極的に行った。領域内での新学理の体系化、連携の促進を目指し、解説論文集を編纂し、領域内部及び関係者に配布した。

平成23年度には、平成23年6月13-14日の第5回 DYCE シンポジウム（京都大学・化研）、同年9月26-27日の第3回 DYCE 若手道場（大阪大学）、平成24年1月5-6日の第6回 DYCE 領域シンポジウムをはじめ、研究討論会・研究戦略会議を企画運営した。平

成23年秋に、DYCE アジアワークショップを予定していたが、平成23年3月11日の震災により、事前準備が行えず、当初の計画から半年遅れた平成24年4月23-24日に東京大学本郷キャンパス（小柴ホール）での開催となった。動的相関光科学(DYCE)とアジアを中心に応用研究・開発が活発な青色 LED・レーザーデバイスの基礎を議論する事が出来た。アジア・欧州の第一線研究者との研究成果発表及び議論の場を設け「日本における重要な学術の方向付けとその先導を組織的・戦略的に行っている本新学術領域研究 DYCE の活動に敬意を表する。その活動をアジア地域にまで展開しようという DYCE-ASIA ワークショップ開催に感謝する。第2回以降の DYCE-ASIA ワークショップが開催されることを期待する。是非再び参加したい。」などのコメント・評価を得た。

最終 H24 年度には、DYCE 公開フォーラム（東京大学・小柴ホール）（8月6日）を開催し、領域外の一般研究者に向けた成果発信を行い、DYCE 国際ワークショップ（屈斜路）（8月7-11日）を開催し、欧米の第一線研究者との研究成果発表及び議論により、研究の国際的な評価の自己点検を行った。国内・海外の招待評価者からは、「発表された研究成果の質の高さが高く、会議が非常に良く運営され成功をおさめたことをお祝いする」、「特に、若手研究者の研究内容やプレゼンテーション能力の向上ぶりに感心した」、「期間終了後もまた新たなファンディングを得て、このようなすばらしい組織的な研究活動が継続されることを望む」などのコメントを得た。また、第7回 DYCE シンポジウムを12月25-27日に開催し、領域内の最終の全体討論を行った。総括班の実施メンバー10名は、それぞれの専門を活かして異分野間の有機的連携を推進するローカルな研究討論会・勉強会・連絡会などを活発に実施した。

5. 主な発表論文等

〔図書〕（計1件）

1. 固体物理 Vol. 46, No. 11 (通巻 549 号) (総ページ数: 216) (2011 年 11 月) 特集号「動的物性の新展開」(株式会社アグネ技術センター出版) (編集委員: 五神真、十倉好紀、永長直人)。総括班のメンバーが中心となって発行。本メンバーの執筆記事 8 件。

〔その他〕

ホームページ:

<http://www.dyce-opt.org>

総括班主催のシンポジウム：11件。

1. 第7回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2012年12月25～27日 東京大学浅野キャンパス 武田先端知ビル 武田ホール（出席者約100名）
2. 2012 DYCE International Workshop “Optical Science of Dynamically Correlated Electrons”，2012年8月7～11日（屈斜路プリンスホテル（出席者約50名））
3. 2012 DYCE 公開フォーラム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2012年8月6日 東京大学 本郷キャンパス 小柴ホール（出席者100名）
4. 2012 DYCE-ASIA Workshop “Dynamically-correlated electrons and blue-violet light generating materials and devices”，2012年4月23～24日 東京大学 本郷キャンパス 小柴ホール（出席者50名）
5. 第6回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2012年1月5～6日 京都大学化学研究所（京大・宇治キャンパス）（出席者約100名）
6. 第5回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2011年6月13～14日 京都大学化学研究所（京大・宇治キャンパス）（出席者約110名）
7. 第4回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2011年1月6～7日 京都大学吉田キャンパス iCeMS（出席者約85名）
8. 2010 合同シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2010年5月27～28日 日本科学未来館未来CANホール（出席者約200名）
9. 第3回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2010年1月6～7日 京都大学吉田キャンパス iCeMS（出席者約80名）
10. 第2回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2009年8月20～21日 京都大学吉田キャンパス ICEMS（出席者約80名）
11. 第1回 DYCE シンポジウム「半導体における動的相関電子系の光科学」，2009年2月14～15日 東京大学理学部1号館 小柴ホール（出席者約60名）

広報誌：19版発行

1. 広報第19号「第7回シンポジウム概要集」（2012年12月発行）
2. 広報第18号 “DYCE International Workshop Abstracts”（2012年8月発行）
3. 広報第17号「公開フォーラム－光科学の新しい可能性に挑戦する－」（2012年8月発行）
4. 広報第16号 “DYCE-ASIA Workshop “Dynamically-correlated electrons and blue-violet light generating materials and devices” Abstracts”（2012年4月発行）
5. 広報第15号「第6回シンポジウム概要集」（2012年1月発行）
6. 広報第14号「領域合同若手道場講演概要集」（2011年9月発行）
7. 広報第13号「第5回シンポジウム概要集」（2011年6月発行）
8. 広報第12号「研究者名簿」（2011年6月発行）
9. 広報第11号「DYCE 中間報告」（2011年3月発行）
10. 広報第10号「第4回シンポジウム概要集」（2011年1月発行）
11. 広報第9号「第2回 DYCE 若手道場講演概要集」（2010年10月発行）
12. 広報第8号「DYCE 解説論文集」（2010年10月発行）
13. 広報第7号「第1回 DYCE 理論ワークショップ概要集」（2010年8月発行）
14. 広報第6号「第3回シンポジウム概要集」（2010年1月発行）
15. 広報第5号「研究紹介」（2009年12月発行）
16. 広報第4号「研究者名簿」（2009年10月発行）
17. 広報第3号「第1回 DYCE 若手道場講演概要集」（2009年9月発行）
18. 広報第2号「第2回シンポジウム概要集」（2009年8月発行）
19. 広報第1号「ニュースレター1」（2009年6月発行）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

五神 真 (GONOKAMI MAKOTO)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：70161809

(2) 研究分担者

秋山 英文 (AKIYAMA HIDEFUMI)

東京大学・物性研究所・准教授

研究者番号：40251491

(H21:連携研究者)

金光 義彦 (KANEMITSU YOSHIHIKO)
京都大学・化学研究所・教授
研究者番号：30185954
(H22→24:連携研究者)
小川 哲生 (OGAWA TETSUO)
大阪大学・理学研究科・教授
研究者番号：50211123
(H21→23:連携研究者)
田中 耕一郎 (TANAKA KOICHIRO)
京都大学・物質－細胞統合システム拠点・
教授
研究者番号：90212034
(H21→H24:連携研究者)

(3)連携研究者

井元 信之 (IMOTO NOBUYUKI)
大阪大学・基礎工学研究科・教授
研究者番号：00313479
野村 晋太郎 (NOMURA SHINTAROU)
筑波大学・数理物質科学研究科・准教授
研究者番号：90271527
芦田 昌明 (ASHIDA MASAACKI)
大阪大学・基礎工学研究科・教授
研究者番号：60240818
浅野 健一 (ASANO KENICHI)
大阪大学・理学研究科・准教授
研究者番号：10379274
鈴木 秀勝 (SUZUURA HIDEKATSU)
北海道大学・工学研究科・准教授
研究者番号：10282683
榊 裕之 (SAKAKI HIROYUKI)
豊田工業大学・学長
研究者番号：90013226
十倉 好紀 (TOKURA YOSHINORI)
理化学研究所・基幹研究所・グループディ
レクター
研究者番号：30143382
北川 宏 (KITAGAWA HIROSHI)
京都大学・理学研究科・教授
研究者番号：90234244
湯本 潤司 (YUMOTO JYUNJI)
日本電信電話株式会社・NTT 物性科学
基礎研究所・所長
研究者番号：60443769