

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

平成30年 4月 27日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 辻 井 昭 雄 様

所 属 部 局 化学研究所

職 名 助教

氏 名 田 原 弘 量

助 成 の 種 類	平成29年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	電子状態コヒーレント制御で実現する超高速キャリア移動と量子ダイナミクスの解明			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容				
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名)			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) 日本物理学会			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,000,000 円		
	使用した助成金額	1,000,000 円		
	返納すべき助成金額	0 円		
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		物 品 費	895,720 円	
		旅 費	104,280 円	
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度は、上記の研究に関して助成いただきありがとうございました。計画していた実験を無事に成功させることができました。心より感謝申し上げます。			

成果の概要

京都大学・化学研究所
田原弘量

【研究内容】

光励起によって半導体中に生成された多数のキャリア（電子と正孔）は、電子-正孔間の輻射再結合、クーロン多体相互作用による非輻射オージェ再結合、物質界面での電荷分離、欠陥準位へのトラップなど多様なキャリアダイナミクスを示す。これらの複雑なキャリアダイナミクスを明らかにするために、高強度の超短時間レーザーパルス分光が用いられ、光強度やキャリア密度に関する多数の物性現象が明らかになってきた。最近では、数フェムト秒からアト秒という非常に短い時間幅のレーザー光源が開発されたことで、「光の強度」に加えて「光の位相」にも着目した研究が盛んに進められている。この「光の位相」を自在に制御することができれば、従来の研究では測定が困難であったパルス光照射中のキャリアダイナミクスのような、新しい光物性が解明できる。

報告者は、これまで光電場の位相を高精度に固定（ロック）した「位相ロックパルス」を用いて超高速ダイナミクスの研究を行ってきた。しかし、これまでの方法では利用できる波長範囲と測定分解能に限界があり、適用できる条件が制限されることが問題となっていた。本研究では、レーザー干渉計を自作しフィードバックシステムを開発することで、従来の方法よりも高精度の安定度を有する位相ロックシステムを構築する。さらに、半導体材料における光電変換過程の超高速ダイナミクス計測に向けて、微弱光電流検出システムの構築を行う。

【研究成果・今後の見通し】

①高安定位相ロックシステムの構築

本研究の中心技術となる「位相ロックシステム」について、これまでは励起パルス光の一部を分光器で切り出すことで安定化を行っていた。しかし、この方法では利用できる波長範囲と分解能が制限されるため、限られた条件の物質にしか適用できないことが問題となっていた。そこで、この問題点を克服するために、CWレーザー光を用いたレーザー干渉計を作製した。レーザー干渉の強度をモニターしながらフィードバックさせる位相安定化システムを開発することで、高い位相安定性を有した実験システムを構築することに成功した。この高安定位相ロックシステムを用いることで、パルス光照射中のキャリアダイナミクスを高精度に計測できるようになると期待される。

②微弱光電流検出システムの構築

半導体材料における光電変換過程の超高速ダイナミクスを計測するためには、上記の位相ロックシステムと同時に、微弱な光電流を検出できるシステムを構築する必要がある。そこで、半導体ナノ粒子の伝導膜を試料に用いて、微弱な光電流検出の評価を行った。微弱な光電流を評価するために、ゼロバイアス条件で測定を行った。光源にはスーパーコンティニウム光源を用い、分光器によって波長選択した光を励起に用いた。ナノ粒子伝導膜に発生した光電流は1 nA以下の非常に弱い信号であったが、光電流スペクトルを計測することでエキシトンピークを

観測することに成功した。1 nA 以下の微弱信号を高精度に計測できることが確認できたため、このシステムを用いることで光電流計測における超高速ダイナミクスの解明が可能になると期待できる。

【謝辞】

この度は、研究助成をいただきありがとうございました。計画していた実験を無事に成功させることができ、研究成果は日本物理学会において口頭発表を行うことができました。心より感謝申し上げます。