

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月14日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
東京大学・大学院理学系研究科
[職・氏名]
教授・山内 薫
[課題番号]
JPJSBP 120207706

1. 事業名 相手国: インド (振興会対応機関: DST) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 金属ナノ構造における超高速キャリアダイナミクスの解明

(英文) Ultrafast hot-carrier energy distribution and relaxation in metal nano-structures

3. 共同研究実施期間 令和2年7月1日 ~ 令和5年3月31日 (2年9ヶ月)【延長前】 令和2年7月1日 ~ 令和4年6月30日 (2年0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Indian Institute of Technology, Bombay, Professor,
Parinda Vasa

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		1,950,000 円
内訳	1年度目執行経費	848,000 円
	2年度目執行経費	950,000 円
	3年度目執行経費	152,000 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	9名
相手国側参加者等	4名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0 (0)
2年度目	0	0	0 (0)
3年度目	0	0	0 (0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本研究は、強レーザー場科学の基礎研究を推進している東京大学の研究グループ(東京グループ: 代表 山内 薫 教授)と、金属表面上のナノ微細構造や金属ナノ粒子の光学特性と分光計測における先端的研究を行なっているインド工科大学ボンベイ校の研究グループ(ボンベイ(Bombay)グループ: 代表 Parinda Vasa 准教授)が、協力・連携することによって、金属表面の超高速キャリアダイナミクスの観測方法を確立するとともに、その計測結果に基づいて、金属表面の微細構造やナノ粒子の形状や大きさのデザインなどを通じてキャリアダイナミクスの制御方法の指針を与えることを目指すものである。実施期間中に東京グループとボンベイグループ双方から研究者・若手研究者を派遣して、共同研究を推進する予定であったが、全世界における新型コロナウイルス感染症蔓延のため、オンラインおよび電子メールを通じた議論に基づいて共同研究を推進することとなった。具体的には、東京グループにて、金属表面における過渡反射分光測定のための光学系を設計し構築するとともに、単結晶および多結晶の金薄膜を試料として、その過渡反射分光計測を実施した。その結果についてはボンベイグループと共有し、ボンベイグループにおいて、分光計測結果を解析するための反射率の理論モデルについて検討し、そのモデルに基づいた解析を東京グループとボンベイグループにおいて共同で実施した。その結果、試料の電子温度とフォノン温度の時間変化が初めて求められた。この成果を国際共著論文 [R. Hayashi, A. Iwasaki, P. Vasa, K. Yamanouchi, “Determination of electron and phonon temperatures in gold thin film irradiated with an ultrashort laser pulse,” *AIP Adv.* **12**, 095207 (2022)] として発表した。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

本事業による東京グループとボンベイグループでのオンラインディスカッションなどを通じて、金薄膜の過渡反射分光測定によって得られる反射率変化を解析するための反射率モデルを構築した。そして、東京グループに於いて実施した金薄膜の過渡反射率変化のデータから、その電子温度とフォノン温度の時間変化が初めて求められた。さらに、その結果に基づいて電子フォノンカップリング係数を求め、その係数が別の手法によって得られた値とコンシステントであることを示した。このことから、本共同研究を通じて開発された電子温度およびフォノン温度を求める手法が、他の金属試料などに広く使える汎用性があるものであることが示された。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

ボンベイグループは、金属表面上に微細構造を作成するなど、金属薄膜試料の作製の高度な技術を持っている。一方、東京グループでは、超高速現象の測定のための最先端の計測技術を培ってきた。本事業では、双方が協力して研究に取り組む過程で、持つ技術と実績に基づいて、膜厚200 nmの単結晶金薄膜と、膜厚40 nmの多結晶金薄膜のそれぞれについて過渡反射分光測定を行うことが可能となり、その結果を解析することによって金薄膜における電子温度およびフォノン温度の時間変化を求めることに成功した。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究は、自然科学分野における基礎研究であり、実験による新しい現象の発見や、その機構の解明や理論的な理解を深めることが社会貢献であると考えられる。その意味で、金属薄膜一般にその光照射に伴う電子温度とフォノン温度を求める手法を開発できたことは、社会への大きな貢献であると考えられる。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本事業では、東京グループより大学院生が2名参加し、ボンベイグループと遠隔にて研究交流を行いながら主体的に研究を推進した。大学院生 林良祐は、共同研究期間中に学術誌に国際共著論文[R. Hayashi, A. Iwasaki, P. Vasa, K. Yamanouchi, “Determination of electron and phonon temperatures in gold thin film irradiated with an ultrashort laser pulse,” *AIP Adv.* **12**, 095207 (2022)] を発表するとともに博士号を取得した。また、本共同研究に参加した時点で助教であった安藤俊明は、2023年2月より東京大学大学院理学系研究科附属アト秒レーザー科学研究センター特任准教授に昇任した。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本事業によって示された薄膜試料の電子温度とフォノン温度の時間変化を追跡する手法は、プラズモニクスデバイスなどのデバイスにおける光吸収とその後のキャリアダイナミクスを明らかにするために役立つものであるため、それらのデバイスの将来の社会実装に資するものと考えられる。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)