

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月11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]
東北大学・金属材料研究所
[職・氏名]
教授・吉川彰
[課題番号]
JPJSBP120202502

1. 事業名 相手国: チェコ (振興会対応機関: CAS) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 貴金属ルツボフリー単結晶育成法を用いたシンチレータ単結晶の革新

(英文) Advanced single crystal scintillators prepared by crucible-free method

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

Academy of Sciences of the Czech Republic・Head of Department of Optical Materials・Martin Nikl

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		4,750,000 円
内訳	1年度目執行経費	2,375,000 円
	2年度目執行経費	2,375,000 円
	3年度目執行経費	- 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	16名
相手国側参加者等	9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	4(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)

貴金属ルツボフリー単結晶育成技術を用いたシンチレータ単結晶の開発に向けて、日本の研究チームとチェコの研究チームはそれぞれ相補的に研究を進める。日本側研究機関においてシンチレータ単結晶を育成し、単結晶構造解析、化学組成分析、シンチレーション特性評価を行った後、チェコ側共同研究機関に結晶サンプルを送付し、光学特性評価、EPR スペクトル測定、TSL 測定を実施し、発光特性向上メカニズムの解明を行いつつ、その結果を日本側の結晶育成にフィードバックする。このループを相補的かつ効率的に実施することで、シンチレータ単結晶の発光メカニズムについての理解を深めつつ、シンチレータの組成最適化を行った。

(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)

融点が 1500℃以上の酸化物の融液からの結晶成長に関して、原料粉末(酸化物)との反応性が低いことからイリジウム金属が使用されている。しかし、ルツボの酸化を抑制するために炉内の酸素分圧は低く保つ必要があり、育成中に形成された酸素欠損に起因する電子トラップ準位によって特性が劣化している。さらに、イリジウム金属の価格高騰が量産時の課題となっている。本研究では貴金属ルツボを使用しない育成手法を新たに提案し、育成時の高周波浸透深さの検討および育成方向の温度勾配の最適化を行うことで単結晶の育成に成功した。本単結晶育成技術は、育成雰囲気選択の自由度が高く、ルツボ材から育成結晶への不純物混入がないため、欠陥の少ない高品質な単結晶の育成が可能となっている。

(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)

貴金属ルツボを使用しない単結晶育成技術として、Oxide Crystal growth from Cold Crucible (OCCC) 法を開発し、発光中心として Ce^{3+} を添加した $Gd_3(Al,Ga)_5O_{12}$ の単結晶育成を行った。育成条件を変えてシンチレータ結晶の育成を行い、特性評価結果を育成にフィードバックすることによってチョクラルスキー法で育成した結晶と同程度のシンチレータ特性を有する結晶の育成に成功した。

(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)

本研究で開発した貴金属ルツボフリーの単結晶育成技術を適用することによって、結晶製造の業界において低コスト、高純度、高品質の結晶育成が可能となるだけでなく、貴金属を結晶製造ではなく電池の電極や水素貯蔵の触媒など脱炭素社会に直結する分野で最大限活用することが可能となる。

(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)

双方の若手研究者を含めたオンライン進捗ミーティングを定期的で開催した。若手研究者が担当した実験結果の報告およびディスカッションを通して結晶成長と光物性の異分野融合領域での知見を広げることができた。

(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)

貴金属ルツボを用いた単結晶育成技術は、シンチレータ結晶以外にも多くの機能性材料の育成に用いられている結晶成長技術であり、他の機能性単結晶育成に活用することが期待される。また、ルツボ材を使用しないことから、イリジウムの軟化点温度以上の融点を持つ材料の融液からの単結晶育成が可能となり、新奇機能性単結晶の材料探索への展開も期待される。

(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)

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など
該当なし