

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 強相関電子系ペロブスカイト遷移金属酸化物による光エレクトロニクス

2. 研究代表者名: 花村 榮一 (千歳科学技術大学 教授)

3. 研究概要

本研究チームは、ペロブスカイト型および関連する構造を持つ遷移金属酸化物の特性を活かした光エレクトロニクス用の材料の開発を目標とし、材料の作製方法として、単結晶は浮遊帯域溶解法とフラックス法を、機能性構造についてはレーザーアブレーションとスパタリング法を採用している。これまで可視域に大きな振動子強度を持つ特長を活かして、2倍および3倍高調波発生の量子干渉効果を用いて、電子構造や磁気構造を解明する方法を開発できた。青色の強い発光を示す物質系を見付け出し、その発光過程の解明、その光エレクトロニクスへの応用を探索している。究極の目標である超伝導p-i-n接合の作製を進め、電圧印加の下での超放射の観測を試みている段階である。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究チームは、発光機構解明グループ、結晶成長グループ、機能性構造グループ、光学測定グループの4つのグループ構成で、千歳科学技術大学をコアとし、京都大学、産総研関西センター、浜松ホトニクスが参画している。超放射のコンセプトは、このグループ独自のもので、国内外に例はない。理論面では世界のトップレベルであるが、実証されて始めて価値が有る訳で超放射に関わる構造作成の研究の遅れが残念である。しかしペロブスカイト酸化物結晶の非線形光学効果に関する理論面の寄与、multi-step CARS(Coherent Anti-Stokes Raman Scattering)の観測、強電性・反強磁性ドメイン構造の研究は世界トップであると考えられる。レーザ結晶等についても国内にも競合機関があるがトップレベルであることは間違いない。

4-2. 研究成果の現状と今後の見込み

本研究計画においてはペロブスカイト系の超伝導pn 接合実現とそれを使用した超放射の研究が最も重要なテーマであるが、現時点ではこれの達成自体が危ぶまれ、当初計画の達成に全力を傾注すべき段階である。

他方ペロブスカイト酸化物結晶等では幾つかの興味ある成果が報告されており、例えば実験的には、本来のペロブスカイト系での発光が困難であることが判明し、Ce:Al₂O₃が強く光ることを見出して薄膜化も成功しているが、ELデバイス化など今後の課題も残っている。また強誘電性ドメイン壁で同時に反強磁性のオーダーパラメタも反転していることの見見、結晶におけるmulti-step CARSの観測及びその応用等は当初計画で想定されていなかった新たな展開である。

4-3. 今後の研究に向けて

超放射に関わる理論は研究代表者による極めて独創的なものであり高く評価される。それ故超放射関係の実証研究においては問題点を洗い出し、(例えばi層の抵抗値が高くない原因)研究の方向を絞り、研究の立ち遅れを早急に解決する必要がある。発光材料、非線形光学材料については、新しい現象、材料が見つかっており、材料探索を研究計画に合わせて重点化し、もう少し系統的に研究を推進すれば成果が期待できる。

4-4. 戦略目標に向けての展望

主要テーマである超放射については、成功するかどうかは全く未知数であるが、実現する為には絶縁層 $\text{NCO}(\text{Nd}_2\text{CuO}_4)$ についての再検討やバンドラインナップの検討など解決すべき問題も多く、超放射構造の作成技術の研究体制について今後、早急に改善が見られなければ、成果は期待できない。

ペロブスカイト酸化物結晶によるパッシブ、アクティブな光デバイスについては、レーザまでは難しいとしても蛍光体まで含めた発光デバイスは期待できる。非線形光学応答材料は今後期待できるが、他の材料による手法との比較、優劣などを明らかにし、差別化できる技術にもっていくことが重要である。

4-5. 総合的評価

研究代表者の理論的リーダーシップの下、ペロブスカイト酸化物結晶の作成技術とその特性評価において優れた成果が得られているが、超放射実証構造の作成技術が伴っていないことが問題で早急の改善が求められる。成功した時の科学的、技術的インパクトは極めて大きいものがある。

なお今後の研究を加速ならしめる施策に関する緊急会議を研究総括と研究代表者で持ち研究代表者より「近接効果でクーパー対を注入可能である事が分かっているので、半導体 pn 接合を Pb もしくは Nb 超伝導体材料で挟む構造で超放射の実証を試みる。」との打開策の提案があり研究総括が了解した。