

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 異常電子熱伝導度と異常格子熱伝導度の制御

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

竹内 恒博（豊田工業大学大学院工学研究科 教授）

主たる共同研究者

岡田 佳憲（沖縄科学技術大学院大学量子物質科学ユニット 准教授）

佐藤 和則（大阪大学大学院工学研究科 准教授）

下條 冬樹（熊本大学大学院先端科学研究部 教授）

陳 勇（東北大学材料科学高等研究所 主任研究者）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

微細電子構造や電気伝導の次元性により生み出される異常電子熱伝導度と非調和振動、相変態、イオン伝導による異常格子熱伝導度の制御を目指し、学理の構築と熱ダイオード、外場による熱流スイッチング、熱電発電素子への応用を目指した。計算コストの著しい低減にも寄与する分子動力学計算に基づく非調和振動で特徴付けられる材料の格子熱伝導予測、広範囲にキャリア密度が変えられる $\text{Ag}_2\text{S}_{1-x}\text{Se}_x$ における異常電子熱伝導度と異常格子熱伝導度の解析、トポロジカル絶縁体の基礎的な研究などに関して 200 件を超える論文が発表されており、基礎研究への貢献は十分に認められる。CREST 開始直後に多くの議論がなされ、Nature Communications にも掲載された、相転移近傍で測定された特異なパルス状の巨大ゼーベック効果については、チーム内での研究の進展も見られ、それなりの再現性も得られているが、そのメカニズムを含めて未解明の部分がある。今後さらに信頼性のある実験結果が得られ、多くの研究者が納得するメカニズムが提唱されることを期待したい。

熱流スイッチング素子の高性能化では、キャパシタンス構造を、イオン液体を用いた電気二重層型にすることで、誘起できるキャリア密度の桁が増え、熱流スイッチも大きくなることを報告した。1 秒以下のスイッチングが可能で、リーク電流の熱による相変態と組み合わせることで 2.6 倍の変化を報告している。全固体熱ダイオードの高性能化については、相変態による熱伝導度の温度変化を利用して熱ダイオードを実現し、熱整流効果 3.3 倍までが得られることを示した。 Ag_2Te で観測された大きな磁気熱伝導効果も面白い。動作の可能性を示すという意味では、価値のある成果が得られている。一方で、相変態を利用する場合、温度範囲が狭く、性能が発揮できる構造も限定的であること、電気二重層構造は、紙を巻いたような構造のデバイスに応用でできる可能性はあるものの、一般には実用には向かないこと、金属に電流を流し加熱して相変態を引き起こす場合、その熱も含めて全体がどうなるのかの議論が必要になることなど、実用を目指す科学技術としてはまだ多くの検討が必要である。

ワークショップの積極的な開催、国内外との活発な共同研究や国際共著論文が多い点も評価に値する。熱流スイッチング素子、熱電変換などに関して、企業と共同で特許が 6 件提出されるなど特許戦略も適切に検討されているが、実用化に向けては、相変態を利用する場合、温度範囲が狭く、性能が発揮できる構造も限定的であるなどの制限が伴うが、これをどのように克服して、どのようにうまく制御して行くのか、その方向性を示すことにも取り組んで欲しい。