

微小領域熱伝導測定を通じたフォノンエンジニアリング技術の確立

研究代表者	九州工業大学・大学院工学研究院・教授
	宮崎 康次（みやざき こうじ） 研究者番号:70315159
研究課題情報	課題番号：22H04953 研究期間：2022年度～2026年度 キーワード：熱伝導、フォノンエンジニアリング、サーモフレクタンس、ラマン分光、第一原理計算

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

携帯電話や電気自動車などさまざまな場面で熱問題の解決が必須となっている。高温から低温に拡散輸送で成りきり決まる熱輸送を変えるためには、原子振動が作る波（フォノン）や電子の輸送からマルチスケールに熱輸送を理解する取り組みが進んでいる。本研究では、解析が進んでいる熱輸送現象を測定するために光を用いて微小領域の温度分布や温度の時間変化を測定する技術（サーモフレクタンス法）を確立し、その理解を深め、成果を熱輸送技術に活かすことを目的とする。

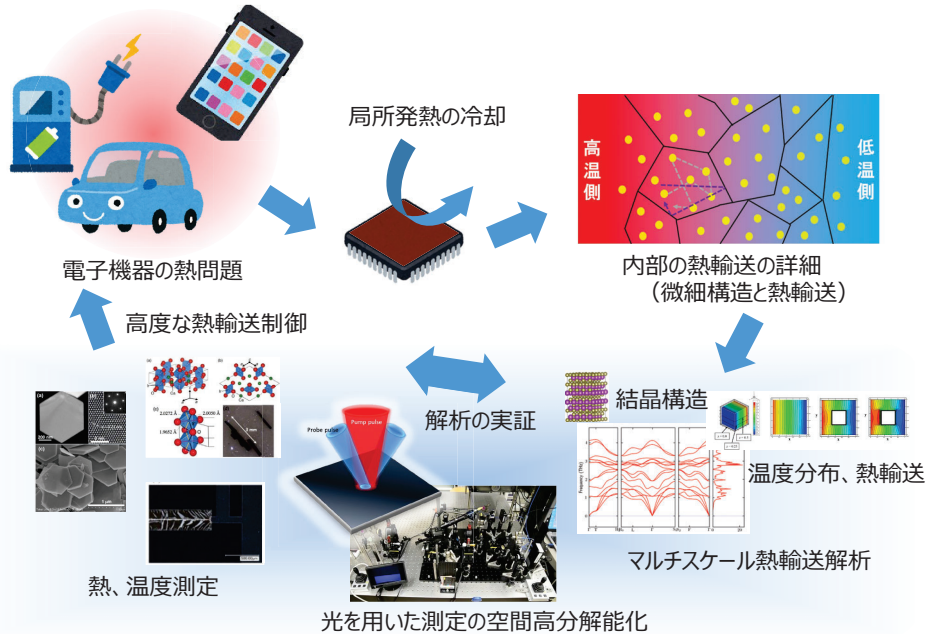


図1 研究の全体像

●研究の方法

水の中でインクが広がっていくように（拡散輸送）、高温から低温に熱が流れて均一な温度になろうとするのが一般的な熱輸送となる（熱伝導）。ところが電子機器を始めとして、人工的に内部に細かい構造が作られるようになってくると、拡散輸送ではない弾道輸送を考慮すべき結果が見られるようになり、このことが現状の機器冷却限界を決め、機器性能を左右するまでに至っている。マルチスケール解析によって現象を考察し、解析が正しいことを示すことも必要で、困難を極めている微小領域での温度分布や熱輸送を測定する手法の確立が必須となっている。本研究では、光を用いて測定空間分解能を高めたり、微小な温度センサーを作製して極めて狭い領域の熱輸送測定技術を確立し、解析結果と比較しながら熱輸送現象の理解を深め、熱を電気のように制御することを目指す。

●熱測定の高空間分解能化

測定サンプルを光を照射して加熱し、加熱された周辺の温度の時間変化を赤外線で測定する。極短時間に変化する温度を測定することで、サンプルの熱輸送特性（熱伝導率、比熱）を測定できる。光を用いる非接触な測定方法を確立することで、微細構造を持つ材料、サイズの小さい材料の熱輸送特性を明らかにでき、さらに熱輸送メカニズムを理解する。

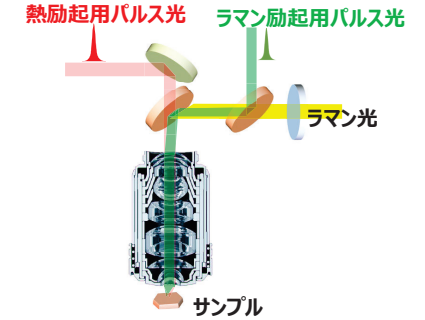
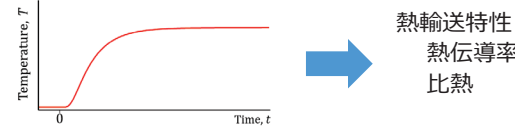


図2 顕微ラマンによる熱伝導率測定

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●非接触熱伝導率測定法の確立

従来の熱輸送では理解できない微小なサンプルの熱伝導率の測定法を確立する。サーモフレクタンス法だけでなく顕微ラマン分光など新たな測定法にも挑戦する。これにより数値解析で得られた熱輸送現象の妥当性を検証できるようになる。

●微小なサンプルの熱伝導率測定

従来の熱輸送では理解できない微小なサンプルの熱伝導率の測定法を確立し、その値を明確にする。これにより熱伝導現象の理解が進むとともに、熱伝導現象の理解を通して電子機器冷却などで緊急に必要となっている冷却技術を高められる。

●数値解析の妥当性検証

微小な領域の温度分布測定や熱特性測定法が無いために、予測の域を越えなかったフォノンの熱輸送計算について、その測定法確立を通して温度分布や熱特性分布を計算と実験と比較する。測定法が確立すれば、温度分布など数値解析と直接比較が可能となるため、解析モデルの妥当性を検討できるようになり、熱伝導現象の深い理解を得られる。

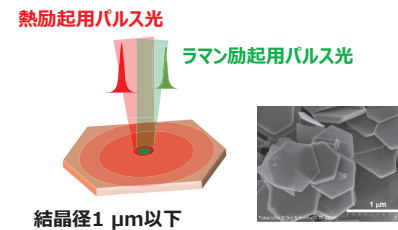


図3 非接触熱伝導率測定法の確立

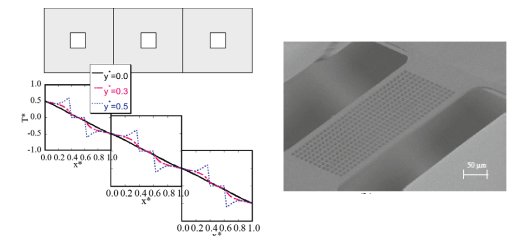


図4 数値解析（左）と実験（右）の温度分布比較