

## 審査の結果の要旨

氏名 伊藤 晃太

本論文は **A study on thermal radiation control by microstructures and phase-change materials** (微細構造と相転移材料を用いた熱輻射制御に関する研究) と題し、サブミクロン寸法の微小ギャップを介した輻射による物体間の熱的結合現象の解明と、熱伝達量の改善に関して理論的、実験的に示したものであり、研究分野の背景、本論文独自の熱流束制御理論、実験方法、評価方法、および、熱デバイスへの応用方法に関して全7章の英文で構成されている。

第1章は **Introduction** であり、「序論」であり、熱輻射工学分野の背景技術について述べている。特に、中赤外波長領域における輻射に関して技術的課題を検討し、熱輻射制御のために取り組むべき項目として、輻射の動的変調、輻射スペクトルの単色化、熱流束の整流、および、近接場光による熱伝達量の増大を取り上げ、それぞれに対する解決方策、本研究の意義、特色、独自性、論文構成について説明している。

第2章は **Theory and methodologies** であり、本研究の理解に必要な熱輻射理論をマクスウェル方程式に立ち返って解説しており、特に電磁界方程式の数値解法による熱輻射量の波長依存性等について理論を展開している。また、半導体表面マイクロマシニングによる熱輻射量の測定素子の設計、製作方法と、素子の評価方法について記述している。

第3章は **Dynamic modulation of thermal radiation** であり、波長以下の寸法からなる構造体の表面ポラリトンと電磁波の結合と、その輻射量の新たな制御方法について理論的に検証している。また、その実験的検証のために、シリコンカーバイド基板の表面フォノン・ポラリトンと、シリコン製スラブ導波路上の表

面プラズモン・ポラリトンを用いた輻射の測定結果について述べている。

第4章は **Monochromatic thermal emitter** であり、金属薄膜、絶縁膜、金属薄膜の三層を交互に積層したMIM構造を用いて、熱輻射スペクトルを単色化する手法について記している。特に、電子ビーム直描によってパタニングしたMIM構造を四角タイル状に稠密に敷き詰めることで、発生する輻射スペクトルの寄生モードを抑制し、主モードのみを選択的に励振可能であることを理論的、実験的に示している。

第5章は **Thermal rectification** であり、酸化バナジウムの電気的特性が340 K付近の温度を境に絶縁性と金属性の間で相転移する現象を利用して、物体間の輻射による結合を温度で制御する手法を示している。特に、本手法で得られた熱輻射の整流コントラストとは2以上であり、これまでに報告された熱ダイオードの整流コントラストの値として最大値が得られている。

第6章は **Near-filed radiative heat transfer** であり、サブミクロン寸法の微小ギャップを介して並行に配置された二物体間の熱輻射による結合を、熱伝導の寄与を極力排除した実験系で定量的に計測する実験手法について述べている。

第7章は **Discussion and conclusions** であり、本論文で示した研究成果を他の従来研究と比較し、熱流速制御工学分野への応用を展望するとともに、本論文の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は赤外ガスセンサや人工衛星の放射冷却装置等の応用先を想定し、検出感度や排熱効率の改善に必要とされる熱流制御技術を構築する要素として、熱輻射の変調、輻射スペクトルの単色化、熱流束の整流、および、近接場光による熱伝達量の増大の四項目を課題として取り上げ、それらの効果を熱輻射の電磁界解析と熱流束計測により理論的かつ実験的に検証することで熱流制御に関する新たな知見と技術をもたらしたものであり、熱工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。