

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	小野 雅司
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学 教授	博士（工学） 斎木 敏治
	副査	慶應義塾大学 教授	博士（工学） 野田 啓
		慶應義塾大学 准教授	博士（工学） 木下 岳司
		慶應義塾大学 教授	博士（理学） 渡邊 紳一
学士（理学）、修士（工学）小野雅司君提出の学位請求論文は「相変化材料に基づく自己適応型放射制御の提案と実証」と題し、5章から構成されている。 近年、フォトリソグラフィやメタサーフェスなどの人工的光学構造による熱放射制御の研究が盛んである。日中放射冷却技術はその一つであり、太陽光の吸収を抑えつつ、大気の窓とよばれる中赤外熱輻射領域における放射率の最大化を目指すものである。日中放射冷却に関する先行研究の大半は、光学特性のチューニングやスイッチング機能を有さない静的な動作の実証にとどまっている。日中放射冷却素子において熱放射特性が静的に固定化されていると、夜間や気温が低い季節であっても冷却機能が持続するため、暖房コストの増大が懸念される。この問題を解決するためには、中赤外領域における放射率を環境温度に応じて自己適応的に制御する機能を具備させることが必要である。本論文では、温度変化にともない絶縁体-金属相変化を示すVO₂を利用することにより、環境温度とともに放射率を自己適応的に制御可能な光学積層構造を提案、設計している。さらに、設計した構造をウェットプロセスのみで作製し、自己適応的動作を実証している。 第1章では、研究背景として日中放射冷却技術の先行研究、ならびに環境温度に応じた動的制御の必要性について述べ、その実現手段としてナノフォトニクスによる波長選択的光学特性制御について概説している。最後に本研究の目的を述べている。 第2章では、日中放射冷却の原理を説明し、その自己適応的制御に向けた光学構造の設計指針、ならびにその作製に必要となる中赤外プラズモニクス材料（Indium Tin Oxide, ITO）、絶縁体-金属相変化材料（VO₂）について述べている。 第3章では、自己適応型放射冷却構造の理論的提案について述べている。VO₂/誘電体/金属反射層からなる共振器構造において、VO₂が金属相（高温相）の場合、多重反射によってVO₂による強い中赤外吸収、すなわち高い熱放射率が得られる一方、VO₂が誘電体相（低温相）の場合は低損失の誘電体積層膜となり、熱放射が生じないことを原理として説明している。本素子と太陽光遮蔽フィルターを組み合わせることにより、日中は外気温-9℃の冷却効果を示す傍ら、夜間は冷却を抑制する自己適応的動作となっていることを示している。 第4章では、実際の素子作製までを想定し、ITOとVO₂を用いる新たな共振器構造を提案している。ITOが中赤外光吸収を担い、VO₂が光学長可変層として機能することを原理として説明している。化学的方法で合成したITO/VO₂ナノ粒子の塗布積層膜を作製し、自己適応的な放射率制御を実証している。本構造の設計自由度を活かした応用として、蓄熱、熱カモフラージュ等を提示している。 第5章では、本研究を総括し、日中放射冷却素子の設計と作製に関する今後の展望を述べている。 以上要するに、本論文は環境温度に応じて自己適応的に熱放射制御が可能な相変化光学構造を提案し、さらにウェットプロセスでの素子作製と動作実証を行ったものであり、光工学、伝熱工学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（電気電子工学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		