T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高分子フィルムおよびマイクロ・ナノ材料の赤外領域における光学特性および熱放射特性
Title(English)	Optical Properties and Thermal Radiation of Polymer Films and Micro/Nano Materials in the Infrared Region
著者(和文)	HoangThi Thanh Tam
Author(English)	Thi Thanh Tam Hoang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12189号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:梶川 浩太郎,間中 孝彰,伊藤 治彦,飯野 裕明,三宮 工,久保 若菜
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12189号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		Hoang Thi Thanh Tam	
論文審査 審査員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	梶川 浩太郎	教授	審査員	三宮 工	准教授（物質理工学院）
	審査員	間中 孝彰	教授		久保 若奈	准教授（東京農工大学）
		伊藤 治彦	准教授			
		飯野 裕明	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は"Optical Properties and Thermal Radiation in Polymer Films and Micro/Nano Materials in the Infrared Region"と題し、英文で 6 章よりなっている。
第 1 章 Introduction では、赤外領域で生じる表面フォノンポラリトン、異常透過現象および放射冷却現象について、その原理と先行研究について述べている。これらを踏まえた上で、本研究の位置づけと目的をそれらの解明と放射冷却材料、および非放射冷却材料の創成であると記している。
第 2 章 Analysis Method では、表面フォノンポラリトンを理解する上で必要なミー理論について述べ、そして、異常透過現象のシミュレーションに用いた有限差分時間領域法（FDTD）の適用方法について言及している。さらに、放射冷却現象の解析に必要な、熱放射と熱伝導の計算を実験で用いた系に適用した形で表現している。ここで記した方法を用いて、次章以下の実験結果の解析を行っている。
第 3 章 Optical Properties of Silica Particles では、シリカ微粒子（直径 0.3～10μm）を使った試料の作製方法を述べた後、赤外領域における表面フォノンポラリトンの測定結果を示している。この結果は、シリカ粒子中の表面フォノンポラリトンが放射冷却材料として必要な機能、すなわち、大気の窓の波長領域で大きな放射率を与えることを示唆している。次に、金で被覆した 2 次元シリカ微粒子の単層膜は、その表面が金薄膜で被覆されているにもかかわらず赤外領域で高い透過率を有すことを見いだし、これが異常透過現象であると述べている。表面フォノンポラリトンが生じる波長領域では異常透過が抑制されること、ポリスチレン球で作製した同様の構造で異常透過の抑制が起こらないことから、異常透過現象は表面フォノンポラリトンによるものではなく、赤外領域において金が理想的な金属として振る舞い、損失が小さいためであると結論している。また、FDTD 法を使った計算から、異常透過現象のメカニズムについて明らかにし、これらの考え方と矛盾しないと述べている。
第 4 章 Transparent Materials for Daytime Radiative Cooling では、日中における放射冷却材料として、フッ素系高分子薄膜やポリエステルフィルムについて、反射吸収スペクトル、屋内における液体窒素を冷媒とした放射冷却測定、屋外における宇宙への放射冷却測定を行った結果を示している。また、既存の放射冷却材料であるポリジメチルシロキサン(350μm 厚)、ガラス(1mm 厚)、シリカ微粒子を塗布したガラス(1mm 厚)などの放射冷却測定結果とそれらを比較している。その結果、フッ素系高分子薄膜では厚さが 50μm 程度の薄膜でも、既存の材料と同等の放射冷却性能を持つと述べている。また、第 2 章に記した解析計算がこれらの実験結果とよく一致することを示している。このフッ素系高分子は、構造物の耐候性を高める塗料として実用化されており、また、可視光領域で透明であることから、光学的に下地の見え方を変えることがないこと等が長所であると述べている。以上の知見から、このフッ素系高分子が、建物などに日中の放射冷却性能を付与するための塗料として用いることができると結論している。
第 5 章 Transparent Non-Radiative Cooling Materials では、まず、透明な材料の多くが一定の放射冷却性能を持つことに触れ、冬の朝の車のフロントガラスの凍結など、場合によってはそれが不都合なことがあると述べている。これを解決するために、構造物の放射冷却を防止する被覆材料の開発が必要であると述べ、研究の位置づけとしている。まず、透明電極材料である酸化インジウムスズ（ITO）薄膜や高屈折率材料で挟んだ銀薄膜材料(DMD 構造)が非放射冷却材料として有望であることを実験的に示している。しかし、ITO 薄膜や DMD 構造は、ガラス等の構造物の塗布用の材料として用いることができない。そこで、次にガラスに銀ナノワイヤー薄膜を塗布する実験を行い、ガラスの放射冷却現象を抑えられることを突き止め、塗布できる非放射冷却材料として用いることができることを示している。これは銀ナノワイヤによって形成されるネットワークは、赤外光を強く反射するが、可視光は高い透過率で透過させる性質によると述べている。

第６章では本研究のまとめと今後の展望について述べている。
以上を要するに、本研究は、高分子材料やマイクロ・ナノ材料を使った熱放射とそれらの応用について述べたものである。これらの知見は、我々にとって喫緊の課題であるエネルギー問題の解決に資するものであり、工学および工業へ貢献が大きい。よって、本論文を博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。