The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Spectral Control of Thermal Radiation by Microstructures
Author(s)	楠, 文経
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45067
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【149】

氏　　名	楠（くすのき）　文（ふみ）　経（のり）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　１８８００　号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学　位　論　文　名	Spectral Control of Thermal Radiation by Microstructures （微細構造による熱輻射スペクトル制御に関する研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　小林　哲郎 （副査） 教　授　占部　伸二　　教　授　岡村　康行　　助教授　高原　淳一

論文内容の要旨

現在、我々の生活の至る所で人工照明が使われており、実に全電気エネルギーの約 20%が照明のために消費されている。そのため、照明の省エネルギー化はたとえわずかであっても非常に効果が大きい。白熱電球は演色性に優れ、また蛍光灯と違い有害な水銀が不必要であるなど様々な長所がある。唯一とも言える欠点は効率の悪さである。輻射エネルギーの 90%程度が照明としては不必要な赤外線であり、可視光はわずか 10%である。フィラメントからの熱輻射スペクトルを制御することで効率の向上が可能であるが、熱輻射制御に関する研究例はほとんどない。そこで、本研究では微細構造が熱輻射スペクトルにおよぼす影響について実験的研究を行った。

まず初めに、表面に作製した周期構造が熱輻射スペクトルにおよぼす効果について研究を行った。その結果、構造の周期や表面に対する角度に依存する波長で、熱輻射強度が増大することが実験的に明らかになった。熱輻射が偏光特性や指向性をもつことが示され、熱励起された表面プラズモンポラリトンと輻射場の周期構造を通したカップリングが熱輻射にそのような性質をもたせていることを導いた。次に、表面に作製したマイクロキャビティからの熱輻射スペクトルについて研究を行い、キャビティの固有モード波長において熱輻射強度が増大することを実験的に示した。これを利用することで狭帯域にエネルギーが集中した熱輻射を得ることができた。最後に、自己組織化３次元フォトニック結晶フィルターを用いた全放射束制御の新しい手法を提案した。実験の結果、フォトニックバンド領域において全光束を抑制することに成功した。

本研究により、表面微細構造が熱輻射スペクトルに及ぼす影響が明らかになり、また新たな全放射束制御手法を提案した。高効率白熱電球のような熱輻射スペクトル制御の応用分野における基盤を築くことができた。

論文審査の結果の要旨

意外と知られていないが、全電気エネルギーの約 20%が照明のために消費されており、照明の高効率化は省エネルギー化に大きく貢献する。代表的な照明手段である白熱電球は演色性に優れ、また蛍光灯と違い有害な水銀が不必要であるなど様々な長所があるが、輻射エネルギーの 90%程度が赤外線であり、エネルギー利用効率が低いという重大

な欠点を持っている。従ってこの高効率化は可能性が大きく、また効果的である。

本論文はこの白熱電球の照明手段としての効率向上をめざし、その基本となる極微構造によるフィラメントからの熱輻射スペクトルの制御に関して行った研究の成果をまとめたもので、本文６章と謝辞からなっている。

まず、第１章で研究の背景と論文の構成を述べた後、次いで２章でプランクの熱輻射をもとに電球の高効率化は熱輻射の大部分を占める赤外光の放射抑制が基本であることを示し本研究の指針を示している。第３章ではフィラメント表面に１次元及び２次元の周期構造を作製した場合の熱輻射スペクトルにおよぼす効果が理論、実験両面から述べられている。周期と放射角に依存した波長の熱輻射強度が増大し、かつ偏光特性をもつことが実験的に明らかになり、周期構造をグレーティングカップラとして熱励起された表面プラズモンポラリトンが自由空間に結合放射していると考え解析した結果と実験結果が定量的にもよく一致することを導いている。第４章ではフィラメント表面に作製したマイクロキャビティからの熱輻射スペクトルについて述べている。ここではキャビティの電磁界固有モード波長において熱輻射強度が増大することが実験的にも確かめられており、狭帯域にエネルギーが集中した熱輻射を得る可能性が示されている。第５章では、フィラメントに表面構造を施すのではなく、電球に極微構造で構成された波長選択反射膜を付加し、不要な赤外光をフィラメントに返す方法が述べられている。広角の波長選択を得るために多層膜構成の反射膜ではなく、自己組織化３次元フォトニック結晶波長フィルターを用いる新しい手法を提案し、実験を行っている。実験の結果、フォトニックバンドギャップ領域において約15%の光束を抑制することに成功している。第６章は以上をまとめたものである。

本研究の結果、微細構造により熱輻射の輻射量、およびその波長スペクトル依存性、さらに輻射の指向性や偏光特性まで制御できることが明確になり、赤外の放射を完全に抑制した高効率の白熱電球を得るにはまだまだ道は遠いものの、本研究の成果は高効率白熱電球の開発はもちろん、種々の発光デバイス、照明装置、熱装置など多くの応用分野での今後の応用に貢献するところが非常に大きいと考えられ、本論文は博士（工学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。