



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Microstructured Resonant Infrared Absorbers and Emitters for Spectroscopic Sensing and Thermal Heating Applications [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	DOAN, Tung Anh
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13754号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76116
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	DOAN_Tung_An_h_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 DOAN Tung Anh

審査担当者	主査	客員教授	長尾 忠昭
	副査	教授	野寄 龍介
	副査	教授	石橋 晃
	副査	准教授	三品 具文

学 位 論 文 題 名

Microstructured Resonant Infrared Absorbers and Emitters for Spectroscopic Sensing and Thermal Heating Applications

(分光型熱ふく射センシングと加熱のための共鳴型マイクロ赤外吸収素子の研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

赤外線分光は、物質の種類を判別したり物性を評価する強力な手法として、材料科学や宇宙物理分野において用いられ、発展して来た。近年、小型安価な赤外線センサーが自動運転やロボット技術、工場ラインの生産管理やオフィスの照明・空調・安全管理などにおいて利用されはじめ、波長選択機性などの高機能化の付与と新しい応用の可能性が議論し始められている。また、赤外線のふく射利用については、カーボンやセラミックを用いた広帯域な赤外線光源（ヒーター）が長年用いられて来たが、加工対象の材料に合わせた波長制御型熱ふく射光源の効果が見いだされ、産業界からの注目が集まりつつある。

本研究では、このような波長選択型の赤外線センサーや光源を実現するため、ナノフォトニクスの電磁場設計の指針と、実際のデバイスを製作するための適切な成膜法と微細加工プロセスの確立を目指した。具体的には、積層型メタマテリアル構造 (Metamaterial Perfect Absorbers)、プラズモンニック回折格子構造 (Woods Anomaly Perfect Absorbers)、一次元フォトニック構造 (Gires-Tournois Absorbers)、など、目的に応じた候補構造を検討し、さらにそれらの構造の性能を理論計算や電磁場シミュレーションによって最適化と改良を新たに進め、個々の素子構造を実際に製作した。

Metamaterial Perfect Absorberは金属-誘電体-金属の積層構造からなり、最上層をディスク構造とし、そのディスクの直径により共鳴周波数を調整できる構造であり、 $1\mu\text{m}$ を切る波長分解能と広い受け入れ角度を持つデバイスが実現した。Woods Anomaly Perfect Absorberは、金属回折格子と表面プラズモンポラリトンとの結合を利用して、特定波長で電磁エネルギーのダビングを増強させることのできる構造であり、 $0.05\mu\text{m}$ の波長選択性を実現した。Gires-Tournois Absorberは部分反射器と金属ミラーとの間で共振器構造を形成し多重反射を生じさせ、金属ミラーでの多重反射において微少なダンピングを繰り返すことにより、完全吸収を実現する。特に部分反射器を積層型の分布反射器とすることで損失を低減し、世界最高レベルの $0.02\mu\text{m}$ の波長分解能を実現したことは特筆に値する。

続いて、これらの完全吸収構造を、分光型センサー素子と分光型エミッター素子として応用し、実用化も見据えながら熱マネジメントや耐熱性を考慮したデバイスを製作した。焦電体である ZnO や Si のゼーベック効果を用い、断熱性の高いMEMS技術を用いた中空隔膜構造と組み合わせることで、非冷却型の波長選択赤外線センサーを製作した。また、 LiTiO_3 焦電体を熱検知器としてGires-Tournois型赤外線センサーも製作し、 $0.02\mu\text{m}$ の波長分解能を実現した。また、高融点金属である Ta 、 Mo 、 W と金属ホウ化物を反射器材料として適用したGires-Tournois型エミッターでは、最高 1200°C の動作温度と $0.07\mu\text{m}$ の波長分解能を実現した。これらのデバイスの波長分解能は世界トップクラスであり、センサーにおいては感度の向上と、エミッターにおいては大面積化をクリアすることで企業連携にもつながり、実用化が射程距離に入りつつある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。