

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	広帯域な光学・電磁波多層媒質の設計に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	百瀬智也
Author(English)	Tomoya Momose
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第276号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:梶川 浩太郎,伊藤 治彦,宮本 智之,雨宮 智宏,當麻 真奈,岩見 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第276号, Conferred date:2025/3/26, 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

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		百瀬智也	
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	當麻真奈	准教授	
	審査員	伊藤治彦	准教授		岩見健太郎	准教授(農工大)	
		宮本智之	准教授				
		雨宮智宏	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「広帯域な光学・電磁波多層媒質の設計に関する研究」と題し和文で 5 章より構成されている。 第 1 章「序論」では、光学・電磁波多層媒質の概要を述べ、本論文の目的を記している。従来、最適化された構造設計には数理計画法が用いられてきたが、(1) 目的関数が数式で明示的に記述されていること、(2) 微分可能であること、(3) 計算コストが低いこと などの要件がある。しかし、現実の最適構造設計ではこれらが満たされることが多いため、様々な代替手法が検討されている。数理計画法の代替手法としては、ニューラルネットワーク (NN)、ベイズ最適化 (BO)、および遺伝的アルゴリズム (GA) があり、本章において、それらの概略を説明している。 第 2 章「遺伝的アルゴリズムの有効性」では、NN、BO、GA に加え、GA の交叉確率と突然変異確率を変数として扱い探索効率を向上させた適応型遺伝的アルゴリズム (AGA) を導入して、これを含めた 4 つの手法について多層円筒クロッキング媒質の設計における有用性を比較している。GA と AGA はいずれも計算結果が十分に収束し、他の手法と比較して安定した性能を示したと述べ、層数が多い場合には AGA が他の手法に対して優位性を持つと結論している。 第 3 章「広帯域な光学クロックの設計」では、無限長の円筒物体を広帯域な波長範囲にわたり不可視化する多層クロッキング媒質について AGA を用いてその誘電率の設計をしている。クロッキング媒質とは、それで対象物体を覆うことによりその媒質内で光を迂回させて対象物体を不可視化する媒質のことである。26 層以上のクロッキング媒質では、可視光領域(波長 0.4~0.7 μm)にわたり、散乱断面積を対象物体のみの場合に比べ 6%以下に低下させ、高いクロッキング性能を持つ媒質が設計できたと述べている。このクロッキング性能は、別の計算手法、つまり、非磁性媒質に対する線形座標変換および有効媒質近似に基づく解析計算と比較して 10 倍程度の性能向上が実現されていると述べている。この要因としては、光の迂回に加えて、周囲の媒質（空気）とのインピーダンス整合、および対象物体の光学的遮蔽があり、AGA により得られた結果は、これら 3 つの要素を自動的に取り入れており、クロッキング媒質の設計において強力なツールとなると述べている。 第 4 章「ミリ波吸収体の設計」では、AGA を使った 2 種類の多層形電波吸収体 (MLA) の設計について述べている。一つは自動車用レーダー周波数バンド (ARF バンド(76–81 GHz)) 用の MLA であり、もう一つは W バンド(75 – 110 GHz) 用の MLA である。ここで設計した MLA はグラファイトを高分子マトリクス (ポリジメチルシロキサン (PDMS)) 中に分散させたものであり、これを多層に積み重ねた構造を持つ。AGA を用いて各構造中のグラファイトの割合の設計を行った結果、いずれの MLA も当該波長領域の全体にわたり 20 dB 以上の吸収率を持つ MLA が設計できたと述べている。前者の厚さは 0.3 mm であり後者の厚さは 0.5 mm であった。これらは、他の論文で報告された吸収体の中で最も薄く、かつ、高い吸収性能を持つと述べている。また、最初の AGA を用いた設計では、10 層の MLA を検討したが、実際の生産においてはより少ない層数を持つ MLA が望ましく、構造の簡略化を行い、同等の性能を持ちながら層数が少ない MLA を提案することに成功している。これは、特定の条件下で最高の性能を持つ吸収体を設計するために、AGA が有用であることを示した結果である。これらの MLA は、先進運転支援システムおよび自動運転技術の誤検出を減らすのに役立つ。 第 5 章「結論」では、本研究のまとめと今後の展望について述べ、GA や AGA が光学・電磁波多層媒質の設計において有効な手法であると結論している。 以上を要するに、本論文は光や電磁波に対する所望の特性を持つ媒質設計に GA や AGA が有効なことを示している。これらの知見は、光や電磁波の有効利用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。
--