

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	STUDY OF LINEAR OPTICAL PROPERTIES OF HYPERBOLIC METAMATERIALS
著者(和文)	Rahul Kumar
Author(English)	Rahul Kumar
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11598号, 授与年月日:2020年9月25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,飯野 裕明,三宮 工,石原 照也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11598号, Conferred date:2020/9/25, 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

(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	Rahul Kumar		
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	伊藤治彦	准教授		石原照也	教授(東北大学 理学研究科)
		宮本智之	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"Study of Linear Optical Properties of Hyperbolic Metamaterials"と題し、英文で6章よりなっている。

第1章 Introduction では、光メタマテリアルの一種である積層構造のハイパボリックメタマテリアルについて、概略と歴史、その重要性について記している。また、ハイパボリックメタマテリアルを理解する際に必要な有効媒質近似(EMA)、および、研究対象である円柱積層ハイパボリックメタマテリアルにおける超散乱(スーパースキャタリング)の先行研究およびその理論を記している。さらに、本研究ではニューラルネットワークを用いた高速電磁界解析分野の先行研究をまとめている。これらについて述べた上で、最後に本研究の位置づけと目的について記している。

第2章 Calculation Methods では、ミー理論を用いた円柱積層ハイパボリックメタマテリアルの散乱、吸収に関する厳密解を求める方法を記している。層数が多くなるにつれ、その計算量は膨大となるが、伝搬行列法を導入することにより、数十層におよぶ計算でも現実的な時間で散乱スペクトル等の計算が終了できると述べている。さらに、円柱状ハイパボリックメタマテリアルを有効媒質と近似した際に生じるシェル層の異方性を取り入れた厳密解について述べている。また、高速電磁界解析で用いた人工知能の一種であるニューラルネットワーク計算の概略について記している。

第3章 Analysis of EMA Models では、円柱積層ハイパボリックメタマテリアルにおける有効媒質近似の理論について述べている。積層構造を平板スラブとして近似した従来から使われている EMA モデル (PEMA) と積層構造を円柱形状として近似した EMA モデル (CEMA) について述べ、PEMA および CEMA を使った散乱効率の計算結果とミー理論を用いた厳密解を比較して、CEMA による散乱効率の計算結果が、多くの場合良い近似となることを示している。また、様々な円柱積層ハイパボリックメタマテリアルについて調べ、近似が良い場合と近似が良くない場合について、場合分けを行っている。近似が良くない場合において、修正係数を導入することにより、近似が良くなることを見いだしている。

第4章 Superscattering of Light では、円柱積層ハイパボリックメタマテリアルで超散乱が起こる条件を求め、それがハイパボリックメタマテリアル層の異方性に起因すると述べている。また、超散乱が起こる理由が、高次の散乱係数スペクトルがお互いに強め合うことにより生じることを明らかにしている。さらに、誘電率がゼロ付近となる媒質(ENZ)と銀で構成される円柱状層構造で、超散乱が生じることを突き止め、ENZ 中の空間的な電場分布の計算から、円柱状の層構造で擬似的なウイスパリングギャラリーモードが生じていることを見だし、それにより超散乱が生じていると考察している。

第5章 Enhanced Absorption of Light では、円柱状ハイパボリックメタマテリアルにおける超吸収(スーパーアブソプション)について、それを示す構造の設計および吸収効率の計算を行っている。特に、高速電磁界解析が可能であるニューラルネットワークを用いた吸収効率の計算を提案し、現実的な時間で対象とするすべての構造に対して網羅的に計算を行うことに成功している。さらに、所望の波長帯で超吸収を生じる構造を逆設計する手法を開発し、その効果について検証している。

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、円柱積層ハイパボリックメタマテリアルにおける有効媒質近似とそれを使った超散乱および超吸収を示す構造の理論的背景と設計指針を明らかにしたものである。それらを応用した光デバイス分野をはじめとする工学および工業上の貢献は大きい。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。