The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	液晶装荷金属誘電体積層ナノホール構造による透過光制御に関する研究
Author(s)	松井, 崇行
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52210
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　松井崇行　）	
論文題名	液晶装荷金属誘電体積層ナノホール構造による透過光制御に関する研究

論文内容の要旨

第1 章　序論
本章では，研究の背景について記述をおこなった後に，表面プラズモンポラリトン(SPP, Surface Plasmon Polariton)の一般的な説明を行った．まずSPP は周期構造により励振可能であることを示した．次に液晶材料等の一軸異方性材料と金属界面でのSPP の分散関係が，誘電率テンソルのうち金属面に垂直方向の成分により決まることを示した．

第2 章　金属誘電体積層ナノホール構造の設計
本章では本論文で議論を行う金属誘電体積層ナノホール構造(以下，本論文においてSHA 構造と呼ぶ）の基礎特性を，モデル化，計算による予測，実測による検証により示した．最初に素子の応答モデルである周期構造とSPPの結合という解釈に用いる分散関係を提示した．この分散関係を用い，周期構造と相互作用が生じる周波数の抽出をおこなった．つづいて相互作用が予想される周波数におけるSHA 構造の透過特性を数値計算により検討した．その後，数値計算により得られた特性を検証する際に必要となる素子の作製方法，評価方法について検討を行った．最後にSHA 構造の透過特性に関し，計算および実験により得られた結果をまとめた．

第3 章　金属誘電体積層ナノホール構造を用いた波面制御
本章では，前章で得られた結果を踏まえ，応用展開としての波面制御素子について検討をおこなった．ここで波面制御素子とは，垂直入射光が形状の徐々に変化するSHA 構造を透過することで，入射波長に応じて出射角度が変化する平面プリズム構造を意味する．平面プリズム構造は，前章において得られる次の2 つの結果を用いて設計を行った．(i)SHA 構造を透過する光の透過位相の波長変化に対する変化幅の大きさは，ナノホール形状によりコントロール可能である．(ii)SHA 構造の透過増強は入射直線偏光の電場振動方向への周期構造により実現される．これを踏まえ，本章では電場振動方向に同一穴形状を有し，電場振動方向と直交する方向に穴形状を徐々に変化させた平面プリズム構造の設計を行った．設計した平面プリズム構造は数値計算による検証の後，実験的にその機能を検証した．

第4 章液晶装荷金属誘電体積層ナノホール構造
本章では，SHA 構造に対し液晶材料の装荷にとりくみ，一軸異方性液晶材料を用いたSHA 構造の透過制御の基礎的なメカニズムを計算と実験により明らかにした．液晶と金属界面のSPP は金属面に垂直方向の誘電率により主として影響を受けることから，液晶が垂直配向した素子構成に関しSHA の透過特性の検討を行った．まず数値計算によりサブ波長厚の液晶層を用いたSHA 構造の透過メカニズムを明らかにし，続いて計算により得られた構造の実験的検証をおこなった．

第5 章　結論
本章では，第2 章から第4 章までに得られた金属誘電体積層ナノホール構造を用いた波面制御，および液晶装荷による透過制御について研究成果を総括し，本研究の結論とした．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　松井　崇行　）		
論文審査担当者	(職)	氏　名
	主 査　教 授	尾﨑雅則
	副 査　教 授	栖原敏明
	副 査　教 授	伊藤利道
	副 査　教 授	森　勇介
	副 査　教 授	片山光浩
	副 査　教 授	近藤正彦
	副 査　教 授	大森　裕
	副 査　教 授	八木哲也

論文審査の結果の要旨

本論文は、金属誘電体積層ナノホール構造（SHA: Stacked metal-dielectric Hole Array）上にサブ波長厚の液晶層を装荷し、その透過特性に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の５章より構成されている。

第１章では、研究の背景を述べるとともに、本論文の目的と意義を明らかにしている。まず、表面プラズモンポラリトン(SPP：Surface Plasmon Polariton)について概説するとともに SPP が周期構造により励振可能であることを示している。次に、液晶材料等の一軸異方性材料と金属界面での SPP の分散関係が、誘電率テンソルのうち金属面に垂直方向の成分により決まることを示している。

第２章では、本論文で検討を行う SHA 構造の基礎特性を、モデル化、数値計算による予測、実験による検証に基づいて明らかにし、のちの章での議論の基礎的材料を提供している。まず、素子の応答モデルである周期構造と SPP の結合という解釈に用いる分散関係を示し、SPP と周期構造との相互作用が生じる周波数は分散関係を用いて大まかに予測可能であることを示している。つづいて、相互作用が予想される周波数における SHA 構造の透過特性を数値計算により検討している。その後、素子の作製方法、評価方法について検討を行い、最後に SHA 構造の透過特性に関し、計算および実験により得られた結果をまとめている。

第３章では、面内でナノホール形状が徐々に変化する SHA 構造の透過特性について検討を行っている。形状が徐々に変化する SHA 構造の設計には、SHA 構造の透過特性がナノホール形状に依存することを用いている。本章では入射直線偏光の電場方向に同一穴形状を有し、電場方向と直交する方向に穴形状を徐々に変化させた長方形穴 SHA を用いた素子の検討を行っている。設計した素子は、数値計算による検証を行ったのち、前章で述べた干渉顕微鏡および遠視野観察によりその透過特性を検討している。

第４章では、SHA 構造の動的変調のための基礎検討として、液晶材料の装荷にとりくみ、一軸異方性液晶を用いた SHA 構造の透過現象の基礎的なメカニズムを計算と実験により検証している。液晶と金属界面の SPP は液晶の比誘電率のうち、金属面に垂直方向の比誘電率に主に影響を受けることから、液晶が垂直配向した素子構成に関し SHA の透過特性の検討を行っている。まず、数値計算によりサブ波長厚の液晶層を用いた SHA 構造の透過メカニズムを明らかにし、続いて実験による検証をおこなっている。

第５章では、第２章から第４章までで得られた、SHA 構造およびサブ波長厚の液晶材料を装荷した SHA 構造による透過素子についての研究成果を総括し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は、金属誘電体積層ナノホール構造と大きな誘電率異方性を有ししかも外場応答性の大きな液晶材料とを組み合わせ、液晶分子の再配列がナノホール構造上に励振される SPP への影響を検討することにより、サブ波長厚の液晶材料で透過光の特性を制御できる可能性を示している。このことは、液晶材料の新たな光デバイスへの応用展開の可能性を示唆するものであり、電気電子情報工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。