

Title	Near-field Optical Images of Ordered Polystyrene Particle Layers and Their Photonic Band Effect
Author(s)	藤村, 徹
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42165
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	藤 村 徹 <small>ふじむらととおる</small>
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 15546 号
学位授与年月日	平成12年3月24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	Near-field Optical Images of Ordered Polystyrene Particle Layers and Their Photonic Band Effect (ポリスチレン微粒子配列膜の近接場像とフォトニックバンド効果)
論文審査委員	(主査) 教授 伊藤 正 (副査) 教授 張 紀久夫 教授 菅 滋正 教授 川合 知二

論文内容の要旨

走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM) は、回折限界を越える分解能を有する光学顕微鏡として注目を集めている。しかし、そこで得られる SNOM 像が試料のどのような光学的性質を反映しているのかについては、必ずしも十分な説明がなされたとは言えない。一方、本研究で SNOM 観察に用いているポリスチレン微粒子配列膜 (ラテックス配列膜) は、サブミクロンの大きさをもつラテックス球 (ポリスチレン微小球) の 2 次元配列結晶である。このような誘電率が光波長スケールで周期的に変化する透明媒質では、結晶内の電子のバンド構造に類似したフォトニックバンドが形成されることが知られている。本学位論文では、ラテックス配列膜の SNOM 観察を行うことで、“SNOM 像の濃淡の模様が得られるメカニズム”を解明すると共に、“フォトニックバンド効果がいかに SNOM 像に反映されるのか?”を明らかにした。

研究の初期段階において、ラテックス配列膜の透過 SNOM 観察および蛍光励起 SNOM 観察を行った。ここで、SNOM 像の特徴は、ラテックス球の配列の様子およびラテックス球の直径に依存することがわかった。また、2 次元配列面内を伝播する電磁波モードを見いだすことができた。次に、ラテックス配列膜の透過スペクトル測定から、ラテックス配列膜のフォトニックバンド構造を決定することに成功した。ラテックス配列膜の透過 SNOM 観察において、SNOM 像の模様の観察波長依存性を調べた。理論計算との比較から、特にフォトニックバンドとの共鳴波長周辺では、共鳴効果による濃淡の模様の劇的な観察波長依存性が生じることが示された。また、非共鳴波長においても実験と理論は定性的に良い一致を示した。

以上のことから、透明な材料からなる試料の SNOM 像は、試料の大きさと観察波長の比によって決まる試料の電磁場の近接場分布を反映すると言える。特にラテックス配列膜の場合には、電磁場モードがフォトニックバンドを形成し、実験的に決定できる。即ち、ラテックス配列膜の SNOM 像の特徴は、そのバンド図から予想することができる。

論文審査の結果の要旨

走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM) では、回折限界を越える分解能を有する光学像が得られるが、その像が試料

のどのような光学的性質を反映するのかについては十分な解明がなされていない。一方、誘電率が光波長スケールで周期的に変化する3次元フォトニック結晶は電磁波の伝搬や輻射を制御できると期待されるが、その基本単位である2次元フォトニック結晶においても結晶内の電子のバンド構造に類似したフォトニックバンドが形成されると予想される。

本論文は2次元フォトニック結晶の典型例であるサブミクロンサイズの直径をもつポリスチレン微粒子配列膜（ラテックス配列膜）に関して、そのフォトニックバンドを分光学的に決定するとともに、SNOMを用いて配列結晶中の光の伝搬像と透過光像を観察し、像の形成メカニズムの解明と、サブミクロンスケールで変化する像の濃淡模様とフォトニックバンド共鳴効果との関係をはじめて明らかにしたものである。

まず、0.23～1ミクロンの直径を持つラテックス2次元配列膜の透過SNOM像の観察および蛍光励起SNOM像の観察を行った。その結果、SNOM像の特徴がラテックス球配列の規則性およびラテックス球の直径に大きく依存することを明らかにした。次に、蛍光像により2次元配列面内で指向性を持って伝播する電磁波モードをサブミクロンスケールの実空間で捉えることにはじめて成功した。また、ラテックス配列膜の偏光透過スペクトルの測定を行い、ラテックス配列膜の広い波数領域にわたるフォトニックバンド構造を実験的に決定した。さらに、ラテックス配列膜の透過SNOM観察において、像の観察波長依存性を詳しく調べた結果、フォトニックバンドとの共鳴波長周辺でSNOM像の濃淡模様に劇的な変化が起こることを見出した。また、理論計算との比較を行い、共鳴、非共鳴波長における像の変化を理論的に説明することにも成功した。

以上のように、透明材料からなる試料のSNOM像が試料の大きさと観察波長の比によって決まる試料中の近接電磁場分布を反映すること、特にラテックス配列膜の場合にはそのSNOM像の特徴がフォトニックバンド構造を強く反映すること等を明らかにした本論文は、フォトニック結晶の物性と近接場光学の発展に寄与するところが大きく、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。