

審査の結果の要旨

氏名 久保 祥一

フォトニック結晶は、誘電体が光の波長程度の周期で配列した構造体であり、特定波長の光が存在できないフォトニックバンドギャップと呼ばれるエネルギー領域をもつ。このため、フォトニック結晶には特定波長の光の伝播抑制など特異な光学特性が現れ、光導波路、反射材料、低閾値レーザーなどの光デバイスへの応用が期待されている。このフォトニック結晶に外場応答性を付与することは、フォトニック結晶を用いる光デバイスの多機能化の点で重要である。本論文は、フォトニック結晶と液晶を組み合わせ、液晶の屈折率異方性やその変化を利用して外場応答性フォトニック結晶を創製するとともに、発光制御材料等への応用につながる基礎的研究を行った結果を纏めたものである。

本論文は全7章から構成されている。第1章では、フォトニック結晶全般について紹介するとともに本研究の背景と意義について述べている。

第2章では、フォトニック結晶のひとつとして本研究で用いたオパール構造と逆オパール構造の作製方法を述べている。また、電子顕微鏡観察や透過スペクトル測定により、これらの構造を確認したことを述べている。

第3章では、液晶の屈折率変化を利用して逆オパール構造の光学特性を制御することを意図し、逆オパール構造の空隙に液晶を浸透した試料について温度変化を行った結果を述べている。浸透した液晶がネマチック相の場合、散乱のため反射率が低い状態であったのに対し、昇温により等方相に相転移した後はストップバンドによる強い反射を示すことを見出している。この温度変化による反射率制御は、これまで報告された材料の中でも最大の変化を与えるものである。これらの結果について、逆オパール構造の空隙における液晶の有効屈折率を評価することにより液晶の配向状態を明らかにするとともに、相転移により光学特性の変化が誘起される機構を詳細に明らかにしている。

第4章では、光応答性フォトニック結晶の創製をめざし、アゾベンゼンのトランス-シス光異性化を利用して逆オパールの空隙に浸透した液晶の光制御を行い、実際にフォトニック結晶の光応答性を実現した結果を述べている。温度変化による光学特性の制御に比べ、温度変化を伴わない光相転移は高速応答性が期待でき、紫外光と可視光の照射による光学特性の可逆的变化も実現されたことは高く評価されるものである。

第5章では、本研究で創製した光応答性フォトニック結晶の応用について検討している。前章の光応答性フォトニック結晶にフォトマスクを通して露光することにより、微細なパターン形成に成功した結果が示されている。この材料が示す色はフォトニック結晶のス

トップバンドに基づくものであり、従来の液晶ディスプレイデバイスなどと異なり偏光板などを用いることなく単独でパターンの表示が可能であるという特徴を有している。

第6章では、フォトニック結晶の内部における色素分子の発光挙動を検討している。フォトニック結晶の内部では蛍光物質の発光制御が可能になると考えられている。これを前章までに示されたフォトニックバンドの外場制御と組み合わせることにより、物質の励起状態を外場によって直接制御できる可能性があり、新たな展開が期待される。具体的には、フォトニック結晶が発光挙動に与える影響を明らかにするため、ポリスチレンのオパール構造膜に色素を吸着した試料を用い、発光挙動についての検討を行っている。その結果、色素分子の励起状態がフォトニック結晶の影響を受けることで、ストップバンドによる発光の抑制効果に加えてストップバンドのバンド端における発光の促進効果が現れることを実験的に初めて実証している。

第7章は結論として、本研究で得られた結果や知見を整理し、フォトニック結晶の外場制御に関連する今後の展望を述べている。

以上のように、本論文では、外場応答性フォトニック結晶の創製に関する研究とともにフォトニック結晶による色素分子の発光状態への影響などを含む重要な知見が纏められており、今後のフォトニック結晶の科学技術の発展に寄与するものとして高く評価できる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。