

主 論 文 要 旨

2011 年 6 月 30 日

論文題名: シリコンフォトニック結晶ナノキャビティのひずみセンシング効果に関する研究

ぶい た ん と う ん
BUI THANH TUNG

本論文は、二次元フォトニック結晶(PhC)ナノキャビティのひずみセンシング効果に関して、理論的および実験的検証を行ったものである。機械的応力またはひずみによって PhC ナノキャビティの共振波長が変化するひずみセンシング効果を解析し、PhC の結晶方位および形状の依存性を理論と実験により評価検討した。PhC を用いた機械量センシングに関する先行研究では理論解析に止まっており、論文では理論解析および実験研究を行った。

理論解析では、Si 基板に製作した PhC ナノキャビティのピエゾ光学効果に関して、数値解析手法として有限要素法 (FEM) および有限差分時間領域法 (FDTD) を用いて、PhC ナノキャビティの設計とひずみセンシング効果の解析を行った。本研究では三角格子構造の PhC を用い、ナノキャビティの構造は、空孔のサイズと形を変化させた空孔変調型 (hole-modified) キャビティと空孔位置を変えた空孔変位型 (hole-shifted) キャビティの2種類のキャビティを設計した。それぞれの格子定数/空孔半径は 460nm/138nm と 450nm/150nm になった。これらのナノキャビティを FDTD を用いて高い Q-値になるよう最適設計した。また、ひずみによる PhC の幾何学的変化を FEM により解析した。ナノキャビティにひずみを与え、FDTD および FEM により光共振波長の変化を解析した。ナノキャビティのひずみ量と共振波長の変化は線形関係を示し、長手方向および横方向のひずみに対する共振波長の変化が得られた。ナノキャビティにおける、ひずみにより生じた共振波長のシフト効果を確認した。本研究の解析には先行研究では行われていない材料の屈折率変化を考慮に入れている。

実験研究では、電子ビームリソグラフィやプラズマエッチング等によって SOI 基板上に PhC ナノキャビティを作製した。作製したナノキャビティの透過特性を波長可変レーザー測定システムによって評価した。空孔変位型キャビティの Q-値は 4500 に達した。ひずみセンシング効果の評価については、カンチレバーを用いて PhC ナノキャビティへ引張りひずみを与え、共振波長の変化測定によって、PhC ナノキャビティのひずみセンシング効果を定量的に測定した。これらの実験的検証結果は、数値解析結果と傾向が一致した。

本研究のまとめとして、得られた結果に基づく高精度ひずみセンシングの展望と課題について示した。