

課題番号 : F-19-NM-0080
利用形態 : 技術代行
利用課題名(日本語) : 半導体微細加工による微小集積光学導波路作製
Program Title(English) : Photonic waveguide fabrications using semiconductor fine processing techniques
利用者名(日本語) : 尾崎信彦
Username(English) : N. Ozaki
所属名(日本語) : 和歌山大学システム工学部システム工学科
Affiliation(English) : Faculty of Systems Engineering, Wakayama University
キーワード/Keyword : フォトニクス、リソグラフィ・露光・描画装置、フォトニック結晶

1. 概要(Summary)

本研究は、半導体微細加工技術により微小集積光学導波路であるフォトニック結晶導波路を作製し、フォトニック結晶導波路特有の低群速度・低分散(LVLD)特性を利用した高効率な差周波発生を目指している。半導体薄膜を用いた2次元のフォトニック結晶導波路は、高い光閉じ込め効果と、特異な分散関係によるLVLD周波数を有する特長がある。これらの特性により、光学非線形効果がバルク半導体材料よりも非常に高くなるため、二波長の励起光による差周波発生効率がバルク材料に比べ飛躍的に高まることが予想される。我々は、この現象を利用してテラヘルツ帯の差周波を高効率に発生することで、既存光源では成しえない超小型のテラヘルツ光源開発を提案し、その実証を目指している。

以前に作製したフォトニック結晶導波路では、LVLD周波数領域での群屈折率の値が高くなりすぎたため、導波路への光結合および導波路からの光取出し効率が低く、光学非線形測定が困難なため、今回は群屈折率が20程度になるよう、導波路の構造パラメータを再設計した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 125kV電子ビーム描画装置、化合物ドライエッチング装置、走査電子顕微鏡、CMP研磨装置、自動スクライバー

【実験方法】

利用者所属機関(和歌山大)にて、分子線エピタキシー法によりGaAs基板上にAlGaAs薄膜を作製した。この薄膜に対し、LVLD特性が得られる構造パラメータを電磁界シミュレーションにて算出し、得られた構造パラメータのフォトニック結晶導波路をNIMS微細加工PFにおいて作製した。具体的には、LVLD特性を持たせるため導波路に近接する2,3列目の空孔半径を $0.8r$ 、 $1.25r$ (r はその他の列の空孔半径)などに調整したフォトニック結晶導

波路を作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製後のフォトニック結晶導波路サンプルのSEM画像例をFig. 1に示す。半導体薄膜に周期的に形成された空孔がフォトニック結晶構造を形成しており、その中央に設けられた一列欠陥がフォトニック結晶導波路として機能する。また、フォトニック結晶導波路の両側2列目および3列目の空孔半径が、他の列の空孔半径よりも小さく($0.8r$)、または大きく($1.25r$)変調されている。この構造変調によって、導波路内を伝搬する特性の周波数光に対してLVLD特性が得られる。今後、この導波路に対して2波長パルス光を導入して、差周波発生によるテラヘルツ波を観測する予定である。

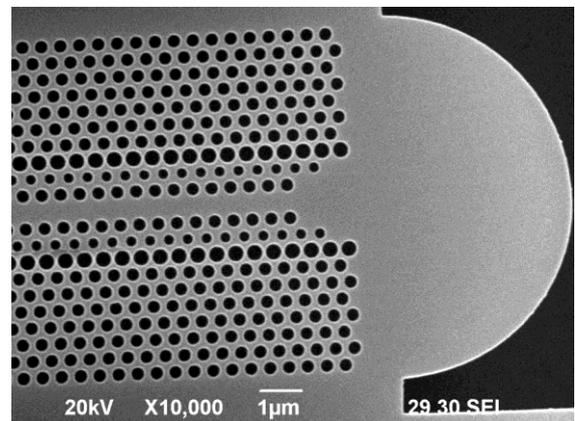


Fig. 1 SEM image of a fabricated photonic crystal waveguide.

4. その他・特記事項(Others)

・技術支援者:池田直樹(NIMS微細加工PF)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) T. Nakahama, N. Ozaki, H. Oda, N. Ikeda, and Y. Sugimoto, submitted.

6. 関連特許(Patent)

(1) 尾崎信彦他, “差周波発生器及び差周波発生方法”, 特開2019-040034, 2019年3月14日