

小山俊樹・谷口彬雄

目的別テーマ：フォトニック有機結晶デバイスの開発

15年度研究テーマ

15-4-4 : 有機光通信デバイスに関する研究

～フォトニック結晶ファイバーデバイスの作製と評価～

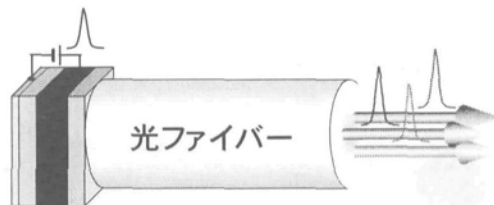
ABSTRACT

To plan application to the light source for information and telecommunications networks, It aimed at the development of the organic laser which has the variety of oscillation wavelength. The purposes of this year are the establishment of the way of making an air hall pattern photonic crystal, and evaluation of optical impound efficiency. High optical impound efficiency can be expected with the organic laser which an air hall pattern photonic crystal was used for. A pattern of an air hall pattern two-dimensional photonic crystal was drawn with an electronic beam in a resist film. The pattern was taken with elastomer and imprinted in a organic laser active layer. Photo pumped laser oscillation of the air hall pattern photonic crystal organic laser was observed. A sharp peak with the 0.35-nm width appeared at 495.5nm in the emission spectrum when pump power was set up around oscillation threshold. Optical impound efficiency was estimated at about 1400 from this peek width. The effect of two dimensionization was admitted. And, laser oscillation depended on the crystal lattice direction. The characteristics of two-dimensional photonic crystal resonator could be observed.

研究目的

本研究は、発振波長の多様性に優れる有機レーザの開発を目指すもので、通信用光源として応用を図ろうとするものである。

本年度は、高い光閉じ込め効率が期待できるエアホール型フォトニック結晶(AH-PC)を用いた有機レーザをソフトナノインプリント法による作製法の確立と、その光閉じ込め効率向上の評価を目的とした。レジスト薄膜への電子線描画とエラストマーを用いたナノインプリントにより、有機レーザ活性層にエアホール型二次元フォトニック結晶を形成した。本方法では、フォトニック結晶の原版は平面 Si 基板上に電子線描画で作製するものであるが、その原版を転写したエラストマーのレプリカは柔軟性があるため、フェイバー表面などの曲面にもフォトニック結晶をナノインプリント成型出来る。今回は、石英基板上の有機薄膜に対してフォトニック結晶の形成を行い、その光励起レーザ発振特性を評価した。



フォトニック結晶有機レーザ光源による多モード光情報送信

一年間の研究内容と成果

電子線描画とエラストマーを用いたナノインプリントにより、有機薄膜導波路にエアホール型二次元フォトニック結晶を形成した。本方法では、フォトニック結晶の原版は平面 Si 基板上に電子線描画で作製するものであるが、その原版を転写したエラストマーのレプリカは柔軟性があるため、フェイバー表面などの曲面にもフォトニック結晶をナノインプリント成型出来る。本年度は、石英基板上の有機薄膜に対してフォトニック結晶の形成を検討した。ポジ型のレジストを Si 基板上に成膜し、 $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ の領域に電子線描画により周期 600nm、ホール径 300nm のエアホール型二次元フォトニック結晶パターンを書き込んだ。作製したレジスト原版の SEM 像を Fig. 1 に示した。これより実際

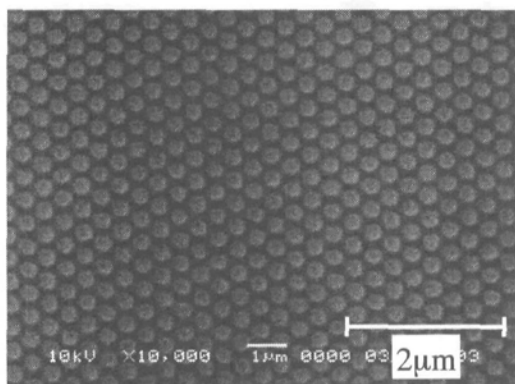


Fig. 1. レジスト原版のSEM像

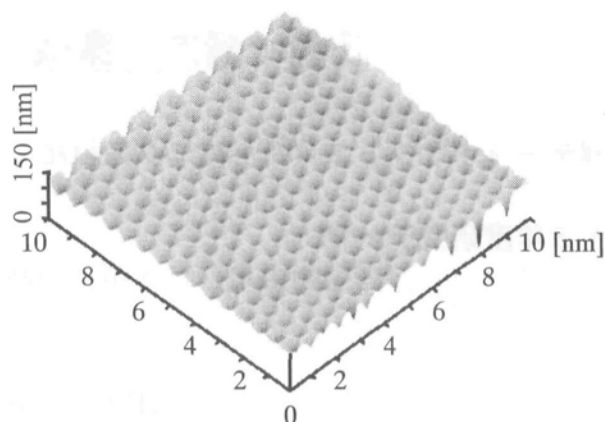


Fig. 2. 有機活性層に転写したPCのAFM像

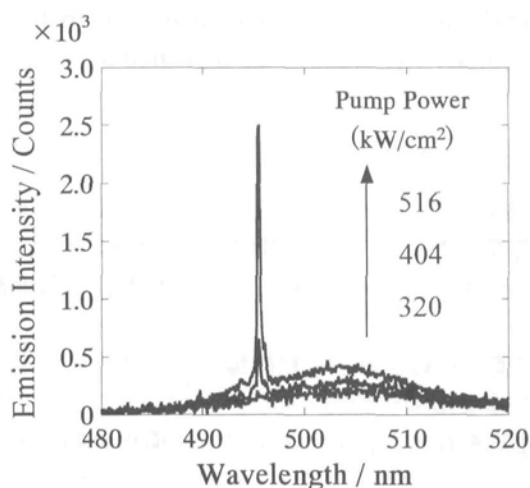


Fig. 3. AH-PC有機レーザからの
光励起レーザ発振

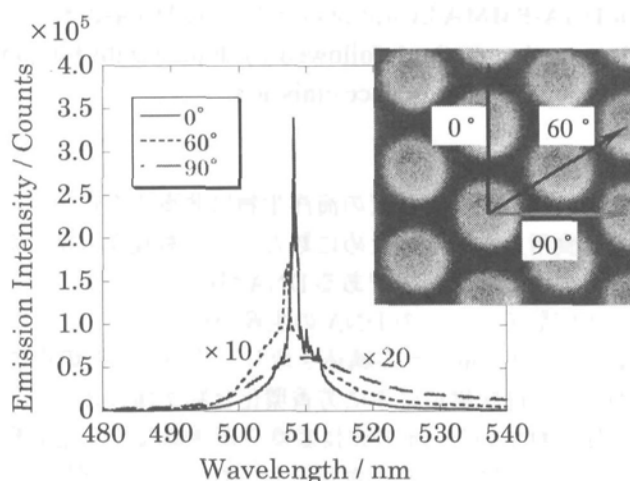


Fig. 4. レーザ発振方向の結晶角度依存性

に形成されたエアホール型フォトニック結晶の周期と孔径はそれぞれ 612, 356 nm であることがわかった。電子線の Dose 量などを最適化することでほぼ設計値のパターンが形成できた。これを原版としシリコンエラストマーにてレプリカを成型し、エネルギーホストとレーザ色素をドープした PMMA 膜（厚さ 180nm）にナノインプリントを行った。得られたエアホール型二次元フォトニック結晶の AFM 像を Fig. 2 に示した。これにより、周期 600nm、深さ 50nm のエアホールパターンが認められた。周期については、設計値より約 112%の拡大が生じていた。また、ホール形状が円筒状ではなく円錐に近い形状であることも確認された。ナノインプリント法の最適化が課題である。

つぎに得られたエアホール型フォトニック結晶有機レーザの光励起レーザ発振を評価した。Fig. 3 は発振しきい値付近のパワーで励起した時の発光スペクトルで、495.5nm に半値幅 0.35nm の鋭いピークが現れている。この半値幅より光閉じ込め効率を見積もると約 1400 と高い Q 値が得られた。一次元フォトニック結晶の約 2 倍であり、二次元化の効果が認められた。また、Fig. 4 に示したように、結晶格子方向によりレーザ発振が依存し、二次元フォトニック結晶共振器の特徴も観察することができた。

展望

無機材料によるエアホール型フォトニック結晶共振器においては、 10^4 以上の Q 値が報告されており、有機レーザにおいても、フォトニック結晶共振器材料の高屈折率化により、更なる高 Q 値化が図れる。それにより、電流駆動による有機レーザ発振の実現の可能性が高まると期待できる。