

目的別テーマ：フォトリソニック有機結晶デバイスの開発

研究テーマ

15-4-4：有機光通信デバイスに関する研究

～超高輝度有機 LED による有機薄膜レーザの励起～

ABSTRACT

The ultraviolet organic LED that showed super-high luminance was realized. And a laser dye having a super-low threshold for lasing was found. So, the high efficiency optical resonator that aimed at the improvement in optical confinement efficiency was designed. The thin layer of a laser dye having a super-low threshold fitted on the ultraviolet organic LED. It confirmed that light could pump a laser dye by the strong electro-luminescence of that UV-OLED. It didn't reach laser emission.

研究目的

有機 LED の高輝度・高強度化が進み、電流励起による有機半導体レーザ実現に向けての可能性が高まってきている。そこで本研究では、有機半導体レーザの実現を目標とし、実現へのアプローチとして、極めて低い励起しきい値の材料探索と光閉じ込め効率の向上を目指した高効率光共振器の設計、構造および紫外有機 LED の発光を利用したデバイスの光励起を目的とした。

5 年間の研究内容と成果

1) 高効率光共振器の作製

本年度は、石英基板上の有機薄膜に対してフォトリソ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リソ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ブした 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リソニック結晶の 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。得られたエアホール型フォトリソニック結晶有機レーザの光励起レーザ発振を評価した。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において、495.5nm に半値幅 0.35nm の鋭いピークが認められた。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。一次元フォトリソニック結晶の約 2 倍であり、二次元化の効果が認められた。

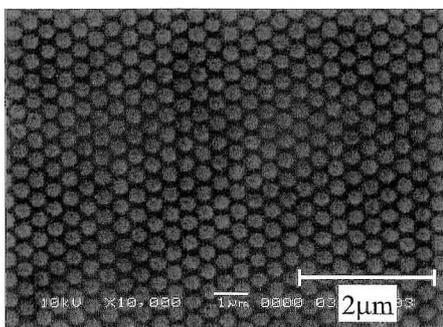


Fig. 1. レジスト原版のSEM像

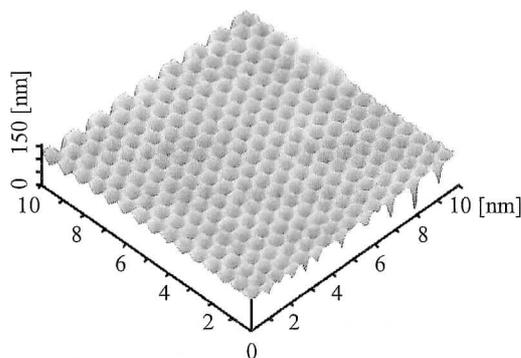


Fig. 2. 有機活性層に転写したPCのAFM像

2) 超低しきい値レーザー色素の探索

光励起において、高分子レーザー色素薄膜における ASE の低しきい値化を目的とし実験を行った。Fig. 3 に示す高分子レーザー色素 POFP を用いて、膜厚 90 から 190 nm までの活性層をスピコートにより作製した。PL が最も強くなる励起波長が 400 nm であることが判明した。そこで、チタンサファイアレーザーにより 400 nm での励起を行った。この時のパルス幅は 12.5 ns、励起エリアは $1 \times 3 \text{ mm}^2$ とした。400 nm で励起したときの ASE スペクトルと発光ピーク強度の励起パワー密度依存性を Fig. 4 に示した。励起パワーを増大させたときの発光ピーク強度の立ち上がりより、ASE しきい値を求めたところ、膜厚 165 nm のときに 30 W/cm^2 の著しく低いしきい値を得た。この値は未ドープ膜では最も低い値である。

3) 紫外有機 LED 励起型有機固体レーザー

本研究室にて紫外発光有機 LED ($\lambda_{\text{EL}} = 377 \text{ nm}$) の高強度化が進み、これまでの無機レーザーによる光励起から、これらの紫外有機 LED の光を励起光源として光学特性評価を行った。Fig. 5 に作製したデバイスの概略図、Fig. 6 に紫外有機 LED をパルス駆動させ、活性層の端面方向からの発光スペクトルを示す。スペクトルより、PL スペクトルとは異なる狭線化したスペクトルが得られた。しかし、ASE スペクトルとはピーク位置が異なる、紫外有機 LED の放射高強度 (10 mW/cm^2) が活性層の ASE しきい値 (30 W/cm^2) を上回っていないとの理由から、ASE 発振には至らなかった。しかしながら、紫外有機 LED によるレーザー色素の励起が可能であることは確認されたことより、紫外有機 LED の更なる高輝度化とレーザー色素の更なる低しきい値化により ASE 発振の可能性が示唆された。

OLED 励起型有機固体レーザー実現に向け、紫外発光 OLED の放射光強度を現在の 10 mW/cm^2 から $10 \sim 100 \text{ W/cm}^2$ へ増大、また活性層側の ASE しきい値を現在の 30 W/cm^2 から $3 \sim 30 \text{ mW/cm}^2$ まで低減させ、しきい値が放射光強度を上回ることにより ASE 発振の可能性が期待できる。

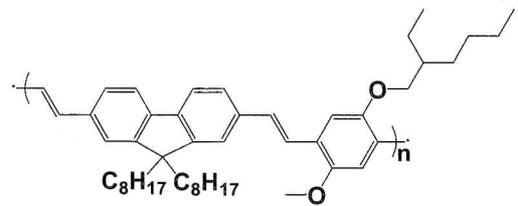


Fig. 3. 超低しきい値レーザー色素: POFP

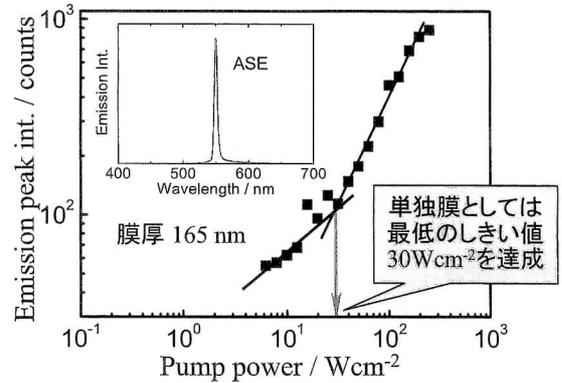


Fig. 4. Pump power dependence of emission peak intensity of the polymer semiconductor (POFP) thin film.

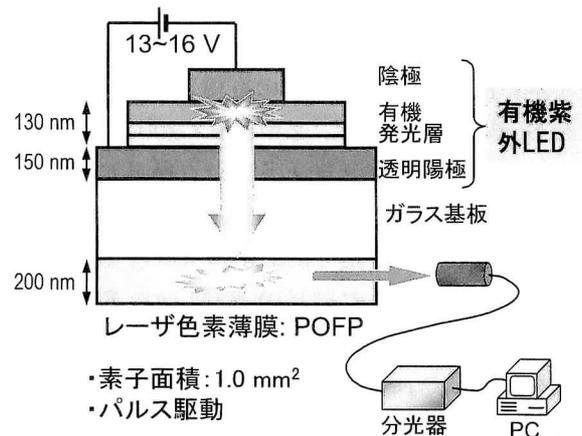


Fig. 5. 紫外有機 LED によるレーザー色素薄膜の励起実験素子

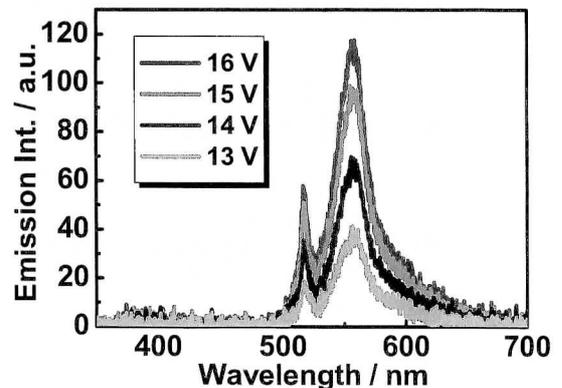


Fig. 6. 紫外有機 LED レーザー色素薄膜の発光スペクトル