

有機 DFB レーザーにおけるミニストップバンド端でのレーザー発振

Laser Oscillation of an Organic Distributed-Feedback Laser at the Edge of a Mini Stopband

東北大理¹, 東北大 WPI-AIMR², インド科学教育研究大³ ○下谷 秀和^{1,2}, 三浦 大輝¹, カナガセ
カラン サンガベル³, 谷垣 勝己²

Dept. Phys., Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.², IISER Tirupati³ ○Hidekazu Shimotani^{1,2},
Taiki Miura¹, Thangavel Kanagasekaran³, Katsumi Tanigaki²

E-mail: shimotani@tohoku.ac.jp

有機半導体レーザーはブロードなスペクトルと物質の多様性のため、紫外から近赤外までのすべての波長をカバーするレーザーとして興味を集めており、我々も以前の講演会で電流励起レーザーについて報告した[1]。そのための共振器構造として、単一縦モードと低い閾値が得られることから、一次元回折格子による分布帰還共振器 (DFB) がよく用いられる。DFB はグレーティング周期によって発振波長を制御できることから、一つの材料で様々な発光波長のレーザーを作製できるという利点もある。DFB レーザーでは前進波の伝搬定数 β_k と周期 Λ の回折格子によって誘起された後進波の伝搬定数 β_l が次の位相整合条件

$$\beta_k - \beta_l = 2q\pi/\Lambda \quad (q = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

を満たすと、光は長距離伝搬できない。伝搬定数 β は真空波長 λ と実効屈折率 N_{eff} を用いて

$$\beta = 2\pi N_{\text{eff}}/\lambda \quad (2)$$

と表される。実効屈折率は導波路の厚さに依存し、横モードごとに異なる。前進波と後進波の横モードが同じ ($\beta_k = -\beta_l = \beta$) とし、(1)はブラッグ条件

$$\beta = q\pi/\Lambda \quad (3)$$

となり、この伝搬定数でフォトリックストップバンドが生じる。レーザー発振はフォトリックストップバンド端の波長で起こる。式(2)より

伝搬定数は N_{eff} に依存するので、発振波長は回折格子周期だけでなく、導波路すなわち有機半導体の厚さにも依存する。そのため、発振波長の厚さ依存性が研究されてきた。予想に反し、有機半導体をドーピングした高分子の DFB レーザーにおいてどのモードのブラッグ条件(3)とも合わない実験結果も報告されている。我々の研究でも同様にブラッグ条件と合わない結果が見られた。このことは、有機 DFB レーザーにブラッグ条件以外の発振条件の存在を示唆しており、今後の有機半導体レーザーの発展のために、その条件を明らかにすることは重要である。そこで、本研究では様々な厚さの有機半導体 DFB レーザーを作製し、実験的に求めた屈折率を用いた計算との比較から、ブラッグ波長以外でも、異なる横モード間での位相整合条件が満たされ、ミニストップバンドが生じる波長でレーザー発振が起こることを明らかにした。

[1] 下谷 秀和, カナガセカラン サンガベル, 小貫 駿, 三浦 大輝, 谷垣 勝己, 11a-S222-2, 応用物理学会春季学術講演会 (2019); T. Kanagasekaran, H. Shimotani, K. Kasai, S. Onuki, R. D. Kavthe, R. Kumashiro, N. Hiroshiba, T. Jin, N. Asao, and K. Tanigaki, arXiv:1903.08869 [physics.optics] (2019).