

フォトニック結晶レーザーの電流注入分布制御によるビーム形状制御

Investigation of beam-pattern control of photonic-crystal lasers by manipulating injection current

◎深谷昌弘, Menaka De Zoysa, 吉田昌宏, 福原真, 野田進 (京大院工)

◎Masahiro Fukaya, Menaka De Zoysa, Masahiro Yoshida, Shin Fukuhara, Susumu Noda (Kyoto Univ.)

E-mail: fukaya_masahiro@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] フォトニック結晶レーザーは、2次元フォトニック結晶の大面积バンド端共振効果を用いた面発光型の半導体レーザーである。本レーザーにおいて、多数の微小領域を駆動しつつ、それらを電氣的かつ光学的に結合することにより、面内相互引き込み現象が観測されることを報告してきた^{1,2)}。今回、このような面内相互引き込み現象の、より高度な制御のため、マトリックストランジスタを集積したフォトニック結晶レーザーを形成し、出射ビーム制御を試みた結果を報告する。このようなビーム制御技術は、高次モード発振を抑制し、高いビーム品質を維持するために、また、将来的には、所望のビームパターンを実現するために有効な方法であると考えられる。

[結果] 今回、検討した試料構造の模式図を図1に示す。本構造は、フォトニック結晶にマトリックストランジスタを集積したものであり²⁾、エミッタラインとベースラインの交点を選択的に励起し、狙った領域に電流注入が可能である。各々のトランジスタの下部にある活性層、フォトニック結晶層、n、pクラッド層は、連続的に繋がっている。また、隣り合う領域間隔は、電流拡がり($\sim 25\mu\text{m}$)と同程度としている。これにより、隣り合う領域同士は、電氣的かつ光学的に結合可能となり、相互引き込み現象が起こると考えられる¹⁾。なお、フォトニック結晶格子点は、単一孔構造とした。一次元結合係数 κ_3 は $\sim 1600\text{cm}^{-1}$ と見積もられるため、単一発振領域サイズを $30\mu\text{m}$ 角としている。また、マトリクス構造は、 10×10 とした。本試料の 5×5 領域($\sim 300\mu\text{m}$ 角)を均一に注入し、発振させたときの近視野像の断面プロファイルを図2aに、その時の遠視野像を図2bに示す。得られたビーム形状は、単峰状でないことが分かるが、これは、用いた単一孔格子点フォトニック結晶においては、 $\sim 300\mu\text{m}$ と駆動領域が大きい場合、基本モードと高次モードとの閾値利得差が小さくなり、基本モードに加えて、高次モードも同時発振するためである。基本モードを選択的に励起するように電流分布を調整(各々のトランジスタに流す電流を調整)して、発振させたときの近視野像および遠視野像を図3に示す。同図より、ビーム形状が単峰状かつ、 $\sim 0.3^\circ$ と極めて狭くなっていることが分かる。この結果は、多数領域間での相互引き込み現象を活用しつつ、高次モードを抑制するような選択励起により良好なビーム品質が実現出来ることを示す結果と言える。この結果を発展させると、多数の面内電流注入分布とビーム形状のデータを収集しつつ、図4(概略図)に示すように、電流分布とビーム形状との相関を機械学習させることで、さらに高度なビーム形状制御も可能と考えられる。なお、本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)およびJST-CRESTの援助を受けた。

[文献] [1] 小林他, 2016 年秋応物, 14p-P14-6 [2] 福原他, 2018 年秋季応物, 19p-225B-9.

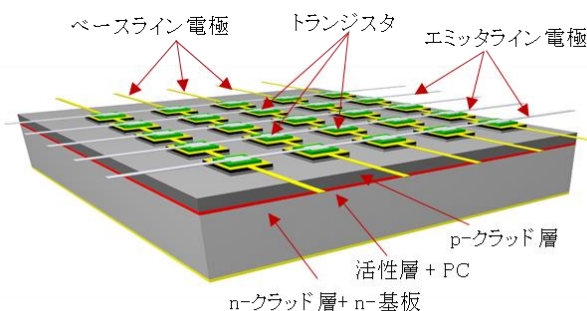


図1: 相互引き込み現象観測可能なフォトニック結晶レーザー

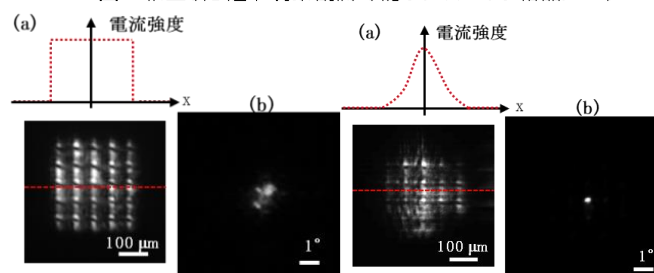


図2: 5×5 領域で均一に発振させたときの (a)近視野像と電流分布断面プロファイル (b)遠視野像

図3: 5×5 領域で電流分布を調整したときの (a)近視野像と電流分布断面プロファイル (b)遠視野像

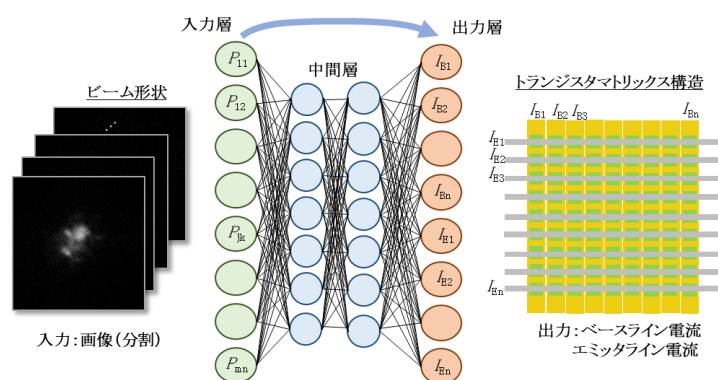


図4: 機械学習で用いたニューラルネットワーク概略図