

複数の円柱状微小レーザを利用した指向性制御に関する検討 A Study on Directivity Control by Multiple Cylindrical Microcavity Lasers

○三島拓馬¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²*Takuma Mishima¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: A laser using Whispering Gallery Mode (WGM) enables low-threshold lasing due to resonance with a very high Q value. However, radiation pattern of the laser becomes a point-symmetrical because WGM propagate around the circumference of the cylindrical optical resonator. In this report, the directivity control by multiple cylindrical microcavity lasers is examined in terms of the pumping light intensity.

球状, 円盤状の誘電体に光が入射した際, 特定の波長の光は誘電体内部で全反射を繰り返すことで誘電体内部に閉じ込められる. このような誘電体内部における光の共振モードは Whispering Gallery Mode(WGM)と呼ばれる. WGMによる光共振器は非常に高い Q 値を有しているため, 色素分子などの利得媒質を添加することで低閾値のレーザ発振が可能となる^[1]. このレーザ発振器からの放射光は, WGM 特有の界分布に基づき, 点対称な放射となる. そこで, 放射光の指向性を制御することで, センサー等に利用されるビームステアリングデバイスや, 光回路におけるスイッチングなどへの応用が検討されている^{[2][3]}. 本報告では, 複数の円柱状微小レーザ発振器を並べて配置し, 各レーザ発振器に与えるポンピング光強度を変化させることによる, 放射光の指向性制御について検討を行う.

レーザに利用される利得媒質を用いた電磁界解析を行うため, 電磁界の支配方程式である Maxwell 方程式に対して, 補助微分方程式として, ローレンツモデルを想定した電子の運動方程式, 4 準位系エネルギー構造を想定したレート方程式を用いる. これにより媒質中の巨視的な分極, 各エネルギー準位における電子数密度の時間変動を考慮した計算が可能となる. 数値解析手法として Maxwell 方程式を差分化し解く, FDTD (Finite-Differential Time-Domain)法に対して電子の運動方程式, レート方程式を組み込む ADE (Auxiliary Differential Equation) -FDTD 法を使用する^[4].

解析モデルの例を図 1 に示す. 半径 360nm, 屈折率 3 の円柱状誘電体共振器内部に利得媒質を一様に添加した円柱状微小レーザ発振器を想定する. レーザ発振器を真空中に並べて配置し, 各レーザ発振器に与えるポンピング光強度を変化させた際の放射指向性について検討を行う.

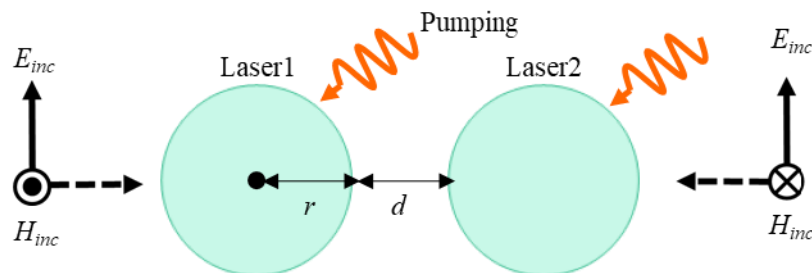


図 1 解析モデル

参考文献

- [1] Makoto Kuwata-Gonokami, Kenji Takeda, "Polymer whispering gallery mode lasers", Optical Materials, vol.9, no.1-4, pp.12-17, 1998.
- [2] 三島拓馬, 岸本誠也, 大貫進一郎, "光走査デバイス設計に向けた円柱状微小レーザ発振器の指向性解析", 2020 電子情報通信学会総合大会, no.C-1-19, 2020.
- [3] 三島拓馬, 岸本誠也, 大貫進一郎, "Radiation Pattern Analysis of Cylindrical Microcavity Laser -Control of Radiation Directivity-", 信学技報, vol.120, no.201, EST2020-41, pp. 81-84, 2020.
- [4] A. S. Nagra and R. A. York, "FDTD analysis of wave propagation in nonlinear absorbing and gain media," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, no.3, pp.334-340, March 1998.

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気