

格子状 2 次元ランダムレーザー媒質の構造設計および誤差の影響評価 Structural design of two-dimensional random laser media with a checkerboard pattern and evaluation of the effect of errors

九大院情報工 °(M2) 今村 佳吾, 岡本 卓

Kyushu Inst. Tech., °Keigo Imamura, Takashi Okamoto

E-mail: okamoto@ces.kyutech.ac.jp

1. はじめに

現在、ランダムレーザー¹⁾は空間的コヒーレンスが低くスペックルノイズが発生しないという特徴からディスプレイや医療用照明などへの活用が期待されている。しかし、現状のランダムレーザーは発光効率が悪く、また発光特性の制御が困難であることなどから実用化には至っていない。

我々は、散乱体を 2 次元かつ格子状に配置することで媒質構造の自由度を制限したランダムレーザー媒質を提案し、時間領域差分法を用いたシミュレーションにより単色性の高い発光特性を持つ媒質が設計可能であることを示した²⁾。本研究では、設計した媒質に寸法誤差が生じた場合、それが発光スペクトルに与える影響について調査した。

2. 解析モデルとシミュレーション方法

本シミュレーションでは、TE 波 (P 偏光成分) についての電磁界シミュレーションを行った。使用するシミュレーションモデルを Fig. 1 に示す。使用する 2 次元ランダム媒質モデルは、大きさ $4.0 \times 4.0 \mu\text{m}^2$ で屈折率 1.5 の増幅媒質 (橙色) に、散乱体として 1 辺 $0.2 \mu\text{m}$ の正方形で屈折率 1.0 の空隙 (白色) をランダムに配置したものである。空隙充填率 (媒質全体の面積に対する散乱体の面積の割合) は 5, 10, 15% とした。観測点のある媒質外部の屈折率も 1.5 とし、媒質境界面からの反射による影響を除去した。最初に、散乱体の配置を調整することで発光スペクトルの単色化を行った。次に、得られた媒質中のすべての散乱体において、配置場所やサイズに誤差が生じたときの発光スペクトルの変化を調べた。

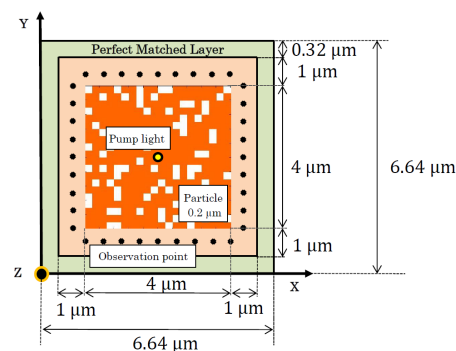


Fig. 1 Schematic of the simulation.

3. シミュレーション結果

結果の一例を Fig. 2 に示す。空隙充填率 5% で単色化されたレーザー媒質 (No. 0) に対して、各散乱体の位置を上下左右ランダムに $\pm 20 \text{ nm}$ ずらした媒質を 10 個用意し、発光スペクトルを求めた。Fig. 2(a)より、単色性の指標 R (=発光スペクトルの最大ピーク値/第 2 ピーク

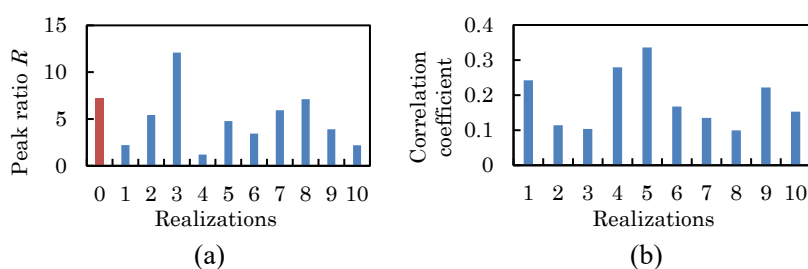


Fig. 2 (a) Peak ratio R and (b) correlation coefficient between the original spectrum and the spectra obtained with scatterer displacements.

値) が媒質により大きく異なっていることがわかる。このように、発振波長 (580nm 付近) の数% 程度のずれであってもスペクトルに大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。また、元のスペクトルとの相関係数 (Fig. 2(b)) を見ると、 R 値が高い媒質であっても、相関が低いことがわかる (例えば No. 3)。これは、散乱体の位置ずれによってピーク波長がシフトしていることを表している。以上の結果は、多重散乱に基づく 2 次元ランダム共振器構造では、高精度な媒質作製技術が必要であることを示唆している。

参考文献：

- 1) D. S. Wiersma, "The physics and applications of random lasers," Nat. Phys. **4**, 359–367 (2008).
- 2) 今村佳吾, 岡本卓, "時間領域差分法によるランダム格子状 2 次元増幅媒質の発光特性の解析" Optics and Photonics Japan 2018 講演予稿集, 1pP10 (2018).