HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | ランダムレーザーの発振モード制御に関する研究［論文内容及び審査の要旨］ |
| Author(s) | 煮雪, 亮 |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(工学) |
| Dissertation Number | 甲第12631号 |
| Issue Date | 2017-03-23 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/65532 |
| Rights(URL) | https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/ |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | Ryo_Niyuki_review.pdf, 審査の要旨 |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　煮雪　亮

審査担当者　主　査　教　授　富田 章久
副　査　教　授　村山 明宏
副　査　准教授　藤原 英樹

学位論文題名

ランダムレーザーの発振モード制御に関する研究
（Mode Control of Random Lasers）

従来のレーザー素子は、ファブリーペロー共振器やフォトニック結晶を代表とする周期性や対称性を持つ “規則的な” 共振器構造に関する研究が進められてきた。このようなレーザー素子は、高度なナノ加工技術を用いてその規則性を厳密に制御することで、波長やモード体積等の精密な制御が可能となる。一方、それらとは対照的な “不規則な” 屈折率分布を持つ構造 (ランダム構造) でも、光の多重散乱と干渉効果により光閉じ込めが実現できる。この構造に利得媒質を導入すると、規則的な構造と同様に、容易にレーザー発振 (ランダムレーザー) が誘起される。このレーザーは、ナノ粒子の凝集体や基板表面のラフネス等を利用できるため、簡便・安価に作製可能であるだけでなく、材料や形状の自由度が高いといった特徴をもつ。また、不規則な構造によりレーザー光を広角に放出し、空間コヒーレンスが低い等の従来のレーザー素子とは全く異なる特徴を有し、高輝度かつ高色純度のスペックルフリーなイメージング用光源への応用が期待されている。しかし、不規則さのためにランダムレーザーの発振波長や発振位置等の発振モード制御や効率的な発振の実現は難しい。また、構造内での光閉じ込めやレーザー発振のメカニズムに関しても未だ不明な点も多い。このため、応用的な観点のみならず、物理学的な興味からも、ランダム構造の特徴を活かしつつ、如何にモード制御を実現するかが課題となっている。

これに対し本研究では、ランダム構造の性能向上・可能性の探求を目的とし、1) モード制御方法の提案・検証、2) 制御可能な構造やその作製方法の検討、3) 制御したランダム構造中で誘起される新規現象の観測、4) 新たなランダム構造の材料探索、の 4 つの課題を設定し、主にモード制御方法の提案・検証やその作製方法について研究を行った。

モード制御を可能とする構造として、散乱体の形状やサイズの均一化を行い、不規則構造の一部に規則性を導入する事で、個々の散乱体の共鳴散乱特性を利用したモード制御を試みた。その結果、従来のランダムレーザーとは全く異なる特徴 (欠陥領域付近でのみほぼ単一モードのレーザー発振が誘起され、従来よりも 1 桁程度低いしきい値を示す) を確認し、散乱体粒径や欠陥サイズの変化に伴う発振波長や発振モード数の変化が確認できたことから、提案制御手法によりランダム構造のモード制御が可能となる事を示した。ま

た、このランダムレーザーの発振状態解析を行った結果、従来に報告例の無い、励起子由来のランダムレーザー発振の可能性を示す結果を得た。これらの結果は、ランダム構造のモード制御が達成された結果、励起子由来のレーザー発振がランダム構造でも可能となることを示した重要な結果である。また、上記の ZnO ナノ粒子凝集体ではなく、2 次元のナノロッドアレイ構造でも同様にモード制御の検討を行った。レーザー誘起水熱合成法を用いて作製した ZnO ナノロッドアレイランダム構造のレーザー発振の観測を行った結果、レーザー照射 (成長) 時間によってナノロッド径が変化すると共に、ランダムレーザー発振しきい値が変化する様子の確認に成功した。この結果は、ナノロッドアレイ構造においても散乱体の最適化によるモード制御が可能となる事を示しており、様々な形態のランダム構造のモード制御の可能性を示唆する結果である。

これを要するに、本研究では、ランダム構造の性能向上や可能性の追求を目指した研究を行い、不規則さが特徴のランダム構造の一部に規則性を導入することで、制御が困難であったランダムレーザーの発振モードを制御する方法の提案・実証に成功し、さらにモード制御により、これまでに報告例の無い、励起子由来のランダムレーザー発振の可能性を示した。ランダム構造の簡便安価に作製できる特徴とモード制御により、発光デバイスの低しきい値化や高輝度化、広角な発光・吸収特性を利用した太陽電池等の光捕集構造等へのランダム構造の利用が期待できる。これらの研究成果は、レーザー光学や共振器光学の分野の進展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。