

酸化亜鉛粒子を用いたランダムレーザー素子 サブマイクロメートル球状粒子の新たな応用技術



石川 善恵

いしかわ よしえ
ishikawa.yoshie@aist.go.jp

ナノシステム研究部門
フィジカルナノプロセスグループ
主任研究員
(つくばセンター)

2004年～2007年度に産総研特別研究員として界面ナノアーキテクニクス研究センターにてレーザーを用いた微粒子合成に関する研究を開始し、香川大学の教員を経て2013年度より再び産総研にて研究を行うことになりました。サブマイクロメートル球状粒子特有の特性を活かした新しい応用技術の開拓と同時に、「液中レーザー溶融法」の大量合成化技術の開発に務め、実用的な技術への発展を目指しています。

関連情報：

- 共同研究者

越崎 直人 (産総研、現 北海道大学)、藤原 英樹 (北海道大学)、辻 剛志 (九州大学)

- 参考文献

H. Fujiwara, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, 102, 061110 (2013).

H. Wang *et al.*: *Adv. Mater.*, 23, 1865 (2011).

Y. Ishikawa *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, 91, 161110 (2007).

- 用語説明

* キャビティー構造：光を長時間その内部に閉じ込めるための構造。最も単純なものは、2枚の平行な鏡で構成される。

** 利得媒体：誘導放出により光を増幅できる状態(反転分布)を作れる物質。

- プレス発表

2013年2月12日「酸化亜鉛粒子を用いた発振特性に優れたランダムレーザー素子を開発」

ランダムレーザーへの期待と課題

これまでのレーザー素子はレーザー発振を起こさせる明確なキャビティー構造*が必要なため、高度な材料合成・加工技術が不可欠でした。一方、ランダムレーザーは、キャビティー構造を必要とせずに簡便・安価に作製できるランダム構造を利用してレーザー発振を起こす素子として注目を集めてきました。しかし、一定の構造をもたないため、①多波長で発振する、②レーザー発振ピークのS/N比が低い、③発振しきい値が大きい、などレーザーとしての十分な性能が得られない問題点がありました。

酸化亜鉛粒子を用いたランダムレーザー

私たちはこれまで、サイズや形状が均一である光散乱体の集合体がある特定の波長範囲でとても小さな透過率を示し一種の鏡として働くことや、均一サイズの光散乱体の集合体中に点欠陥を導入すれば特定の波長領域の光を空間的に閉じ込められることを計算により検証してきました。

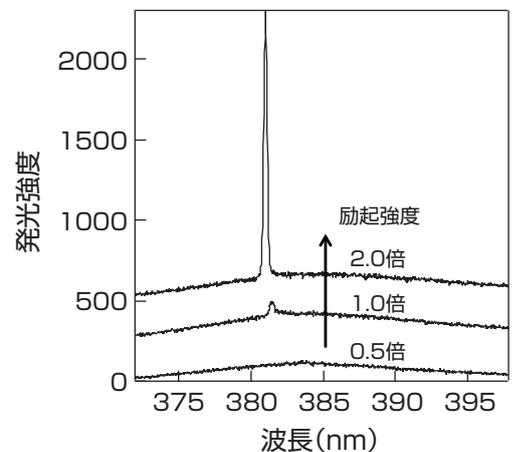
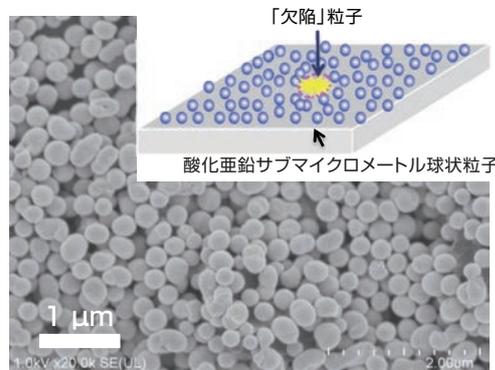
そこで今回、すでにランダムレーザー発振の報告が多くある酸化亜鉛(ZnO)を光散乱体および利得媒体**として選択し、共鳴波長と適合する粒径のZnOサブマイクロメートル球状粒子

を使用しました。ZnOの発光波長は380-390 nmであり、この波長付近の光に対して粒子を鏡のように働かせるために最適な粒径は約200 nmであることが、最近の研究で明らかになっています。そこで、このサイズの平均粒径をもつZnO粒子を、産総研が開発した「液中レーザー溶融法」を利用して、市販のZnO粒子(平均粒径: 100 nm)原料から作製しました。

下図の右側は欠陥として導入したポリマー粒子の場所での発光スペクトルで、それぞれしきい値の0.5倍、1.0倍、2.0倍の強度の励起光を照射した結果です。およそ波長380 nmの単一の鋭いレーザー発振ピークが観測されました。励起光の強度をしきい値の5倍まで上げても、レーザー発振ピーク波長のふらつきや、ほかのピークの発生は確認されませんでした。また、一般的なランダムレーザーに見られるようなバックグラウンド信号の蛍光ピークの狭線化や増大も観測されませんでした。

今後の予定

今後は、粒子のサイズ均一性向上やほかの波長のランダムレーザー開発を目指した物質の探索などに取り組んでいきます。



(左) ZnO サブマイクロメートル球状粒子膜の電子顕微鏡写真と、これを利用したランダムレーザー素子の模式図
(右) 欠陥における発光強度の励起強度依存性