

## 薄膜ランダム媒質中の有機色素の発光特性と増幅効果

関西学院大学大学院理工学研究科  
物理学専攻 栗田研究室 小松剛士

### 原理

レーザーは、共振器内にある増幅媒質が強い励起光により反転分布状態になり、光が誘導放出により増幅されて、利得が損失を上回ったときに発振する。共振器は、最も単純なものでは 2 枚の平行な鏡で構成され、光を閉じ込める働きがある。一方、増幅媒質中に微粒子散乱体を不規則に配置した試料に励起光を入射した際に、共振器の代わりとなる微粒子散乱体により形成された、不定形な共振器内で光が多重散乱を繰り返し、増幅媒質中に光が閉じ込められている間に増幅されて発振する現象がある。この現象をランダムレーザーと呼ぶ。

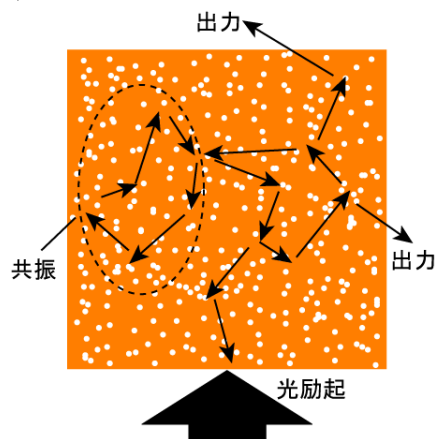


図1 ランダムレーザー発振

ランダムレーザー現象は 1967 年に予測され、 $N_2$ レーザー (337.1 nm) で励起した ZnO の粉末の試料で、ランダムレーザー現象が実験的に確認された。近年では、有機色素と微粒子散乱体を用いた研究が行われている。そして、有機色素と微粒子散乱体を用いて、液体・固体・薄膜など様々な形状の試料でランダムレーザー現象の研究結果が報告されている。様々な形状の中で、膜状の試料は、現象を二次元的に扱うことが可能であると考えられていること、作成方法が簡単で様々な条件の試料を短時間で作ることができるなどの利点がある。過去の研究で、増幅媒質濃度が高いこと、微粒子散乱体の平均自由行程が発光波長と比べて短いことなど、ランダムレーザー現象が発生する条件が報告されているが、実際にははっきりと分かっていない。このことから、有機色素と微粒子散乱体を用いた膜状試料を使用し、様々な条件の試料で起こる現象の解析を目的として研究を行った。

### 実験

本実験では、増幅媒質に用いた有機色素(Rhodamine6G以下Rh6G)と、微粒子散乱体として用いた粒子径約 200 nm の酸化チタン(以下 $TiO_2$ )を入れた PMMA (ポリメタクリル酸メチル)膜状試料を使用した。この試料の形態は、スピネクキャスト法で作製した膜厚が 1~6  $\mu m$  の薄膜と、キャスト法で作製した約 200  $\mu m$  の厚膜である。励起光にはパルス動作の Q スイッチ  $Nd^{3+}$ :YAG レーザーの二倍波(532 nm)を使用した。試料に励起光を照射して Rh6G を励起し、Rh6G の濃度や  $TiO_2$  の濃度の変化、膜厚の変化や発光方向の変化に対する発光強度や発光スペクトルの形状変化などを CCD 分光器で測定した。

### 結果

図 2 は Rh6G の濃度を  $1.0 \times 10^{-4}$  M に、膜厚を約 200  $\mu m$  にした厚膜試料の発光スペクトルを最大強度で規格化したものである。 $TiO_2$ 濃度は  $0 \text{ cm}^{-3}$ (実線)と  $5.83 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ (破線)である。 $TiO_2$ を拡散させることで、発光ピーク強度は約 600 倍増加することが分かった。また、発光ピークの半値幅は最小で 4.7 nm と小さく、単色光に近い発光が得られた。発光波長ピークは、 $TiO_2$ の濃度が薄い場合では長波長側に現れ、 $TiO_2$ の濃度を高めると短波長側にシフトし、発光ピーク強度の増加もある。しかし、 $TiO_2$ の濃度が高くなりすぎると、発光強度の低下や半値幅の増加が現れた。

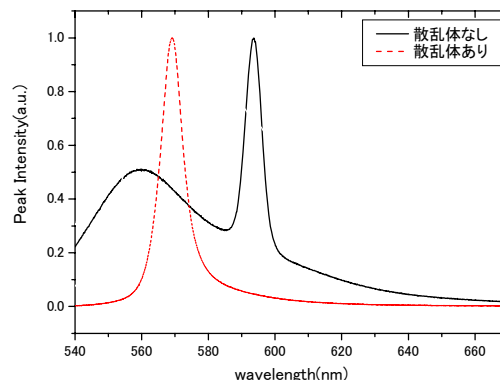


図2 厚膜試料の発光スペクトル

Rh6G 濃度は  $1.0 \times 10^{-4}$  M の厚膜試料の発光スペクトルの形状変化。 $TiO_2$ 濃度  $0 \text{ cm}^{-3}$ (実線)と  $TiO_2$ 濃度  $5.83 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ (破線)。