

高性能応力発光材料の開発と生体応用に関する研究

[1] 組織

代表者：村上 健司

(静岡大学大学院工学領域)

対応者：早川 泰弘

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

石原 嗣生

(兵庫県立工業技術センター)

[2] 研究経過

(本プロジェクトの目的・概要、及び、研究会、研究打ち合わせ・研究討論会、研究発表会、研究集会等の開催状況を記載して下さい。)

応力発光材料は、衝撃や摩擦などの機械的エネルギーを加えることにより発光する材料であり、多くの無機材料がこのような性質を持っている。本研究では、生体応用を考慮した高性能な応力発光材料の開発を目指すために、無機材料や有機材料を利用して、その作製条件と特性との関係を詳細に検討することを目的として研究を行った。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。これまでに、有機材料を利用して、70°Cという超低温で高効率応力発光材料の合成に成功している。そこで、本プロジェクトでは、これまでの成果を踏まえ、以下に関する研究を展開した。

- (1) 無機、有機を問わず、耐久性のある材料を低温で合成する手法を確立する。
- (2) 発光強度を高める添加物を探索する。
- (3) 接合剤等を含まない、応力発光薄膜の形成法を確立する。
- (4) 応力発光材料の生体応用を検討する。

本年3月には、本プロジェクトの研究会を開催し、対応者ならびに分担者による講演とともに、本年度の研究の進捗状況の報告を行い、成果ならびに今後の課題の検討を行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

- (1) これまでに、ユーロピウムをドープしたメタン化ジベンゾイル・トリエチルアンモニウム (EuD_4TEA) を利用して、徐冷法により 70°Cとい

う低温で有機応力発光材料の形成に成功している。本件プロジェクトでは、他の有機材料に対する徐冷法の有効性を確認した。メタン化ジベンゾイルに代えて、配位子としてアセチルアセトン及びフェナントロリンを利用したところ、トリエチルアミンの添加量を最適化することにより、徐冷法による合成が可能であること確認した。さらに、テルビウムを添加することにより、緑色の応力発光を検出した。図1に応力発光スペクトルを示す。

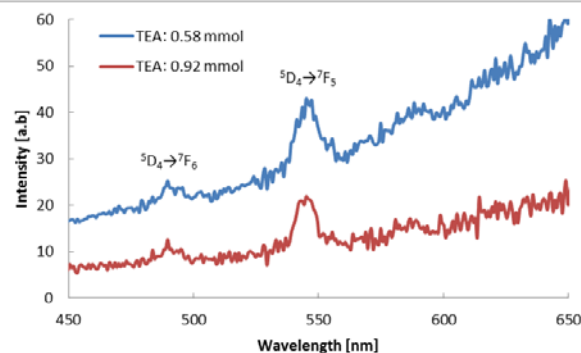


図1. 合成物の応力発光スペクトル

無機応力発光材料に関しては、原料の固相反応を促進する燃焼法の利用を検討した。応力発光材料として知られている、ユーロピウムとディシプロシウムを共ドープしたアルミン酸ストロンチウム (SrAl_2O_4) にホウ酸と尿素を加えて、電気炉内で燃焼法による合成を行なった。電気炉の温度を 900°C から 500°C まで変化させた結果、低温ほど応力発光強度が強くなることを見出した。図2に示すように、600°C という設定温度でも、合成されることが確認された。

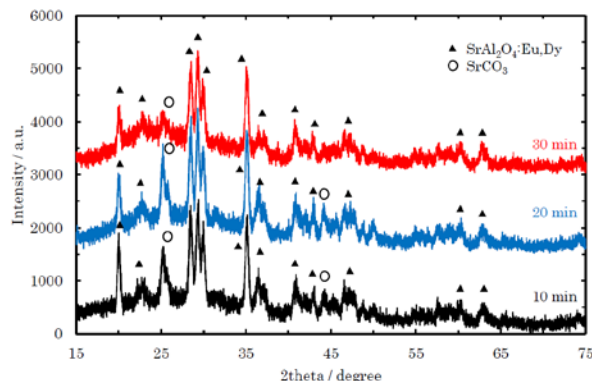


図2. 600°Cの合成物のXRDプロファイル
(2) EuD_4TEA のカラーセンター (添加物) として、これまで、 Eu^{+3} を利用していたが、添加物の価

数による発光特性の違いを調査するために、Eu⁺²を添加して合成を行なった。その結果、図3に示すように、発光色に変化はなかったが、発光強度が大きく変化することを見出した。現在、価数と発光強度との関係を検討中である。

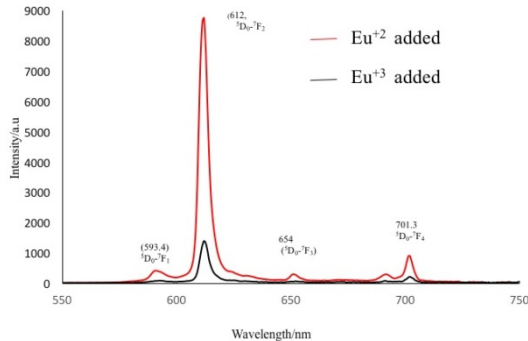


図3. 添加物の価数による発光強度の変化

(3) EuD₄TEA にポリビニルピロリドン (PVP) を添加して、スプレー熱分解法を利用して応力発光材料の薄膜かを試みた。ガラス基板上に、アルミナ (Al₂O₃) を緩衝層として形成し、その上に PVP 添加 EuD₄TEA 層を形成した。図4に、PVP の添加量による発光強度の違いを示す。

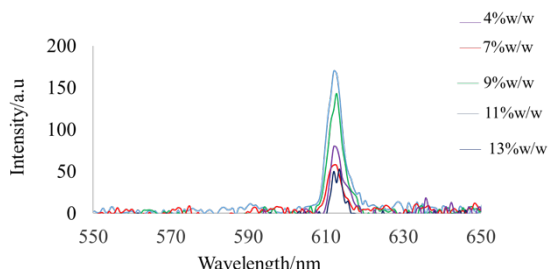


図4. PVP の添加量による応力発光強度の変化

通常、応力発光材料の薄膜化には、接合剤との混合が不可欠であったが、本プロジェクトにおいて、接合剤を必要としない薄膜形成に成功した。

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトにより得られた成果を利用することにより、高性能な応力発光材料の開発が可能となり、生体応用も含めた応用分野が急激に拡大する。特に、微弱応力の検出が可能な応力発光薄膜の開発は、応力発光薄膜を塗布した内視鏡等の器具を生体内に挿入する際に、生体との接触状況をリアルタイムでモニターすることが可能となり、被験者の負担を軽減することができると期待される。

[4] 成果資料 原著論文

- (1) R.A.D.M. Ranashinghe, M. Okuya, M. Shimomura and K. Murakami: Thin film formation of the polyvinylpyrrolidone-added europium tetrakis (dibenzoylmethide)-triethylammonium and its mechanoluminescent properties, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 519, 75-80, (2016.9).

