

1. 高輝度な赤色応力発光体を用いた 応力が直接目視できるセンサの開発

所属：材料技術部
氏名：石原嗣生

要旨

機械的な外力により発光する応力発光材料は、遠隔での応力センシングや応力分布のビジュアル化への応用が検討されています。しかしながら、応力が掛かった時の発光輝度が十分ではない、発光時間が短いなど、解決すべき課題が残っており、実用化には至っていません。本研究では、古くから高輝度な赤色の応力発光を示す材料として知られている ZnS:Mn に着目し、応力発光の高輝度化を検討しました。その結果、微量の Ga を添加することにより、応力発光輝度が大幅に増加することを見出しました。この赤色応力発光体は、応力を直接目視できるセンサとして利用可能です。

ポイント

1. 微量の Ga を添加した ZnS:Mn は、 Mn^{2+} の d-d 電子遷移による高輝度な赤色蛍光および応力発光を示しました。
2. Ga を 0.1mol% 添加することにより、蛍光強度は約 5.5 倍、応力発光強度は約 2 倍増加しました。

内容

ZnS:Mn に Ga を 0.1mol% 添加した試料は、図 1 図 2 に示すように 580nm 付近に Mn^{2+} の d-d 電子遷移による蛍光(PL)および応力発光(ML)を示しました。蛍光と応力発光のスペクトルを比較すると、応力発光スペクトルのピーク位置は長波長側であり、またピークの幅は、狭くなっています。蛍光スペクトルは、Ga 添加量の増加に伴いピークが長波長側に尾を引いたように幅が広がりました。それに対して、応力発光スペクトルのピークの変化は少ないものでした。

波長 344nm の紫外線励起による蛍光強度は、Ga を 0.1mol% 添加することにより、図 3 に示すように無添加のものと比較して約 5.5 倍と大幅に増加し、さらに添加量が増加するに伴い僅かではあるが減少する傾向が見られました。

微小ガラス球による圧縮荷重を加えた時の応力発光強度は、Ga を 0.1mol% 添加することにより、無添加のものと比較して約 2 倍に増加しました。さらに添加量が多くなると徐々に応力発光強度は減少しました。

これらの発光の強度の違いならびにスペクトル形状の違いは、それぞれ発光の機構が異なるためと考えられます。



図 1 圧縮荷重による応力発光

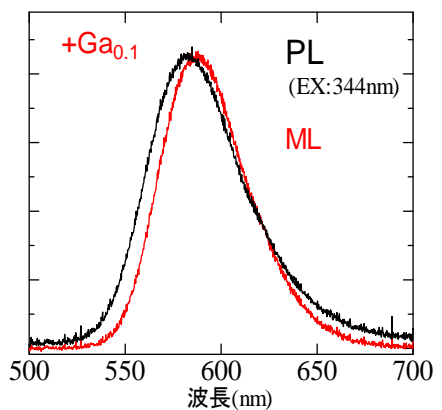


図 2 蛍光および応力発光スペクトル

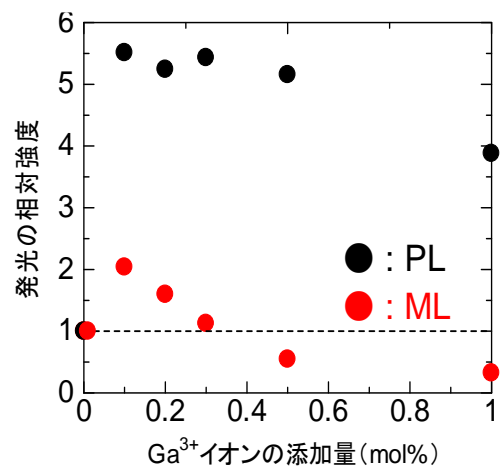
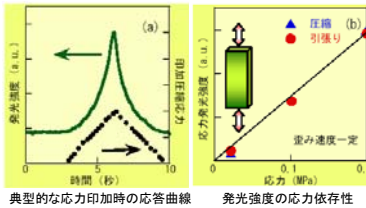


図 3 Ga 添加量と発光強度の関係

背景

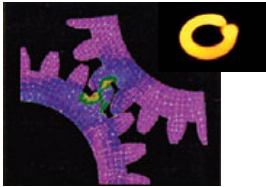
応力発光体の特徴

応力発光強度 ∝ 応力 × 歪み速度
 ∝ 歪みエネルギーの時間変化率
 せん断変形に対しても応答する
 → 熱弾性効果を利用する手法との違い



応力発光体の利用として

応力分布の可視化



遠隔計測システム(産総研九州センター)

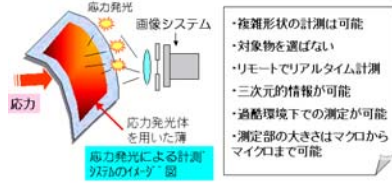
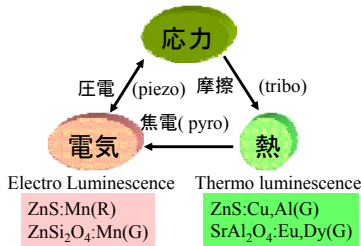
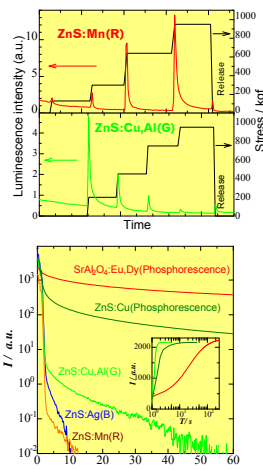


図4 応力発光体製造物したアルミ円筒の応力分布の可視化と数値計算の比較例 (産総研 TODAY 2005-10*)

我々が提案している応力発光のメカニズム

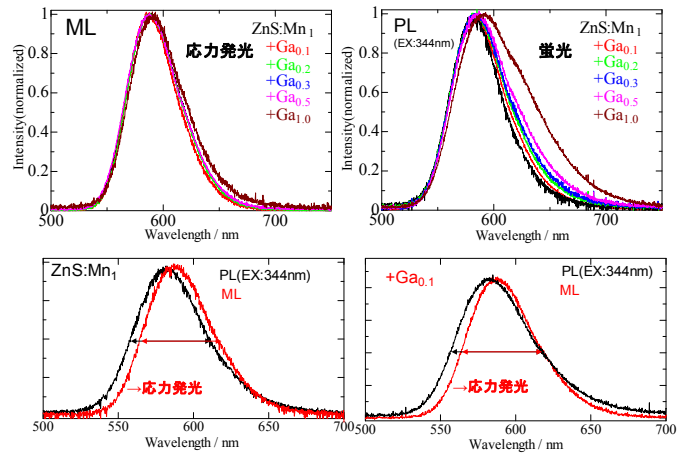


ZnS系蛍光体でも、
 ① 燐光性を有する
 ZnS:Cu,Alは、摩擦熱による発光
 ② ZnS:Mnは、ピエゾ電気による発光とメカニズムが異なる

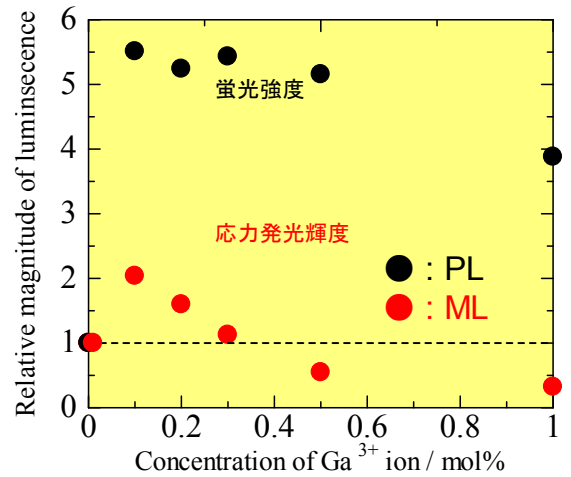


結果と考察

応力発光スペクトルと蛍光スペクトル



蛍光強度と応力発光輝度



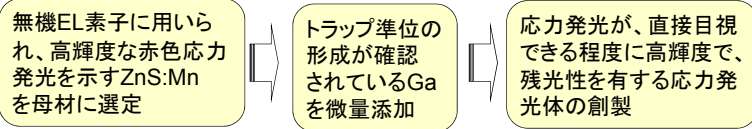
実験

応力発光強度の高輝度化ならびに長時間発光への指針

CRT用ZnS:Mn試作品



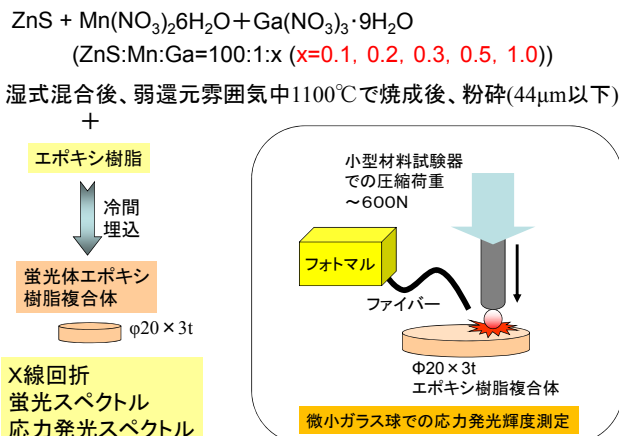
寿命の長いZnS:Mnでも1秒も光っていない。光っているが暗い。



応力センサーとしての可能性



作製および評価方法



まとめ

応力発光が直接目視できる程度に高輝度で残光性を有する応力発光体の開発を目的として、Ga添加がZnS:Mnの応力発光特性に及ぼす影響について検討し、下記の結果が得られました。

- ① 微量のGaを添加したすべてのZnS:Mn試料は、Mn²⁺のd-d電子遷移による赤色の応力発光を示しました。
- ② 応力発光輝度は、Gaを0.1mol%添加することにより、無添加のものと比較して約2倍増加しました。
- ③ 蛍光灯下の明るい状況でも応力発光が十分に確認できるほど発光輝度が増加した試料が得られました。さらに、フィルム状試料に引張応力を印加すると、応力が集中する箇所が特に明るく発光し、応力センサーとして利用可能であることが示されました。