

発光・蓄光金属を用いた災害危険度感知センサーとそのセンサーネットワーク展開の研究開発 (142305001)

Development of disaster sensor using Al-based composite material including stress-luminescent particles and expansion of its sensor network

研究代表者

堀田裕弘 富山大学大学院理工学研究部(工学)

Yuukou Horita, Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama

研究分担者

松田 健二[†] 大路 貴久[†] 飴井 賢治[†] 李昇原[†] 沖野 浩二^{††} 柴田 啓司^{††}

Kenji Matsuda[†] Takahisa Ohji[†] Kenji Amei[†] Seungwon Lee[†] Koji Okino^{††} Keiji Shibata^{††}

[†]富山大学大学院理工学研究部(工学)

^{††}富山大学総合情報基盤センター

[†]Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama

^{††}Information Technology Center, University of Toyama

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

センサーの核となる発光・蓄光特性を有する軽金属基複合材料に着目し、材料組成の立場から応力発光素子としての利活用を見極め、これと高感受光素子やアンテナなどを含む組込み回路などから「災害危険度感知センサー」単体を開発し、情報センシングの感度や精度を見極める。さらに、材料組成の特性改善、センサー感度や精度を勘案しながらセンサー配置・利用について検討を行い、実利用化へ向けた改良を行い課題の整理を行う。

1. まえがき

地震・津波、豪雪・豪雨などの自然災害の状況などを遠隔地からリアルタイムに把握・蓄積・分析を可能とする次代の新しいセンサーネットワークの研究開発において、災害状況を速やかに的確に把握することのできる情報センシングの技術開発は最重要課題の一つとされている。

情報センシングは、非接触・非破壊で正確に行うことが重要であり、これを実現する情報センシング技術の確立が切望されている。特に、木造や鉄筋の建物、道路や橋梁などの土木建築物の倒壊危険度を的確に把握することができれば、倒壊による様々な危険を回避することができ、人の安心・安全な生活空間を保障することが可能となる。

本研究課題では、富山県の産業の強みである軽金属分野に着目した「発光・蓄光金属を用いた災害危険度感知センサーの開発とそのセンサーネットワーク展開」を取り上げ、新しい災害危険度感知センサーの基本特性についての研究開発を行った。これらの研究開発を通して、応力発光素子として発光・蓄光材料を用いた新しい災害危険度感知センサーの創生ができるかを見極め、次代の新しいセンサーネットワークの応用展開について検討する。

2. 研究開発内容及び成果

2.1. 発光・蓄光金属の開発

研究分担者(松田)の持つ、三次元溶湯浸透(3DPC)法を用いて、応力発光材料を含むアルミニウム基ハイブリッド材を開発した。三次元溶湯浸透法は、直径が 30mm で高さが 42mm のプリフォームを作製し、金型の中にセットして 800℃ に昇温し、800℃ で溶解したアルミニウムの溶湯をプリフォーム中に加圧浸透させる方法でビレットを作製する方法である(図 1)。

多くの試作のもと、各粒子で作製した φ32mm×50mm の高体積 Al 複合材料をマイクロカッターで縦割りし、断

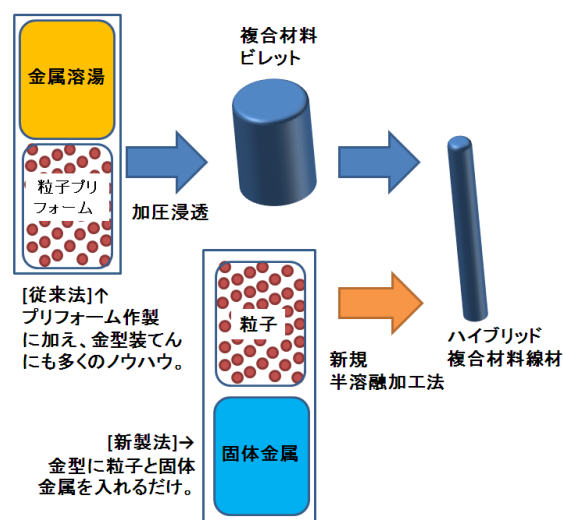


図 1: ハイブリッドアルミ材製造技術

面を、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いて観察した。内部組織を光学または電子顕微鏡にて観察した結果、粒子とアルミニウムが良好に浸透することを確認した。

これらの研究成果をまとめ「応力発光性材料及びその製造方法」(平成28年7月29日、出願番号:特願2016-150629)として、特許出願することができた。

図 2 に、左から発光粒子の配合量を、少なくしたもの、無配合のもの、配合量を多くしたものの発光の様子を示す。



図 2: 発光・蓄光金属の暗所の発光の様子

ICT イノベーションフォーラム 2017
戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)

2.2. 災害危険度感知センサーの開発

開発した発光・蓄光金属について、電気工学の見地から、応力発光アルミニウム材のひっかき動作（スクラッチ）による発光特性の測定を行った。

図3に、スクラッチ実験装置と装置構成を示す。



<Darkroom>

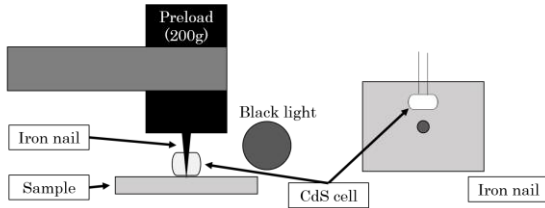


図3：スクラッチ実験装置と装置構成

汎用モータとクランクによって、先端部の鉄釘（予荷重200g）を前後に動かす。鉄釘の前方には、10Wのブラックライト（BL）を置き、鉄釘の運動を妨げないようCdS（硫化カドミウム）セルを設置し、発光によるセルの抵抗値の変化を、分圧回路から電圧（アナログ）として検出する。また、CdSセルは、応力発光による電圧値の変化をリアルタイムに検出するために、発光を検出する計測用と、比較を行うための参照用の二個を設置する。

検出された電圧は、A/D変換処理した後、無線通信端末を用いて、データ収集用のPCに送信する（図4）。この無線通信端末には、TEXAS INSTRUMENTS社のCC1310 LaunchPadを用いた。これは、920MHz帯での無線通信を目的としたマイコンボードとなっており、A/D変換器も内蔵されている。測定にはデータを送信するセンサーノードと、それを受信し、データをPCに転送する親ノードの計二台を用いた。また、0.5秒間隔でサンプリングを行い、その都度通信を行う。

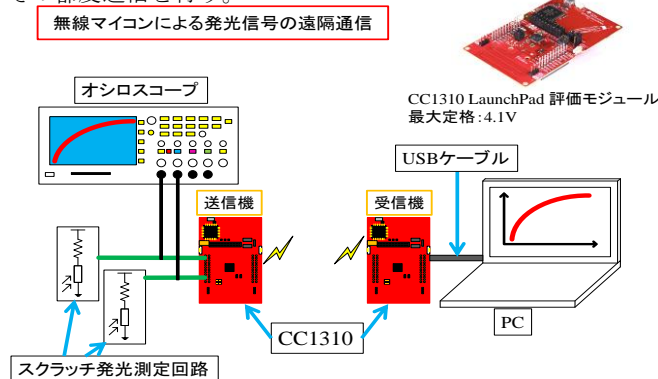


図4：構築したネットワークの全体像

測定は、一定時間ブラックライトを照射し、消灯した後のスクラッチ発光を検出した。図5に、17sec時にスクラッチ動作を行った際の測定結果を示す。

測定結果から、スクラッチ動作による応力発光では、約0.06Vの電圧降下を確認できた。しかし、この発光・蓄光金属の特性を、十分に評価できるだけのデータは得られていないが、様々な条件下での測定を行い、解析、調査を進めることにより、応力に対するセンシング、災害危険度センサーとしての利用が可能であろうと考えられる。

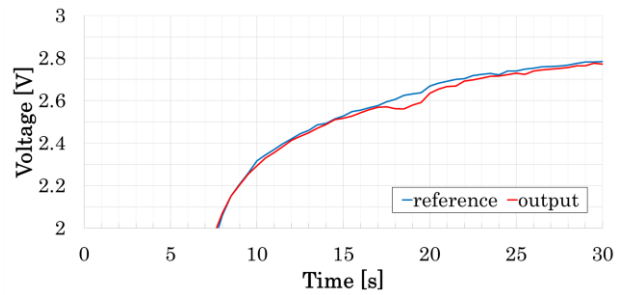


図5：スクラッチ測定結果

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発で得られた大きな成果は、アルミニウムを基礎とした軽金属基複合材料が応力発光素子としての応用展開力があることを明確にしたことである。

これまでの応力発光材料は、スパッタ法により金属表面に薄膜として生成する、あるいは、粉体の焼結によるセラミック材料として考えられてきており、これらは部材表面しか機能を有さない材料、あるいは、機械的破壊に弱い性質を持った材料であった。しかし、本研究開発で作成した複合材料部材は部材全部が応力発光機能を有し、さらに、部材を切削加工すれば種々の形状を有した応力発光材料となりえる点が優位性を有している。よって、将来的には、アルミ箔のようなアルミ箔への薄膜化も可能である点である。

また、センサーとしての利用だけでなく、ある程度の薄膜加工により大面積化することで、強度を保持した大面積な災害危険度感知材料が構成でき、土木・建築分野の構造材への利活用も期待される。従来の顔料タイプとは異なり、金属材料としてのアドバンテージが多く見受けられる。

4. むすび

本研究では、応力発光材料を含むアルミニウム基ハイブリッド材を開発し、それを核とした新しい災害危険度感知センサーの開発と、そのセンサーネットワークの展開についての検討を行った。スクラッチ動作による応力発光を、CdSセルを用いて検出し、発光による電圧降下を確認した。今後は、スクラッチ方法（方向や本数等）や、曲げ、捻じれといった他種の応力に対する応力発光の測定を行い、災害危険度センサーとしての利用、そのセンサーネットワークの展開に関して、検討を進めていきたいと考えている。

【誌上发表リスト】

- [1] 楠 優太、松田健二、李 昇原、堀田裕弘、大路貴久、飴井賢治、柴田啓司、沖野浩二、“応力発光粒子を含むAl基複合材料の作製”、日本鉄鋼協会日本金属学会北陸信越支部 平成27年度 連合講演会、(2015年12月5日)
- [2] 澤田 僚、大路貴久、飴井賢治、堀田裕弘、松田健二、柴田啓司、李 昇原、沖野浩二、“応力発光Al材におけるスクラッチ発光の検出”、平成29年電気学会全国大会、(2017年3月15日)
- [3] 赤地恭祐、柴田啓司、大路貴久、飴井賢治、松田健二、李 昇原、堀田裕弘、沖野浩二、“発光・蓄光金属を用いたセンサーとそのセンサネットワーク構築の基礎的検討”、電子情報通信学会総合大会、(2017年3月22日)

【申請特許リスト】

- [1] 応力発光性材料及びその製造方法、出願国：日本、出願日：平成28年7月29日、出願番号：特願2016-150629、出願人：国立大学法人富山大学