

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：56203

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13981

研究課題名(和文)位置検出型有機フルカラーイメージセンサの開発

研究課題名(英文)Development of position detection type organic image sensor

研究代表者

森宗 太一郎(Morimune, Taichiro)

香川高等専門学校・電子システム工学科・准教授

研究者番号：30455167

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：フレキシブル有機イメージセンサの開発の要素技術として位置検出センサの開発を行った。特に赤色センサの感度と高精度化について検討した。表面抵抗層としてZnO:Alをもちいることで素子の安定動作を実現し、高感度化できることが分かった。また一次元位置検出センサの測定精度について検討した結果、表面抵抗層と有機受光層の間での電荷のトラップが測定精度に関係していると結論付けられた。そこで表面抵抗層の抵抗率や光受光層の厚さを検討することによって測定精度が改善できることを明らかにした。また表面抵抗層にAgを使用することで積層構造が可能であることを実証した。

研究成果の概要(英文)：Organic Position-Sensitive devices are expected to be the optical image sensor on a flexible substrate, and they have been studied for their high sensitivity high accuracy. In our experiment, the position detection sensor is prepared with a copper phthalocyanine CuPc: fullerene C60 bulk-heterostructure having sensitivity to red light, and we report the characteristics of the device with inverted structure using Al-doped ZnO (ZnO:Al). We fabricated one-dimensional inverted structure organic position sensitive detectors, and we investigated the measurement linearity of the devices with the recombination loss model in the interface between the resistive layer and active layer. Although low linearity of the measurement accuracy by the charge traps and recombines to be taken out to the output electrodes has been a major issue for practical use, we report that a maximum measurement error has been improved by increasing the sensitivity of the active layer.

研究分野：有機光センサ

キーワード：位置検出センサ 有機半導体 逆構造 測定精度

1. 研究開始当初の背景

フレキシブル基板上に作製できる有機イメージセンサが医療分野での埋め込みセンサやスキャナとして注目されている。しかし現在その素子構造には CMOS 構造が用いられており、高画素化や製造工程の複雑化が問題となっている。そこで本件では、積層型の光点位置検出センサを有機半導体材料で作ることで、より簡単にフレキシブルイメージセンサを作製できる素子構造を提案した。この構造では素子の小型化やプロセスの簡単化ができ、また画素分離のないカラーセンサを作ることができるため、微細化などの点で非常に有利である。また光の三原色である赤緑青の異なる波長に感度をもつ位置検出センサを開発し、積層型に堆積させることでカラーフィルタを用いる必要のない高感度で高画素化が期待できると考えた。従来の CMOS 構造では図 1 に示すように金属電極などの多層配線が必要となるが、本件で提案した図 2 の素子構造では素子内部の金属配線が不要になり、作製プロセスが極めて容易になる。また開口率が高く、原理的に高感度化が実現できる。そこで本件では主に赤色の位置検出センサの高効率化と高精度化および緑色素子の実現、積層構造に必要な要素技術の開発に焦点を絞り検討した。

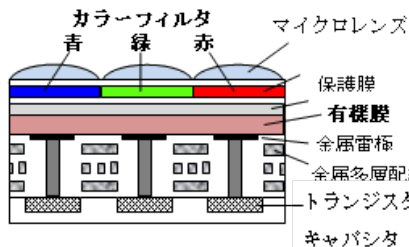


図 1. 従来型の CMOS 構造イメージセンサ

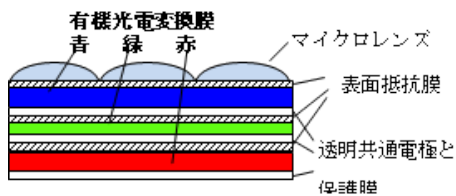


図 2. 位置検出センサを積層した構造のイメージセンサ

2. 研究の目的

本件ではイメージセンサの原色として赤色と緑色の有機位置検出センサを作製し、高精度化と耐久性について検討することを目的とした。また積層化に必要な表面抵抗層の材料や成膜条件について検討した。

位置検出センサの原理は入射した光が表面抵抗層を通過して受光層で光電変換される。発生した電荷は表面抵抗層を通過して左右の両電極まで流れる。その出力電流 I_1, I_2 は光が入射した位置から両電極までの距離に反比例するため、両電流の比からどの位置に光が照射されたかを求めることができる。

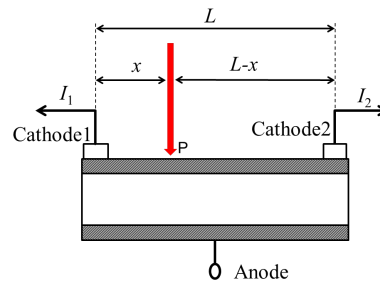


図 3. 位置検出センサの原理

3. 研究の方法

(1) 緑色と赤色に感度を持つ位置検出センサの作製

低分子材料の真空蒸着法によって緑色材料としてルプレン誘導体、赤色としてフタロシアニン誘導体を用い、高感度化に向けて C_{60} との共蒸着を検討し高性能化について検討した。表面抵抗層と光電変換層に $ZnO:Al$ と $CuPc:C_{60}$ を使用することで、赤色領域に高い感度をもち安定動作する有機位置検出センサ実現を行う。

(2) 素子の応答特性

イメージセンサとして用いる場合、応答特性は非常に重要な特性の一つであるため、素子の応答性と材料との関係性について検討する予定であったが、予算削減のため、今回は素子の応答特性を測定するまでに留めた。

(3) 共通電極の透明化

素子の積層化のためには、電極の透明化や素子の安定動作、感度について検討する必要がある。電極や表面抵抗層として $ZnO:Al$ 膜や ITO 透明電極を対向型スパッタ装置で成膜することで作製した。また Ag を非常に薄く成膜することで半透明な表面抵抗層としての応用について検討した。

4. 研究成果

まず図 4 のような素子を作製して PEDOT:PSS を用いた従来型の素子構造と比較ながら受光素子としての特性について検討した。その結果逆構造で作製した素子では非常に安定な動作が実現できており、低電圧でも S 字カーブなどの現象が起こっていなかった。

また逆構造型の赤色に感度をもつ PSD についての測定精度を調べた結果、 $-2V$ 印加時において測定誤差率が 8.8% 生じていた。そこで発生する電流についてポアソン方程式から理論式を導き素子の電極間幅や受光層の厚さなどについてシミュレーションしたところ受光層の膜厚を変えることで測定精度が大きく変化することが分かった。実験結果では受光層の厚さを 30nm から 90nm に増加することで 6.8% 誤差が低下することを証明でき、測定誤差率を 2.0% まで向上することができた。

また緑色領域に感度をもつ受光素子をペリレン誘導体とフラーレン誘導体を用いた構造で作製しているが耐久性が低く、現状では安定動作に至っていない。

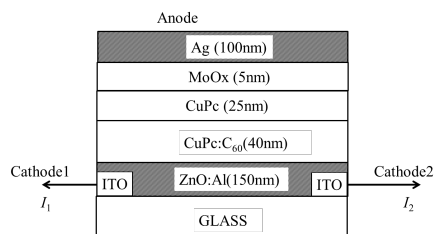


図4. 開発した逆構造型素子の構造

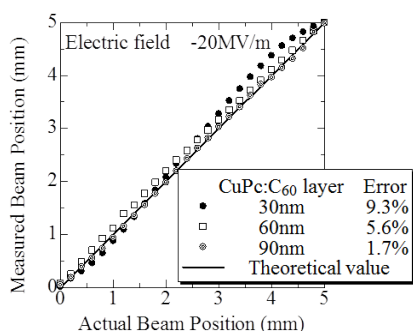


図5. 素子の測定精度

さらに赤色用の素子で100mmの共通電極を用いた場合の応答特性を測定した結果、照射場所によって応答特性が変化することや応答特性は数十kHz程度しか得られておらず、今後の課題として検討が必要であることが分かった。

また積層化に必要な表面抵抗層としてAg電極を15~20nm程度に成膜することで表面抵抗層として利用できることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

1. Masato Miyoshi, Taichiro Morimune, Kunihiko Tanaka, "Environment friendly CZTS solar cell with C₆₀ buffer layer", The Sixth International Symposium on Technology for Sustainability 2016 (ISTS2016), 査読有, 発行年 2016, pp. 298-303
2. 景山弘, 林翔太郎, 長谷部大知, 石川岩道, 仲本裕介, 森宗太一郎 "有機薄膜太陽電池の性能におよぼす MoO₃ 陰極バッファの効果" 査読無, 電子情報通信学会 信学技報 Vol.IEICE-116, no.2, pp.7-10, 発行日 2016-04-01
3. Taichiro Morimune, Hirotake Kajii, Hiroki

Nishimaru, and Shinji Ono "Organic Position Sensitive Detectors Based on ZnO:Al and CuPc:C60" Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 16, 3414-3419 (2016) 査読有

〔学会発表〕(計 7件)

1. Taichiro Morimune, Asuma Kida, Hirotake Kajii "Measurement accuracy improvement of organic position-sensitive detector" 12th International Conference on Nano-Molecular Electronics 2016-12
2. 景山弘, 林翔太郎, 長谷部大知, 石川岩道, 仲本裕介, 森宗太一郎 "有機薄膜太陽電池の性能におよぼす MoO₃ 陰極バッファの効果" 電子情報通信学会 2016年4月8日 沖縄県那覇市 (招待講演)
3. 森宗太一郎, 梶井博武 "有機位置検出センサの測定精度に関する検討" 第77回応用物理学会秋季学術講演会 2016年9月13日~16日 新潟県新潟市
4. 西丸大貴, 森宗太一郎 "有機半導体を用いた位置検出センサの開発" 2015年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会、平成27年8月1日、徳島大学、講演予稿集, Ea-8, 68 (2015) (口頭発表)
5. 森宗太一郎, 梶井博武 "逆構造有機位置検出センサの開発" 第76回応用物理学会秋季学術講演会 名古屋国際会議場、講演予稿集, 13p-PB8-18(2015) (ポスター発表)
6. 三好正人, 西丸大貴, 森宗太一郎, 小野真二 "有機位置検出センサについての検討" 高専シンポジウム in 香川 平成28年1月23日 講演登録番号 Pa-003 (ポスター発表)
7. 森宗太一郎, 小野真二, "有機位置検出センサの開発" 第11回先端工学研究発表会, プログラム p26, H28.2.1 香川大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0件)

取得状況 (計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森宗太一郎 (MORIMUNE, Taichiro)

香川高等専門学校・電子システム工学科・准教授

研究者番号: 30455167

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

梶井博武 (KAJII, Hirotake)

大阪大学工学研究科・准教授

研究者番号：00324814