

表面実装対応焦電型赤外線センサ

斎藤 正博

要旨

焦電型赤外線センサは、低消費電力・周辺機器が不要・人と物の判別可能・配線や信号処理回路が簡素などの理由で、セキュリティ用途の人感センサに用いられてきました。近年では、人の在/不在を見分けて機器の動作切り替えを行い、省電力や快適さ、便利さ向上の用途に応用されています。しかし、電子機器に搭載するセンサには、大量生産に適した表面実装機やリフローはんだ付けに対応可能なこと、センサが低背であること、機器内の他のデバイスから発する振動や信号の影響を受けにくいことなど、従来にはない要求があります。本稿では、これらの要求を満たした焦電センサについて紹介します。

キーワード

●人感センサ ●省電力 ●リフロー対応 ●焦電効果 ●感度

1. はじめに

焦電型赤外線センサ（以下、焦電センサ）は、低消費電力・照明などの周辺機器が不要、人と物の判別が可能、後段の配線や信号処理回路が簡素などの理由により、従来セキュリティ用途の人感センサとして多く用いられてきました。

更に、近年の世界的な省電力志向により、焦電センサは家電製品などの電子機器に搭載され始め、人が直近に不在であることをセンサが検知した場合に機器の動作モードを切り替えるアプリケーションに採用され、低消費電力に貢献しています。また、人の在/不在を見分け、機器の動作切り替えをする用途は、生活の快適さや便利さを向上させる分野にも応用され始めています。

しかし、電子機器に搭載するセンサには、大量生産に適した表面実装機やリフローはんだ付けに対応可能なこと、機器の薄型化を妨げないようにセンサが低背であること、機器内の他のデバイスから発する振動や信号の影響を受けにくいことなど、従来にはない要求があります。本稿では、表面実装に対応するためにリフロー温度に耐え、高感度を実現した低背の焦電センサを紹介します。

2. 焦電センサの原理

2.1 焦電効果

焦電センサの動作を、図1と図2を用いて説明します。

図1は焦電センサの模式図です。焦電センサの電気的動作は、焦電素子と接合型電界効果トランジスタ（Junction Field Effect Transistor：JFET）により決定されます。焦電素子は非常にイ

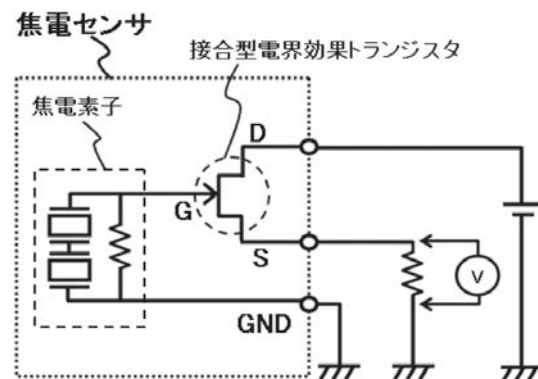


図1 焦電センサの模式図

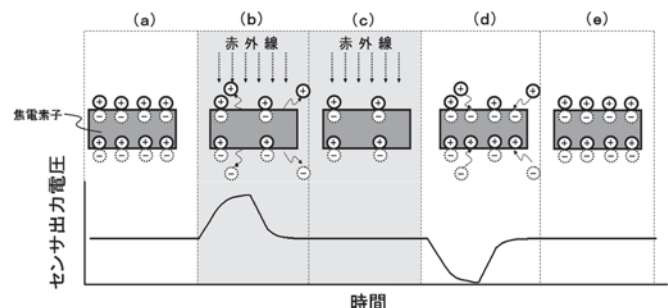


図2 焦電効果とセンサ出力電圧

インピーダンスが高いため、インピーダンス変換を目的としたJFETはドレイン (D) 端子が電源に接続され、ゲート (G) 端子に焦電素子が接続されます。赤外線が照射されると、焦電素子から電荷が放出されゲート電圧が変動します。その結果、ソース (S) 端子から流出する電流量が変化し、外付けされる抵抗両端電位差が変化することで赤外線の変動を検出します。なお、焦電素子に赤外線が照射されていない時は、ドレイン端子からゲート端子への漏れ電流と焦電素子抵抗分とでゲート端子に電圧が印加され、ソース端子端に接続される抵抗両端には直流電圧 (以下、この直流電圧をオフセット電圧と呼ぶ) が発生します。

図2に、赤外線照射有無と焦電センサ出力電圧の関係を示します。(a)の期間は赤外線が照射されていない場合で、焦電素子は自発分極という内部の電氣的な偏りが発生していますが、大気中のイオンにより中和されています。見かけ上、焦電素子から電荷が放出されていないため、センサ出力はオフセット電圧となっています。

(b)で赤外線が照射された瞬間に、焦電素子は温度上昇し自発分極状態が変化し、その瞬間JFETゲート電圧が変化するためセンサ出力電圧も変動します。

その後、継続して赤外線が照射され続けても (b)の状態から焦電素子の温度変化はないので、(c)のようにセンサ出力電圧はオフセット電圧となります。

(d)において赤外線が遮断された瞬間に、焦電素子はその温度や自発分極が (a)の状態に戻ろうとする変化が起こります。したがって、この時のセンサ出力電圧はオフセット電圧に対し (b)とは逆方向の電位となります。

その後、赤外線が遮断され続けても (d)の状態から焦電素子の温度変化はないので、(e)のようにセンサ出力電圧はオフセット電圧となります。

以上のように焦電センサは、赤外線が照射された瞬間と赤外線が遮断された瞬間にのみ出力するセンサです。

2.2 人感センサへの応用

前述の焦電効果は赤外線であれば波長依存性が低いため、人感センサとして使用する場合には、センサの受光部に周波数フィルタを取り付けます。人体が発する赤外線に相当する9~10 μm 前後の波長のみが透過するバンドパスフィルタが理想的ですが、コストなどの観点からロングパスフィルタを使用

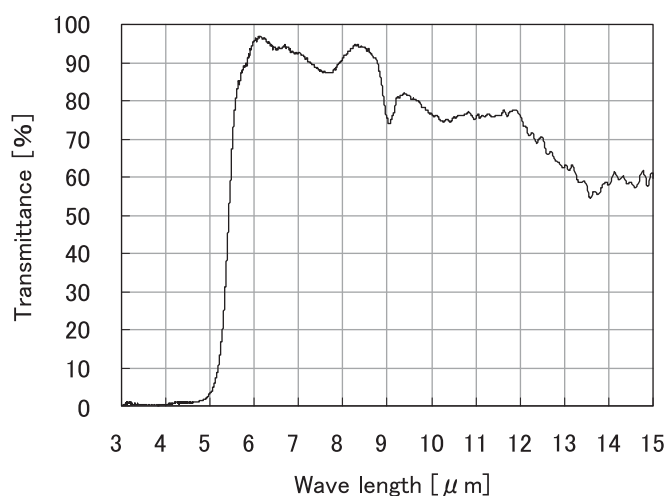


図3 ロングパスフィルタの一般的特性

するのが一般的です。人感用途の焦電センサに使用するロングパスフィルタの一般的な特性を、図3に示します。この場合でも、外乱などによる誤動作防止のために、短い波長域の透過率は減衰するものを用います。

以上のように、焦電センサと周波数フィルタを組み合わせることにより、検出範囲に人が入ってきた時と人が出て行った時に信号を出力する人感センサが構成されます。

3. 焦電センサの基本特性

一般的に焦電センサは他のセンサと同様に、同一物理量の入力に対して検知信号の電氣的出力が大きいほど、使用する側の扱い勝手が良くなる傾向にあります。

NECトーキンでは、焦電センサに使用する焦電材料の開発から行いました。以下に、焦電材料の性能指標である材料評価指数と焦電センサ出力電圧の関係を示します。

3.1 材料評価指数

焦電素子に用いる形状に個片化する前のブロックの状態での、焦電材料の性能を判定する指標である材料評価指数 F_V は、式(1)で表せます。

$$Fv = \frac{\lambda}{Cp \cdot \epsilon r} \quad (1)$$

λ : 焦電係数 Cp : 比熱 ϵr : 比誘電率

ここで、焦電係数 λ は式 (2) で表せます。

$$\lambda = \frac{1}{S} \frac{I}{\Delta T} \quad (2)$$

S : 面積 I : 焦電電流 ΔT : 温度変化

このように材料評価指数 Fv は、材料に急激な温度変化 ΔT を加えた際に発生する電流量 I を測定して算出できます。

3.2 材料評価指数と焦電センサ出力電圧

材料評価指数の違う焦電材料を複数水準作成し、同一形状の焦電素子に加工し、同一構造のパッケージにそれぞれ組み

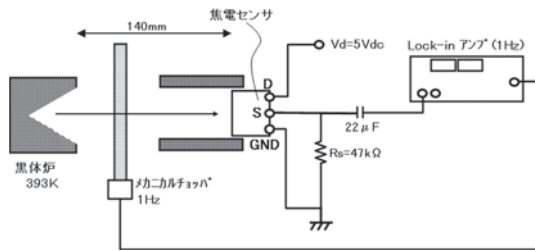


図4 測定系

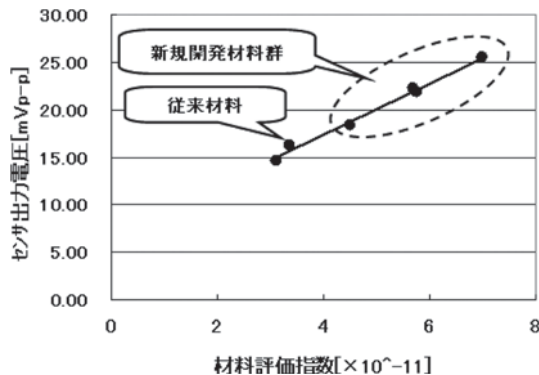


図5 材料評価指数とセンサ出力電圧

込み、焦電センサにしました。これを 図4 に示す測定系にて、各焦電センサの出力電圧を測定しました。

図4のように黒体炉から照射される赤外線は、メカニカルチョッパにて1Hzに時分割されて焦電センサに受光されます。焦電センサ出力を直流成分を除いてLock-inアンプにて測定しました。図5にその結果を示します。材料評価指数とセンサ出力電圧は、図5に示すように直線関係を持ちます。これよりブロックの状態での焦電材料の材料評価指数を測定・計算することで、焦電センサの出力電圧が推測できます。それにより、効率の良い新規材料開発が可能となり、図5に示したように弊社が保有していた従来の焦電材料に比べて、センサ出力電圧を大幅に向上できる焦電材料が開発できました。

4. センサ性能の改良

4.1 リフロー対応

大量生産する機器の組み立てには、表面実装機にて部品を実装し、リフロー炉にてはんだ付けを実施する工法が多く用いられます。そのため、焦電センサが表面実装に対応するためにはリフロー温度に耐えることが必要です。一般にリフローによるはんだ付けは、260℃前後で数秒間行われ、これが2回以上繰り返される場合もあります。

しかし、弊社の従来の焦電材料は、キュリー点と呼ばれる転移温度がリフロー温度に対して十分に高くはなく、リフロー炉を通すことで、材料評価指数に劣化がみられました。

弊社では、焦電材料の開発にあたりキュリー点を高くすることにも成功しました。図6に、センサデバイスに組み込み

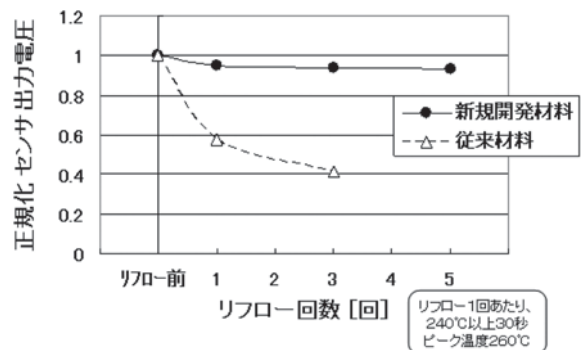


図6 リフロー回数とセンサ出力電圧低下

リフローを繰り返した場合の、センサ出力電圧の変化を示します。弊社が保有している従来の焦電材料では、1回リフローをただけで出力は60%以下に低下してしまいましたが、新規に開発した材料は5回リフローを繰り返しても出力電圧の低下はわずかです。

4.2 外乱耐性

電子機器内に組み込まれる用途の場合、同じ機器に組み込まれる他のデバイスから外乱を受ける可能性が増えます。これらに対応するため、構造面でさまざまな改善を取り入れました。ここでは機器内に多くみられる、振動を発生するデバイス、電磁波を発生するデバイスから影響を受けにくい構造にした結果の一例を示します。

図7は、焦電センサをプリント基板にはんだ付けし、プリント基板に振動を加えたときの、センサ出力電圧を測定した結果です。プリント基板には振幅5 μm 、1Hzの振動を加えました。赤外線が照射されていない状態のため、本来は出力電圧に変化がないことが望ましいのですが、焦電センサの出力電圧は振動によって変動してしまいます。焦電センサを実装したプリント基板に同じ振動を加えた場合、弊社の焦電センサ

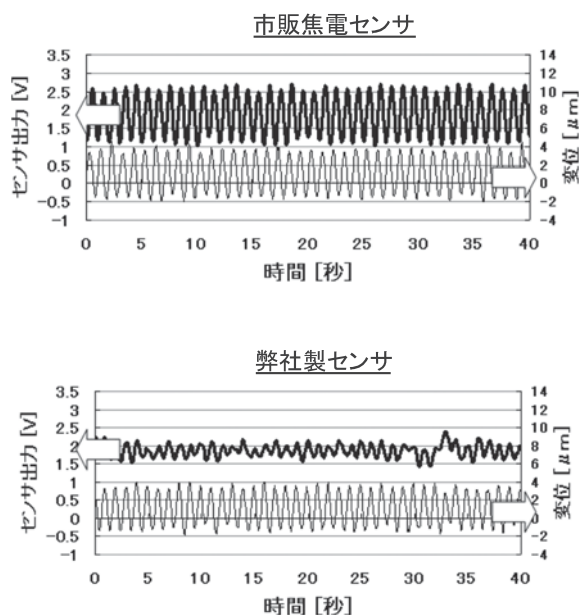


図7 振動による出力電圧比較

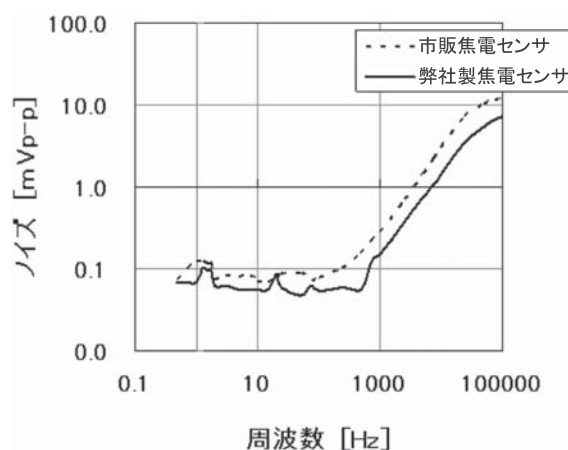


図8 電界によるノイズ特性比較

は市販焦電センサに比べて、出力電圧の変動が約1/3になっています。

図8は、焦電センサ近傍に電界を発生させた時に焦電センサから出力されるノイズを測定した結果です。電界の周波数を変化させても、市販焦電センサよりも弊社の製焦電センサのノイズ出力が小さい結果となりました。

5. デバイス化

前述の改善をはじめとした種々の施策を盛り込むことで、表面実装に対応した焦電センサとして完成しました。完成した焦電センサの外観を写真に、基本仕様を表に示します。

6. むすび

本稿では、焦電センサの基本原理と、新たなアプリケーションに対応するために開発した、機器に組み込みやすいリフロー対応のセンサについて紹介しました。

今後もさまざまな機器で省電力化・小型化や快適さ、便利さへの追求が拡大すると見込まれ、焦電センサの用途も広がると考えます。弊社では、更に特性向上、小型化を目指して開発を進めていく所存です。

表面実装対応焦電型赤外線センサ

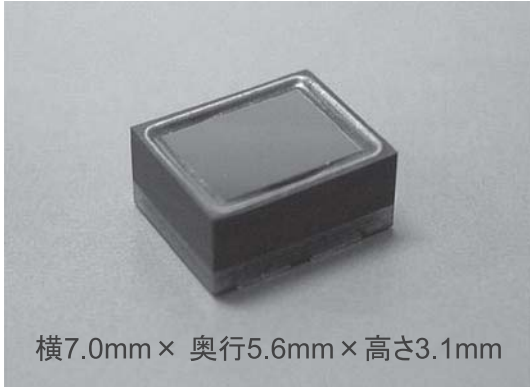


写真 焦電センサ外観

表 焦電センサの基本仕様

項目 Parameters	単位 Units	規格 Criteria	条件 Condition
出力電圧 Output Voltage	mVp-p	24 (MIN)	熱源: 393K (Φ 10)、1Hz
出力バランス Output Balance	%	±10% (MAX)	$ V_a - V_b / (V_a + V_b) \times 100$
オフセット電圧 Offset Voltage	V	0.2~2.0	Vd=5V、Rs=47kΩ
ホワイトノイズ White Noise	mVp-p	250 (MAX)	Amp: 72dB、Rs=47kΩ
視野角 Field of View	deg	θ 1 (V) : ±50° θ 2 (H) : ±75°	エレメント端-開口端角度
電源電圧 Supply Voltage	V	2.0~15.0 (DC)	-
動作温度範囲 Operating Temp.	°C	-40~+70	-
保存温度範囲 Storage Temp.	°C	-40~+85	-

執筆者プロフィール

斎藤 正博
 NECトーキン
 センサ・モジュール事業開発推進部
 主任

NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご覧ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.65 No.1 スマートエネルギー特集

スマートエネルギー特集によせて
NECのスマートエネルギー事業
特別寄稿：情報と電力の融合したデジタルグリッドとその適用

◇ 特集論文

EV充電インフラ

電気自動車向け充電インフラ整備を支える技術開発
蓄電・充電統合システム(BCIS)の開発
電気パワートレインを試験評価するEV開発試験装置
充電インフラを形成する大容量急速充電器「TQVC500M3」とCHAdeMOプロトコル
EV充電サービス用充電コントローラの開発

蓄電システム

効率的な電力管理と環境対応を実現した家庭用蓄電システム
大規模蓄電システムの開発とグローバル展開の戦略
高い安全性と長寿命を実現したリチウムイオン二次電池技術とその応用
リチウムイオン二次電池の長寿命化技術
多様なエネルギーを高効率で活用するマルチソースパワーコンディショナー

エネルギーマネジメントシステム(EMS)

HEMSソリューションへの取り組み
業務改善につなげるエネルギー見える化の推進
オフィスの省エネを支援する「エネパル Office」
エネルギー需要を最適に制御するBEMS「スマートビル」
ICTを活用したエネルギーマネジメントシステム
電力検針自動化に向けた取り組み

エネルギーデバイス

表面実装対応焦電型赤外線センサ
有機ラジカル電池の開発
待機電力ゼロの電子機器を目指す不揮発ロジック技術の開発

◇ 普通論文

省エネに貢献するLEDシーリングライト連続調光・調色照明器具
低損失金属磁性材“センティクス”を用いた大電流用チョークコイル「MPCG」

◇ NEC Information

C&Cユーザーフォーラム& iEXPO2011

人と地球にやさしい情報社会へ～みんなの想いが、未来をつくる～
NEC講演
展示会報告

NEWS

2011年C&C賞表彰式開催

NECグループ会社紹介

電気自動車から蓄電システムまで広がる用途独自技術で高い安全性と高出力を両立



Vol.65 No.1 (2012年2月)

特集TOP