

# 煙誘導構造による薄型住宅用火災警報器

## Residential Fire Alarm Equipped with Smoke Guide Structure

阪本 浩司\* ・ 畑谷 光輝\* ・ 島田 佳武\* ・ 福井 卓\* ・ 本田 亜紀子\* ・ 小松 幹生\*\*  
Koji Sakamoto Teruki Hatatani Yoshitake Shimada Suguru Fukui Akiko Honda Mikio Komatsu

電池式住宅用火災警報器において、煙の流れを誘導壁で分離することによって高圧領域と低圧領域を発生させて煙検知部に煙を誘導する高圧・低圧領域分離式煙誘導構造と、間欠駆動する高精度高速クロックで常時駆動する低消費電流低速クロックの変動を補正する2クロック補正方式の低消費電流の煙検知 ASIC を開発した。

この煙誘導構造は、煙検知部の外側と内側の圧力差が小さくても煙検知部に煙を誘導することが可能である。また低消費電流の煙検知 ASIC によって、煙の流れの障害となる電池の大きさを2/3に小型化しながら電池寿命10年を確保している。これらにより、従来筐体から飛び出していた煙検知部を筐体の内部に配置することが可能となり、高さ26mmの薄型化を実現した。

In the field of battery-operated residential fire alarms, a smoke guide structure for separating high and low pressure regions and guiding smoke to the smoke detector from a high-pressure to a low-pressure region, and a low-power smoke detection ASIC operated by the two-clock correction method in which a low-current clock accuracy is corrected by an intermittent high-accuracy clock have been developed.

This smoke guide structure is capable of guiding smoke to the detector even under a small pressure difference between the outside and inside of the smoke detection unit. Further, the developed low-power smoke detection ASIC has a 10-year battery life made possible by using a battery of 2/3 in size for reducing obstacles to the smoke flow. As a result, the smoke detection unit, which used to be protruding from the body, can now be placed inside the product body measuring only 26 mm in height.

### 1. ま え が き

住宅用火災警報器（以下、住警器と記す）には、火災の早期発見という基本機能にくわえて居住空間に調和する薄型で意匠性の高いものが求められている。その実現のため、天井や壁に埋め込んで設置する住警器がすでに製品化されている。しかし設置の際に工事が必要のため、既築住宅への対応が困難という問題がある。そこで、新築、既築住宅問わずに設置できる、高さ26mmの電池式薄型住警器を開発した（図1）。

従来品は筐体から煙検知部が飛び出した形状となっている（図2）<sup>1), 2)</sup>。薄型住警器を実現するためには、この筐体から飛び出していた煙検知部を筐体の内部に配置することが必要である。それによって、単に薄型だけではなく凹凸のない優れた意匠を実現できるが、筐体およびその内部にある電池によって煙の流入が阻害され、煙検知性能が低

下するという問題が生じる。

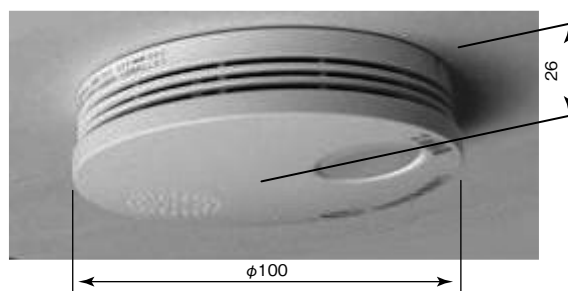


図1 薄型住警器の外観

筆者らが考案した高圧・低圧領域分離式煙誘導構造により、筐体によって煙の流入が阻害されて煙検知部の外側と内側の圧力差が小さくなくても、煙検知部に煙を誘導することを可能にしたので報告する。また2クロック補正方式

\* 情報機器事業本部 情報機器R & Dセンター Research & Development Center, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

\*\* 情報機器事業本部 HA・セキュリティ事業部 Home Amenity & Security Systems Division, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

の低消費煙検知 ASIC の開発により、電池寿命 10 年を確保しながら、煙の流れの障害となる電池を従来の 2/3 の大きさにしている。これらの技術開発によって、煙検知性能を低下させることなく煙検知部を筐体の内部に配置することを実現している。



図2 従来品の外観

## 2. 煙検知の原理

図3に煙検知部の構成を示す。煙検知部は防虫網、ラビリンス、LED、受光素子、および基板で構成されており、基板には煙検知 ASIC が実装されている。

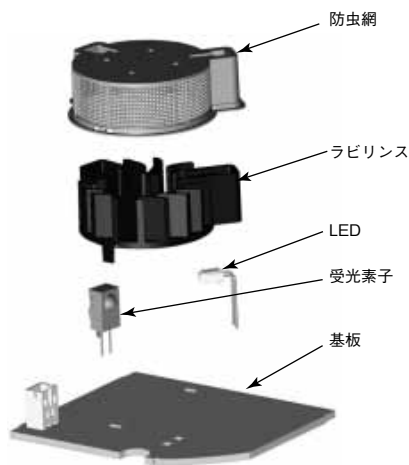


図3 煙検知部の構成

図4に煙検知光学系の概略図を示す。煙の検出原理は散乱光方式で、LED から検知空間に向かって照射された光が検知空間内の煙粒子に当たって散乱し、その散乱光を受けた受光素子から流れる電流が煙検知 ASIC に入力される。煙濃度の上昇に伴い煙粒子からの散乱光が増加するため、煙検知 ASIC に入力される電流が増加する。この入力電流があらかじめ設定された閾値を超えると火災と判断し、警報音、音声、および表示灯の点滅で火災の発生を報知する。

また、防虫網は 0.5 mm 角の小さい穴が無数にあいた構造で、検知空間内に虫などが入ることによる誤動作を防いでいる。

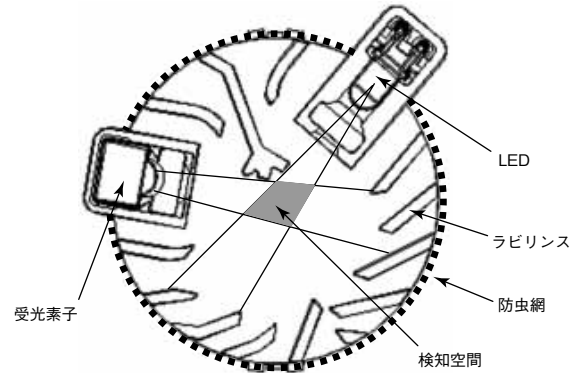


図4 煙検知光学系の概略図

## 3. 薄型住警器の技術課題

従来は、筐体から煙検知部が飛び出した形状となっていた。このような構造の場合、煙は流速が低下することなく煙検知部周辺まで到達するため煙検知部の外側の圧力が高くなり、煙検知部の内側と外側の圧力差が大きくなっていた。その結果、煙は流入の抵抗となる防虫網を通過することが可能であった(図5)。しかしこの構造では、全体の高さは筐体の高さに煙検知部の高さを加えたものとなるため、薄型化が困難であった。

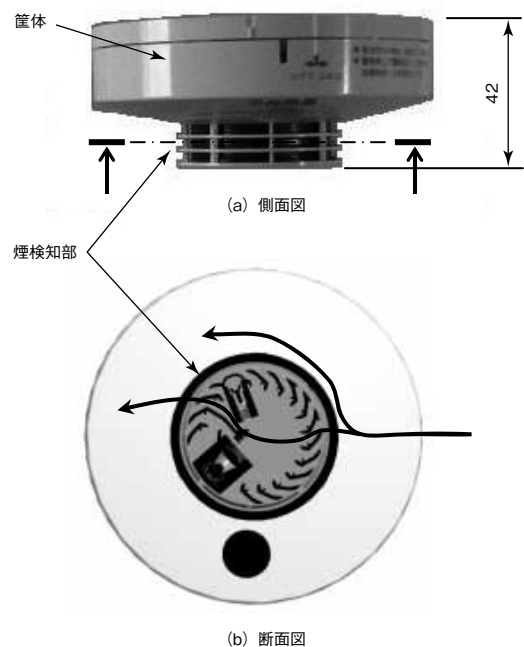


図5 従来品の全体構造

そこで筆者らは薄型化を行うため、従来品では筐体から飛び出していた煙検知部を、筐体の内部に配置することを試みる(図6)。

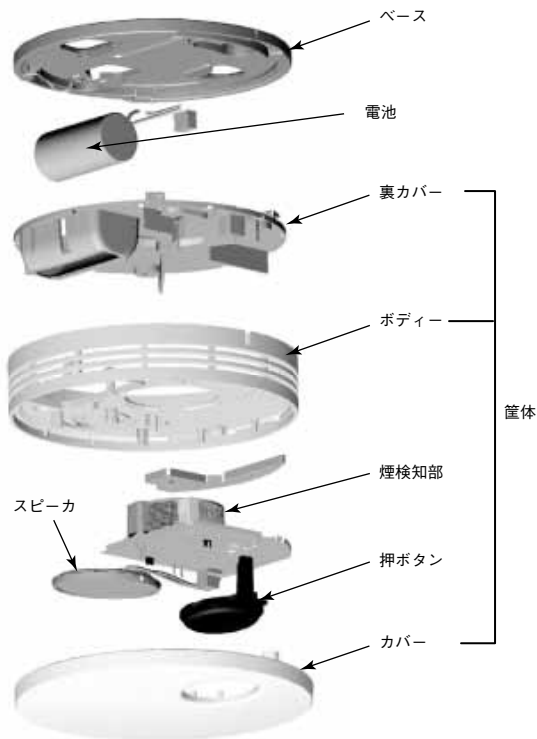


図6 薄型住警器の全体構造

図7に煙検知部を筐体内部に配置する場合の構造例を示す。この場合、煙流路内に電池を配置する構成となるため、電池が煙流入の障害物となる。したがって、図7の煙の流入方向Aのように煙検知部が電池の下流側になる場合は、煙検知部に煙が到達しないという問題が生じる。さらに、図7の煙の流入方向Bのように煙検知部が電池の下流側にならない場合でも、筐体自体が抵抗となり煙の流速が低下するため、煙検知部周辺での煙の流れによる圧力が増加しにくくなる。その結果、煙検知部の内側と外側の圧力差が不十分となり、煙は防虫網を通過せず防虫網の外周を沿うように流れ、煙検知部に到達しないという問題も生じる。

これらの問題を解決するためには次の二つの技術課題がある。

(1) 煙検知 ASIC の低消費電流化

煙流入性を低下させない小型の電池で電池寿命 10 年を確保。

(2) 煙誘導構造の開発

煙検知部の内側と外側の圧力差が小さい場合でも、防虫網を通過させ煙検知部に煙を誘導。

それぞれの技術課題の解決手段について以下に詳述する。

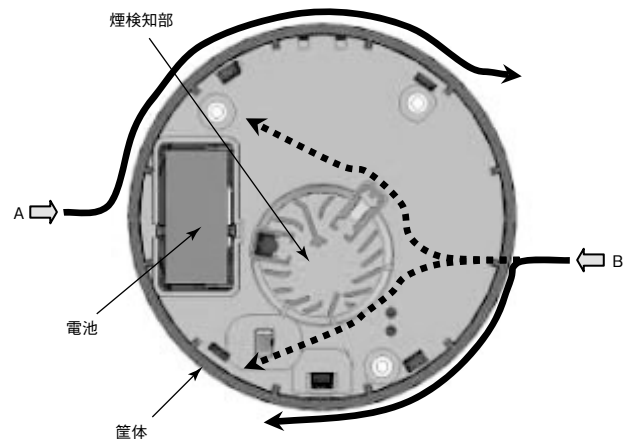


図7 煙検知部を筐体内部に配置するときの構造例

## 4. 低消費電流煙検知ASIC

### 4.1 ASICの低消費電流化の課題

従来、煙検知 ASIC は数秒間に 1 回の間欠駆動を行うことにより低消費電流化していた。しかし本開発においては、電池容量 2/3 の電池で従来品と同等の電池寿命を確保しなければならない。そのためには一層の低消費電流化が必要となることから、待機時の消費電流（以下、待機電流と記す）の低減を検討する。待機電流の大部分は間欠駆動を行う周期をカウントするためのクロック生成部が占めている。したがって、このクロックを生成する発振回路を低消費電流化する必要があるが、低消費電流化するとクロックの温度特性が悪化するという問題がある。

### 4.2 2クロック補正方式による低消費電流化

そこで、本 ASIC では待機時を含め常時駆動している低速クロックと、数秒間に 1 回、煙検知を行うための回路が動作するときのみ駆動する高速クロックの二つの発振回路を内蔵させている。

回路の小型化のため、低速クロックにはインバータを使用したリングオシレータ方式を用いる。従来のリングオシレータ方式では、インバータが切り替わる際に流れる貫通電流が発生し、消費電流が大きくなる。そこでバンドギャップ型定電流源内蔵リングオシレータ方式を提案する（図8）。

本方式の特徴は、貫通電流を低減するためにトランジスタのソースにバンドギャップリファレンス回路<sup>3)</sup>を用いた電流源を挿入しており、インバータが切り替わる際に流れる貫通電流を制限していることである。しかしこの方式は、低消費電流化のために貫通電流をある一定以下の電流に制限すると、バンドギャップを構成するトランジスタのトランスコンダクタンスが温度に依存するようになり、温度による貫通電流の変動が大きくなる。その結果、クロックの変動が大きくなり、煙を感知して火災警報を出力するまでの時間や音声警報の出力タイミングに影響を与える。

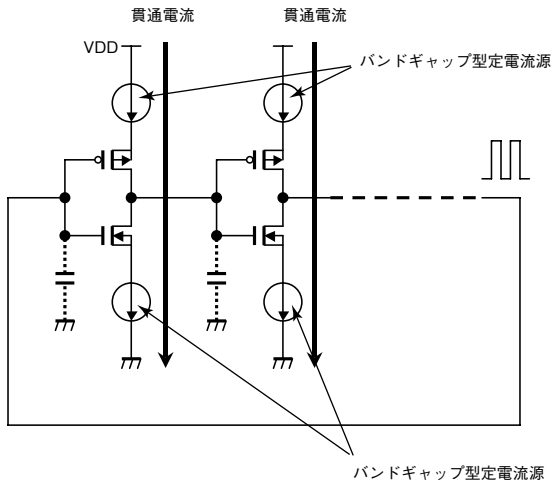


図8 バンドギャップ型定電流源内蔵のリングオシレータ方式

一方、高速クロックは間欠駆動するため、この消費電流は平均化すると全体への影響は少ない。そこで、温度による変動の少ない高速クロックを生成し、間欠駆動で高速クロックが駆動しているときに低速クロックを補正することにより、低速クロックの温度による変動を低減させる2クロック補正方式を採用する(図9)。

以上のバンドギャップ型定電流源内蔵リングオシレータ方式と2クロック補正方式を組み合わせることにより、温度によるクロックの変動を従来品同等に抑制しつつ、待機電流を1/3に低減できる。その結果、従来の2/3の容量の電池で10年の寿命を実現している。

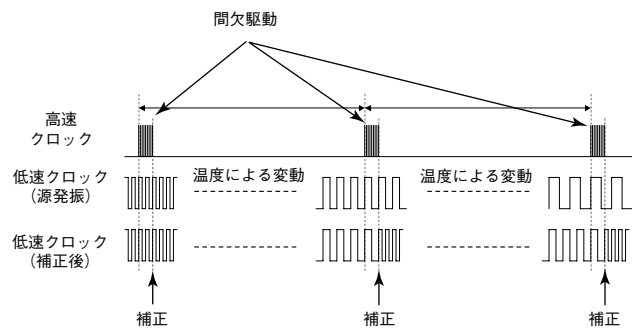


図9 2クロック補正方式

## 5. 煙誘導構造

煙検知部を筐体内部に配置すると、煙検知部の内側と外側の圧力差が小さくなるため、煙が煙検知部に到達しにくくなる。そこで、煙検知部から筐体の外周部まで誘導壁と呼ぶ板状構造を配置し、これで区切られた領域の圧力分布によって煙検知部に煙を誘導する方式を提案する。

### 5.1 高圧・低圧領域分離式煙誘導構造

図10に考案した高圧・低圧領域分離式煙誘導構造を示す。煙検知部から筐体の外周部まで誘導壁と呼ぶ板状構造を放射状に5枚配置する構造としている。この構造により、

煙が流入する側の2枚の誘導壁に囲まれる一つないしは二つの領域内がすべて高圧となり、その他の領域が低圧となって高圧領域と低圧領域を分離できる。これにより、高圧領域の煙は必ず煙検知部を通過し、低圧領域に流出するように誘導される。

しかし、高圧領域と低圧領域を分離するだけなら多数の誘導壁を放射状に配置すればよいことになるが、一方では誘導壁と誘導壁の間隔が狭くなり、流入抵抗が大きくなることから逆に煙流入性が低下する。考案した構造の特徴は、どの方向から煙が流入する場合においても、5枚の誘導壁で高圧領域と低圧領域に分離できることにある。

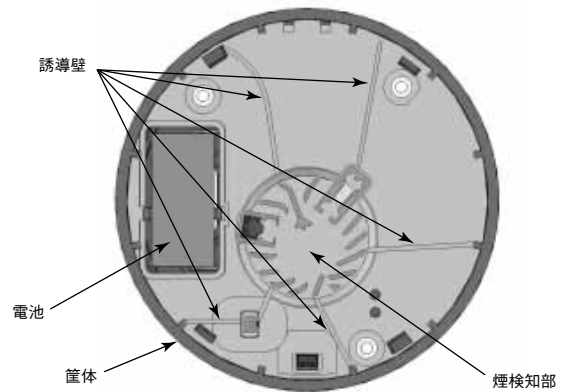


図10 高圧・低圧領域分離式煙誘導構造

### 5.2 検証

煙の流れを検証するにあたって、シミュレーションによる流れの可視化と実使用環境における煙の流入性の評価を行う。

#### 5.2.1 シミュレーションによる検証

考案した煙誘導壁構造に対し、汎用の流体解析ソフトウェアを用いてシミュレーションを行い、気流の定常状態における流動を確認する<sup>4)</sup>。

まず、電池を配置していない側からの気流に対する圧力分布と流れの向きの解析結果を図11に示す。

誘導壁で仕切られた五つの領域A～Eにおいて、気流が流入する領域Aは領域内全体が高圧になり、領域C、D、Eは低圧となり、誘導壁によって高圧領域と低圧領域が分離されている。したがって、領域A内の流体はすべて煙検知部内に入り、その後、領域C、D、Eに向かって抜けていく。これにより、煙検知部を筐体内部に配置して煙検知部の内側と外側の流れによる圧力差が小さくても、煙検知部に煙を誘導できることがわかる。

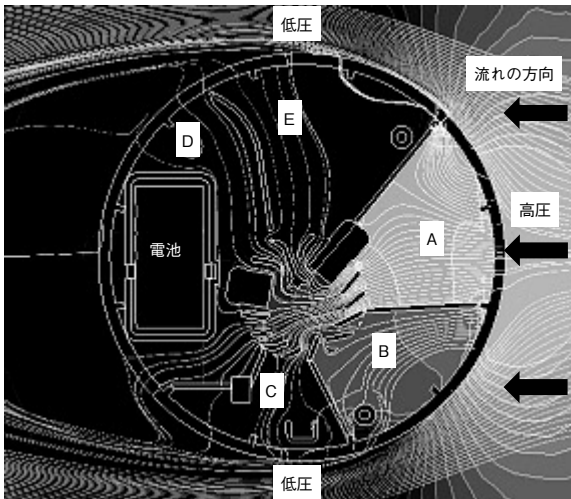


図11 電池を配置していない側からの気流による圧力分布

次に、電池を配置している側からの気流に対する圧力分布と流れの向きの解析結果を図12に示す。

前述の場合と同様、気流が流入する領域Dは領域内全体が高圧になり、領域A, B, C, Eは低圧となり、誘導壁によって圧力領域が分離されていることがわかる。

その他の気流方向についても誘導壁によって圧力領域が分離されていることを確認している。

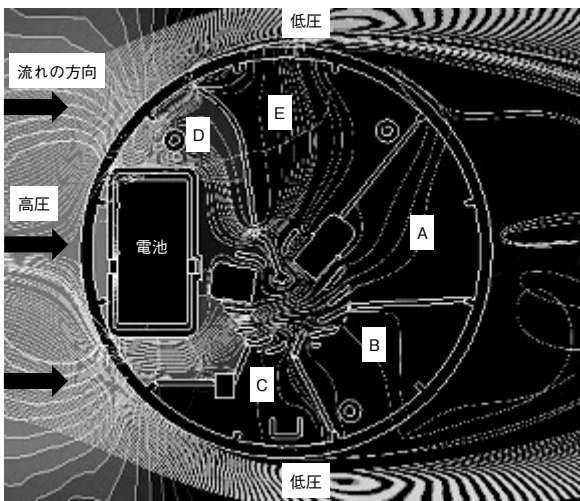


図12 電池を配置している側からの気流による圧力分布

### 5.2.2 実測による検証

火災が発生している状況での実際の煙流入性を確認するため、住宅内の部屋を模擬した試験室に住警器を取り付け、綿を加熱して煙を発生させてから住警器が発報するまでの時間を測定する。

図13にその試験状況を示す。従来品との比較をするため、それぞれを天井と壁に設置する。天井設置では煙が電池を配置している側から流入する向きに取り付け、壁設置では通常の施工状態に合わせて押ボタンが下側になるように取り付ける（この場合、煙の流入方向は図10の上側か

らとなる)。なお、試験は同じ条件で3回行い、表1に測定結果とその平均値を示す。

天井設置の場合は開発品と従来品は同程度の時間で発報するが、壁設置の場合は開発品が従来品よりも100秒程度早く発報する。これらのことから、開発品は煙が電池を配置している側から流入するときは従来品同等、その他の方向から流入するときは従来品同等以上の煙流入性を確保できていることがわかる。

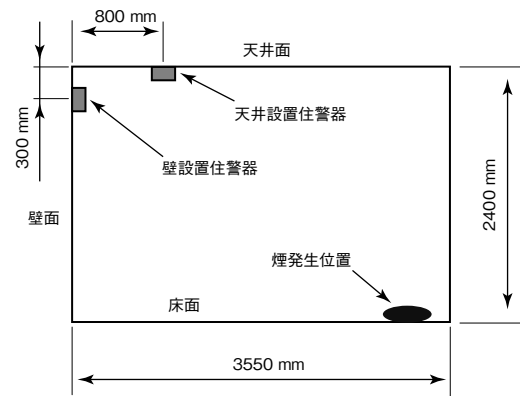


図13 試験状況

表1 測定結果とその平均値

取付位置	天井付け		壁付け	
	従来品	開発品	従来品	開発品
サンプル				
発報時間 (秒)	1回目	780	738	580
	2回目	595	636	500
	3回目	568	637	547
	平均値	648	670	623

## 6. あとがき

煙の流れによって発生する煙検知部周辺の高圧領域と低圧領域を誘導壁で分離する高圧・低圧領域分離式煙誘導構造と、間欠駆動する高精度高速クロックで常時駆動する低消費電流低速クロックの変動を補正する2クロック補正方式の低消費電流の煙検知ASICを開発した。

この煙誘導構造によって、煙検知部の外側と内側の圧力差が小さくても煙検知部に煙を誘導することを可能にした。また低消費電流の煙検知ASICによって、電池寿命10年を確保しながら、煙の流れの障害となる電池の大きさを2/3にすることを可能にした。これらの技術により、煙検知性能を低下させることなく煙検知部を筐体の内部に配置することを可能にし、煙検知部の飛び出しのない高さ26mmの薄型住警器を実現した。

今後、この住警器が住宅火災による被害者低減の一助になれば幸いである。

## \*参考文献

- 1) 西川 尚之, 阪本 浩司, 岡 昭一, 天野 昌幸, 渡邊 純一, 林 雅則: 煙熱複合型インテリジェント火災感知器「サイバーセンサ」, 松下電工技報, No. 80, p. 75-83 (2003)
- 2) 吉鶴 智博, 和田 剛嗣, 坂本 慎司, 山本 泰子, 下村 茂樹: 電池寿命 10 年の住宅用火災警報器用低電圧 ASIC, 松下電工技報, Vol. 54, No. 2, p. 72-76 (2006)
- 3) Behzad Razavi: アナログ CMOS 集積回路の設計, 丸善, p. 245-296 (2003)
- 4) 木田 重雄, 柳瀬 眞一郎: 乱流力学, 朝倉書店, p. 318-404 (1999)

## ◆執筆者紹介



阪本 浩司

情報機器 R & D センター



畑谷 光輝

情報機器 R & D センター



島田 佳武

情報機器 R & D センター



福井 卓

情報機器 R & D センター



本田 亜紀子

情報機器 R & D センター



小松 幹生

HA・セキュリティ事業部