



# 半導体ヒューズによる電源ボックスの小型化

Downsizing of Relay Box with Semiconductor Fuses

樋口 豊\*  
Yutaka Higuchi  
高橋 成治  
Seiji Takahashi

古都 正彦  
Masahiko Furuichi

杉沢 佑樹  
Yuuki Sugisawa

車両の電装機器の増加に伴ない、エンジンルームの小型化・狭小化が進み、電源ボックス小型化へのニーズが高まっている。リレー及びヒューズを半導体化することにより、搭載されるモジュールのサイズ及び重量を大幅に低減した。

With the increase of the number of electrical devices used in a vehicle, compact engine rooms are required, and accordingly, the relay box needs to be downsized. We have developed a semiconductor device that consists of a fuse and relay, and successfully reduced its size by 49% and weight by 58%.

キーワード：リレー、ヒューズ、電線保護、半導体

## 1. 緒 言

自動車の高機能化、安全性向上に伴って搭載される電装機器の数は年々増加の傾向にある。また、車両デザインの变化や衝突時の安全スペース確保の観点から、エンジンルームのスペースの狭隘化は年々進んでおり、電気回路を開閉するリレーやヒューズを高密度に実装した電源ボックスに対しても小型化ニーズが高まっている。図1に電源ボックスの写真と機能を示す。

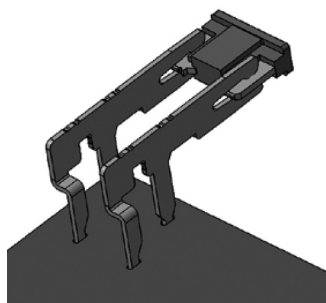


図2 ヒューズ保持構造部品

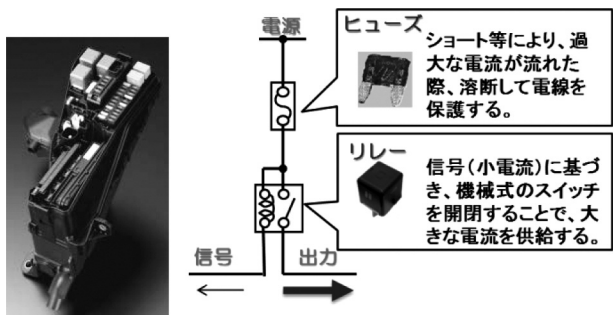


図1 電源ボックスと機能

こうしたニーズに対して、リレー機能を半導体化し車両環境での自己保護性能を備えた、IPD<sup>※1</sup> (Intelligent Power Device) が各半導体メーカーより発売されており、それらを活用することでリレーを小型集積化したモジュールが様々開発されている。しかしながら、従来のモジュールでは電線を保護する為にはヒューズと図2に示すヒューズを保持する為の構造部品が必要であり、更なる小型化に向けての大きな阻害要因となっていた。

当社グループの住友電装(株)及び、(株)オートネットワーク技術研究所の2社は、(株)東芝セミコンダクター社と共同で専用の制御IC及びセンスMOS FET<sup>※2</sup>を開発し、図3に示すようなリレー及びヒューズの半導体化を行う半導体ヒューズシステムの開発を行い、電源ボックスの小型化を実現した。

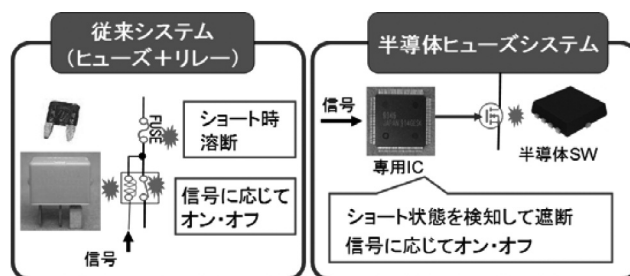


図3 半導体ヒューズシステム

この半導体ヒューズシステムはトヨタ自動車(株) 2011年発売のCamry及びLEXUS ESの半導体モジュールとして採用されている。写真1にCamry用半導体モジュールの写真を示す。

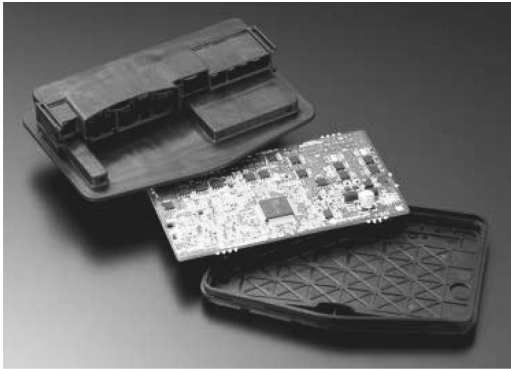


写真1 Camry用半導体モジュール

## 2. ヒューズ機能の実現

ヒューズは、電線がショートし過剰な電流が流れた際に、自身のジュール熱により溶断することで電線を発煙・発火から保護するものである。我々は、電線に流れる電流値を検知し、得られた電流情報に基づき電線の温度を計算し、発煙温度に至る前に遮断させることでヒューズと同じ機能を実現する制御ICの開発を行った。

当該制御ICは、JASO (D609) に記載されている電線の温度モデルにおいて、さらに温度履歴が反映されるようにして電線の温度計算を行なっている。電線に流れる通電電流情報と、それに基づく損失および放熱に寄与するパラメータを用い逐次電線の温度上昇を計算することで、現在の電線温

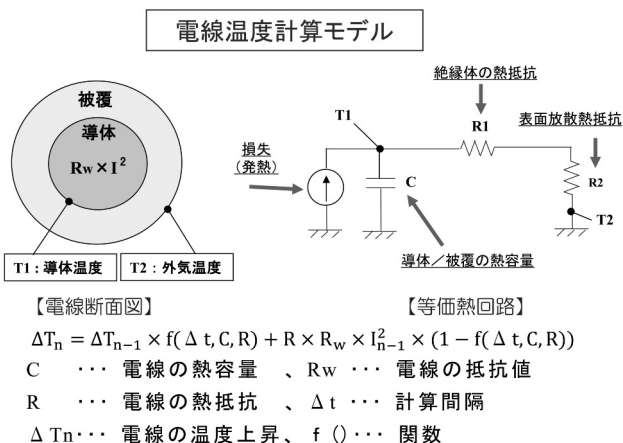


図4 電線温度計算方法

度を算出するものである。図4に電線温度計算方法を示す。

電線に流れる電流量はセンスMOS FETにより検出を行い、制御ICにより電線の温度計算や判定制御を行っている。計算した電線温度が発煙温度に到達する前に遮断制御を行うことで、適切に電線を保護することが可能となる。電線保護のための制御フローを図5に示す。過去の積算された温度上昇値に基づき、現在の温度上昇値を計算するため、ノイズ等による瞬時的な電流変動が発生しても誤遮断に至ることがなくロバスト性が高い。また、計算に用いるパラメータを変更するのみで、あらゆる電線に対して保護することが可能となる。

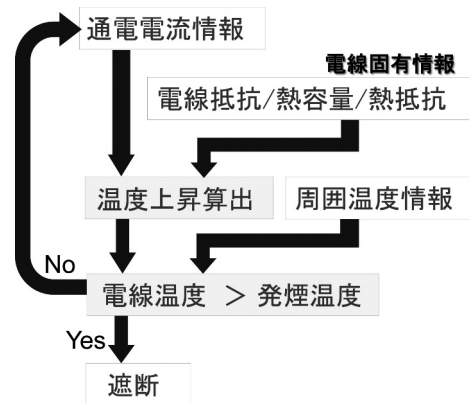


図5 電線保護制御フロー

## 3. 電線細径化

ヒューズには大小様々の電流容量があり、短絡時に過大なショート電流が流れても、電線が発煙するより先に溶断するように設定され、かつ通常の負荷電流が流れても誤って溶断することがないように設定されている。また、突入電流の大きな負荷(ランプ負荷やモーター負荷)との接続に際しては、熱による膨張/収縮により発生する機械的歪により溶断電流値が劣化(低下)する性質がある為、これを考慮し、太い電線と電流容量の高いヒューズの組み合わせが必要となっている。図6に従来ヒューズの溶断特性と負荷電流及び電線発煙の関係を示す。

こうした課題に対しては、半導体への置換えを行うことで耐久性が向上する為、遮断特性の長期特性変動を考慮したマージンが不要となり、細い電線の設定が可能となる。図7に半導体ヒューズの遮断特性と電線の細径化に関して図示する。

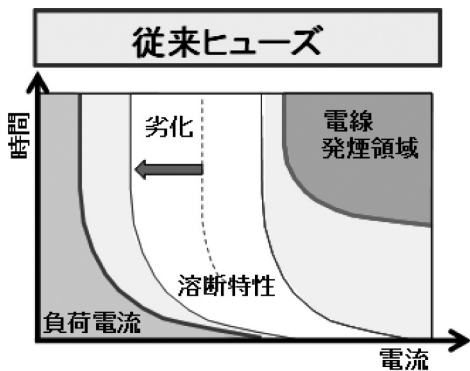


図6 従来ヒューズ溶断特性、負荷電流、発煙特性

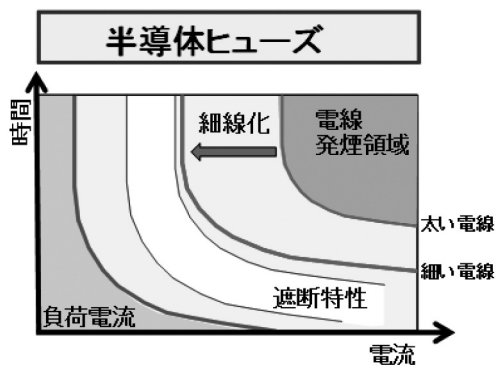


図7 半導体ヒューズ遮断特性、負荷電流、発煙特性

必要性があった。この為、従来製品の基板リレーを活用したモジュールでは、放熱板による放熱を必要とする複雑な構造となっていた。図8に従来モジュールの構造を示す。今回、基板リレーを低オン抵抗タイプのセンスMOSFETへ置き換えることで、総発熱量を71%削減でき、放熱板を排除した簡素な構造で放熱性を成立させることができた。また、ヒューズをなくすことにより、ヒューズ保持構造部品（ヒューズブロック）を排除することができる為、大幅な構造の簡素化、軽量化を達成できている。図9に開発品の構造を、また表1に製品の仕様差を示す。

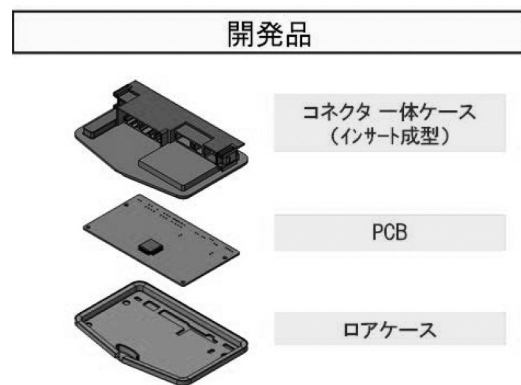


図9 開発品モジュール構造

#### 4. 機器の小型化

低オン抵抗タイプのセンスMOSFETの開発を行うことで、発熱量の低減を行うことができ、放熱構造を大幅に簡素化することができている。従来のリレーでは機械式接点をオンさせる為に、コイル部分に常時、電流を流し続ける

表1 製品仕様

	従来製品	開発品
外観		
出力チャンネル	9ch	10ch
ヒューズ	9個	無し(半導体内蔵)
パワー回路	バスバー(銅板)	プリント基板
放熱板	有り(アルミ板)	無し
主な放熱経路	ボディ放熱	自然放熱
防水	防水ゲルポッティング	防湿樹脂コーティング
サイズ	183×112×44mm 434cm <sup>3</sup>	150×105×27mm 223cm <sup>3</sup> ▲49%
質量	420g	178g ▲58%

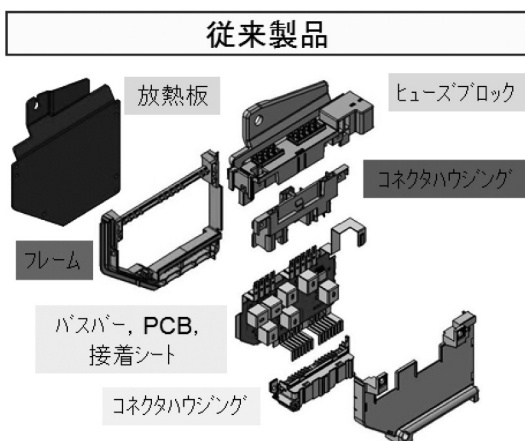


図8 従来モジュール構造

## 5. 結 言

従来の機械式ヒューズ及びリレーを半導体に置き換えることで、モジュールのサイズをコンパクト化出来、電源ボックスの小型化を実現した。

昨今、欧州を中心として、半導体化が加速している傾向にあり、こうした半導体による小型化技術は今後の電源ボックス開発にはなくてはならない技術になると考えており、今後も更なる小型化に向けた技術開発を加速させていく所存である。

### 用語集

#### ※1 IPD

Intelligent Power Device：様々な車両環境（熱、ノイズ、ショート電流、電圧変動）に対して自己保護機能を備えた半導体スイッチ素子。

#### ※2 センスMOS FET

パワーMOS FETは数千個の小信号FETが並列接続にされる構造を取っている。それらの小信号MOS FETの特性がほぼ同じであることを利用し、同一チップ内の一部のセルから電流を読み出せるようにした物。読み出した電流値によりチップ全体に流れる電流値を推測することが可能となる。

### 参 考 文 献

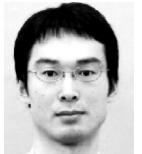
- (1) 自動車規格、JASO D-609:2001 解説
- (2) 山崎浩、「パワーMOSFETの応用技術 第2版」、P78-79、136-137、日刊工業新聞社

### 執 筆 者

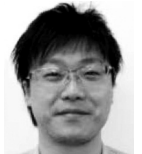
樋口 豊\*：住友電装(株) PE事業部 グループ長



古都 正彦：住友電装(株) PE事業部 主席



杉沢 佑樹：(株)オートネットワーク技術研究所  
パワーネットワーク研究部



高橋 成治：(株)オートネットワーク技術研究所  
パワーエレクトロニクス研究部 室長



\*主執筆者