

# 高機能ワンチップイグナイタ

特集

石井 憲一 (いしい けんいち)

宮沢 繁美 (みやざわ しげみ)

山本 毅 (やまもと つよし)

## 1 まえがき

富士電機は、自動車分野向けの半導体デバイスとして、ワンチップイグナイタやIPS (Intelligent Power Switch)、パワー IC などのインテリジェントパワーデバイス、ハイブリッド車用 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュール、BJT (Bipolar Junction Transistor) や MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)、IGBT、FWD (Free Wheeling Diode) などのディスクリートデバイス、圧力センサなど多くの製品を開発している。自動車用の半導体デバイスは、一般の半導体製品よりも厳しい環境で使用されるので、耐環境性や高信頼性が求められている。

今回、エンジンの点火装置に用いる高効率・高エネルギー点火方式に対応した、高機能ワンチップイグナイタを開発したので紹介する。

## 2 背景

近年の自動車は、安全性・快適性・省エネルギー化の要求に応えるべく、電子化が加速的に進んできている。エンジン点火装置も、法規制による排出ガスの抑制、低燃費化など性能の向上や環境への配慮などが求められている。従来の機械式ディストリビュータイグニションシステム (DIS) (図 1) から、個別電子制御化によるディストリ

ビュータレスイグニションシステム (DLIS) (図 2) へ移行してきた。

電子化により次のような利点があり、車両性能の向上につながる。

- (a) 点火タイミングの高精度な制御と最適化を行い、燃焼の効率化とそれに伴う低燃費化が可能である。
- (b) ディストリビュータやハイテンションコードが不要であるので、機械的な接点部にて発生するスパークによる焼損や配線でのエネルギー損失を減少できる。
- (c) 部品点数の減少により、信頼性向上やエンジンルーム内の省スペース化が実現できる。

DLIS に適用するパワースイッチは、エンジン近傍に設置するので、温度ストレス、電気的ストレス、振動などの機械的ストレスにさらされ、一般的な半導体と比較して高耐熱性や高信頼性が求められる。また、ECU (Electric Control Unit) からの駆動が容易で、高耐圧・大電流などが要求される。これらの要求に対し富士電機では、独自のパワー半導体技術やノウハウに加え、パッケージ技術、信頼性技術を用い、DLIS に対応するイグナイタを製品化した。さらに、より高度な制御や、イグナイタ自身にも保護機能を持たせたハイブリッド IC を開発し、高機能化も図ってきた。また、エンジンルーム内の省スペース化対応のために、図 3 のようにイグナイタの小型化も積極的に進めてきた。

イグナイタを小型化するために、複数チップで構成して

図 1 ディストリビュータイグニションシステム (DIS)

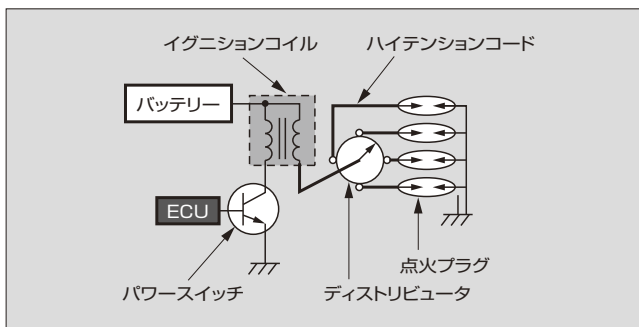
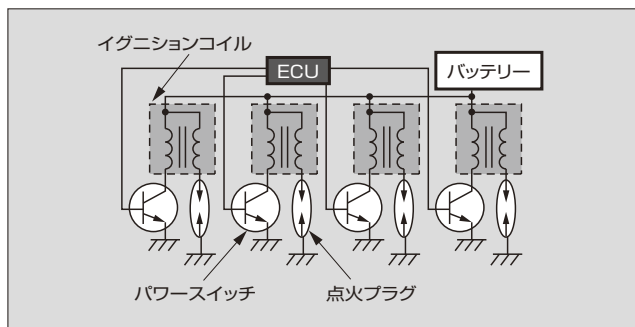


図 2 ディストリビュータレスイグニションシステム (DLIS)



石井 憲一

産業用 IGBT、イグナイタ用ワンチップ IGBT の設計・開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体開発営業本部開発統括部ディスクリート・IC 開発部。



宮沢 繁美

産業用 IGBT、イグナイタ用ワンチップ IGBT の設計・開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体開発営業本部開発統括部ディスクリート・IC 開発部。



山本 毅

産業用 IGBT、イグナイタ用ワンチップ IGBT の設計・開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体開発営業本部開発統括部ディスクリート・IC 開発部。

図3 イグナイタの外観

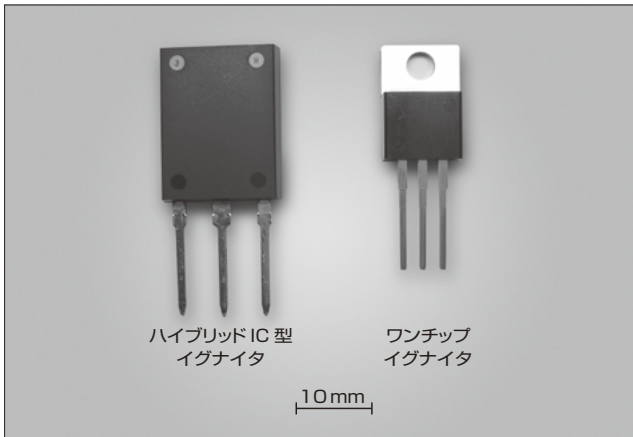


表1 イグナイタの比較

項目	分類	ハイブリッドIC型イグナイタ	ワンチップイグナイタ
パッケージ		TO-3P	TO-220
電流値		7A	10A以上
過電圧保護機能		○	○
電流制限機能		○	○
過熱保護機能		×	○

いた従来のハイブリッドタイプのイグナイタを、自己分離技術を用いて、IGBTと制御回路を同一Si基板上に形成し、ワンチップ化した。これにより、従来製品（ハイブリッドIC型イグナイタ）と比較しパッケージの小型化が実現できた（表1）。

自動車の基幹的役割を果たすイグナイタを含む点火装置として、従来の性能・品質を満足させつつ、実車で想定されるさまざまな電氣的ストレスや条件に対して、イグナイタ自身に保護機能を搭載した製品が必要となってきた。

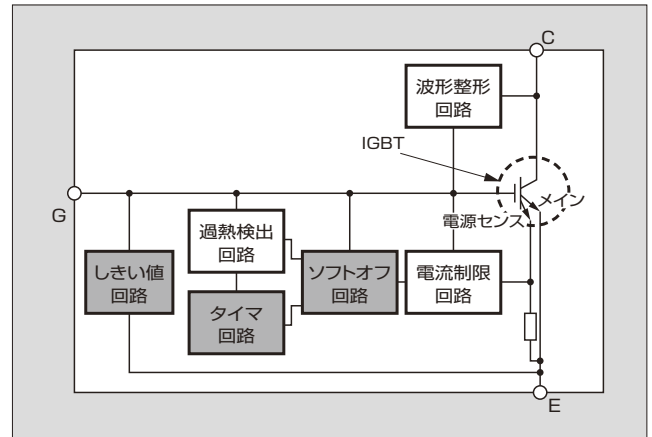
そこで今回、保護機能を強化した高性能ワンチップイグナイタの開発を行った。

### ③ 特長

大電流の通電を防止する電流制限機能、高温時に自己遮断する過熱検出機能を持つ現行機種に対して、今回開発したワンチップイグナイタでは、コイルを含む点火装置全体を考慮し、保護機能を強化した。主な機能は次のとおりである。

- (a) タイマ機能：長時間ゲート電位上昇時に、ある一定時間で自己遮断する機能
- (b) ソフトオフ機能：過熱検出機能動作時またはタイマ動作時に、通常遮断より緩やかに電流を遮断し、コイル二次側電圧が上昇、エンジン内でのスパークをなくすための機能
- (c) しきい値機能：ノイズなどにより、ゲートに電圧がオン信号と関係なく発生しても、IGBTがオンしにくくし、ノイズ耐性を向上させた機能

図4 概略回路図



従来製品の仕様を満足するだけでなく、これらの新機能を追加し、小型パッケージであるTO-220パッケージにチップを収めるために、次の2点を実施した。

- (a) ECUからのオン信号を制御回路の電源とする方式を採用した。制御回路の電源に安定した専用電源を用いると、4端子以上のパッケージが必要となり、小型、低コストのメリットが生かせない。そこで、図4に示すように、イグナイタのゲートにECUから来るオン信号を、制御回路の電源として用いた構成とした。
- (b) 微細加工ルールを適用した。

## ④ 基本機能と性能

### 4.1 電流制限機能

電流制限機能は、IGBTのゲート電圧を正確にコントロールし、エンジン点火に必要な電流を確保しつつ、過剰な電流を抑えるための機能である。IGBTに流れる電流を電圧変換し、電流制限回路によりIGBTのゲート電圧を正確にコントロールしている。IGBTに通電される電流の検出方法は、消費電力を抑えるため、図4に示すようにメインIGBTに並列接続した電流センスIGBTに流れる電流を検出する構成とし、 $V_{CE(sat)}$ を抑えている。

また、富士電機独自の波形整形回路<sup>(1)</sup>により、電流制限開始時に発生するコレクター-エミッタ間電圧のオーバershoot（コレクタ電圧の変動により、コイルの二次側に発生する電圧）を抑えているが、さらに電流制限回路の動作を最適化することで、コレクタ電圧の変動を抑え、効果を上げている（図5）。

### 4.2 過熱検出機能およびタイマ機能

過熱検出機能およびタイマ機能は、万が一の異常時に備えた機能である。何らかの原因で連続信号もしくはそれに該当する入力ゲートにあった場合、IGBTが連続通電し続けることをイグナイタ自身で防止する役割を果たす。

具体的には、過熱検出機能はIGBTがある一定温度に到達した場合に動作する。また、タイマ機能はある一定時間通電状態になった場合、IGBTのゲートをプルダウンし、

特集

図5 電流制限の波形

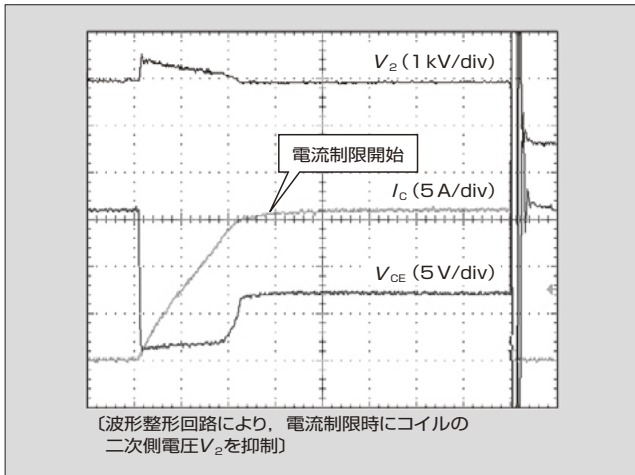


図7 ソフトオフの波形

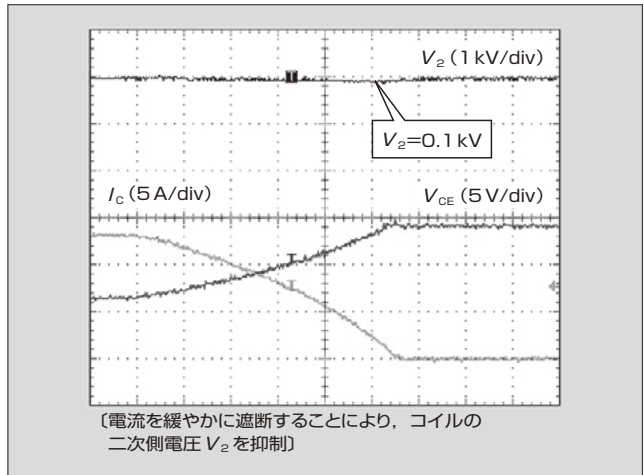
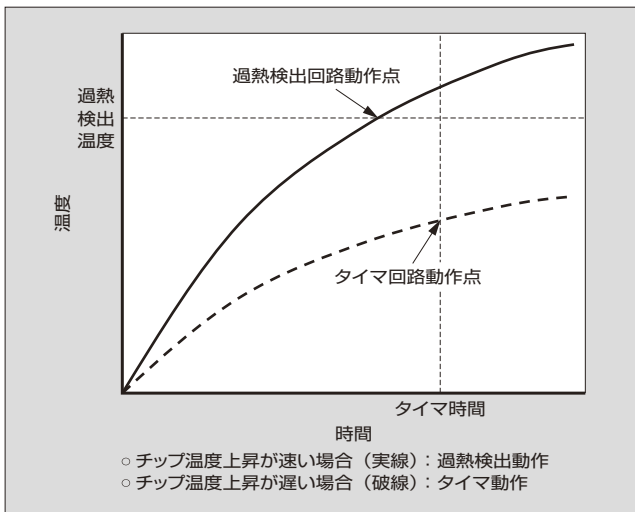


図6 過熱検出機能とタイマ機能の動作



電流を遮断する。

これらの機能により、図6に示すように比較的短時間に温度上昇が見られる場合は過熱検出機能が働く。逆に温度上昇が遅い場合はタイマ機能が働くことにより、イグナイタおよび点火システム全体をより確実に保護できる。

### 4.3 ソフトオフ機能

前述の過熱検出機能やタイマ機能は、所定の状態になった時点でイグナイタに通電している電流を遮断する。このため、ECUの信号によらずに電流が急激に変化し、それによりコイル二次側電圧が急激に変化し、正規のタイミング以外の所でスパークしてしまう可能性がある。これに対して、ソフトオフ機能は電流を遮断する際に、電流変化を緩やかにすることにより、どんなタイミングでもスパークを防止できる。図7にソフトオフの波形を示す。

### 4.4 チップサイズ

イグナイタは主にECUまたはコイルに実装し、エンジンルーム内に設置する。限られたスペース内に収めるためには、イグナイタを小さくする必要がある。イグナイタの高機能化のためであってもパッケージサイズを大きくすることは避けなければならない。このため、図4に示すように従来機種の設計思想を継承して、ECUからのオン信号を回路の電源に使用し、従来機能に加え新機能も正常に動作できるように設計した。また、それと同時に微細加工ルールを適用し、デバイスサイズの縮小も図った。

## 5 あとがき

今回、今後の市場やお客様の要求に対し、現行量産品に比べ保護機能を強化させた自動車用ワンチップイグナイタを開発した。自動車市場はよりワールドワイドに広がっていくことから、今後もさらなる要求を満足する製品を開発していく所存である。

### 参考文献

- (1) Yoshida, K. et al. A Self-Isolated Intelligent IGBT for Driving Ignition Coils. Proceedings of the 10th ISPSD 1998. p.105-108.
- (2) 竹内茂行ほか. 自動車イグナイタ用IPS. 富士時報. vol.72, no.3, 1999, p.164-167.
- (3) 山本光俊ほか. 自動車用ワンチップイグナイタ (F6008L). 富士時報. vol.76, no.10, 2003, p.612-615.
- (4) 逸見徳幸ほか. 自動車用ワンチップイグナイタ. 富士時報. vol.78, no.4, 2005, p.273-276.



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。