

# 自動車の環境調和と安全・快適性を支える半導体技術

Automotive Semiconductor Technologies Contributing to Eco-Friendliness, Safety, and Convenience

伊藤 健司      山川 功      荒川 則正

■ ITO Kenji      ■ YAMAKAWA Isao      ■ ARAKAWA Norimasa

自動車の基本機能は“走る”，“曲がる”，“止まる”ことである。近年，これらの機能を“環境に優しく”，“安全に”かつ“快適に”実現することが不可欠になり，そのため半導体にも新たな役割が要求されている。

東芝は，MOSFET（金属酸化膜半導体型 電界効果トランジスタ），LED（発光ダイオード）やBiCDプロセス<sup>（注1）</sup>，モータ制御技術，機能安全技術，画像認識・表示技術，通信技術，及び音声合成技術など，常に最先端の半導体技術を駆使し，自動車の環境対策や，安全性及び快適性の向上に貢献し続けている。

Semiconductors for automotive use are not only essential for basic vehicle functions such as driving, turning, and braking, but have also become necessary to satisfy growing requirements for eco-friendliness, safety, and comfort in recent years.

In response to the changing needs of automotive markets, Toshiba has been consistently engaged in the development of leading-edge semiconductor technologies that can contribute to environmental preservation and improvements in safety and comfort. These technologies include metal-oxide-semiconductor field-effect transistors (MOSFETs) for a broad range of automotive applications, light-emitting diodes (LEDs) for lighting, microcontroller units (MCUs) for motor control, BiCD process and functional safety technologies, graphic- and image-recognition technologies to meet new safety requirements, and voice synthesis and communication technologies for enhanced convenience.

## 1 まえがき

近年のカーエレクトロニクスの発展は目覚ましく，もはや半導体なくして自動車は成り立たないと言える。車載用半導体の歴史は古く，1960年代の整流器に始まるが，東芝も，この分野において，常に最先端の半導体技術や製品を提供し続けている。

近年，環境対策のため，石油燃料で駆動する従来の自動車に代わって，電気自動車（EV）やハイブリッド電気自動車（HEV）に代表される電動車両が普及しつつあり，その心臓部である電気モータや周辺機器を制御する信号系も，従来の油圧制御から電子制御へと移行しつつある。これら電子化を支えるのがMOSFETやBiCDプロセスであり，高効率化を実現するのがモータ制御技術である。

また，自動車や歩行者の安全をより確実にするために，より故障の少ない，あるいは故障しても最低限の走行を保証する技術や，周辺の歩行者や車両を認識して運転者に知らせる技術が法規制化される流れにある。これらを支えるのが機能安全技術や画像認識・表示技術である。

一方，携帯電話やポータブル機器の普及に伴い，これらの機器と連動させて車内でも音楽や通話を楽しみたいというニーズが高まり，機器との接続が容易にできるBluetooth<sup>®</sup>（注2）

通信用LSIや音声合成技術の開発が進んでいる。

ここでは，自動車の環境調和と安全・快適性を支える代表的な半導体技術や製品，及び当社の取組みについて述べる。

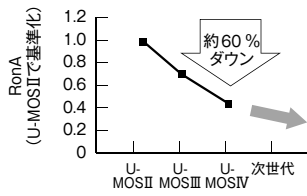
## 2 高性能MOSFET

自動車の安全性と快適性の向上要求に伴い，ABS（Antilock Brake System）やEPS（Electric Power Steering）などの電動ユニットが増加し，その電氣的スイッチやモータ制御などに使われるパワー半導体の需要が増加している。更に，HEVなどの普及により，主駆動モータや昇圧・降圧コンバータなどにも多数のパワー半導体が搭載され，従来の低耐圧系デバイスだけでなく，高耐圧系デバイスの需要も拡大している。

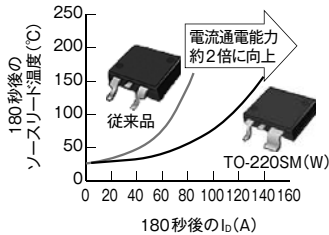
低耐圧系MOSFETでは，トレンチゲート構造の積極的採用で半導体チップの表面近傍部の抵抗が大幅に削減され，更に，最新の微細加工技術の適用で開発世代ごとに低オン抵抗（RonA）化が進み（図1），機器の電力損失低減や小型化に貢献している。高耐圧系MOSFETにおいても，近年，スーパージャンクション構造が適用され，オン抵抗は従来構造品に比べ約1/3と大幅に削減されている。当社は，この構造を適用してDTMOSの名称で2006年に製品化し，現在は，オン抵抗などを更に改善した第3世代品の製品化を進めている。更に，Si

（注1） バイポーラトランジスタとCMOS（相補型MOS）に加え，高耐圧・大電流能力のLDMOS（Lateral-Diffused MOS：横方向拡散MOS）を内蔵したプロセス。

（注2） Bluetoothは，Bluetooth SIG, Inc. が所有する登録商標であり，東芝は許可を受けて使用。



パワー MOSFET のデザイン世代  
\*  $V_{DSS} = 40\text{ V}$  系 MOSFET の  $R_{onA}$  低減トレンド  
(a) チップデザインの微細化



(b) ソースリード温度の上昇比較

(c) TO-220SM(W) パッケージ 代表製品の特性値

極性	品名	絶対最大定格		$R_{DS(on)}$ max (mΩ)	
		$V_{DSS}$ (V)	$I_D$ (A)	$V_{GS} = 6\text{ V}$	$V_{GS} = 10\text{ V}$
Nチャネルタイプ	TK100F04K3L	40	100	4.5	3.0
	TK150F04K3L		150	3.2	2.1
	TK130F06K3		60	130	—
Pチャネルタイプ	TJ100F04M3L	-40	-100	5.4	3.6
	TJ150F04M3L		-150	4.2	2.8
	TJ150F06M3L		-60	-150	6.1

U-MOSII : 東芝のトレンチゲート構造の MOSFET の呼称で、II は第 2 世代を表す  $V_{DSS}$  : ドレインソース間電圧 (ゲート端子ショート)  $I_D$  : ドレイン電流  
 $R_{DS(on)}$  : ドレインソース間抵抗  $V_{GS}$  : ゲートソース間電圧

図 1. 微細化とパッケージ改善の効果 — 最新の微細加工技術の適用で低オン抵抗を進めている。また、パッケージ (外部ソース端子、内部接続) の改善により大電流化を図っている。

Improvements in packages by applying finer patterning and new packaging

(シリコン) に替わる新素材として SiC (炭化ケイ素) や GaN (窒化ガリウム) を使ったデバイスの開発も積極的に進めている。

一方パッケージにおいても、新たに TO-220SM (W) パッケージを開発した。外部ソース端子を従来の TO-220 表面実装品に比べ 2.35 mm と幅広 (当社従来品は 0.76 mm) にするとともに、内部接続も従来のワイヤボンディングからコネクタ接続へ変更して大電流化を実現し (図 1)、チャンネル温度 ( $T_{ch}$ ) = 175 °C の保証を含め、車載品に要求される信頼性も確保した。また、同様の内部コネクタ構造で、1 サイズ小型 (6.5 × 9.5 mm) の D-PAK クラスの製品も開発した。

### 3 LED<sup>(1)</sup>

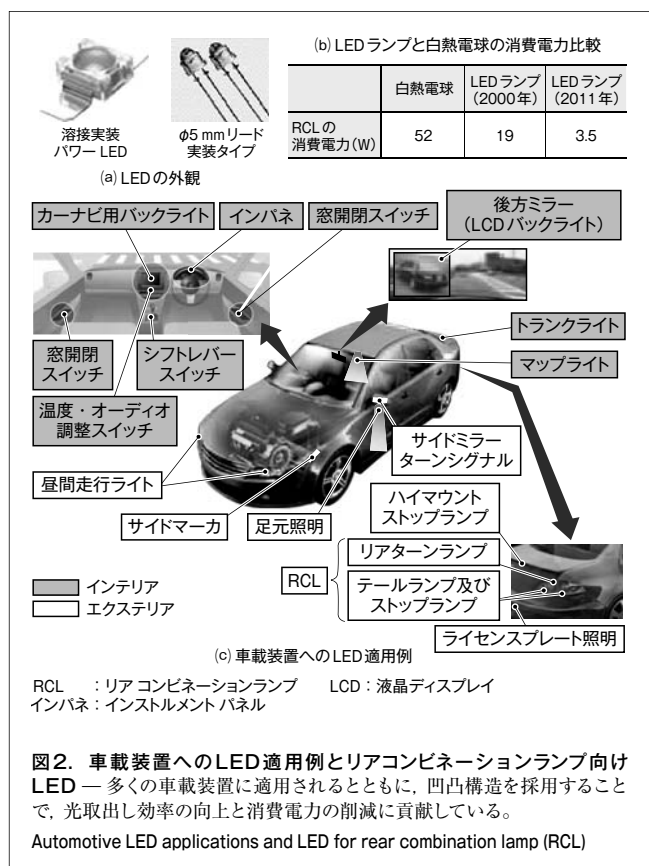
自動車の安全性や燃費効率を向上させるため、車室内の照明及びエクステリアランプの光源など車載用の光源の大部分が白熱電球から LED へと替わってきている。また、更なる低消費電力化を図るため、高輝度 LED の需要が拡大している。

主にブレーキランプなどのエクステリア用光源には、光取出し効率を向上させるためにチップ表面に微細凹凸構造を採用し、光束を大幅に向上させた四元素 (InGaAlP : インジウム ガリウム アルミニウム リン) 赤色 LED が採用されている。非常に高い環境性能を実現した環境調和型 LED で、これによってランプ類の消費電力が大幅に削減され、燃費効率の向上に大きく貢献している (図 2)。

インテリア用では、メータ部のバックライト、警告ランプや各種スイッチの光源などに LED が採用されている。当社は、車載用には世界標準の PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) パッケージを中心に量産化しており、GaN 系白色 LED から InGaAlP 有色 LED まで、用途に応じた製品を展開している。

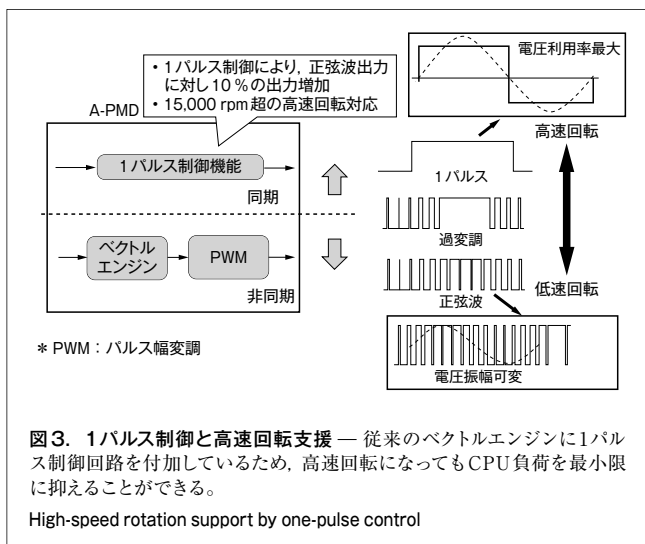
### 4 車両駆動用モータ制御技術

米国でマイコンによる最初のエンジン制御が導入された



1970 年代の後半に、当社は、当時のミニコンピュータ並みのアーキテクチャを持った 12 ビットマイコンを開発した。また、1980 年代の前半には、国内向けにも 8 ビットマイコンを開発し、当時の既存のマイコンに比べて約 2 倍の性能アップに貢献してきた歴史がある。いずれも、燃料噴射制御や点火時期制御など複数の処理を同時に実行、制御し、適切な量の燃料を適切なタイミングで噴射することで、エンジンの効率を損なうことなく排出ガスをクリーン化するという効果を実現した。

この取り組みから 30 年以上が経過したが、自動車の台数に比例して消費エネルギーは世界的に著しく増加し、更なる環境



対策が避けられない状況となっている。このような背景から、HEVやEVの普及が不可欠となっており、当社は、これらの環境対応車向けに最新のモータ制御回路 A-PMD (Advanced Programmable Motor Driver) を開発し、マイコンへの搭載を進めている。A-PMDの主な特長は、15,000 rpm以上の高速回転を制御する1パルス制御機能である。

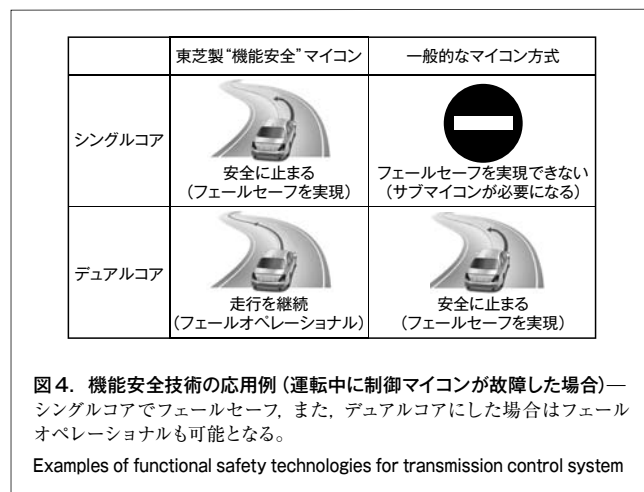
車体の軽量化により、燃費又は電費を向上させるためには、部品の小型化が不可欠となるが、モータの場合、小型化すると一般的に駆動トルクが低下する。これを回避するには、モータの回転数を上げ、駆動トルクを補う必要があり、ここでA-PMDの1パルス制御回路が有効となる。A-PMDは、ベクトルエンジンを持つ従来のモータ制御回路PMDに対し、新開発の1パルス制御回路を付加しているため、低速回転域から高速回転域まで、マイコンのCPUへの負荷を増やさずに効率良く制御することが可能となった(図3)。

また、従来は別部品であったRDC (Resolver Digital Converter) をデジタル化してマイコンに内蔵し、部品点数の削減による小型・省スペース化にも貢献している。

部品の小型化に対しては、組立て技術を活用したSiP (System in Package) 技術の開発も進めている。これまで車載用途にはデジタルとアナログの2チップを1パッケージに封入した2 in 1が主流であったが、ナビゲーションシステム向けにデジタル、アナログ、パワー、及びメモリの4チップを封入した製品の開発にも着手しており、2012年に量産化する計画である。

## 5 機能安全

従来、自動車の機能安全に関する統一された規格はなく、自動車メーカーが独自に研究開発を行って安全を確保していた。近年、これを標準化する動きが始まっており、まもなくISO 26262 (国際標準化機構規格26262) として制定される見



込みである。

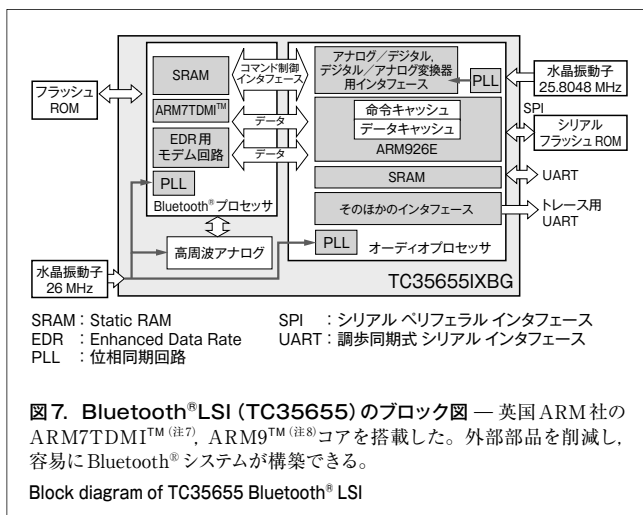
当社は、半導体部品レベルでもいち早く機能安全に対応するため、既に制定されている機能安全規格のIEC 61508 (国際電気標準会議規格61508) を参照して技術開発を行い、ドイツに本拠を置く第三者試験認証機関であるTÜV (Technischer Überwachungs Verein) SÜDでSIL3 (Safety Integrity Level 3) の認証を取得した。その一環として、イタリアのYogitech社の技術を導入している。一般的なマイコン方式であるデュアルロックステップ方式は、故障したら安全に機能を停止(フェールストップ)するためにデュアルコアが必要となるが、当社の技術コンセプトはシングルコアでフェールストップし、デュアルコアであれば故障しても正しく動作(フェールオペレーション)することを目指している(図4)。

現在、この技術を用いて、“曲がる”機能を担う電動パワーステアリング用のマイコンを開発している。また、この電動パワーステアリングプロジェクトでは、BiCDプロセスによるアナログASIC (特定用途向けLSI) の開発も進めている。

当社のBiCDプロセスは高精度で高耐圧のアナログ回路によって、高精度な制御、大規模ロジックによるマイコン機能の取込み、ドライバ機能の集積化、低スタンバイ電流化、及び車内LAN機能によるワイヤハーネスの削減など、従来から小型・軽量化や省エネ化に貢献している。近年では、メカ(機構)と電子ユニット(ECU)を一体化する傾向にあり、より過酷な車載環境下での耐性が求められている。当社は、この要求に応えるため、BiCDプロセスの150℃動作保証や特殊静電気サージ対策を進めている。

この機能安全技術は、“走る”、“止まる”にも順次展開していくが、機能安全の実現でもっとも重要なのは、システム全体で安全を担保することである。すなわち、マイコン、アナログASIC、ソフトウェアの三位一体で安全設計を行う必要がある。当社は、これらを一括して開発することが可能であり、その強みを生かして、更なる機能安全技術の向上に貢献していく。





性を求めて、自動車と外部とのネットワークが重要になっている。その一つが携帯電話であり、安全面から運転中の使用に関して法制化が進められ、2.4 GHzの近距離無線技術であるBluetooth®を利用したハンズフリーシステムが普及しつつある。

当社は、Bluetooth® SIG (Special Interest Group)のプロモーターの1社として、新規仕様の策定や接続互換性の向上などに参画し貢献するとともに、携帯電話やポータブルオーディオ機器とのBluetooth®接続を容易に実現でき、快適なハンズフリー通話やワイヤレス音楽再生ができる1チップBluetooth® LSI (TC35655)を製品化した(図7)。RF(高周波)部は、独自のバイアス電流合成方式による温度補償技術で、車載機器に必要な広い動作温度範囲にわたり世界トップレベルの高受信感度を実現した。更に、送受信切替えスイッチなどを混載し外部部品を削減した。また、デジタルベースバンド部とオーディオプロセッサ部によりBluetooth®通信制御に加え、各種プロファイルが動作し、音楽再生中のハンズフリー通話制御などのマルチ動作を実現する。更に、電話帳管理機能を内蔵し、車載ハンズフリー通話制御と連携した発信者番号表示なども可能である。

## 9 音声合成技術

音声合成は、ハンズフリー通話や車載機器のガイド音声など、いわゆるHMI (Human Machine Interface)と言われるわかりやすく扱いやすいインタフェースを構築するためのキー技術である。当社の音声合成システム ToSpeak™<sup>(2), (3)</sup>は、独自の新技术である“複数素片選択融合方式”により、均質で滑らかな、かつ自然な合成音声を、数Mバイト規模のメモリサイズで実現する。これに加え、当社は次の課題に取り組んでいる。

- (1) 任意文読上げ 従来の交差点名の読上げなど事前に発音データを準備できるアプリケーションだけでなく、

(注7), (注8) ARM7TDMI, ARM9は, ARM Ltd.の商標。

携帯電話の電話帳に登録された人名やメールの読上げなど、その場でテキストから音声を作る任意文読上げのアプリケーションに対する市場ニーズが拡大している。任意文読上げのためには読みの正確さが重要で、言語辞書の充実、形態素解析やテキスト整形処理の強化により高い読み精度を実現しており、更に精度向上を目指している。

- (2) 声のバリエーション拡大 子供やキャラクターなど声のバリエーションの拡大や、従来の冷静なアナウンサー調のしゃべり方に加えて、親しみ感のある会話調音声や、ドライバーへの注意喚起を目的とした注意喚起調音声なども開発中である。

今後も、日々変化する新語への対応や、多言語化対応などアプリケーション拡大の市場要求に応じていく。

## 10 あとがき

当社の車載用半導体への取組みは古く、マイコンをはじめとしたシステムLSI、バイポーラ製品、ディスクリート製品、カーオーディオをはじめとしたアナログ製品、及びメモリ製品など幅広い製品の開発を進めている。

今後も、ラインアップの拡充、ISOをはじめとした国際標準規格への対応、及び機能安全やISO/TS 16949 (ISO技術仕様書16949)といった品質システムへの対応など、ユーザーの要求に応えられるよう絶えず努力していく。

## 文献

- 本館淳哉. 車載への適用が進む高輝度LEDランプ. 東芝レビュー. 65, 1, 2010, p.35 - 38.
- 平林 剛, 他. 次世代音声合成システム ToSpeak™V2を支える多様性向上技術. 東芝レビュー. 65, 4, 2010, p.43 - 47.
- 東芝 セミコンダクター社. “音声合成ミドルウェア ToSpeak™”. <<http://www.semicon.toshiba.co.jp/product/assp/selection/automotive/infotain/tospeak/index.html>>. (参照 2010-12-01).



伊藤 健司 ITO Kenji

セミコンダクター社 統括技師長附。  
システム技術の統括業務に従事。  
Semiconductor Co.



山川 功 YAMAKAWA Isao

セミコンダクター社 ディスクリート応用技術技師長。  
ディスクリート応用技術の統括業務に従事。  
Semiconductor Co.



荒川 則正 ARAKAWA Norimasa

セミコンダクター社 アナログ・イメージングIC事業部 車載LSI技術部参事。車載用システムLSIの応用技術統括業務に従事。  
Analog & Imaging IC Div.