

# イグナイタ用 IGBT DGUシリーズの開発

## Development of IGBT DGU Series for Igniters

青木 達朗\*  
Tatsuro Aoki

**概要** 自動車の排ガス規制，燃費向上への対応としてカーエレクトロニクス化が拡大し，エンジンの点火プラグを駆動するイグナイタにもトランジスタが用いられるようになった。当社のディスクリート製品ではこれまでに2輪向けのイグナイタ用バイポーラトランジスタ，IGBTのラインアップは存在したが4輪向けは性能面で参入できていなかった。4輪向けでは2輪向けと比べて高耐圧，高電流駆動，小型化のIGBTが要求されており，これらの要求に応える形でTO252パッケージのDGUシリーズの開発を行った。

### 1. まえがき

自動車の排ガス規制，燃費向上への対応としてカーエレクトロニクス化が拡大し，エンジンの点火プラグを駆動するイグナイタにもトランジスタが用いられるようになった。イグナイタとはECUからの信号で点火コイルを駆動させるための部品であり，図1に構成例を示す。

トランジスタのコレクタはコイルの1次側を通してバッテリーに接続されており，ECUからゲートに信号が送られるとコレクターエミッタ間が導通し，コイルに電流が流れる。コイルに電流が流れると磁束が発生し，エネルギーが蓄えられる。ECUからの信号が切れると，電磁誘導によって起電力が発生し，点火プラグにつながる2次側のコイルの巻数に比例した電圧が発生し，この電圧を利用してプラグが点火する。

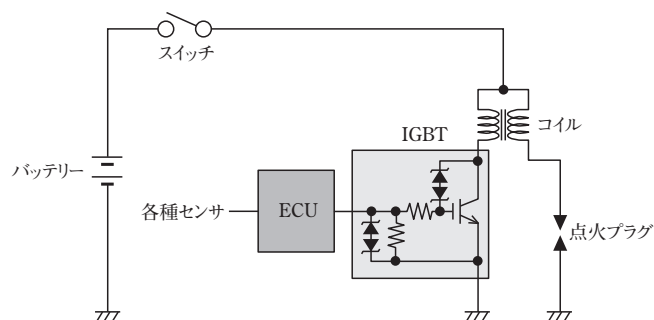


図1 イグナイタ構成  
Igniter system

当社のディスクリート製品ではこれまでに2輪向けのイグナイタ用バイポーラトランジスタ，IGBTのラインアップは存在したが4輪向けは性能面で参入できていなかった。4輪向けでは高耐圧，高電流駆動，小型化のIGBTが要求されており，これらの要求に応える形で低飽和電圧，高エネルギー耐量のIGBTであるDGUシリーズの開発を行った。市場の要求によりコレクターゲート間クラムプ電圧が400V (DGU4020GR)と450V (DGU4520GR)の2品種をラインアップした。

### 2. 構造

図2にDGUシリーズの等価回路を示す。耐圧の違いは，コレクターゲート間のツェナーダイオードによって変えているため，IGBTのセル構造は両耐圧とも同じである。また，ゲートエミッタ間に保護用のツェナーダイオード (11.5V typ) と抵抗 (47kΩ typ)，およびゲート抵抗 (70Ω typ) を内蔵している。

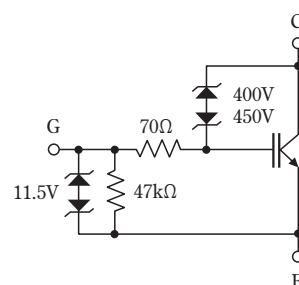


図2 等価回路  
Equivalent circuit

\* デバイス事業本部 技術本部 DIS事業部 開発1課

### 3. 外観

パッケージはTO252を採用しており従来のTO263パッケージに比べて実装面積を約55%削減、重量を約75%削減することが可能となった。また、定常熱抵抗は0.87℃/W ( $T_c=25^\circ\text{C}$ )である。図4にDGUシリーズの過渡熱特性を示す。

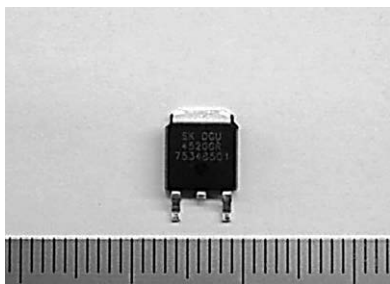


図3 外観写真  
Exterior photo

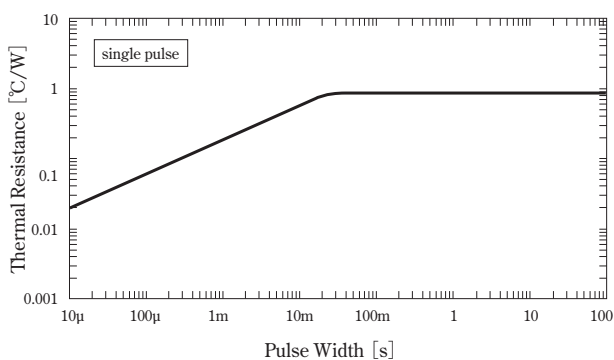


図4 熱抵抗特性  
Thermal resistance characteristics

### 4. 特性

#### 4.1 $V_{(BR)CES}$ 耐圧

図5に $V_{(BR)CES}$  (コレクターゲート間クランプ電圧)の温度特性を示す。DGU4020GR, DGU4520GRどちらも温度による耐圧変動が小さいため、高温環境下でもイグナイタ動作を安定させることができる。

#### 4.2 $V_{GE(TH)}$ 特性

図6に $V_{GE(TH)}$ の特性を示す。DGUシリーズは低スレッシュホールド電圧であるため5Vのゲート駆動が可能である。

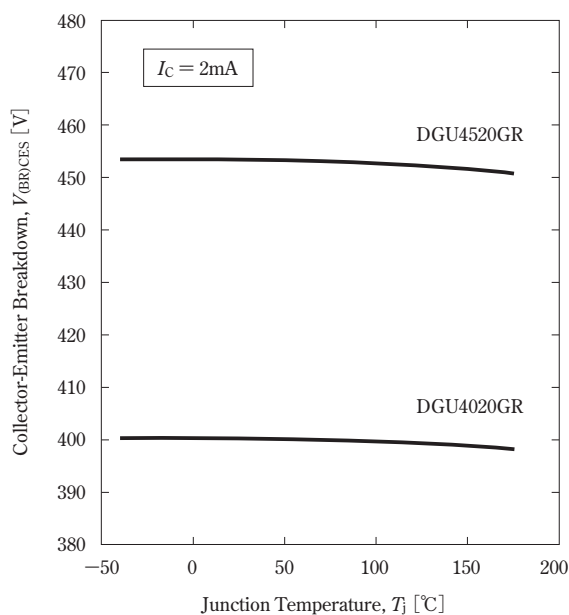


図5  $V_{(BR)CES}$ の温度特性  
Breakdown voltage vs. Junction temperature

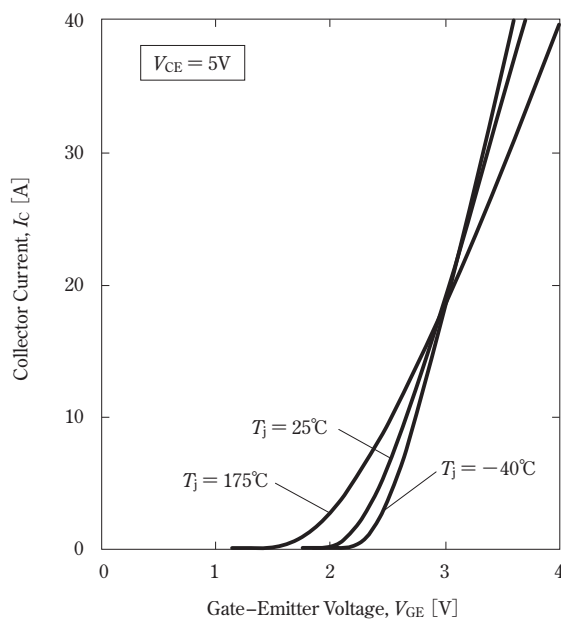


図6  $V_{GE(TH)}$ 特性  
Transfer characteristics

### 4.3 低飽和電圧

飽和電圧  $V_{CE(sat)}$  の温度特性について、開発品の DGU シリーズと従来品との比較を図7, 8に示す。DGU シリーズはセルサイズの微細化とチップサイズの拡大により、従来品よりも飽和電圧  $V_{CE(sat)}$  を大幅に低減することが可能となった。

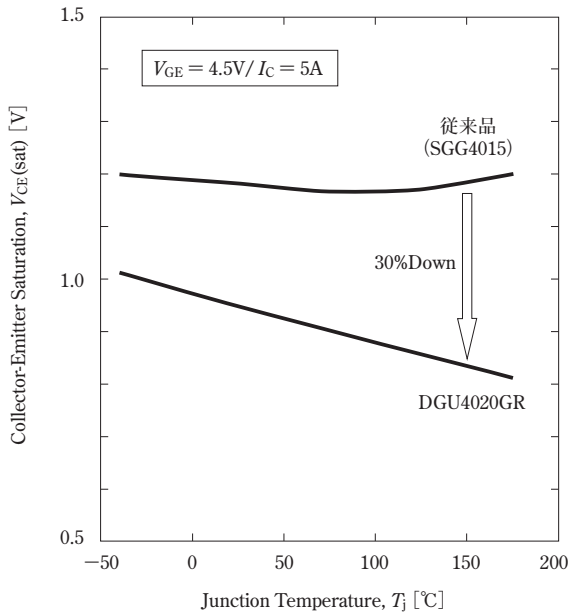


図7  $V_{CE(sat)}$ の温度特性 ( $V_{GE}=4.5V/I_C=5A$ )  
Saturation voltage vs. Junction temperature

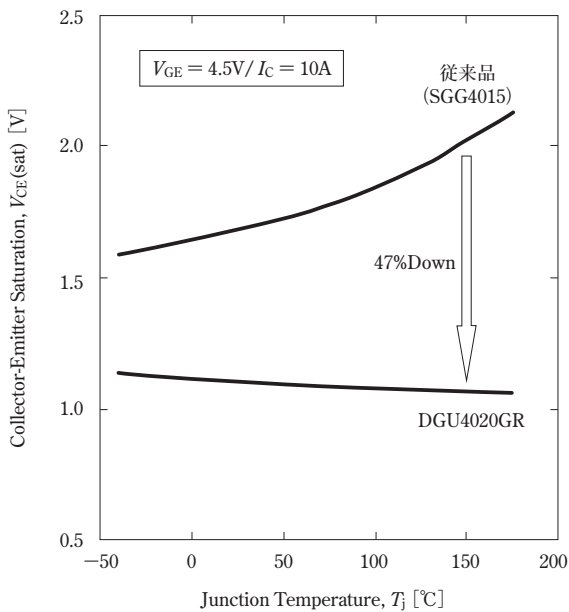


図8  $V_{CE(sat)}$ の温度特性 ( $V_{GE}=4.5V/I_C=10A$ )  
Saturation voltage vs. Junction temperature

### 4.4 高エネルギー耐量

エネルギー耐量  $E_{SCIS}$  について、開発品の DGU4020GR と従来品との比較を図9に示す。開発品はエビ厚の最適化により従来構造に比べて約1.8倍以上  $E_{SCIS}$  耐量が向上している。

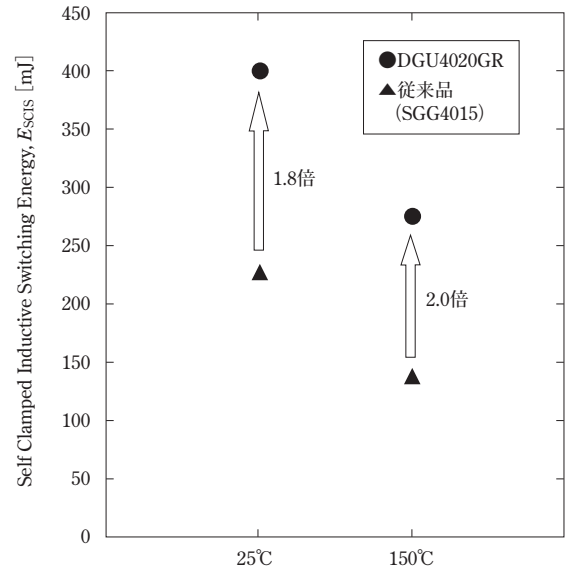


図9 Escis特性  
Escis characteristics

## 5. まとめ

開発した DGU シリーズの仕様を表1, 2に示す。低飽和電圧と高エネルギー耐量を両立し、信頼性も AEC-Q101 を準拠した製品を開発することに成功した。DGU シリーズにより、これまで当社が参入できていない市場への販売拡大を目指す。

表1 DGUシリーズの最大定格  
Absolute Maximum Ratings of DGU series

Parameter	Symbol	Test Conditions		Rating		Unit
		DGU4020GR	DGU4520GR	DGU4020GR	DGU4520GR	
Collector to Emitter Voltage	$V_{CES}$			CLAMPED		V
Gate to Emitter Voltage	$V_{GE}$			$\pm 10$		V
Continuous Collector Current	$I_{C(DC)}$	$T_C=25^\circ\text{C}$		20		A
Power Dissipation	$P_D$	$T_C=25^\circ\text{C}$		172		W
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$			0.87		$^\circ\text{C}/\text{W}$
Self Clamped Inductive Switching Energy	$E_{SCIS}$	$V_{CC}=14\text{V}, V_{GE}=5\text{V},$ $L=1.6\text{mH}, R_G=1\text{k}\Omega$	$V_{CC}=14\text{V}, V_{GE}=5\text{V},$ $L=1.5\text{mH}, R_G=1\text{k}\Omega$	320	300	mJ
Self Clamped Inductive Switching Current	$I_{SCIS}$			20		A
Reverse Avalanche Energy	$E_{AS(R)}$	$L=6\text{mH}$		2000		mJ
Operating Junction Temperature	$T_j$			175		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$			-40 to 175		$^\circ\text{C}$

表2 DGUシリーズの電気低特性  
Electrical Characteristics of DGU series

Parameter	Symbol	Test Conditions	min	typ	max	Unit	
Collector to Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CES}$	DGU4020GR $I_C=2\text{mA}, V_{GE}=0\text{V}$	375	400	425	V	
		DGU4520GR $I_C=2\text{mA}, V_{GE}=0\text{V}$	425	450	475	V	
Gate to Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)GES}$	$I_C=\pm 1\text{mA}, V_{CE}=0\text{V}$	$\pm 10$	$\pm 11.5$	$\pm 13$	V	
Collector to Emitter Leakage Current	$I_{CES}$	DGU4020GR $V_{CE}=300\text{V}, V_{GE}=0\text{V}$	—	—	100	$\mu\text{A}$	
		DGU4520GR $V_{CE}=350\text{V}, V_{GE}=0\text{V}$	—	—	100	$\mu\text{A}$	
Reverse Collector to Emitter Leakage Current	$I_{ECs}$	$V_{EC}=24\text{V}$	—	—	1.0	mA	
Gate to Emitter Leakage Current	$I_{GES}$	$V_{GE}=\pm 5\text{V}$	$\pm 89$	$\pm 106$	$\pm 132$	$\mu\text{A}$	
Gate Threshold Voltage	$V_{GE(TH)}$	$V_{CE}=10\text{V}, I_C=1\text{mA}$	1.4	1.75	2.1	V	
Collector to Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$V_{GE}=3.5\text{A},$ $I_C=10\text{A}$	$T_j=25^\circ\text{C}$	—	1.16	1.39	V
			$T_j=150^\circ\text{C}$	—	1.15	1.50	V
		$V_{GE}=4.5\text{A},$ $I_C=10\text{A}$	$T_j=25^\circ\text{C}$	—	1.10	1.32	V
			$T_j=150^\circ\text{C}$	—	1.08	1.40	V
		$V_{GE}=4.5\text{A},$ $I_C=15\text{A}$	$T_j=25^\circ\text{C}$	—	1.25	1.50	V
			$T_j=150^\circ\text{C}$	—	1.31	1.77	V
$V_{GE}=4.5\text{A},$ $I_C=20\text{A}$	$T_j=25^\circ\text{C}$	—	1.39	1.67	V		
	$T_j=150^\circ\text{C}$	—	1.58	2.13	V		
Input Capacitance	$C_{ies}$	$V_{CE}=10\text{V}, V_{GE}=0\text{V}, f=1.0\text{MHz}$	—	1900	—	pF	
Output Capacitance	$C_{oes}$		—	460	—		
Reverse Transfer Capacitance $C_{rec}$	$C_{res}$		—	160	—		
Series Gate Resistor	$R_G$		—	70	—	$\Omega$	
Gate to Emitter Resistor	$R_{GE}$	$T_j=-40\text{ to }175^\circ\text{C}$	37.6	47	61.1	k $\Omega$	