

# 第2世代低損失 SJ-MOSFET 「Super J MOS S2 シリーズ」「Super J MOS S2FD シリーズ」

2nd-Generation Low-Loss SJ-MOSFET “Super J MOS S2 Series” and “Super J MOS S2FD Series”

渡邊 荘太\* WATANABE, Sota

近年、地球温暖化防止などを背景にして、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの普及が進んでいる。しかしながら、社会インフラ、自動車、産業機械、IT 機器、家電製品などの分野でエネルギー消費量が増加しており、エネルギーをいっそう効率的に利用するために電力変換技術の重要性が増している。電力変換機器には、高効率、高電力密度、低ノイズといった要求があり、その電力変換部で使用されているパワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などの半導体スイッチング素子には、小型で低損失、低ノイズが求められている。

富士電機はこのような要求に応えるため、素子の耐圧  $BV_{DSS}$  とオン抵抗のトレードオフ関係を改善し、かつターンオフスイッチング時の跳ね上がり電圧を抑制することで、使いやすく、電力変換機器の変換効率を向上できる第2世代低損失 SJ-MOSFET 「Super J MOS S2 シリーズ」(S2 シリーズ)、および S2 シリーズよりも内蔵ダイオードを高速化した「Super J MOS S2FD シリーズ」(S2FD シリーズ) を発売した。それぞれの製品系列と主

要特性を、表1と表2に示す。

## ① 特徴

Super J MOS S2 シリーズと Super J MOS S2FD シリーズの特徴は次のとおりである。




- (a) 単位面積当たりのオン抵抗  $R_{on} \cdot A$  を従来比で約 25% 低減した。
- (b) ターンオフ損失  $E_{off}$  の低減とターンオフスイッチング時の跳ね上がり電圧 ( $V_{DS}$  サージ) の抑制とを両立させた。 $V_{DS}$  サージが 480 V のときの  $E_{off}$  を約 30  $\mu$ J 低減した。
- (c) 充放電時発生損失  $E_{OSS}$  を従来比で約 30% 低減した。
- (d) トータルゲート電荷量  $Q_G$  を従来比で約 30% 低減した。
- (e) S2FD シリーズは、S2 シリーズに対して内蔵ダイオードの逆回復時間  $t_{rr}$  を約 50% 低減した。

表1 「Super J MOS S2 シリーズ」の製品系列と主要特性

$V_{DS}$ (V)	$R_{DS(on)}$ max. (m $\Omega$ )	$I_b$ (A)	製品系列				
			TO-247 パッケージ	TO-3P パッケージ	TO-220 パッケージ	TO-220F パッケージ	TO-252 パッケージ
600	25.4	95.5	FMW60N025S2	—	—	—	—
	40	66.2	FMW60N040S2	—	—	—	—
	55	49.9	FMW60N055S2	—	—	—	—
	70	39.4	FMW60N070S2	—	—	—	FMV60N070S2
	79	37.1	FMW60N079S2	—	FMP60N079S2	FMV60N079S2	—
	88	32.8	FMW60N088S2	—	FMP60N088S2	FMV60N088S2	—
	99	29.2	FMW60N099S2	—	FMP60N099S2	FMV60N099S2	—
	125	22.7	FMW60N125S2	—	FMP60N125S2	FMV60N125S2	—
	160	17.9	FMW60N160S2	—	FMP60N160S2	FMV60N160S2	—
	190	15.5	FMW60N190S2	FMH60N190S2	FMP60N190S2	FMV60N190S2	—
	280	10.4	—	FMH60N280S2	FMP60N280S2	FMV60N280S2	FMD60N280S2
	380	8.1	—	—	FMP60N380S2	FMV60N380S2	FMD60N380S2

\* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部ディスクリート・IC 技術部

表2 「Super J MOS S2FD シリーズ」の製品系列と主要特性

$V_{DS}$ (V)	$R_{DS(on)}$ max. (mΩ)	$I_D$ (A)	製品系列		
			TO-247 パッケージ 	TO-220 パッケージ 	TO-220F パッケージ 
600	27	95.5	FMW60N027S2FD	—	—
	43	66.2	FMW60N043S2FD	—	—
	59	49.9	FMW60N059S2FD	—	—
	75	39.4	FMW60N075S2FD	—	FMV60N075S2FD
	84	37.1	FMW60N084S2FD	FMP60N084S2FD	FMV60N084S2FD
	94	32.8	FMW60N094S2FD	FMP60N094S2FD	FMV60N094S2FD
	105	29.2	FMW60N105S2FD	FMP60N105S2FD	FMV60N105S2FD
	133	22.7	FMW60N133S2FD	FMP60N133S2FD	FMV60N133S2FD
	170	17.9	FMW60N170S2FD	FMP60N170S2FD	FMV60N170S2FD

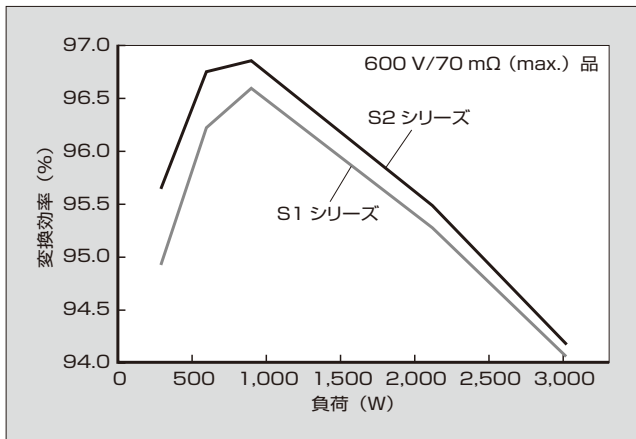


図1 変換効率特性

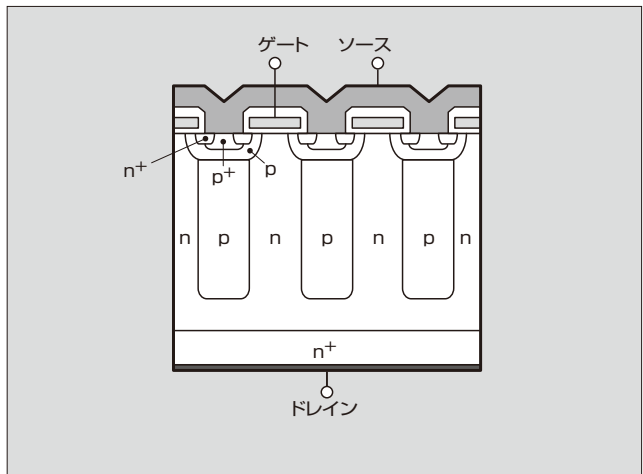


図2 SJ-MOSFETのスーパージャンクション構造

## 2 適用事例

電源のFB-LLC電流共振回路に、S2シリーズと従来製品「Super J MOS S1シリーズ」(S1シリーズ)の600V/70mΩ(max.)品を搭載して比較評価を行った(図1)。このときの入出力条件は、入力電圧が230V、出力電圧が53.5V、外付け抵抗 $R_G$ が5.1Ωである。

S2シリーズは、ゲート振動による誤オンを抑制し、 $E_{off}$ と $V_{DS}$ サージのトレードオフ特性を改善して $Q_G$ と $E_{OSS}$ を低減した。このことから、全負荷領域においてS1シリーズよりも高効率となり、より高効率で高信頼性の電源が実現できる。

## 3 背景となる技術

### 3.1 低オン抵抗化

パワーMOSFETの導通損失を低減するためには、導通時のオン抵抗を低減する必要があるが、パッケージに搭載できるチップサイズに制約があるためチップサイズ

を大きくすることなく低減する必要がある。そのためには、図2に示すスーパージャンクション構造などの $R_{on} \cdot A$ を低減する技術が必要不可欠となる。S2シリーズでは不純物拡散プロセスを改善して、n形領域の不純物濃度を高く保ち、抵抗値を低減した。これにより、 $R_{on} \cdot A$ がS1シリーズでは $20 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ であったものが、S2シリーズでは $15 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ になり、25%低減させた。

### 3.2 $E_{off}$ の低減と $V_{DS}$ サージの抑制

図3に $E_{off}$ と $V_{DS}$ サージのトレードオフ特性を示す。 $V_{DS}$ サージとゲート誤オンを抑制するために $V_{GS(th)}$ の最適化と内部抵抗 $R_g$ の最適化を行うことにより、同一 $V_{DS}$ サージにおいて、S2シリーズはS1シリーズよりも $E_{off}$ が小さく、 $E_{off}$ と $V_{DS}$ サージのトレードオフ特性を改善している。

### 3.3 軽負荷時損失の低減

電源が軽負荷で動作しているときにはMOSFETに流れる電流が小さく、全体損失に占める導通損失の割合が小さくなるため、ドライブ損失と $E_{OSS}$ の占める割合が増

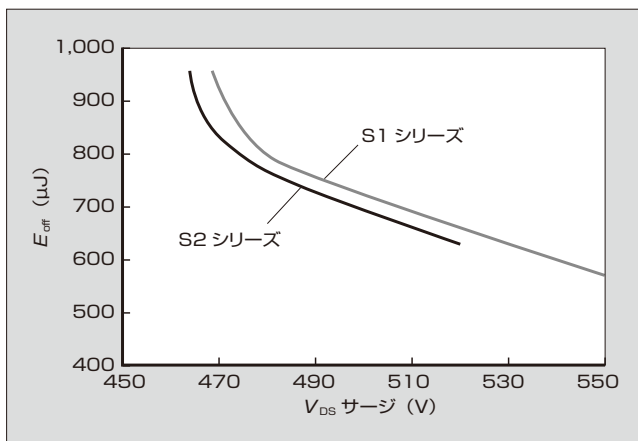


図3  $E_{off}$ - $V_{DS}$  サージのトレードオフ特性

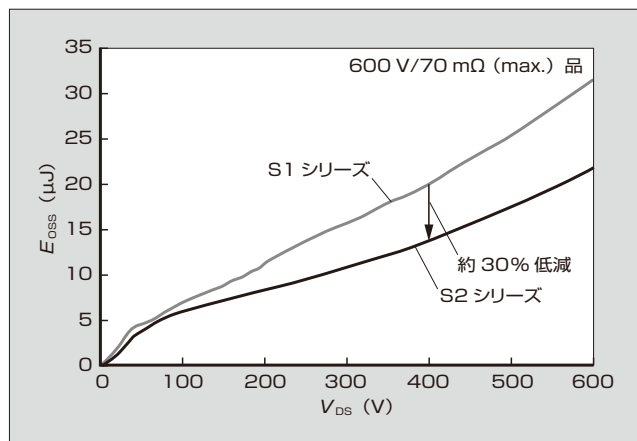


図5  $E_{OSS}$  特性

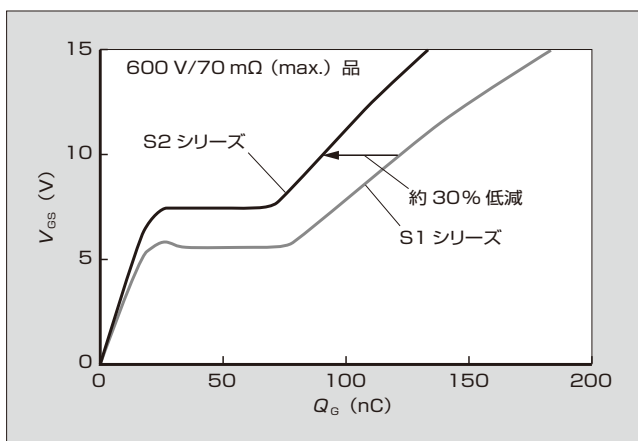


図4  $Q_g$  特性

える。例えば、図1の特性における600W以下の動作である。そこで、図4の $Q_g$ 特性に示すように、表面構造の

最適化によってドライブ損失の指標である $Q_g$ をS1シリーズに対し、 $V_{GS}$ が10Vのとき約30%低減した。また、図5の $E_{OSS}$ 特性に示すように、 $V_{DS}$ が400Vのとき $E_{OSS}$ を約30%低減した。これにより、負荷が300Wの軽負荷時の変換効率が0.73%向上した。

**発売時期**

2016年3月

**お問い合わせ先**

富士電機株式会社  
電子デバイス事業本部営業統括部営業第三部  
電話 (03) 5435-7156





\*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。