太陽光発電用途向けのGaN FETとIC

2025年3月13日改訂

GaNデバイスは、効率、サイズ、重さ、および長寿命の点で大きな利点があるため、太陽光発電の用途に広く採用されています。

太陽光発電の用途は、以下を保証：

- 20年以上の長寿命
- 優れた熱特性
- 同じ大きさで電力を増やす、またはパネルとの統合するための高電力密度

より高い電力密度への傾向は、非常に高価な冷却システムにつながり、最先端のシリコンMOSFETソリューションは、もはや必要な電力密度を満たすことができません。このため、主要な太陽光発電の企業はGaNを採用しています。

GaN FETは非常に小型で、スイッチング損失が非常に小さくなっています。これによって、スイッチング周波数を高くして電力密度を高めると同時に、シリコンMOSFETソリューションよりも高い効率を実現して、熱の問題に対処し、冷却コストを節約できます。GaNの優れた信頼性が25年の寿命に貢献します。

EPCの耐圧100 V、150 V、170 V、200 VのGaNデバイスは、マイクロインバータ、または分離したMPPT（最大電力点追従制御）／オプティマイザの1次側に最適です。EPCの200 Vおよび350 Vのデバイスは、蓄電池のエネルギー貯蔵システムまたはストリング・インバータのマルチレベル構成でも使えます。

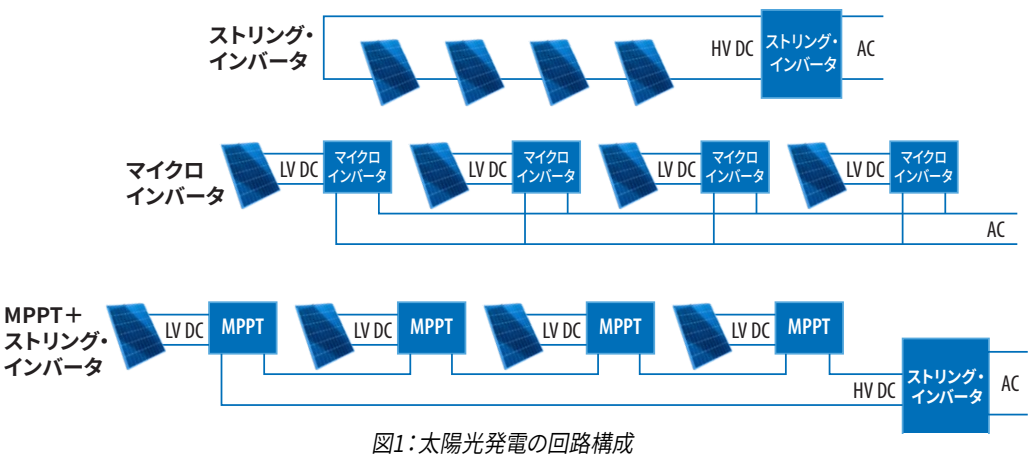


図1：太陽光発電の回路構成

太陽光発電のオプティマイザ

ソーラー・パネルのオプティマイザは、他のパネルの性能に関係なく、各ソーラー・パネルからの電力を最適化します。これによって、このシステムは、ソーラー・パネルからより大きな出力電力を得ることができます。これは、より大きなエネルギーとより高効率なソーラー・システムを意味します。

一般的なオプティマイザでは、シングル・パネルには100 Vのスイッチが必要で、デュアル・パネルには200 Vまたは160 Vのスイッチが必要です。オプティマイザは、さまざまな回路構成で使えます。非常に一般的な選択肢の1つは、図2に示すようなバック・ブースト（降圧・昇圧）です。通常、シングル・パネルの場合、V_{IN}は12.5 V～60 Vの間で変化し、V_{OUT}は30 V～60 Vの間で変わり、最大電流は20 A以下です。デュアル・パネルのオプティマイザは2倍の電圧が必要です。このハードスイッチング構成では、GaNによって最高の性能指数FOM（figure of merit）と低い電力損失が得られ、最高の効率を実現できます。

マイクロインバータ

マルチレベル・インバータを備えたマイクロインバータが図4です。マイクロインバータには、いくつかの回路構成があります。最も一般的な回路は、フライバック構成とフルブリッジ構成です(図4)。1次側にはフライバック構成用に150 V、フルブリッジ構成用に100 VのFETが必要です。2次側には650 VのFETが必要です。EPCの100 Vおよび150 VのGaN FETは、サイズと効率を最適化するために理想的です。

一般に、フルブリッジ構成は、フライバック構成よりも効率が高く、電力が大きくなります。図3に示すように、効率を最大化してサイズを小型化するために提案されている回路構成はLLCです。

すべてのソリューションについて、GaNは、より高い電力密度、冷却を容易にするため、または電力を増加させるための優れた熱特性、優れた信頼性、実証済みの寿命を提供します[1,2]。さらなる利点は、ユーザーがGaNの性能を利用して、周波数を最大1 MHzまで上げて最高密度を実現できることです。

エネルギー貯蔵システム

エネルギー貯蔵システムには、200 Vおよび350 VのGaN FETに基づくマルチレベル構成を使えます。これによって、形状が小さい低電圧デバイスを使えるようになり、dV/dtが減少し、等価出力周波数が高くなって、効率と密度が向上し、冷却が単純化され、部品のストレスが制限されて、寿命が長くなります。

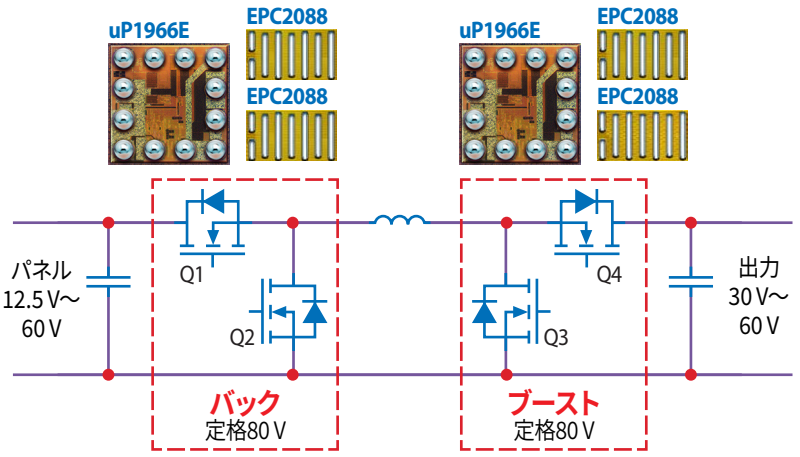


図2：オプティマイザのシングル・パネル、バック・ブーストのソリューション

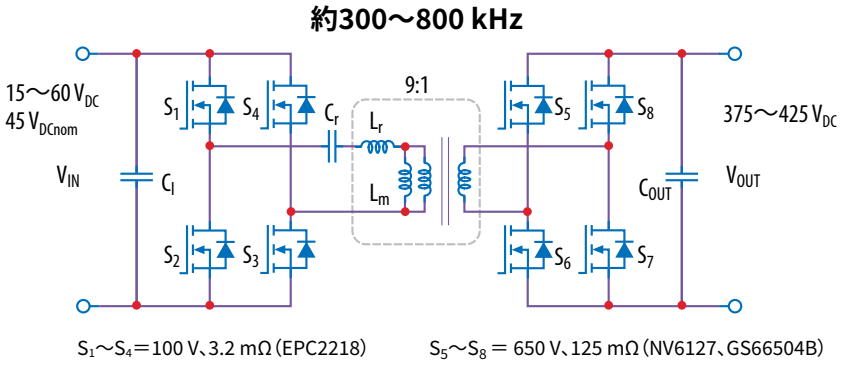


図3：マイクロインバータのLLC構成

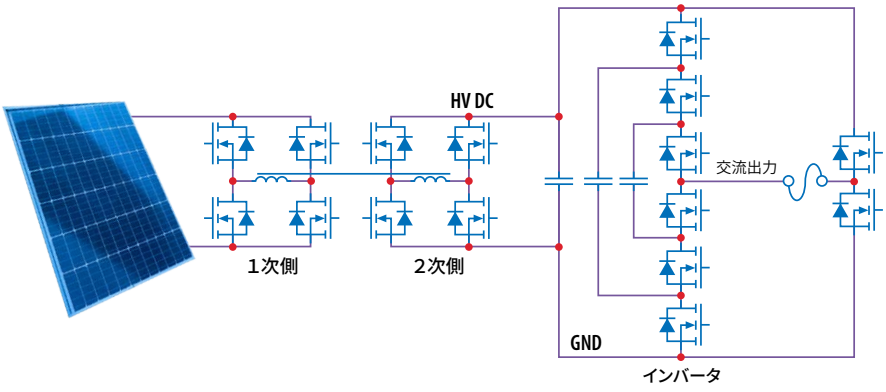


図4：マルチレベルのインバータを備えたマイクロインバータ

GaN対シリコン

GaNトランジスタは、シリコンMOSFETに比べて非常に費用対効果が高くなっています。図5は、シリコンMOSFETの100 V製品に対するEPCの価格競争力を示しています。GaNトランジスタは、シリコンMOSFETよりも低価格で小さいオン抵抗$R_{DS(on)}$を提供します。

さらに、図6に示すように、GaNトランジスタは、サイズが1/3で$R_{DS(on)}$が低く、Q_G、Q_{OSS}、Q_{GD}が大幅に小さく、Q_{RR}がゼロです。

太陽光発電システムは、非常に幅広い条件（つまり、1.2%～98.8%の範囲のデューティ比）で高効率に動作する必要があります。さまざまな用途において、$R_{DS(on)}$とQ（Q_{RR}、Q_{OSS}、Q_{GD}）の狭い動作範囲で適切なシリコンMOSFETを選択できますが、シリコンMOSFETは太陽光発電の動作範囲全体で高効率ではありません。

太陽光発電用途向けのGaNデバイスの大きな価値は、GaNデバイスが低い$R_{DS(on)}$と小さいQ（Q_{RR}、Q_{OSS}、Q_{GD}）の両方を実現しているため、同じデバイスが幅広い動作範囲（デューティ比、電流、電圧）全体に対して最適化されていることです。

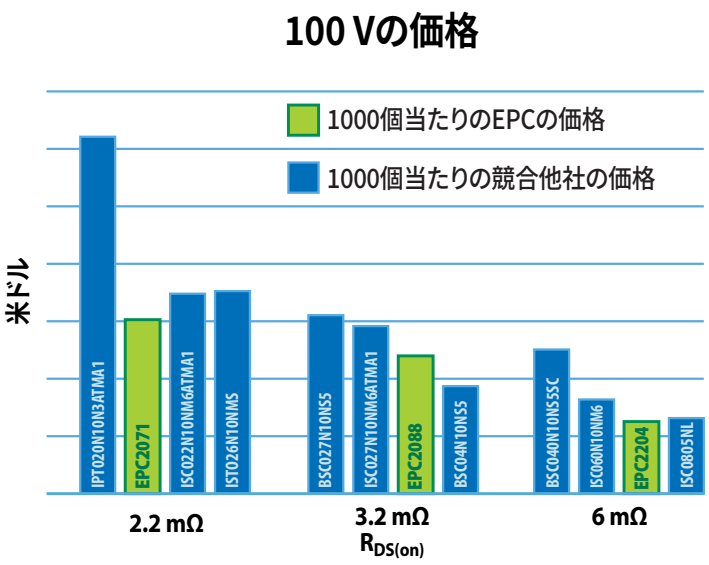
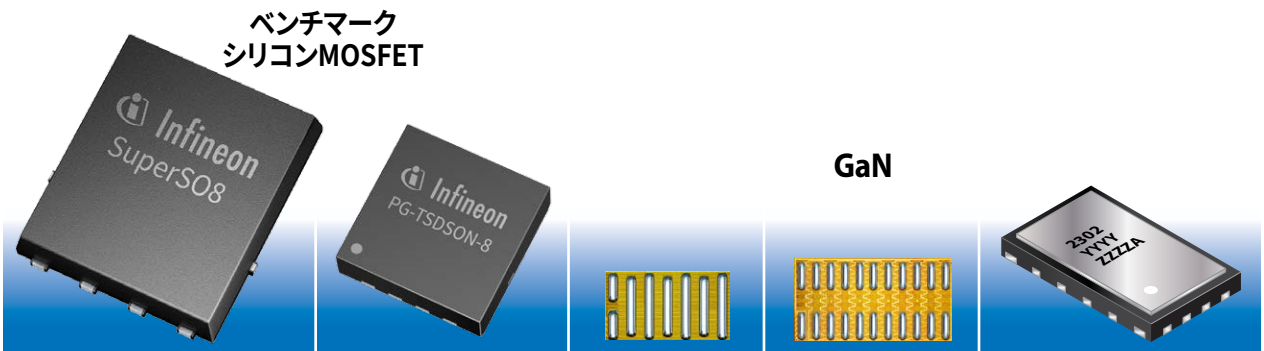


図5：100 VのGaN対シリコンMOSFETの価格比較

要約すると、太陽光発電用途向けのパワー・トランジスタには、低導通損失、低スイッチング損失、優れた熱特性、および低コストのすべてが備わっていなければなりません。GaNトランジスタは、これらすべての要件を満たしています。図6は、GaNトランジスタのR×Qがはるかに小さく、1/3のサイズで優れた性能を発揮することを示しています。しかも、シリコンよりも丈夫で、費用対効果が非常に高いことも示されています。



パラメータ	BSC027N10NS5 (@ 10 V_{GS})	BSZ096N10LS5 (@ 10 V_{GS})	EPC2088 (@ 5 V_{GS})	EPC2071 (@ 5 V_{GS})	EPC2302 (@ 5 V_{GS})
$R_{DS(on)}$ 最大値	2.7 mΩ	9.6 mΩ	3.2 mΩ	2.2 mΩ	1.8 mΩ
Q_G 標準値	89 nC	22 nC	11.8 nC	22 nC	18 nC
Q_{GD} 標準値	18 nC	4.1 nC	1.6 nC	1.9 nC	3 nC
Q_{RR} 標準値	89 nC	29 nC	0 nC	0 nC	0 nC
R_{TJC}	20 °C/W 最大値	1.1 °C/W 標準値	0.5 °C/W 最大値	0.3 °C/W 標準値	0.2 °C/W 標準値
デバイス面積	31 mm^2 (6.15 x 5.15 mm)	11 mm^2 (3.3 x 3.3 mm)	7 mm^2 (2 x 3.5 mm)	10.2 mm^2 (2.3 x 4.45 mm)	15 mm^2 (3 x 5 mm)

図6：100 VのGaN対シリコンMOSFETの性能比較

製品の選択

今日の一般的なソリューションは400 W～800 W向けに設計されていますが、市場のトレンドは1 kWを超える電力に増やすことであり、GaNは、はるかに魅力的なオプションになっています。EPC2204は最大 400 Wまで使えますが、EPC2088は最大800 Wに最適なデバイスであり、EPC2071またはEPC2302は800 Wを超える場合に最適です。EPCは、EPC23101やEPC23102などの集積化ドライバを備えたソリューションも提供し、最高密度を実現しています。

型番	構成	V_{DS}	V_{GS} 最大値	最大 $R_{DS(on)}$ (mΩ) (V_{GS} = 5 V_{GS})	Q_G 標準値 (nC)	Q_{GS} 標準値 (nC)	Q_{GD} 標準値 (nC)	Q_{OSS} 標準値 (nC)	Q_{RR} (nC)	C_{ISS} (pF)	C_{OSS} (pF)	C_{RSS} (pF)	I_D (A)	パルス I_D (A)	最大 T_J (°C)	パッケージ (mm)	開発基板
EPC2252	シングル：AEC-Q101	80	6	11	3.5	1	0.5	15	0	440	190	1.3	8.2	75	150	BGA 1.5 x 1.5	EPC9092
EPC2206	シングル：AEC-Q101	80	6	2.2	15	4.1	3	72	0	1610	1100	15	90	390	150	LGA 6.05 x 2.3	EPC90122
UP1966E	ハーフブリッジ・ドライバIC	80														BGA 1.6 x 1.6	EPC90123
EPC2204	シングル	100	6	6	5.7	1.8	0.8	25	0	644	304	2.3	29	125	150	LGA 2.5 x 1.5	EPC9097
EPC2306	シングル	100	6	3.8	11.0		1.1	41	0	1544	482	3.4	48	197	150	QFN 3 x 5	EPC90145
EPC2619	シングル	100	6	3.3	8.3	2.1	1	27	0	1180	310	3	29	164	150	LGA 2.5 x 1.5	EPC90153
EPC2088	シングル	100	6	3.2	12.5	4.4	1.4	47	0	1864	557	3.6	60	231	150	LGA 3.5 x 1.95	EPC90123
EPC2071	シングル	100	6	2.2	18	6	1.8	71	0	2664	878	5.4	64	350	150	LGA 4.45 x 2.3	EPC90146
EPC2302	シングル	100	6	1.8	23	8	2.3	85	0	3200	1000	7	101	408	150	QFN 3 x 5	EPC90133/ EPC90142
EPC2367	シングル	100	6	1.2 (typ)	17	5.3	2.4	54	0	2170	590	8	78	309	150	QFN 3.3 x 3.3	EPC90164
EPC2361	シングル	100	6	1.0 (typ)	28	7.2	2.5	86	0	4094	1147	12	101	519	150	QFN 3 x 5	EPC90156
EPC2308	シングル	150	6	6	11	3.8	1.3	50	0	1454	405	2.6	63	157	150	QFN 3 x 5	EPC90148
EPC2305	シングル	150	6	4	21	6.3	2.6	105	0	2900	920	7	80	329	150	QFN 3 x 5	EPC90143
EPC2234	シングル：AEC-Q101	160	5.5	8	11	3.8	2.0	96	0	1155	641	3.1	48	213	150	BGA 4.6 x 2.6	n/a
EPC2059	シングル	170	6	9	5.7	1.3	0.9	35	0	633	267	1.6	24	102	150	LGA 2.8 x 1.4	EPC9098
EPC2207	シングル	200	6	22	4.5	1.3	0.7	23	0	454	130	0.7	14	54	150	LGA 2.8 x 0.9	EPC90124
EPC2307	シングル	200	6	10	10.6		1.3	58	0	1401	326	1.2	62	130	150	QFN 3 x 5	EPC90150
EPC2215	シングル	200	6	8	13.6	3.3	2.1	69	0	1356	390	2	32	162	150	LGA 4.6 x 1.6	EPC9099
EPC2304	シングル	200	6	5	21	0.0	2.6	115	0	2786	649	2.4	133	260	150	QFN 3 x 5	EPC90140

ePower™ Stage

型番	型番	機能	V	I_{OUT}	I_{OUT} ピーク	V_{DD}	入力論理	周波数（最大）	UVLO	パッケージ (mm)	デモ・ボード
EPC23101	ハイサイドFET+ドライバ+レベル・シフト	ePower™ Stage	100	65	240	6	5.5 V	3 MHz	0.5 – 4	QFN 3.5 x 5	EPC90142
EPC23102	ハイサイドFET+ドライバ+レベル・シフト	ePower™ Stage	100	35	140	6	5.5 V	3 MHz	0.5 – 4	QFN 3.5 x 5	EPC90147
EPC23104	ハイサイドFET+ドライバ+レベル・シフト	ePower™ Stage	100	15	44	6	3.3 Vまたは5 V	3 MHz		QFN 3.5 x 5	EPC90152

まとめ

シリコンMOSFETやパワー・マネージメント（PM）ICと比べて、GaNはより小さく、より高効率で、より高い周波数、より低いコスト、高い信頼性でスイッチングすることができます。

GaNがもたらす主な利点は、優れた熱特性と効率の向上です。GaNデバイスは、サイズを大幅に小型化し、冷却を容易にすることで、ヒートシンクや複雑な冷却を回避できます。非常に小さい$R_{DS(on)}$、Q_G、Q_{GD}、Q_{OSS}の各パラメータ、および、Q_{RR}ゼロによって、特にハードスイッチング構成の効率が向上します。さらに、GaNデバイスは、シリコンMOSFETでは通常125 kHzのスイッチング周波数を400 kHz～1 MHz に上げて、受動部品のサイズを小型化し、ソリューション全体のサイズと重さを削減し、薄型設計でパネルに統合することができます。優れた熱特性と低電力損失を活用して、電力レベルと電力密度を向上させることができます。GaNでは、シリコンMOSFETのソリューションよりも3%高い、約98%の効率を実現できます。最後に、太陽光発電のソリューションは20年以上の寿命を保証する必要があり、GaNの優れた信頼性と、過電圧や過電流に対する高い耐性がこの要件を満たすことに貢献します。

信頼性の詳細については、このレポートをダウンロードしてください：**信頼性レポートのフェーズ12** [1] および**信頼性レポートのフェーズ14** [2]。

参考文献

[1] **信頼性レポート フェーズ12** (https://epc-co.com/epc/Portals/0/epc/documents/product-training/Reliability%20Report%20Phase%2012-jp.pdf)
[2] **信頼性レポート フェーズ14** (https://epc-co.com/epc/Portals/0/epc/documents/product-training/Reliability%20Report%20Phase%2014-jp.pdf)

EFFICIENT POWER CONVERSION

詳細については、
info@epc-co.comに電子メールで、またはお近くの販売代理店にお尋ねください。
EPCのウエブサイト：epc-co.com/epc/jp/
https://bit.ly/EPCupdates に登録すれば、EPCの最新情報を受信できます。

eGaNは、Efficient Power Conversion Corporationの登録商標です。