

第5世代eGaN®技術 特性の新しい世界へ飛躍!



Alex Lidow, CEO (最高経営責任者)、Efficient Power Conversion

エンハンスメント・モード窒化ガリウム・オン・シリコン (eGaN®) のパワーFETとICの世界的リーダーであるEfficient Power Conversion (EPC) は、EPC製品の面積を半分にすることができる次世代のeGaN技術を開発しました。これによって、パワー・システムの設計者は、非常に高い性能を手に入れることができます。この技術は、EPCの第5世代 (Gen 5) GaN技術です (図1)。GaNオン・シリコンは、急速に技術が改良されています (図2)。すでに、製造コストが低く、シリコンMOSFETよりも10倍以上高い性能が得られることを実証しています [1]。

eGaN製品の開発は「好循環」

GaNのプロセス開発の根底にある基本的な特徴は、シリコンの同等品に比べて、これらのデバイスの容量が非常に小さいことです。これによって、オン抵抗と定格電圧が同じとき、より高い周波数において、ゲート駆動損失とデバイスのスイッチング損失が小さくなります。Gen 5の100 V、7 mΩのEPC2045の場合、スイッチング周波数500 kHzで動作する48 V入力、5 V出力の回路で、同等の最高のMOSFETと比べて効率が2.5パーセント・ポイント高くなり、電力損失が30%低減できました (図3参照)。

シリコンMOSFETとは対照的に、eGaN FETのスイッチング特性は、大幅に小型化したとしても向上します。すなわち、この属性は、将来のeGaN製品に対する「好循環」をもたらし、より高性能で、より低コストの小型デバイスの継続的な製品化につながります。

これらの新製品で実証された特性、面積、コストの改善は、ブレークダウン中のドレイン領域の電界の低減に加えて、電子を不活性にする可能性のあるトラップの数を大幅に削減するという革新的な方法によって可能になりました。

第5世代eGaN技術の概要

図1に、Gen5ファミリーの最初の3種の製品であるEPC2045、EPC2046、EPC2047を示します。図2は、オン抵抗と定格電圧が同じとき、チップ・サイズに対する最先端のシリコン技術、EPCの第4世代 (Gen 4) 技術、EPCのGen 5技術との比較です。これは、シリコンMOSFETとeGaN FETの「チップ・サイズ」の比較であることに注意することが重要です (プラスチック・パッケージ封止のMOSFETとの比較ではありません)。忘れてはならない重要なことは、MOSFETチップは、パッケージに組み込まなければならないことです。すなわち、完成したデバイスの面積とコストが2倍になる可能性があります。eGaNのFETとICは、チップスケールのデバイスとして設計されているので、さらにパッケージに封止する必要はありません。パッケージに封止すると、サイズ、コスト、インダクタンス、抵抗が余分に大きくなり、信頼性の問題を引き起こします [2]。

オン抵抗を大きくせずにデバイスを小さくできると、製造バッチ当たりのデバイス数が増えることになり、製造コストが大幅に削減されます。しかし、これらの小型デバイスは、前世代のGaN技術と比べて、特性はどうなるのでしょうか？

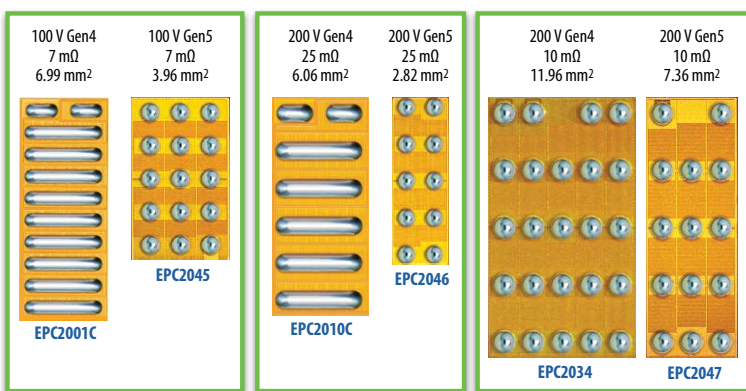


図1: EPCの第5世代技術は、同じオン抵抗と定格電圧に対して、チップ面積が半分で済みます。

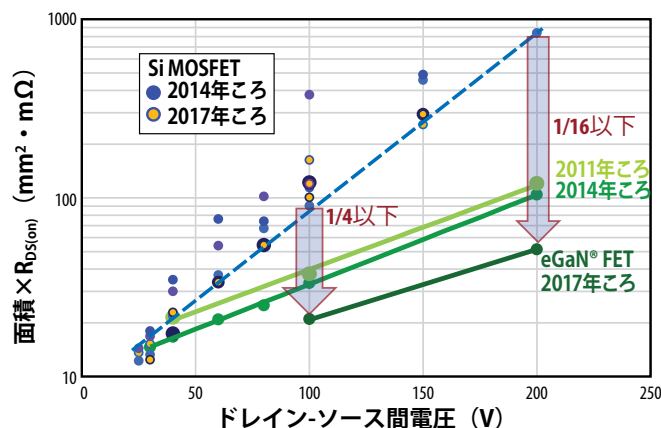


図2: EPCの第5世代技術は、同じオン抵抗と定格電圧に対して、チップ面積が半分で済みます。耐圧200 Vでは、eGaN FETのチップ面積は、同等の定格のシリコンMOSFETに比べて1/16以下に小さくなります

チップ面積の縮小は、熱抵抗の劣化による全体的な特性の低下を伴うことが知られています。しかし、チップ面積の縮小による特性の低下は、Gen 5のGaNデバイスでは顕著ではありません。チップスケール形式が超高効率だからです。

さらに、シリコンMOSFETとは異なり、実に、スイッチング特性は、デバイスが小さくなるにつれて向上します。したがって、より小型のデバイス、より低いコスト、より高い性能の「好循環」になります！ この特徴の図として、図3は、(a)最先端のシリコン・パワーMOSFET、(b) Gen 4のeGaN FET、(c) 面積がGen 4デバイスの半分、同等のMOSFETの1/5のGen 5のeGaN FETを、それぞれ搭載した48 V入力、5 V出力のバック（降圧型）・コンバータの効率の比較です。第5世代FETのEPC2045は、第4世代のeGaN FETや最先端のパワーMOSFETのいずれよりも、はるかに小さいにもかかわらず、その特性は大幅に向上しています。

これらの新しいeGaN FETは、まさに始まったばかりです。EPCは、2017年のGen 5プラットフォームを使って、いくつかのディスクリート品やICを製品化する予定です。さらに先を見て、Gen 6の作業が、ほぼ始まろうとしており、この驚異的な好循環から生まれる大きな性能向上の機会になります。

Gen 5の特性: Gen 4との詳細な比較

Gen 5製品には、原型となるGen 4を上回る2つの主な改善点があります：

(i) 表1に示した性能指数FOM (figure of merit) の改善：第5世代デバイスは、容量が大幅に小さくなっています。これは、より高い周波数において、ゲート駆動損失とデバイスのスイッチング損失を低減することになります（オン抵抗と定格電圧が同じ場合）。

図3と図4から、 $R_{DS(on)}$ と BV_{dss} が同一の仕様の各デバイスは、同一回路内で異なる特性になります。Gen 5デバイスの性能向上は、チップを小さくした結果、熱抵抗が大きくなったにもかかわらず、スイッチング損失を低減しています。

(ii) 技術世代間の第2の重要な違いは、チップ面積が小さいことです（図2参照）。興味深いことに、チップ面積を小さくすることは、ユーザーにとって長所と短所の両方になります。より小さいチップは、プリント回路基板上のスペースが小さくて済むという利点があります。加えて、図5に示すように、より多くの温度サイクルに耐える能力が大きくなります [2]。一例として、Gen 5の 200 V、25 mΩのEPC2046

BV (V)	EPC2001C	EPC2045	EPC2010C	EPC2046	EPC2034	EPC2047
	GEN 4	GEN 5	GEN 4	GEN 5	GEN 4	GEN 5
	100	100	200	200	200	200
$R_{DS(on)}$ (mΩ)	7	7	25	25	10	10
チップ面積 (mm ²)	6.7	3.8	5.8	2.6	12	7.4
パッケージ面積 (mm ²)	6.7	3.8	5.8	2.6	12	7.4
$R_{DS(on)} \times$ チップ面積	47	26	145	66	120	74
R×面積の比較	1	0.56	1	0.45	1	0.62
	1.79	1	2.2	1	1.63	1
Q_{OSS} (nC)	31	25	40	22	75	60
$Q_{OSS} \times R_{DS(on)}$	217	147	1000	575	750	600
Q_{GD} (nC)	1.2	0.8	0.7	0.6	1.8	1.8
$Q_{GD} \times R_{DS(on)}$	8.4	7.7	18	15	18	18

表1: 第4世代と第5世代のeGaN FETのデバイス面積、オン抵抗、スイッチングの性能指数FOM (figure of merit) の比較

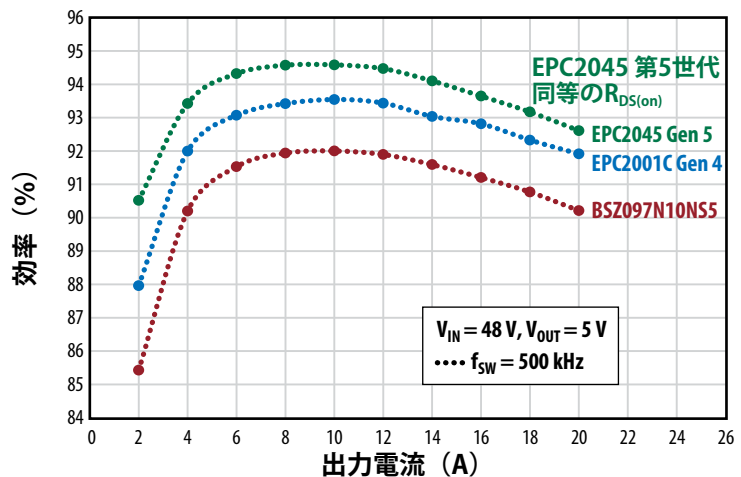


図3: Gen 5デバイスの性能は高く、面積はGen 4の約半分です。Gen 5とGen 4は両方とも、入手できる最高のMOSFETよりも、はるかに優れています。

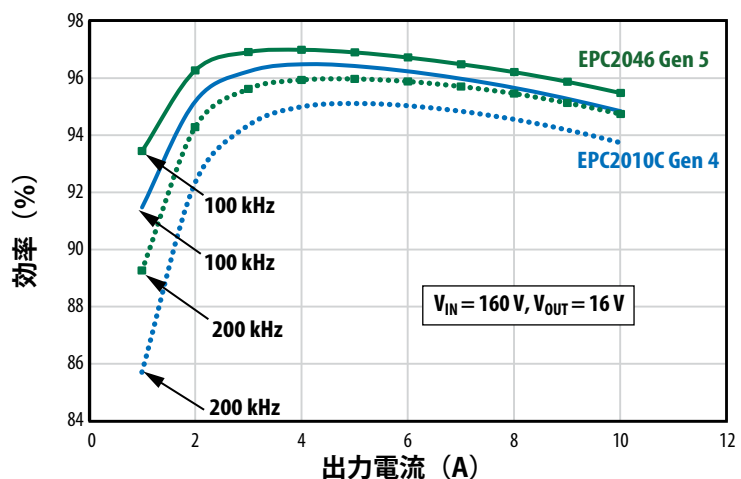


図4: 100 kHzと200 kHzにおけるGen 4とGen 5の200 VのeGaN FETの効率の比較。オン抵抗と定格電圧が同じで面積が半分になっているにもかかわらず、Gen 5デバイスは、Gen 4を上回る大きなマージンがあります。

は、Gen 4の対応品であるEPC2010Cと比べて、100°Cの温度変化で、3倍以上の電力サイクルに対応できます (Gen 4のEPC2034とGen 5のEPC2047の電力サイクル特性の差は、わずか30%であることに注意してください。チップの中央から対角線の角までの距離の差が比較的小さいためです。この長さが、温度と電力のサイクルに対するデバイスの能力に最も大きな影響を与えます [2])。テレコム、自動車、産業などの要求が厳しい用途では、温度と電力のサイクルに耐えることが、ユーザーの選択に大きな影響を与える要因になる可能性があります。

100 V以下の第5世代ファミリーの改善点のうち1つは、電気的な端子の間隔を広げたことです。定格100 V以下の第4世代品は、400 μmピッチです。この狭いピッチは、低コストのプリント回路基板メーカーや、厚い銅トレースでは、しばしば難題となります。100 V以下の第5世代品は今、すべて450 μmピッチに広げました。200 VのGen 5品は、Gen 4品と同じ600 μm間隔のままにしています (図6と図7参照)。

Gen 5において、より小さいチップ面積の短所は、Gen 4製品よりも熱抵抗が高いことです。表2は、 $R_{DS(on)}$ とBVの定格が同様のGen 4デバイスとGen 5デバイスとの間の熱抵抗の比較です。EPCのeGaN FETとICをすべてチップスケール・パッケージにしたことによって、チップ面積が熱抵抗に及ぼす影響は、以下2つの要因によって緩和されます。(1) パッケージ封止の部品に比べて、チップスケール・パッケージと周囲環境との間の熱インピーダンスが小さい、(2) ヒートシンクがチップの裏面に装着されていない場合、プリント回路基板の設計が熱抵抗に最も影響を与えます。

アプリケーション

Efficient Power Conversionが2010年3月に第1世代のeGaN FETを製品化したとき、新しく予期しないアプリケーションがこの技術の初期の採用者になりました。シリコンをはるかに上回る優れた特性が、窒化ガリウムによって得られたからです。DC-DC電源を製造する従来のMOSFETユーザーが競争上の優位性に気が付くよりかなり前に、自動運転車用LiDAR (光による検出と距離の測定)、無線充電、先進的な自動車用LED (発光ダイオード) ヘッドランプ、RF信号の包絡線追跡などのアプリケーションが注文を牽引しました。Gen 5でも、このサイクルが繰り返されます。すなわち、予想していないアプリケーション

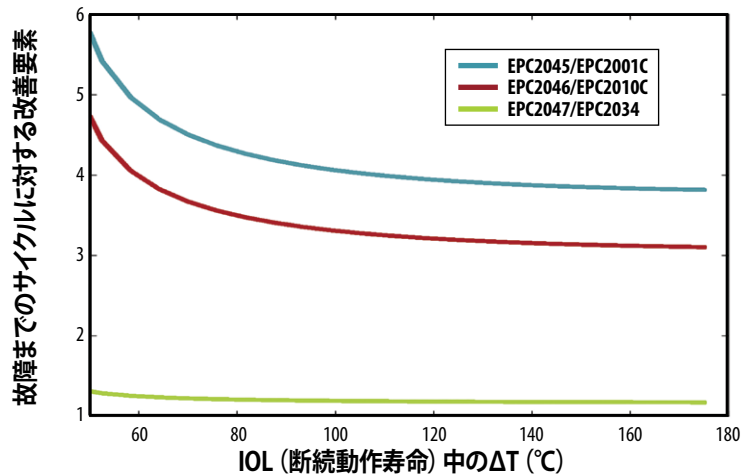


図5: Gen 4デバイスと比べたときのGen 5デバイスの相対的な電力サイクル特性を示しています。面積が小さいほど、下のプリント回路基板との熱膨張の差が小さくなり、熱機械的サイクル中の歪みが減少します。

100 VのEPC2045チップの図: パンプ・ビュー (表面のパンプ)

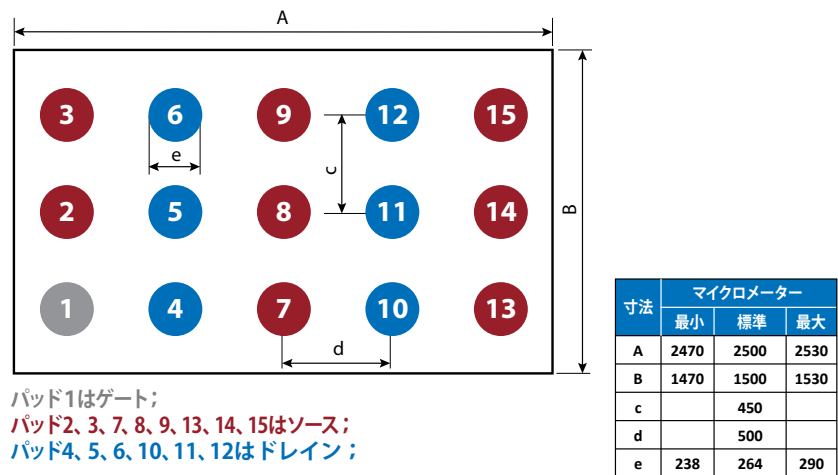


図6: Gen 4デバイスと比べて、100 VのGen 5トランジスタのピッチは450 μmに広げました。

200 VのEPC2046チップの図: パンプ・ビュー (表面のパンプ)

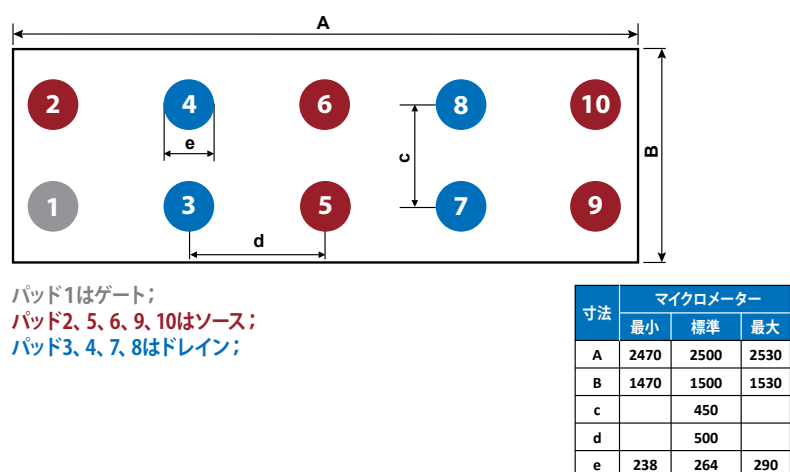


図7: 200 VのGen 5トランジスタのピッチは、Gen 4の200 V品と同じ600 μmです。

熱特性		EPC2001C	EPC2045	EPC2010C	EPC2046	EPC2034	EPC2047
		GEN 4	GEN 5	GEN 4	GEN 5	GEN 4	GEN 5
		標準値	標準値	標準値	標準値	標準値	標準値
R _{θJC}	熱抵抗、接合部からパッケージ (°C/W)	1	1.4	1.1	2	0.45	0.8
R _{θJB}	熱抵抗、接合部から基板 (°C/W)	2	8.5	2.7	13	3.9	9.5
R _{θJA}	熱抵抗、接合部から周囲 (°C/W) (注1)	54	64	56	72	45	52

注1: R_{θJA}は、1平方インチ (1インチは2.54cm) の銅パッド、FR4基板上の単層2オンス銅に実装されたデバイスで決定されます。

詳細については、http://epc-co.com/epc/documents/product-training/Appnote_Thermal_Performance_of_eGaN_FETs.pdfを参照してください。

表2: 第4世代と第5世代のeGaN FETの熱特性の比較

ンが、GaN技術の改良の勢いによってもたらされたこの大きな特性の飛躍によって、争って製品を採用することになるでしょう。ただし、MOSFETとの相対的な費用対効果が、新技術の採用リスクを相殺するために十分ではなかったため、eGaN技術の採用が遅いアプリケーションもあります。これらのアプリケーション、およびユーザーは、成熟して停滞しているシリコン・プラットフォームから、活力のあるGaNベースの製品に移行する気運がより高まるでしょう。

この分野には、十分に確立した48 V入力の絶縁型および非絶縁型の電源メーカーがあります。これは明らかに、電力密度と効率をより高めることを非常に重視する価格競争の激しい市場です。eGaNのFETとICは常に、効率と電力密度が高いことが示されています [3]。ただし、その違いは、技術投資の必要性を正当化するためには十分ではありませんでした。Gen 5では、このギャップが2倍以上となり、サーバー、ノート・パソコン、タブレット端末、ゲーム・システムにおけるDC-DC変換へのeGaNデバイスの採用に対して魅力的な場合が必ず発生するはずです。

マルチレベルのAC-DC電源は、ノート・パソコン用の超小型ACアダプタでも広がっています。これ

らの電源の入力と出力の両方でGen 5製品を採用すると、部品の形状を一段と小型化できると同時に、大幅に効率を高めることができます。

ドローンから歯科用ドリルまでのアプリケーションに対する低インダクタンスの高速モーター駆動も、eGaN製品が提供する高周波における小型化と低スイッチング損失が生きる主要な候補です。

すでにGaN部品の利用に関心を示しているその他のアプリケーションには、太陽光発電用マイクロインバータ、ロボット、D級オーディオ・アンプ、LED照明、車載センサーや自動運転車向けの低価格LiDARシステムなどがあります。

結論: 混乱が加速!

敬意を払うべきシリコンMOSFETのGaNへの置き換えを加速するために必要なすべての要件は、当社の第5世代技術の製品化で対処されています。すなわち、スイッチング速度、小型、価格競争力、信頼性に関して、eGaN FETの「優位性」が高まります。高性能GaN FETに加えて、近々、Gen 5を使って製造された集積回路が、費用対効果を大幅に高めた上で市場に登場します。GaN技術とシリコン技術のギャップが広がり、この利点は、無視するには、あまりにも魅力的過ぎます。

参考文献:

- [1] A. Lidow, J. Strydom, M. de Rooij, D. Reusch, *GaN Transistors for Efficient Power Conversion*, Second Edition, Wiley, 2014.
- [2] C. Jakubiec, R. Strittmatter, C. Zhou, 「EPCのeGaN® FETの信頼性試験: フェーズ9」、epc-co.com/epc/jp
- [3] D. Reusch and J. Glaser, *DC-DC Converter Handbook – A Supplement to GaN Transistors for Efficient Power Conversion*, First Edition, Power Conversion Publications, 2015.

付録I:第5世代への旅

EPCは、約2年半の懸命な開発の後、2010年3月に第1世代の製品 (EPC1001、EPC1005、EPC1007、EPC1009、EPC1010、EPC1011、EPC2012、EPC2014、EPC1015) を製品化しました (図1参照)。耐圧40 Vから200 Vの範囲をカバーするこの製品群は、米Power Electronics Technology Magazine誌シニア・エディタのSan Davis氏によって執筆された特集で発表されました。この製品化は、今世紀に入ってからシリコン・ベースの技術開発のペースが鈍化していた電力変換業界には非常に好評を博しました。

この製品群は、うまくいきました。何100もの企業が、これらのGaNベースのデバイスをサンプル要求し、米Digi-Key Electronics社の豊富な在庫から購入しています。設計者は、この製品群によってもたらされたGaN技術の利点を、開発キットによって迅速にテストし、評価、確認することができました。

耐圧の範囲が200 V以下の初期のデバイスは、意図的にターゲットを絞りました。この電力変換市場が非常に高速なスイッチング速度を備えたデバイスにもっと多くのおカネを費やすことが従来のMOSFETの経験から分かっていたからです。図2は、デバイスEPC1001と、2010年に入手可能だった最先端のシリコンMOSFETとのスイッチング特性の比較です。

さらに、200 V以下の市場では、サイズの縮小が望まれていたので、EPC製品の重要な特徴であるチップスケール・パッケージ封止のeGaNトランジスタが率先して採用されました。基板スペースを増やせることに加えて、従来のパッケージのコストは、現在のパワーMOSFETを製造するときの全コストの少なくとも半分を占めていました。このため、EPCのGaNトランジスタは、この成熟した元祖に対して、パッケージが不要という有利なスタートによって、その旅が始まりました。

最初のeGaN製品は、同じ定格の耐圧とオン抵抗のMOSFETに対して、意図的に約2~3倍の価格に設定されていました。この戦略の目的は、潜在ユーザーに、GaNベースの技術は高価ではなく、むしろ高性能技術の代替であるという考えを示すことでした。私たちは直ちに、5年以内に、同じ定格の耐圧とオン抵抗の同等のMOSFETに比べて、安価になるポイントまで技術が成熟することを発表し始めました (図3参照)。さらに、EPCは、商標の「eGaN」という名前での製品を導入しました。

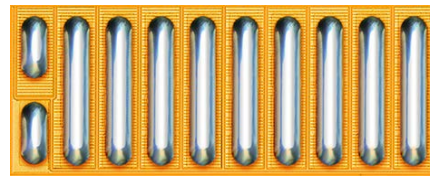


図1: EPC1001は、2010年3月に初めて製品化されました。最大オン抵抗は7 mΩ、定格電圧は100 Vでした。

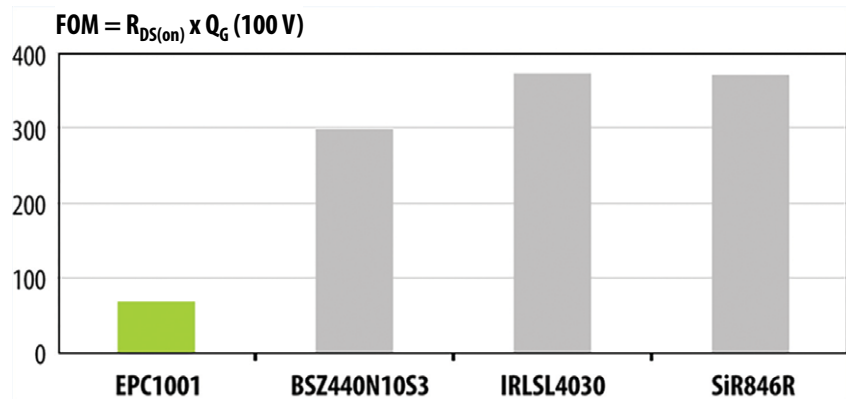


図2: 2010年3月にドイツのニュルンベルクで開催された国際会議 CIPS (International Conference on Integrated Power Electronic Systems) でのプレゼンテーションの5ページ目に、EPCの第1世代品EPC1001と入手可能な最高のMOSFETとの比較が示されています。

	2010	2015
出発物質	同じ	同じ
エビタキシャル成長	より高価	同じ
ウエハー工場	同じ	より安価
テスト	同じ	同じ
アセンブリ	より安価	より安価
全体	より高価	より安価

図3: CIPS 2010のプレゼンテーションの20ページ目で、GaNデバイスは約5年間でシリコンよりも低コストになると予測しています。

付録I:第5世代への旅(続き)

最初のeGaN製品が発売された時点で、翌年から、EPCは、GaNが成熟したシリコンMOSFETを時代遅れにするための準備が整ったことを示す4点について、電力変換コミュニティに認知してもらうための第一歩を踏み出しました(図4参照)。

GaNの普及には、いくつかの障壁があることがすぐに分かりました。第1は、ゲートを駆動する方法であり、第2は、GaNトランジスタのスイッチング速度が速いことによって、浮上してきた寄生インダクタンスを最小化する方法を編み出すことでした。

エンハンスメント・モードGaNトランジスタは、従来のMOSFETのような「ノーマリー・オフ」(エンハンスメント・モード)のトランジスタなので、感覚的に使いやすいものですが、回路に配置されたときの微妙な違いは、設計エンジニアが克服するための大きな努力が必要でした。

難しさの2つの主な事項は、(a) 最大定格の6Vを超えないようにゲートを駆動する方法と、(b) 寄生インダクタンスを最小化するための回路のレイアウト方法でした。eGaN FETのスイッチング速度の能力が向上すると、 di/dt (電流変化の速度)が前例のない値に高速化しました。回路内の電圧オーバーシュートは、 $L di/dt$ (「L」は回路内のインダクタンス)に比例するため、FETを素早くスイッチングし、回路に大きな寄生インダクタンスがあるとき、電圧オーバーシュートが大きくなります。

2011年6月に、米テキサス・インスツルメンツ社のGaN専用ゲート・ドライバLM5113が製品化され、EPCの一部のアプリケーション・エンジニアの理解が深まったことによって、今、デモ回路が構成され、eGaN FETの潜在能力の多くを引き出しました。この仕事は、学習した内容、および、高性能GaNデバイスを扱うために必要な具体的な設計技術として、設計コミュニティの教育に向かって動きました。最新のレイアウト技術とドライバICのLM5113を組み込んだ多くのデモ・ボード(図5参照)が発売され、設計者が期待できるものを示し、これらの回路を模倣するツールを提供しました。

アプリケーション・エンジニアによって向上したスキルと並行して、このデバイス開発グループは、この技術の改善に必死に取り組んでいました。従来のバック・コンバータ向けの第1世代eGaN FETの特性は、まだ期待された結果が得られませんでした。基板の電位がソースとドレインとの中間点に浮いているので、この浮

1. それは、重要な新しい機能を可能にしますか?
2. それは、使いやすいですか?
3. それは、ユーザーにとって「非常に」費用対効果が高いですか?
4. それは、信頼性が高いですか?

図4:新しい半導体技術を破壊的なものにする4つの事柄が、CIPS 2010で最初に示されました

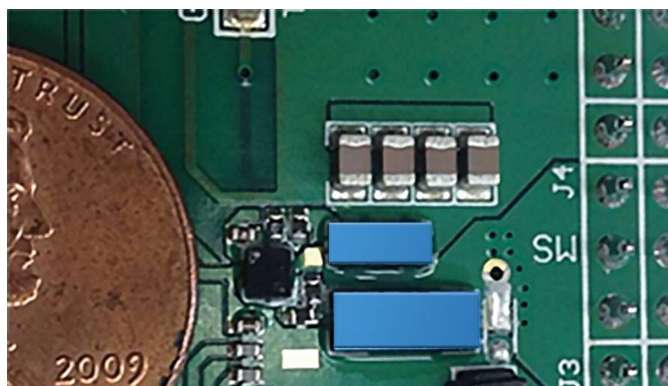


図5:最新のレイアウトとドライバICを兼ね備えたデモ・ボードには、利用可能なガーバー・プロットと回路図が含まれ、パワー・システムの設計者は、最良の事例を素早く真似て学ぶことができました。

いたシリコン基板が、デバイスのスイッチングを遅くすることが分かりました。これに対応して、第2世代のeGaN製品はすべて、基板をソースに短絡し、この変動要因を排除して設計されました。さらに、オン抵抗とチップ面積が同じデバイスでは、全体的な容量を削減するために多くの小さな変更を実施しました。型番EPC2001、EPC2007、EPC2010、EPC2012、EPC2014、EPC2015は、2011年6月から10月にかけて、同じチップスケール・パッケージ手法を採用し、第1世代の同等品と同じピン配置にしました。

eGaN FETの初期の採用者は、自動運転車のナビゲーション・システム用LiDAR、基地局用の包絡線追跡電源、トラックのヘッドライト用LED照明、および、アウトドアでキャンプしている人が、電力が必要な道具に使うキネティック(運動)充電器など、さまざまな市場でした

2011年末までに、EPCは、電力変換に使うためのGaNトランジスタの最初の書籍の自己出版を始

めるために十分な多くのアプリケーションを集めました。この書籍『GaN Transistors for Efficient Power Conversion』が2012年1月に出版されました。現在までに、この書籍は、3000部以上が販売、または顧客に配布されています。米J.Wiley and Sons社は2015年に、デバイスの特性、設計上の考察、主要アプリケーションの収集に関する最新情報を追加して、この書籍の第2版を出版しました。

2013年9月、EPCは、低オン抵抗に重きを置かない高速アプリケーション向けに設計された第3世代(Gen 3)の製品ファミリーEPC80XXを製品化しました(図6参照)。Gen 3製品は、まだチップスケール形式ですが、実際の回路レイアウトにおいて、寄生インダクタンスをさらに小さくするために、ゲート端子と電源端子を直交させました。重要なターゲット・アプリケーションは、包絡線追跡でしたが、無線充電でも多くの用途がありました。

付録I: 第5世代への旅(続き)

2014年6月、EPCは、より大きなチップ面積と記録破りのオン抵抗を備えた第4世代品のファミリーを製品化しました(図7参照)。耐圧範囲は、30Vまで下げられ、POL(負荷点)コンバータ市場のユーザーを引き付けました。この容量は、さらに減少し、性能指数FOMは、Gen 2に比べて約1/2に改善されました。

電力変換の世界では、最も一般的な回路構成の1つがハーフブリッジです。ハーフブリッジは、2個のトランジスタから成り、上側のデバイスのソースは、下側のデバイスのドレインに接続されています。2014年9月、EPCは、世界初のGaNオン・シリコンのパワー集積回路となったモノリシックのハーフブリッジ・デバイス・ファミリーを製品化しました(図8参照)。ハーフブリッジにパワーFETを集積化することには、いくつかの利点がありました。2つのパワー・デバイスの緊密な結合によって、電力ループのインダクタンスが減少し、熱が分割されたので、2つのデバイスの平均処理電力を、面積と電気的特性が同等の独立したディスクリート部品の処理電力よりも大きくできました。図9は、1MHzで動作する12V入力、1V出力のバック・コンバータに使われた第4世代eGaN技術の間の進歩を示しています。2015年に達成された最も高い効率、モノリシック・ハーフブリッジによるものです。

2015年中に、EPCは生産量を増やし、より小さいチップ(3mm²以下)のコストが、パワーMOSFETの対応品よりも大幅に低くなるように製造コストを削減しました。ある技術が「シリコンよりも高性能で、かつ低コストである」ことが明らかになったのは、この60年間で初めてのことでした。

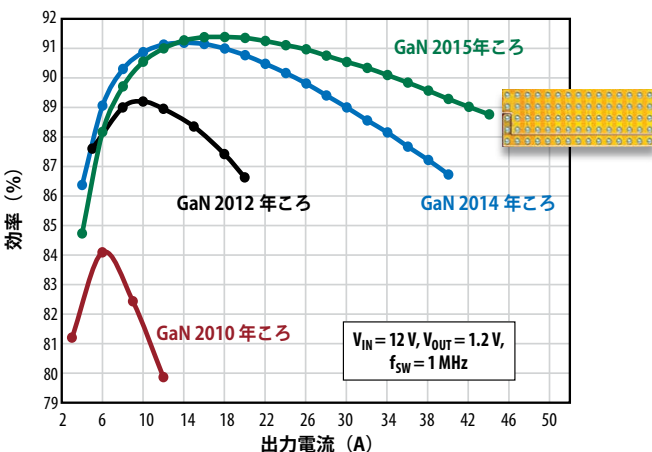


図9: 1MHzで動作する12V入力、1V出力のバック・コンバータにおける継続的な効率の改善によって示されるように、EPCは、eGaN技術を継続的に改良しています。最も効率的なシステム(2015年ころのGaN)は、モノリシック・ハーフブリッジを使っています。

その後、2年間にわたって、ディスクリート・デバイスのファミリーを完成させ、ICファミリーを拡大するために多くの製品が発売され、特定のユーザーが享受できる明確なメリットをもたらしました。依然として、より高い価格でも売れる高性能の200V以下の市場に焦点が当てられていました。さまざまな競合他社がGaNオン・シリコン製品を発表しましたが、主に、より高い電圧のアプリケーション(600V以上)を狙っていました。市場調査会社のYole Development社は、2016年8月に、



図6: 第3世代のデバイスであるEPC80XXは、電源端子に対して直交するゲート入力端子(図の左)を備えていました。これによって、パワー・ループとゲート・ループの両方で寄生インダクタンスが大幅に低減された回路レイアウトが可能になりました。

競争力のあるポジションの分析を発表しました。これを図10に示します。

並行して、この期間を通して、大胆な技術改良が実施されました。EPCの研究開発チームは、製品のコストと性能を大幅に改善させるための扉を開けるであろう新しいデバイス構造に取り組んでいました。目標の最初のステップが、Gen 4製品の半分の面積で、大幅に性能を高めた第5世代品でした。

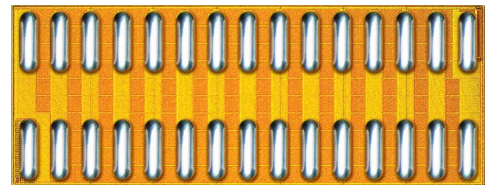


図7: 第4世代のeGaNデバイスは、オン抵抗が低く、優れたスイッチング性能指数FOMを備えています。このEPC2023は、定格30V、1.3mΩで、590Aのパルス処理できます。

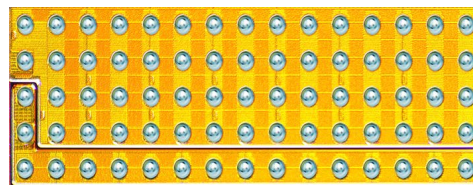


図8: 最初のGaNオン・シリコンのパワー集積回路は、上図のEPC2101のようなモノリシックのハーフブリッジでした。

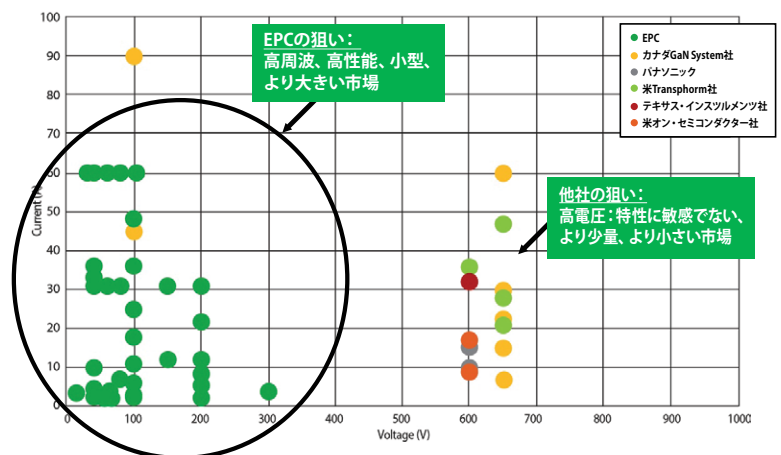


図10: EPCは、200V以下のGaN製品の分野で主流になっています: パワー・トランジスタ市場の約70%を占めています。