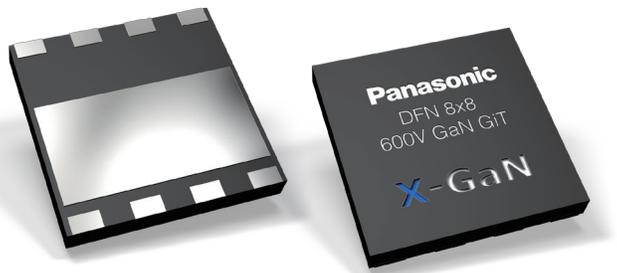


パナソニックのGaNデバイス開発時間を大幅に短縮、テクトロニクス製の光絶縁プローブ技術「IsoVu」が支援

パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社



Customer Solution Summary

お客様

パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社
第一事業開発センター第三事業開発部 主任技師
有澤 大治郎 様

ソリューションの概要・問題点

パナソニックセミコンダクターソリューションズの開発エンジニアは、高速パワーデバイスである窒化ガリウム（GaN）トランジスタのゲート電圧波形をオシロスコープによって測定する必要があった。

しかしハーフ・ブリッジ回路のハイサイド側トランジスタでは、測定用プローブの寄生容量によりスイッチング波形を歪ませ、 dV/dt の速度を大きく低下させるため、正確な測定が困難であった。

ソリューション

テクトロニクスは、光ファイバによってオシロスコープと測定対象の間を電氣的に完全に絶縁した広帯域プローブ技術「IsoVu（アイソビュー）」を開発した。IsoVuとオシロスコープを組み合わせることで、高い周波数の差動信号波形を正確に測定できるようにした。

成果

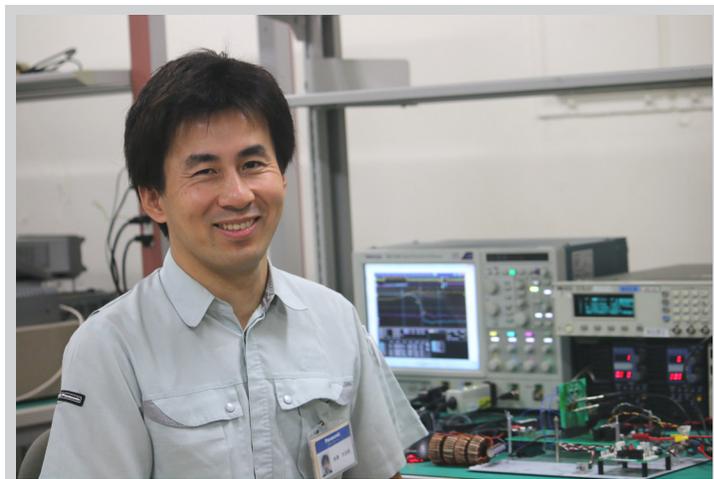
ハーフ・ブリッジ回路を構成する2個のGaNトランジスタのハイサイド側トランジスタのゲート電圧波形を dV/dt やスイッチング波形に影響を与えることなく正確に把握できた。この結果、ハーフ・ブリッジ回路とトランジスタの信号波形を観測して特性を解析するための時間を、大幅に短縮できた。

化合物半導体がパワーデバイスの新たな市場を開拓。大電力や高電圧、大電流などを扱うパワーデバイス。モーター制御回路やスイッチング電源回路などでは、高効率、低損失パワーデバイスは不可欠の存在です。パワーデバイスは最近まですべてがシリコン（Si）を素材とするパワーMOSFETやIGBT（Isolated Gate Bipolar Transistor）などの半導体デバイスでした。

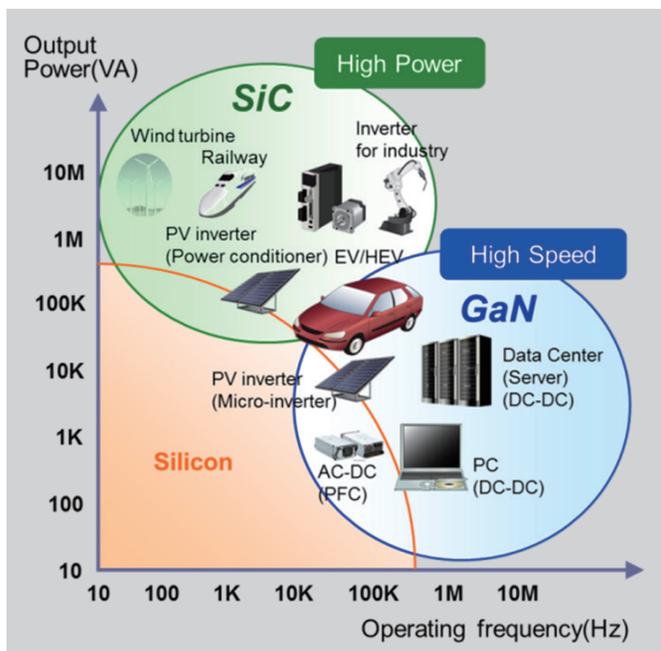
パワーデバイスの素材として、最近になって急速に注目を集めているのが化合物半導体です。パワーデバイスに利用可能な化合物半導体の素材は主に2種類あります。1つは、シリコンと炭素の化合物であるシリコンカーバイド（SiC）、もう1つは、ガリウムと窒素の化合物である窒化ガリウム（GaN）です。SiCとGaNはいずれも、Siに比べると以下のような特長があります。

- 1) バンドギャップが大きく、絶縁破壊電圧が高く、耐熱性が高い
- 2) 高耐圧かつ低抵抗
- 3) チップ面積を小さくできる
- 4) 高速・高周波で動作できる

SiCとGaNを比べると、SiCは大電力（10kW以上）および高耐圧（1kV以上）で高速（1MHz未満）の領域を得意としており、GaNは中電力（10kW以下）および中耐圧（1kV以下）で超高速・高周波（1MHz以上）の領域を得意としています。いずれも、これまでSi半導体のパワーデバイスでは商品化が難しかった領域であり、Si半導体の置き換えではなく、新しい市場を切り拓く半導体材料と言えます。



パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 有澤 大治郎様



SiC、GaN、Siの特性領域

GaNパワーデバイスの超高速動作に伴う問題

パナソニックはGaNデバイスの超高速・超高周波動作に着目し、定格が600V級のトランジスタの開発を進めています。「SiCやシリコン系デバイスよりもさらに上の、非常に高い周波数での動作を推奨しています。」

(パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 営業マーケティング部 セールスプロモーション課の松本成典様)。

応用分野の候補は、サーバー用電源、携帯電話システムの基地局用電源、ACアダプタ電源などです。GaNトランジスタを組み込むと、電源の外形寸法が小さくなると同時に高い変換効率実現が期待されています。GaNトランジスタの特長は、非常に高い周波数で動くことです。これまでパワーデバイスとして使われてきたSiトランジスタよりも高い周波数で動く。そのこと自体は歓迎すべきことなのですが、開発段階では大きな問題を抱えることとなりました。

これまでのパワーデバイス開発環境は、Siデバイスを前提に構築されていました。オシロスコープに代表される計測機器の分野でも同様です。Siのパワーデバイスが実現可能な範囲を測定できれば、開発環境としては十分でした。ところが、Siパワーデバイス向けに構築された計測環境が、GaNパワーデバイスの測定には対応できないという状況が出てきたのです。例えばSiパワーデバイスよりもはるかに速いスピードでGaNパワーデバイスが動作する場合です。

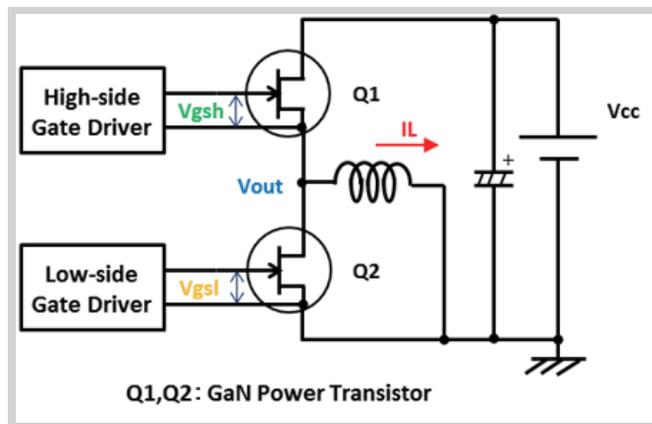
オシロスコープで信号波形を観測しようとする、「理論的にはこのような形状になるはずの波形」ではなく、明らかに違う信号波形が見えてしまう、という厄介な問題が発生しました。

ハーフ・ブリッジ回路のハイサイド波形を測定したい

具体的には、ハーフ・ブリッジ回路のハイサイド側トランジスタのゲート電圧波形をオシロスコープで測定しようとしたときに、上記のような問題にパナソニックの開発チームはぶつかりました。

ハーフ・ブリッジ回路は、インバータ回路やスイッチング電源回路などで標準的に使われる基本回路で、パワー分野の電気・電子回路としては非常に良く知られています。ハーフ・ブリッジ回路の内容はかなり単純で、電源電圧と接地電圧の間を2つのトランジスタを縦積みにした回路です。電源側のトランジスタをハイサイド、接地側のトランジスタをローサイドと呼んで区別しています。ハイサイドのトランジスタとローサイドのトランジスタが交互にオンとオフ（例えばハイサイドがオン状態の期間は、ローサイドがオフ状態の期間）を繰り返すことで、高い周波数の信号電力を出力します。

ハーフ・ブリッジ回路の測定は、パワートランジスタの開発では非常に重要です。ハーフ・ブリッジ回路で不具合が発生したときに、それがトランジスタに起因するものなのか、あるいはトランジスタ以外に要因があるのかを切り分ける必要があるためです。典型的な不具合は、ハイサイドとローサイドのトランジスタが同時にオン状態（誤点呼状態）になってしまい、非常に大きな電流（貫通電流）が流れてしまう不具合です。高速なスイッチングによってオン状態とオフ状態を交互に繰り返していると、まれにこのような状態が発生することがあります。



ハーフ・ブリッジ回路

テクトロニクス社の光絶縁プローブ技術が測定を可能に

ハーフ・ブリッジ回路の測定で問題となった事例は、トランジスタのゲートとソース間の電圧 (Vgsh) を計測するとプローブの持つ寄生容量でスイッチング特性が変化し、dv/dtが大幅に減少してしまうことでした。ハイサイドのトランジスタは、ソース電圧がスイッチング動作の際に高い電圧振幅と非常に高いdv/dtによって変化しています。また、従来のシリコン系パワーデバイスと比較してドレインとソース間の容量値が大変小さいため、従来の高耐圧差動プローブでは、スイッチングの際にプローブの持つ寄生容量に対して瞬間的に大電流を流しスイッチング波形に悪影響を与えるため、プローブを取り付けることが困難な状態でした。

このため、従来はローサイドのトランジスタでゲート電圧波形とドレイン電流波形を測定することで、ハイサイドのトランジスタに関する不具合を推定していました。この方法はゲート電圧波形を直接観測する手法に比べてはるかに面倒で、時間のかかるものでした。ハイサイドのゲート電圧波形を直接計測するためには測定プローブを変更する必要がありました。オシロスコープ本体の性能は要求を満たしていますが、測定用の差動プローブとして絶縁部分の結合容量が低い差動プローブを必要としていました。

この要求に応えたのが、テクトロニクスが開発した光絶縁プローブ技術「IsoVu (アイソビュー)」です。「IsoVu」技術を導入した差動プローブは、2kV以下の電圧があっても、1GHzまでの周波数範囲で5mV~50Vの差動信号を正確に測定できます。「IsoVu」技術では、長さ3mの5本の光ファイバによって測定対象とオシロスコープを電氣的にほぼ完全に絶縁しています。



IsoVuによるハイサイドの電圧波形 (CH4: 緑の信号)

パナソニックの開発チームは、光絶縁プローブ技術「IsoVu」を試験的に導入したところ、課題となっていたハイサイドのゲート電圧波形を直接、観測することができました。「回路動作に悪影響を与えないでハイサイドの真のゲート電圧の波形が見えるようになったことは、画期的だと言えます。

従来の高電圧差動プローブの絶縁方法では、多くの結合容量が発生してしまい、電氣的絶縁が十分ではありませんでした。「IsoVu」の光ファイバ絶縁は、結合容量が非常に小さくなっているとみています」(パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 第一事業開発センター第三事業開発部の有澤大治郎様)

「GaNトランジスタの高速スイッチング性能を引き出すため、普段から寄生容量の影響を取り除くのに苦労していました。数pF~数十pFと小さな規制容量でも、GaNトランジスタのスイッチング速度に大きく影響を与えます」(有澤様)。

従来のSiトランジスタでは、スイッチング速度がそれほど速くなく、このため、普通の差動プローブでも信号波形を観測することができました。GaNトランジスタやSiCトランジスタなどの化合物半導体では、Siトランジスタ向けの測定環境だとしばしば、正確な測定が困難になります。GaNトランジスタやSiCトランジスタなどの開発では、それぞれのトランジスタの特性に適した、一段と高い性能の測定環境を構築する必要があると言えます。



光絶縁プローブ技術「IsoVu (アイソビュー)」



jp.tek.com

テクトロニクス／ケースレイインストルメンツ
お客様コールセンター

TEL: 0120-441-046 ヨリ良い オシロ 電話受付時間／9:00~12:00・13:00~18:00
(土・日・祝・弊社休業日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2016, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEKはTektronix, Inc. の登録商標です。記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2016年9月 51Z-60856-0