

## 《目次》

パワーデバイスの最新動向・・・1～3 p	OTC(Offshore Tec. Conf.) 2017・・・4～5 p
水電解水素と P2G 技術・・・6～7 p	WHTC(World H <sub>2</sub> Tech. Conf.)・・・8～10 p
中国特許年会 2017・・・11～13 p	蠟梅 Now・・・14 p

## パワーデバイスの最新動向

～テクノフロンティア 2017 & ISPSD 2017 より～

神鋼リサーチ(株) 鈴木友成

テクノフロンティア 2017 の SiC/GaN パワーデバイスに関する技術シンポジウムに参加した。また、パワー半導体の国際学会である ISPSD 2017 に参加した。

- テクノフロンティア 2017 は、2017 年 4 月 19～21 日に幕張メッセで開催され、その中の「SiC パワーデバイスの最新応用技術」と「SiC/GaN パワーデバイスの適用拡大に向けた最新状況と課題」の 2 つの技術シンポジウムに参加した。
- ISPSD 2017 は、2017 年 5 月 29 日～6 月 1 日の 4 日間、ロイトン札幌ホテルで開催された。

テクノフロンティア 2017 のシンポジウムでは 6 件の講演を聴講した。内訳は、5 件が SiC パワーデバイスに関する講演、1 件が GaN パワーデバイスに関する講演であった。これらのうち Infineon の講演では、厚みを薄くすることにより導電損失を小さくした SiC ダイオードと、新たに製品化したトレンチゲート型 SIC MOSFET について説明された。また、パナソニックの講演では、パナソニックが開発したノーマリーオフ型の GaN ヘテロ接合 FET と、信頼性の課題である電流コラプスへの対策について説明された。さらに三菱電機の講演では、SiC ダイオードと SiC MOSFET を用いた鉄道車両用インバーターを実用化した事例について説明された。

ISPSD 2017 では、Si パワーデバイス (IGBT、MOSFET など)、パワーデバイス制御用 IC、SiC パワーデバイス、GaN パワーデバイス、パッケージ技術などの分野で、123 件の発表が行われた。発表では、Si パワーデバイスの発表件数が全体の約 4 割を占めており、SiC や GaN のデバイスだけではなく Si デバイスの研究開発も活発であることがわかった。国別の発表件数では、日本 (43 件)、中国 (29 件)、ドイツ (12 件) が Top3 であった。中でも中国はポスターセッションで多くの発表を行い、とくに GaN デバイスと低耐圧デバイスの分野で発表件数が多かった。

テクノフロンティア 2017 のシンポジウムと ISPSD 2017 のそれぞれの詳細を以下にまとめた。

### 1. テクノフロンティア 2017 での SiC/GaN パワーデバイスに関する技術シンポジウム

技術シンポジウムでの講演のうち、Infineon、パナソニック、三菱電機の講演の内容を以下にまとめた。

#### a. Infineon の講演 : Powering the future – SiC opens up new horizons for power electronics

Infineon では、従来から製品化している SiC ダイオードの厚みを  $110\mu\text{m}$  に薄くすることにより導通損失の改善を行っている。また、トレンチ型ゲートの SiC MOSFET を製品化している。SiC MOSFET ではチャンネル部の電子移動度とゲート酸化膜の耐圧が課題であり、トレンチ型ゲートを採用し、トレンチの角部を P 型ボディ領域で覆うことによりこれらを解決している。これら SiC デバイスを使用したインバーターを UPS システムや風力発電に適用した場合に、コストやシステムサイズが低減でき、Si デバイスの場合よりも優位であると報告している。

#### **b. パナソニックの講演：GaN パワーデバイスの完成度とその応用例**

パナソニックでは、GaN ヘテロ接合 FET において GIT (Gate Injection Transistor) 構造を採用することによりノーマリーオフ特性を実現している。GIT 構造とは p 型 AlGaIn をゲート電極に使用した構造である。また、8 インチ Si ウェハ上 GaN 膜を MOCVD 法で成膜したウェハをデバイス作製の基板に使用しており、SiC の場合より低コストである。さらに、GaN ヘテロ接合 FET の課題である電流コラプスを、ドレイン近傍に正孔を注入することにより改善している。電流コラプスとはデバイス動作中にオン抵抗が増大する現象で、GaN ヘテロ接合 FET の信頼性の課題である。応用例として、この GaN ヘテロ接合 FET をトータムポール型の PFC (力率改善回路) に適用し、エネルギー効率 98~99% を実現している。

#### **c. 三菱電機の講演：鉄道車両用インバーターへの SiC 適用事例**

三菱電機では、SiC パワーデバイスを用いた鉄道車両用インバーターを開発しており、2012 年に SiC ダイオードを用いたインバーター、2015 年にフル SiC (SiC MOSFET+SiC ダイオード) インバーターをそれぞれ東京地下鉄銀座線と小田急電鉄に営業線納入している。SiC デバイス化により、Si デバイスの場合よりも消費電力を 40% 低減している。この消費電力の低減では、インバーターの消費電力の低減による効果よりも、「機械的摩擦ブレーキ」と「モーター」による消費電力を低減した効果が大きい。これら「機械的摩擦ブレーキ」と「モーター」による消費電力の低減は、モーターを低インピーダンスのモーターに仕様変更することにより実現されている。このモーターの仕様変更は SiC デバイスが高温動作可能であることと SiC デバイスのスイッチング損失が小さいことにより可能になったものである。

## **2. ISPSD 2017**

ISPSD (International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs) は、1988 年に第一回の会議が行われたパワー半導体デバイスとパワー IC の国際会議である。この会議では、日本、北米、ヨーロッパとそれ以外の地域の国が順番に開催地になる。昨年はチェコ共和国、今年 (29 回目) は日本 (札幌) で開催された。来年は米国 (シカゴ) で開催される。今回の参加者は約 500 人であった。会議では 123 件の発表があり、そのうち口頭発表が 47 件、ポスターセッションが 76 件であった。発表機関の種類では、企業の発表が 51% で、大学・公的機関の発表が 49% であった。

発表は、「Low Voltage & Power IC Device」、「High Voltage」、「SiC & Other Material Devices」、「GaN Power」、「Power IC」、「Module and Package」の 6 つカテゴリーに分類される。それぞれのカテゴリーの口頭発表の件数と、各カテゴリーの文献が対象としているデバイス、デバイスの耐圧、デバイスの用途などを表 1 に整理した。

各カテゴリーでの口頭発表の内容の傾向を以下に整理した。

(1) SiC パワーデバイスでは、ショットキー型ダイオードに続いて MOSFET が製品化

された。用途開発、高温耐性のパッケージ技術開発、信頼性改善（導電劣化、短絡耐性など）が進められている。

- (2) GaN パワーデバイスには、ノーマリーオフ型、ノーマリーオン型などの複数種のデバイスが存在している。電流コラプスなどの信頼性に関わる問題の解決が進められる過程で、淘汰が進むと推察される。また、高周波用途での実用化のためにドライバーの開発が行われている。
- (3) Si パワーデバイスの研究開発も活発に行われている。IGBT、スーパージャンクション MOSFET、LDMOS、LIGBT（横型 IGBT）などで特性改善や微細化が取り組まれている。
- (4) パワーデバイスの分野での中国の活発な研究開発が目立つ。とくに GaN デバイスと LDMOS、LIGBT などの低耐圧デバイスの分野で発表件数が多かった。

表 1 ISPSD 2017 での口頭発表のカテゴリごとの発表件数各カテゴリの文献が対象としているデバイス、デバイスの耐圧、デバイスの用途など

カテゴリ名	発表件数	含まれるデバイスなど	デバイスの耐圧(V)	デバイスの用途
Low Voltage & Power IC Device	24	低耐圧パワーデバイス(主にSi MOSFET)と制御用IC	40-500	車載用(電動パワーステアリング用モーター、自動運転など)、モータードライブ、ランプ安定器、スイッチング電源、無線通信、超音波発振器
High Voltage	25	高耐圧Siパワーデバイス: IGBT、Si MOSFET	600-3300	スイッチングモード電源、インバーター
SiC & Other Material Devices	24	SiCダイオード、SiC MOSFET ダイヤモンドのデバイス(1件)	1200-10000	自動車、鉄道、重機などの駆動モーターのドライブ、産業用モータードライブ、インバーター(太陽光発電、風力発電)
GaN Power	19	GaNヘテロ接合FET	400-1021	自動車、バイクなどの駆動モーターのドライブ、産業用モータードライブ、インバーター
Power IC	11	高耐圧パワーデバイスの制御用IC		
Module and Package	10	モジュールとパッケージ		

以上