

16 kV級の超高耐電圧SiCトランジスタ

電力の有効利用や省エネルギー化を促進



米澤 喜幸

よねざわ よしゆき
yoshiyuki-yonezawa@aist.go.jp

先進パワーエレクトロニクス
研究センター
超高耐圧デバイスチーム
研究チーム長
(つくばセンター)

次世代パワー半導体材料であるSiCを用いた、パワー半導体デバイス、特に超高耐圧デバイスの研究開発に従事。低炭素社会実現に向けて、パワーエレクトロニクス応用からのニーズと、基礎からのシーズを見据えたトータルな技術開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

木本 恒暢 (京都大学)、水島 智教、竹中 研介、藤澤 広幸、岡本 光央、吉川 満、松永 慎一郎、加藤 智久、岡本 大、原田 信介、田中 保宣、熊谷 直樹、出口 忠義、仲俣 伸一、酒井 善行、宮島 将昭、木村 浩、福田 憲司、奥村 元 (産総研)、武井 学、大月 章宏 (富士電機株式会社)

● 用語説明

* 絶縁ゲートバイポーラ・トランジスタ (IGBT)：縦型のMOSFET構造のドレイン側にドレイン層とは異なる伝導型の半導体層を加えた構造のトランジスタ。

** IE構造：ゲート形成にイオン注入とエピタキシャル薄膜成長を組み合わせた構造。

● プレス発表

2013年9月25日「16kVの高電圧に耐えるSiCパワー半導体トランジスタを開発」

● この成果は、内閣府の最先端研究開発支援プログラム (FIRST) のもとで達成されました。

SiCパワーデバイスへの期待

エネルギーの有効利用を促進し低炭素社会を実現するために、電力の変換 (直流・交流変換や電圧変換) や制御を担うパワーデバイスの飛躍的な性能向上が求められています。ワイドバンドギャップである炭化ケイ素 (SiC) 半導体をパワーデバイスに適用すれば、同じデバイス構造でSiパワーデバイスより一桁高い耐電圧性の実現と、200℃以上の高温動作が可能となります。特に絶縁ゲートバイポーラ・トランジスタ (IGBT) *構造を適用することによって、10kV以上の超高電圧スイッチング素子の実現が可能となり、スマートグリッドに向けた、インテリジェントパワースイッチ、各種の電気機器、システムの大幅な効率向上と小型軽量化が達成できると期待されています。

超高耐電圧パワーデバイスを開発

今回私たちは、デバイス品質の結晶作製に用いられるエピタキシャル成長によってp型基板を作製するフリップ型の基板作製方法、および過去のSiCパワーデバイスの研究開発において開発したIE構造**を採用し、超高耐電圧性と低オン抵抗性をあわせもつSiC-IGBTを作製しました。

下図に、通常のp型基板上のIGBT構造と今回作製したIGBT構造を示します。高品質p型基板をエピタキシャル成長で得るために、図に示すようなフリップ型基板の作製を試みました。

(1) 高品質のn基板上に、まず超高耐圧性能を実現するのに必要な厚いn型層をエピタキシャル

成長させ、その上にp型基板層をエピタキシャル成長させます。

(2) 上下逆転 (フリップ) させ、n型基板を取り去り、エピタキシャル成長した部分を自立させ、フリップ型自立エピ基板とします。

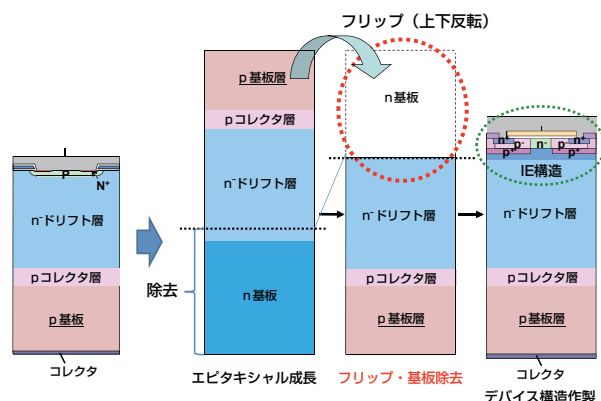
さらにIGBTの制御電極 (ゲート) 形成では、移動度の高いカーボン面の特徴を生かすIE構造を、得られたフリップ型自立エピ基板上に適用しました。IE構造では、ゲート電極直下の部分 (チャネル) にエピタキシャル成長した結晶面を用いることで、通常のイオン注入による形成法に比べて高いチャネル移動度を得ることができます。

試作の結果、5.3mm角のSiC-IGBTチップで耐電圧16.5kV、20A (オン電圧6.5V) と、世界最高レベルの超高耐電圧パワーデバイス特性を確認できました。

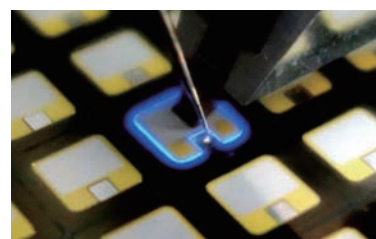
このようなSiデバイスでは達成できない超高耐電圧スイッチングトランジスタの実現により、電力分野での省エネルギー化、高機能化の進展や高速鉄道への応用が期待されます。

今後の予定

p型基板のさらなる高品質化と、デバイス設計や作製プロセス技術の進展によって、応用を見据えた大面積、大電流で、スイッチング損失の少ない超高耐電圧SiC-IGBTを開発していくとともに、大容量化に向けたパッケージ技術などの開発を進め、超高耐圧デバイス応用による低炭素社会への貢献を行っていきます。



従来型IGBTとフリップ型IGBTの構造の違い



開発した5.3mm角SiC-IGBTの動作時の様子

再結合による発光が確認される。