

第1章 富士ディスクリートIGBTの製品概要

1. 素子構造の変革と特徴	1-2
2. ディスクリートIGBTの構造	1-3
3. 型式の見方	1-4
4. RoHS指令	1-5

本章では富士ディスクリートIGBTの製品概要について説明します。

1. 素子構造の変革と特徴

IGBTはMOSFETのドレイン側にp+層を追加した構造となっており、ベース層の伝導度変調を用いて大電流での低抵抗化を実現した素子です。特にゲートに正の電圧を印加するとn型のチャンネルが形成されるIGBTをnチャンネル型と呼びます。

IGBTの構造は表面のゲート構造とベース層を形成するバルク構造に大別することができ、ゲート構造にはウェーハ表面にゲートを形成するプレーナゲート構造とウェーハの中に溝を掘ってゲートを形成するトレンチゲート構造の2種類があります。一方、バルク構造にはオフ時に空乏層がコレクタ(p+層)に接触するパンチスルー(Punch Through)型とそれに接触しないノンパンチスルー(Non Punch Through)型に分けることができます。図1-1 に構造比較を示します。

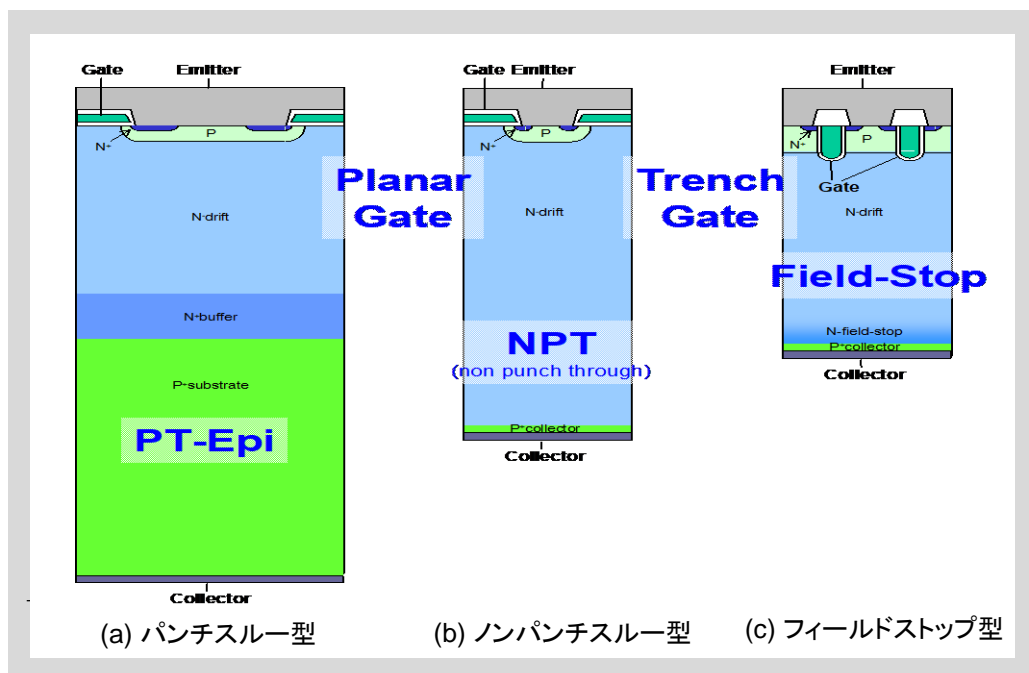


図1-1 nチャンネル型IGBTの構造比較

富士電機はIGBTの製品化を1988年から始め、市場に供給してきました。当時のIGBTはプレーナゲート構造パンチスルー型IGBTが主流でした。当時のパンチスルー型IGBTはエピタキシャルウェーハを用いており、コレクタ側からキャリアを高注入することで低オン電圧を実現していました。同時にターンオフ時にはnベース層に高注入されたキャリアを速やかに消去する必要があるため、ライフタイムコントロール技術を適用していました。これにより低飽和電圧と低いターンオフスイッチング損失(E_{off})を実現させていました。しかしながらライフタイムコントロール技術で高注入のキャリアを抑制すると特性改善に限界がありました。また、飽和電圧特性のバラツキが生じ、近年要求の高まってきた並列使用の大容量化等に対するデメリットがありました。

これらの課題を打開するために、ノンパンチスルー型IGBTが開発されました。ノンパンチスルー型IGBTは、コレクタ(p+層)の不純物濃度コントロールによりキャリアの注入効率を抑制するとともに、nベース層の厚さを薄くして輸送効率を高めています。この型ではエピタキシャルウェーハを用いずFZ(Floating Zone)ウェーハを用いることができるため、結晶欠陥の影響を受けにくいという利点を持っています。一方で低飽和電圧を達成するためには、高輸送効率化する必要があり、nベース層の厚さを薄くする技術が必要でした。富士電機ではウェーハの薄厚化技術を開発し、特性改善に努めてきました。更なる特性改善のためには、より薄いチップ厚を持ったIGBTが必要となりますが、チップ厚の大部分をnベース層の厚さが占めるため、その厚さを薄くすると所定の電圧保持が不可能になります。この特性改善を阻む要因を打破した構造がFS(Field Stop)構造です。FS構造とは、nベース層下部に濃度が高いFS層を設けた構造です。このFS構造を採用することで更なる特性改善が可能となりました。また富士電機はIGBTの特性改善に不可欠な技術として表面構造の微細化も併せて進めて来ました。IGBTはセルと呼ばれるIGBTの基本構造が多数配置される構造によって形成されています。セル数が多いほど低飽和電圧化が実現できます。それゆえウェーハ表面に平面的にセルを作る構造(プレーナ構造)からシリコン表面にトレンチ(溝)を形成し縦方向にゲート構造を形成するトレンチ構造へと表面構造も移り変わってきました。このように、バルク構造と表面構造に様々な技術を適用することで、特性改善を図ってきました。

2. ディスクリートIGBTの構造

図1-2にIGBTとFWDが内蔵されたTO-247-Pのディスクリート製品構造を示します。図1-2(a)に外部構造、図1-2(b)に内部構造を示します。端子先端の①、②、③はそれぞれゲート、コレクタ、エミッタを示しています。ディスクリートIGBTは一般的なモジュールと異なり、絶縁基板を使用していません。

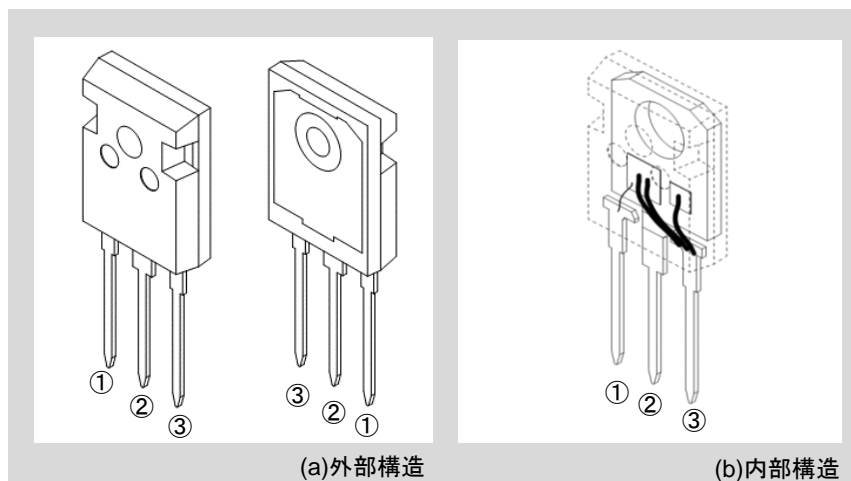
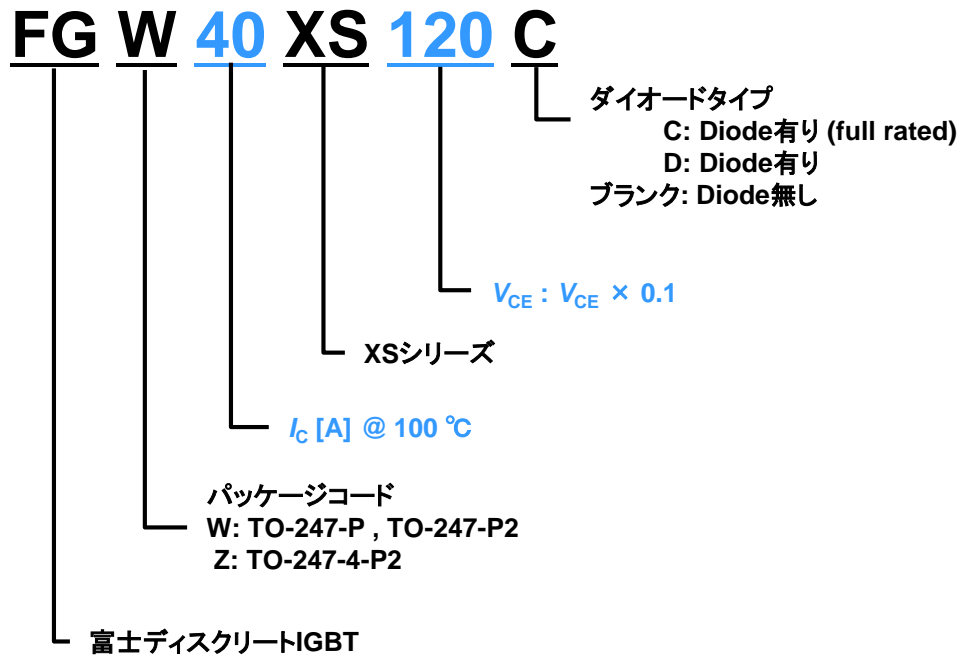


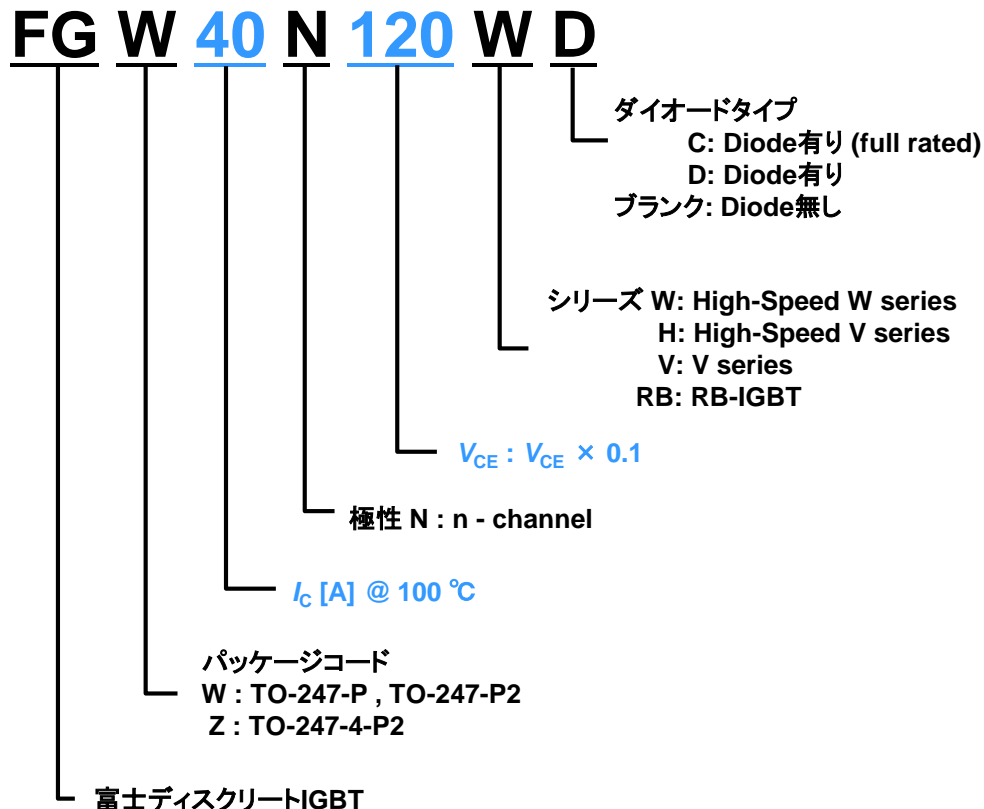
図1-2 ディスクリートIGBTの構造図

3. 型式の見方

FGW40XS120C(例) : XSシリーズ



FGW40N120WD (例) : XSシリーズを除く



4.RoHS指令

RoHS(Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment)指令はEU(欧州連合)が2006年7月1日に施行した有害物質規制であり、電気電子機器への特定有害物質の含有を禁止しています。

現在、規制対象となっているのは、Pb(鉛)、Cd(カドミウム)、Cr6+(6価クロム)、Hg(水銀)、PBB(ポリブロモビフェニル)、PBDE(ポリブロモジフェニルエーテル)、DEHP((フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)、BBP(フタル酸ブチルベンジル)、DBP(フタル酸ジブチル)、DIBP(フタル酸ジイソブチル)の10物質です。

これら10物質を、しきい値(Cdは0.01%、他は0.1%)を超えて含有する製品はEU内では販売できませんが、技術的に代替が困難な用途については、適用除外が認められています。

弊社のディスクリートIGBTの製品はRoHS対応品です。端子部のディップはんだは、鉛フリーはんだ(Pb 0.1%未満)を使用しております。