

# 新パワー素子の技術

湊 忠玄\* 榑崎敦司\*  
高橋英樹\*  
山下潤一\*

## 要 旨

微細化や“薄厚”ウェーハ技術等，ウェーハプロセス技術の向上により，電力半導体の高性能化が一段と進んでいる。かつて，DRAMがLSIのテクノロジードライバであったように，微細化が有効な低圧MOSFETにおいては，トレンチゲート型のMOSFETがウェーハプロセスでのテクノロジードライバの役目を担っている。ウェーハの裏表に電極

のあるディスクリート素子が主流の電力半導体素子においては，LPT-CSTBTに代表される“薄厚”ウェーハ技術が鍵を握っている。この“薄厚”ウェーハ技術は，従来型IGBTのコストパフォーマンスを上げるだけでなく，逆耐圧型IGBTや逆導通型IGBT等の高機能化も可能にした。

### IGBT Technology Trend

NPT-IGBT (1978) (Backside diffusion) MOS-Gate Thyristor type by V-groove  
V-Groove : Trench ; Alkali wet etching

PT-IGBT ('80s) 2 layered Epitaxy( $n^+/n^-$ ), Planar Gate, DMOS(Double Diffused MOS)  
LSI technology

Planar Gate IGBT (Large SOA type)      1 $\mu$ m design rule      Submicron design rule

Trench Gate IGBT (1 $\mu$ m design rule)      high reliability for Automotive application

PT-CSTBT(Carrier Stored Trench IGBT)  
Thin wafer technology('90s)

Thin FZ NPT-IGBT (late '90s)      RB-IGBT (Reverse Blocking IGBT)

LPT-IGBT (LPT-CSTBT)      RC-IGBT (Reverse Conducting IGBT)

(1,200V class) HF-IGBT  
(600V class) Ultra-thin wafer  
Future technology( ) (2008)

RB-IGBT + RC-IGBT      AC-MOS-Thyristor      AC-IGBT  
Future technology( ) (2010)

SiC Devices(ex. MOSFET, SBD : Schottky Barrier Diode)  
Future technology( ) (2020)

Diamond Device(ex. FED : Field Emission Diode)

## IGBTの歴史と展望

1978年にアルカリ異方性ウエットエッチングを使ってV溝ゲートを持つMOSサイリスタとして開発された素子が，IGBTの原点である。当時，ウェーハ径は小さく，厚みも200～300 $\mu$ mであった。ウェーハ裏面にほう素デポジションによりp型コレクタ領域を形成するNPT (Non Punch Through)型として立ち上がる。V溝形成のエッチャントに含まれるアルカリ金属は，MOSゲートには有害であることと，ICのウェーハプロセスで二重拡散MOS(DMOS : Double Diffused Metal Oxide Semiconductor)構造が立ち上がったことにより，IGBTも，DMOS構造の平面ゲート化が進む。並行して，縦構造は，Si結晶成長(エピタキシャル成長)技術の進歩があり，耐圧保持時に空乏層(空間電荷領域)がp型コレクタ領域に到達してしまうパンチスルー現象を防ぐためのn型バッファ領域を形成した，PT(Punch Through)型構造へと発展した。その後，縦構造の改良に加えて，ゲート寸法の微細化やエミッタパターンの工夫などが進む。1990年代に入り，LSIの新しいSiドライエッチング技術によるトレンチ分離技術が立ち上がってきたことから，IGBTも，再び，トレンチゲート構造化が進む。1990年代以下の“薄厚”ウェーハ技術(Thin Wafer Technology)と，その派生構造であるLPT-CSTBTについては，本文中で詳述する。今後は，単体素子としての性能向上に加えて，外付け素子として使用していた逆阻止ダイオードやFWD(Free Wheeling Diode)等を取り込んだ新機能素子化を進める。将来的には，Siよりも物性の優れたシリコンカーバイド(SiC)やダイヤモンド素子の実用化が進む。