

電力用表面ゲート型ノーマリオフ 静電誘導トランジスタ

研究者	西澤潤一	財団法人半導体研究振興会半導体研究所 所長
開発企業	磯谷智生	株式会社豊田自動織機製作所 代表取締役社長
(推薦者)	原島文雄	東京大学生産技術研究所 所長)



西澤潤一氏



磯谷智生氏

1. 技術の背景

電力の需要増加と広汎化に伴い、その効率、品質への関心が急激に高まっている。これを受けて、電気エネルギーの制御、変換を扱うパワーエレクトロニクスの分野は、高周波化、大容量化などに向けて大きく発展することが期待されている。

パワーエレクトロニクスにおいて現在使用されている電力用半導体素子のうち、バイポーラトランジスタ (BJT)、サイリスタは、高周波化に限界 (10KHz 以下) があり、電界効果トランジスタ (FET) や絶縁ゲート型複合トランジスタ (IGBT) は、オン電圧の低減に限界があり、消費電力を少なくするのが困難であった。

近年、メガヘルツ帯の高周波で動作ができる電力用素子として、ノーマリオンタイプ (ゲートに信号を加えない状態でドレイン電流が流れるタイプ) の静電誘導トランジスタ (SIT) が実用化されているが、単体では 1KW 程度までの比較的小さい容量のものであり、消費電力の低減にも限界があった。

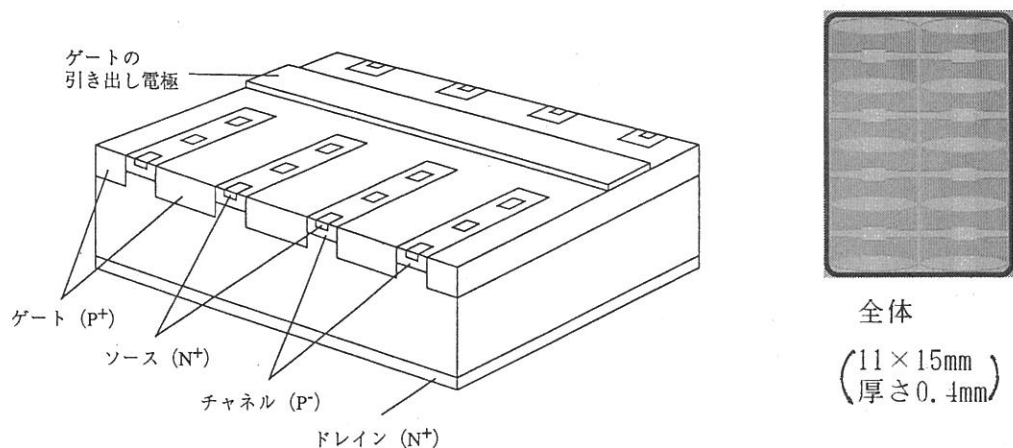


図1 SITチップと構造

2. 技術の概要

本技術は、表面に配置したゲートの微細構造とゲート間に設けた低濃度Pチャンネルにより、ソースの前面に生じる電位障壁を高めてノーマリオフ特性とし、オン状態でゲートから注入される少数のホールにより、電気抵抗を低下させて極めて低いオン電圧とした新しい構造と動作原理を有する大電力用表面ゲート型ノーマリオフ静電誘導トランジスタの製造に関するものである。(図1、図2参照)

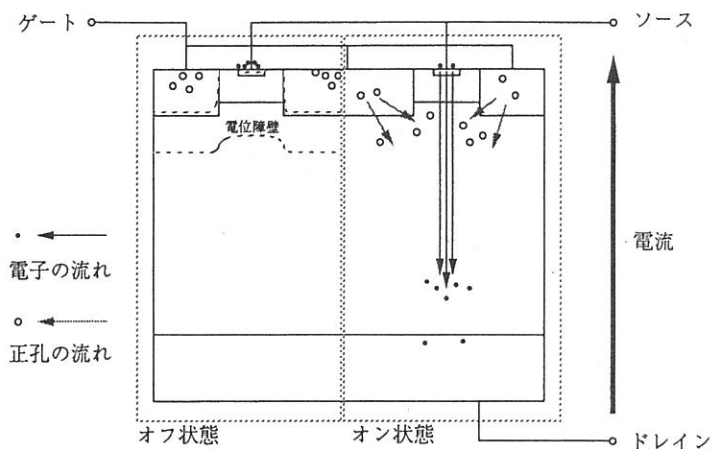


図2 SITの動作状態

本技術は、電力用半導体素子に要求される諸要件の内、理想的スイッチ特性を獲得するために必要なものとして、相互にトレードオフの関係にある次の3つの要件を挙げ、これらを満たす素子構造の検討、製造法の検討を重ねた結果、大電力にまで使用

可能な高性能素子の製造を可能にしたものである。

イ. オフ状態での耐電圧が高く、漏れ電流が小さいこと。

ロ. オン状態での導通抵抗が小さいこと。

ハ. オン・オフの遷移が速いこと。

具体的には、以下の重要な技術的課題を解決したことにより本技術は完成された。

- ① 表面ゲート構造とすることによりゲートやソースが微細化され、ソース前面に電位障壁を生じさせることが容易になったことに加えて、ゲート間にPチャネルを設けることにより、P領域中の不純物が電位障壁を高くするように働き、ゲートに信号を加えない状態ではドレイン電流が流れない「ノーマリオフ特性」を実現したこと。

また、表面ゲート構造の採用により、従来型SITのようなゲート上部N層の単結晶成長が不要になるなど製造工程の簡素化も実現した。

- ② バイポーラ型とすることによりオン状態でゲートから注入されるホール（正孔）によって電流経路の電気抵抗を下げて優れた電流電圧特性を実現し、低いオン電圧(0.3V)を可能にしたこと。(図3参照)

- ③ ゲート・ソース間の距離を最適化することにより、キャリアの流入・排出を速くして、高速でのオン・オフ切替を可能にしたこと。(図3参照)

この結果、ノーマリオフ特性が容易に得られ、低オン電圧、高速動作が可能で低消費電力のSITを安定して製造できるようになった。(図4、表1参照)

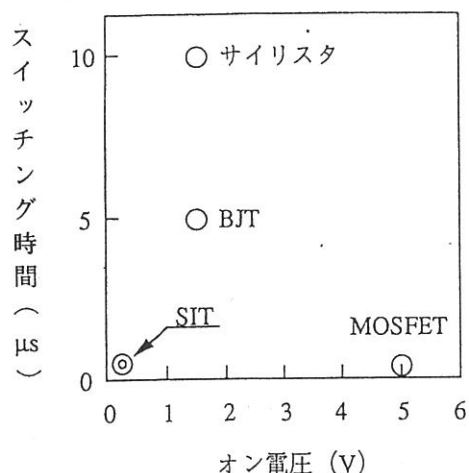


図3 オン電圧とスイッチング時間



図4 SITの外観

表1 各種ノーマリオフ型電力デバイス性能比較表

	本S I T	MOSFET	IGBT	BJT	サイリスタ
動作	バイポーラ	ユニポーラ	バイポーラ	バイポーラ	バイポーラ
オン電圧(V)	0.3	5	2	1.5	1.5
消費電力(W)	50	250	125	100	100
スイッチング速度 (最大周波数KHz)	50	100	50	10	1
オン電圧、消費電力の測定条件	出力50KW 40KHz	同左	同左	出力50KW 10KHz	出力100KW 1KHz

3. 技術の効果

本技術によるS I Tは、平成元年以来、バッテリーフォークリフトのモータコントローラに組み込まれて数多く使用されており、従来のバイポーラトランジスタ方式のものに比べて、

- ① 電力損失を50%低減できる。
- ② 大きさが60%低減され、バッテリーの搭載数を増加できるため連続走行距離が伸びる。
- ③ チョップ音が低減され、静かな動作環境を実現できる。

などの優位性を発揮している。(図5 参照)

更に平成3年度以降は、小型のものが電動工具やカーエアコンのモータ制御にも応用されている。(図6 参照)



図5 S I T搭載バッテリーフォークリフト

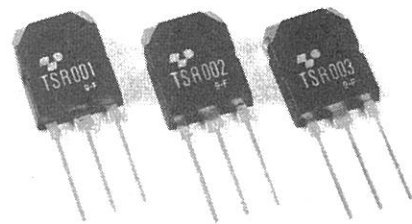


図6 小型S I Tシリーズ

今後は、DC-DCコンバータ、アクティブフィルタ、インバータ等への応用が見込まれており、将来応用が期待されている電気自動車の電力制御を含めて、各種電力機器に広く応用され、電力の質的向上、エネルギーの節約、さらには作業環境の改善などに寄与するものと期待される。