

世界初、高電流増幅率・低オン抵抗 シリコンSJ-BJTパワーデバイスを開発

新日本無線は、山梨大学大学院総合研究部の矢野浩司教授と共同で、コレクタ領域をスーパージャンクション（SJ）構造とするシリコンバイポーラトランジスタ（以下SJ-BJT）の開発に成功しました。本技術により、電流開閉器の更なる小型化、低損失化が期待でき、将来の省エネ社会および低炭素化社会の実現に貢献します。

【開発の背景】

パワー半導体デバイスを用いた電流開閉装置（ソリッドステートリレー、以下SSR*3）は、家電製品、産業機器など広範囲に活用されています。今後、SSRの小型・省エネ化を推進するためにはパワー半導体の低損失化、特にオン状態での抵抗（以下オン抵抗）を低減することが必須となります。現在、SSRに主として使用されているサイリスタ、トライアック、MOS電界効果型トランジスタ（以下MOSFET*4）などのパワー半導体デバイスは近年性能の限界に近づきつつあり、新しい概念の低損失パワー半導体デバイスの開発が必要とされていました。

【今回の成果】

従来のスーパージャンクションMOSFET（以下、SJ-MOSFET）に用いられているスーパージャンクション技術を応用することで、世界で初めてSJ-BJTを作製し（図1）、高耐圧を保持しつつ、低オン抵抗と電流増幅率向上を実現しました。

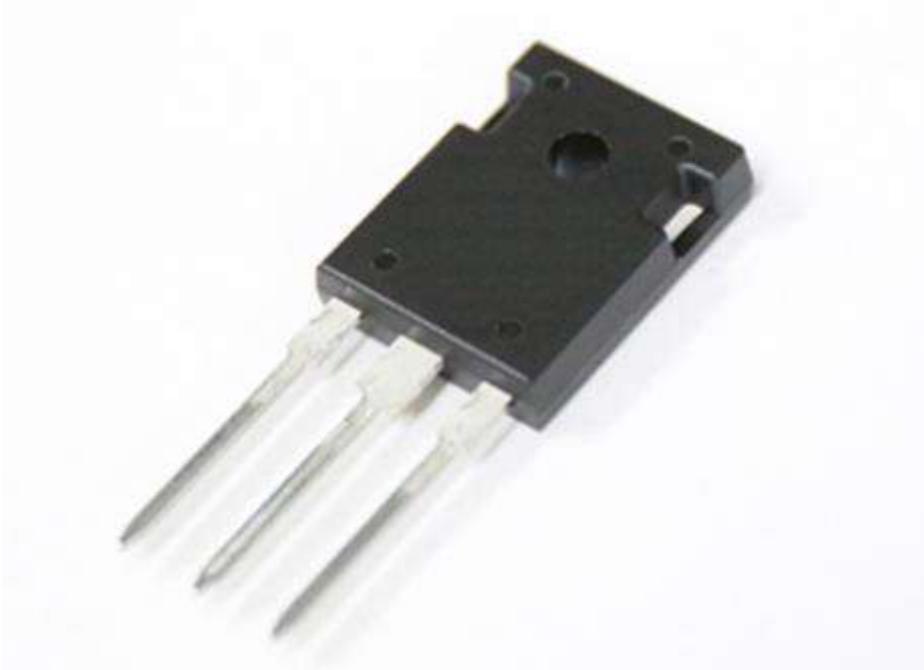


図1 TO-247に組み立てたSJ-BJT

今回開発したSJ-BJTの断面構造を図2に示します。スーパージャンクション技術は本図に示されるようにn型半導体領域とp型半導体領域を交互に周期的に配置した構造であり、パワー半導体の高い耐圧と低いオン抵抗を両立することが可能な構造です。本技術はこれまで主としてSJ-MOSFETに用いられており、それによりSJ-MOSFETのオン抵抗の低減が実現されました。今回、この技術をシリコンバイポーラトランジスタに適用し、スーパージャンクション構造とホール*5の注入効果を組み合わせることで、高耐圧であると同時に、低オン抵抗、高電流増幅率動作を実現しました。

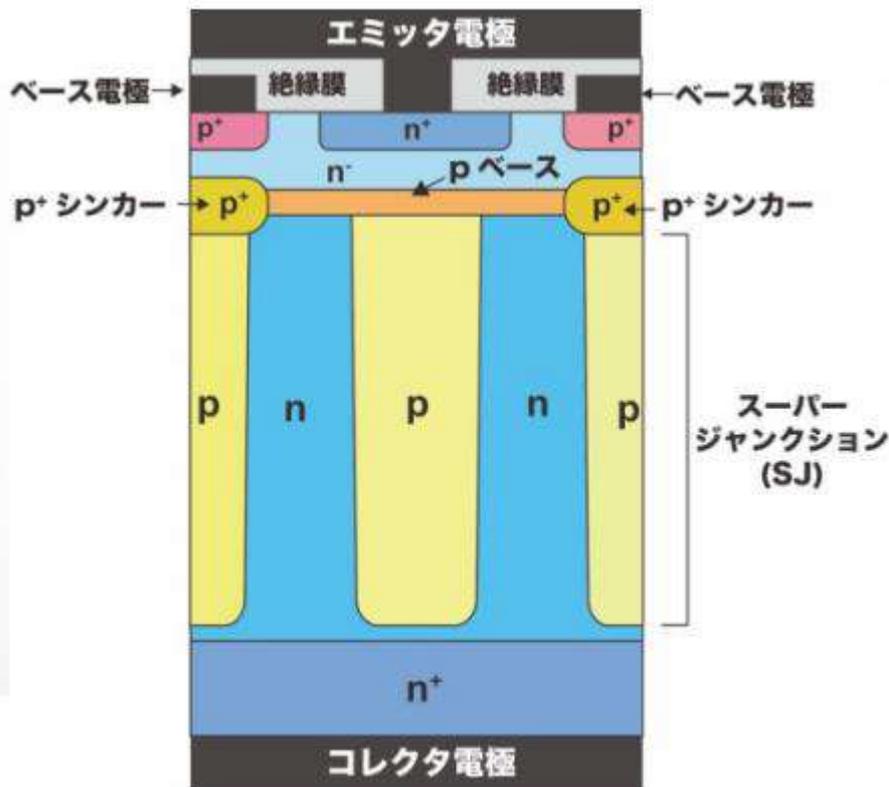


図 2 SJ-BJTの断面構造

SJ-BJTの動作において、従来のスーパージャンクション構造の動作だけでなく、図 3 に示すように、オン状態でベース電極からスーパージャンクションのp型領域を介してスーパージャンクションのn型領域へホールが効率的に注入される(図の赤線)ことが特徴です。この効果により電子電流(図の青線)が促進される伝導率変調現象が起こり、オン抵抗を低減できるとともに電流増幅率を増加することが可能となります。また従来のIGBT*7、サイリスタ、トライアックは、コレクタ側(もしくはアノード側)のp型領域よりホールを注入する構造であるため、素子をオンさせるのに、少なくとも0.7V以上のオン電圧が必要でしたが、SJ-BJTはベース電極よりホールを注入するために、低コレクタ電圧から導通し、原理的にオン抵抗を低くすることが可能です。

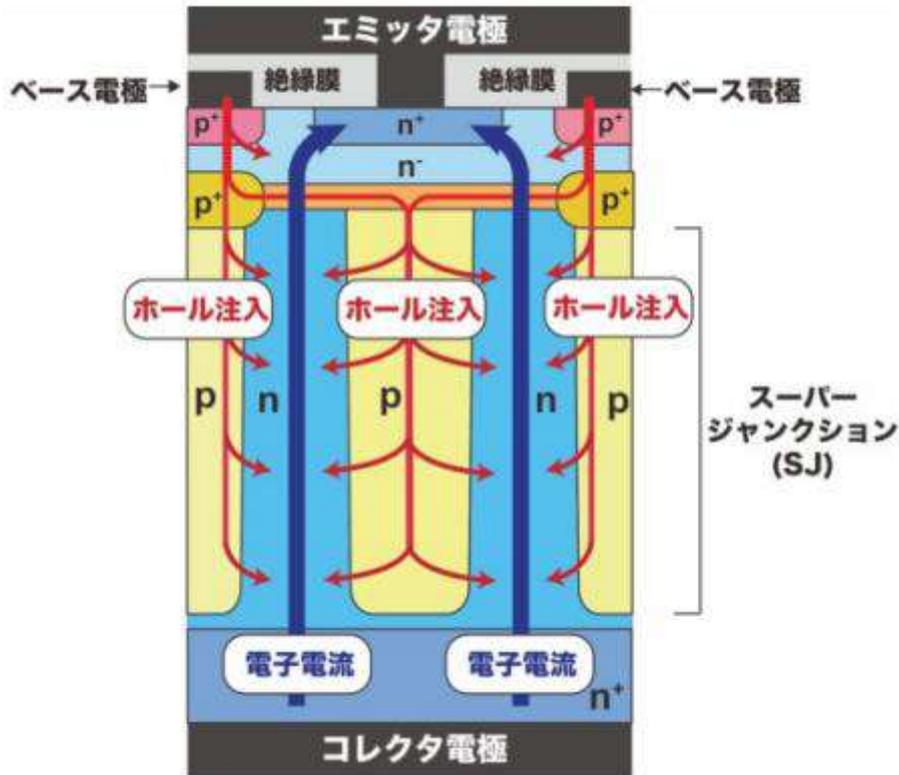


図 3 SJ-BJTの動作原理

【特徴】

表 1 : 今回開発したシリコンSJ-BJTの室温での代表的な特性

項目	記号	数値	条件
コレクタ・エミッタ間降伏電圧	V_{CES}	650 V (min.)	ベース・エミッタ間短絡
エミッタ接地電流増幅率	h_{FE}	200	<ul style="list-style-type: none"> $I_C = 10 \text{ A/cm}^2$ $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ A/cm}^2$ $V_{CE} = 2.0 \text{ V}$
特性オン抵抗 ⁸	$R_{on,sp}$	2.2 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$	$h_{FE} = 7.0$
		4.1 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$	$h_{FE} = 11.0$

論文情報

タイトル : First Demonstration of Si Superjunction BJT with Ultra-High

Current Gain and Low ON-resistance

雑誌 : IEEE Xplore

DOI : 10.1109/ISPSD46842.2020.9170099

日本語原文

<https://www.yamanashi.ac.jp/wp-content/uploads/2020/08/20200828pr.pdf>

文 JST 客観日本編集部

