

スーパー接合構造を持つ SBCD の逆回復特性シミュレーション

Simulation of Reverse Recovery Time for Self-bias Channel Diode With Super Junction Structure

○對馬 広隆¹, 工藤 嗣友², 菅原 文彦¹(1. 東北学院大工, 2. 神奈川工科大)

○Hiroataka Tsushima¹, Tsugutomo Kudoh², Fumihiko Sugawara¹

(1. Tohoku Gakuin Univ., 2. Kanagawa Inst. of Tech.)

E-mail: s1594306@g.tohoku-gakuin.ac.jp, tsugu@ele.kanagawa-it.ac.jp

1. はじめに

著者らは 3 端子動作のチャンネルダイオードに自己バイアス効果を導入した DMOS セル構造を持つ低オン電圧の自己バイアスチャンネルダイオード (Self-biased Channel Diode 以降 SBCD) を提案している。これまでに, SBCD にスーパー接合構造を採用することにより, オン電圧に悪影響を与えることなく, 高耐圧化が可能なことを確認した。本報告では, スーパー接合を持つ場合の逆回復特性のシミュレーション結果について報告する。

2. デバイス構造と動作原理

図 1 は SBCD(a)とスーパー接合構造を採用した SBCD(b)を示している。順方向は, カソード電極に対して, アノード電極に正電圧が印加された場合で, アノードと短絡しているゲート電極にも正電圧が印加される。SBCD は熱平衡状態で弱く反転しており, わずかなゲート電圧を印加することで, 強く反転し, 導通状態となる。

上記と逆の印加電圧では逆バイアス接合は J_2 となり, 印加電圧のほとんどは接合 J_2 に加わり, MOS ゲートには電圧が印加されず, 非導通状態となる。この時, SBCD では接合 J_2 に電界が集中するため, 耐圧は向上しない。しかし, スーパー接合構造の採用により, 電界集中が緩和され, 高耐圧化が期待できる。

3. シミュレーション結果および考察

本構造のシミュレーションでは Silvaco 社の Atlas を用いて逆回復特性のシミュレーションを行った。構造については n_b 領域の深さを $6.2[\mu\text{m}]$, ピラー幅を $1.25[\mu\text{m}]$ とし, ピラー深さを $0\sim 5.0[\mu\text{m}]$ まで, $1[\mu\text{m}]$ 刻みで変化させた。シミュレーションの入力波形として, 順方向電流を $1[\text{A}](40\text{A}/\text{cm}^2)$ になるように順方向電圧を設定し, その状態で逆方向電圧 -5V までスイッチングさせた。

温度 75°C における SBCD とピラー深さ $5[\mu\text{m}]$ の過渡波形を図 2 に示す。逆回復時間は, 順方向から逆方向に推移して, 電流が 0 になる時間から, 逆方向ピーク電流の 10%に達する時間と定義される。SBCD とスーパー接合型両者について過渡波形が示してある。解析においては, 両波形のほぼピーク付近の挙動について考察する。この図においては, SBCD よりスーパー接合型 SBCD の方が, 電流値が大きくなっている。

図 3 に, スwitchングによる電力損失の温度変化を示す。図 3 から, ピラーが深くなるほど電力損失は増大する傾向を読み取ることができる。これは, SBCD と比較して, 逆回復電流が大きく, 減衰が緩やかなことに起因していると考えられる。また, 温度上昇によっても電力損失は増大する傾向があり, 逆方向電流の増大によるものと考えられる。しかし, 高温条件下でもオフ状態になることから熱暴走は生じないと考えられる。

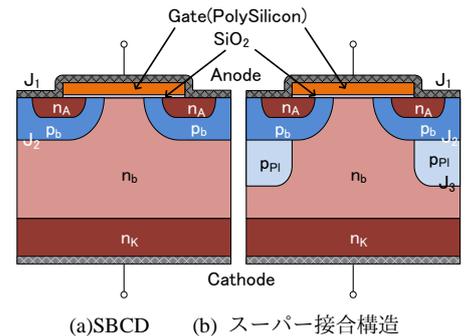


図 1. SBCD およびスーパー接合構造 SBCD

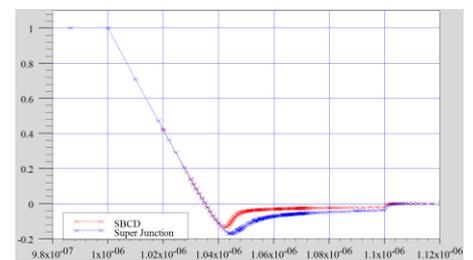


図 2. 逆回復特性

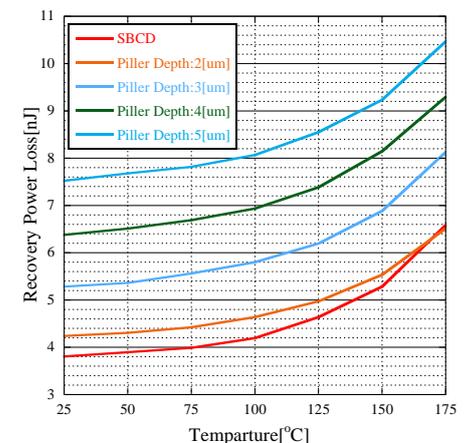


図 3. 電力損失