

スーパー接合構造を有する SBCD の集積化シミュレーション

Simulation of Integration for Self-bias Channel Diode With Super Junction Structure

東北学院大¹, 神奈川工科大² [○](M2) 對馬 広隆¹, 工藤 嗣友², 菅原 文彦¹

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

[○](M2) Hirotaka Tsushima¹, Tsugutomo Kudoh², Fumihiko Sugawara¹

E-mail: s1594306@g.tohoku-gakuin.ac.jp

1. はじめに

著者らはスーパー接合構造を持つ自己バイアスチャネルダイオード (Self-biased Channel Diode 以降 SBCD) を提案している。さらなる低オン電圧化のために集積化を図ると、デバイスの耐圧低下を招いてしまう。そこで、デバイスの耐圧を維持し、低オン電圧を達成する集積化について、シミュレーションにより温度依存性を含めて検討したので報告する。

2. 構造と動作原理

図1はスーパー接合構造を持つ SBCD を示している。本デバイスにおいては、低オン電圧化の為にセル幅 S_D とピラー幅を同一に設定し狭めることで、チャネル占有率を上げている。また、耐圧を維持するためにセル間隔 A_D を一定にしている。

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 MOS 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により、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。スーパー接合の採用により、接合 J_2 の電界集中が緩和され、高耐圧化が可能となる。

3. シミュレーション結果および考察

シミュレーションに用いた構造は、セル間隔 A_D を一定にし、表1に示したように、p ピラー密度を一定に保ち、p ピラー幅 S_D を $2.5 \sim 0.5 [\mu\text{m}]$ の5段階に変化させた場合(①)と、ピラー幅を狭めた分、ピラー密度 p_{pl} を増加させた場合(②)についてである。シミュレーションは Silvaco 社の Atlas を用いて行った。

図2に、 25°C と 175°C でのオン電圧を示す。 25°C での①と②の場合のオン電圧については、ピラー幅 S_D の縮小により同程度低下し、ピラー幅 S_D を $2.5 [\mu\text{m}]$ から $0.5 [\mu\text{m}]$ まで縮小した場合、オン電圧は $0.251 [\text{V}]$ から $0.221 [\text{V}]$ まで低下している。また、 175°C の場合、 25°C のグラフを下に平行移動したような形になり、オン電圧は $0.238 [\text{V}]$ から $0.181 [\text{V}]$ まで低下している。これはピラー幅 S_D の縮小によりチャネル占有率が向上するためである。

図3に、 25°C と 175°C での耐圧を示す。 25°C での①と②の場合の耐圧を比較する。①については、ピラー幅 S_D を $2.5 [\mu\text{m}]$ から $0.5 [\mu\text{m}]$ まで縮小した場合、耐圧は $111 [\text{V}]$ から $87 [\text{V}]$ 程度まで低下している。これはスーパー接合による J_2 接合のコーナー部の電界緩和の効果が、ピラー幅縮小により低下するためである。一方、②については、ピラー幅を縮小しても、耐圧はほぼ一定であり、①のような耐圧低下は生じない。これは、p ピラー幅の縮小に合わせて p ピラー不純物密度を増加させることにより、空乏層が n_b 領域に拡がり、 J_2 接合コーナー部の電界を緩和させたものと考えられる。また、 175°C の場合を比較すると 25°C の時のグラフより耐圧が上昇している。これは、アバランシェ降伏によるものである。

表1. p ピラー幅と不純物密度の変化

p ピラー幅 [μm]	幅縮小比	n_b 密度 [cm^{-3}]	p_{pl} 密度[cm^{-3}]	
			①密度一定	②密度変化
2.5	1.0	8.00×10^{15}	8.00×10^{15}	8.00×10^{15}
2.0	0.8			1.00×10^{16}
1.5	0.6			1.33×10^{16}
1.0	0.4			2.00×10^{16}
0.5	0.2			4.00×10^{16}

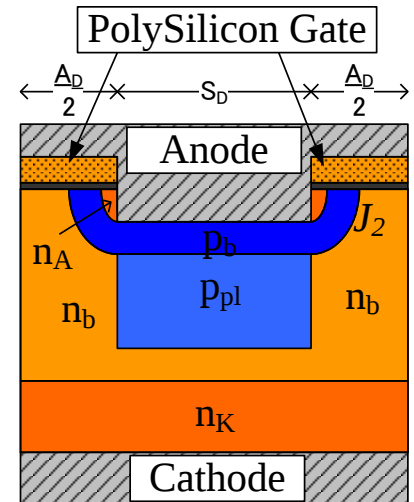


図1 SBCD の構造

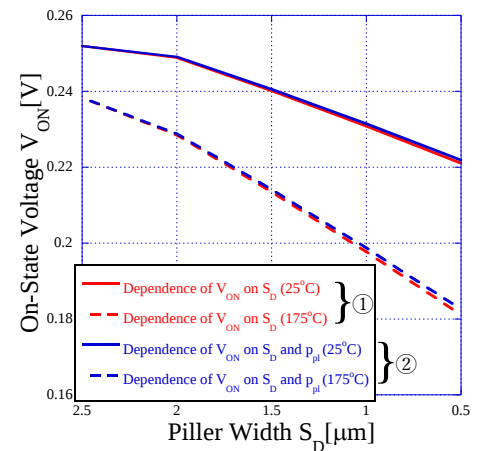


図2 25°C と 175°C でのオン電圧の比較

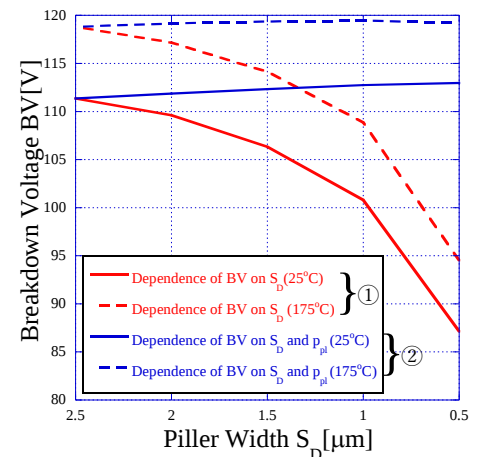


図3 25°C と 175°C での耐圧の比較