

SiC バイポーラトランジスタにおけるベース拡がり抵抗によるオン特性悪化を防ぐための設計条件

Design criterion for SiC BJTs to avoid negative effects of base spreading resistance on on-characteristics

京大院工 ○浅田 聡志, 須田 淳, 木本 恒暢

Kyoto Univ. ○Satoshi Asada, Jun Suda, Tsunenobu Kimoto

E-mail: asada@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

SiC バイポーラトランジスタ(BJT)においては、明確な伝導度変調動作はこれまで確認されておらず、オン抵抗が、耐圧維持層の抵抗よりも大きくなる問題が生じている[1-3]。この原因として、高いベース拡がり抵抗などが指摘されているが[2, 4]、詳しいメカニズムは分かっていない。そこで本研究では、SiC BJT における高いオン抵抗(電圧)の原因を、実験とシミュレーション(SPICE, TCAD)により定量的に明らかにし、オン特性悪化を防ぐための BJT 設計条件を提示した。

作製した BJT の構造を Fig. 1 に示す[1]。Fig. 2 に作製した BJT の、ベース電流が 10-50 μA におけるエミッタ接地電流-電圧特性(I_C - V_C)を示す。Knee voltage で定義されるオン電圧は、耐圧維持層における電圧降下(青点線)よりも大きくなった。これを説明するため、本研究では、高いベース拡がり抵抗とベース電極直下に存在する寄生ダイオードに注目する。ベース拡がり抵抗が高く、寄生電流パスが存在する場合、ベース電流は、BJT 本体に流れる電流(i_b)と寄生ダイオード電流(i_d)に分流する。これにより BJT は実効的に低いベース電流で駆動され、見かけ上の増幅率の低下(オン抵抗の増大)が引き起こされる。このモデルを定量的に示すべく、Fig. 3 に示すように、寄生ダイオードを考慮した SiC BJT の等価回路モデルを提案した。抵抗 R_b , R_d の値は電流-電圧特性により実験的に導出し、 R_c はコレクタ層の抵抗率から導出した。この回路モデルに基づく場合、オン電圧 V_{on} は以下のように導出される。

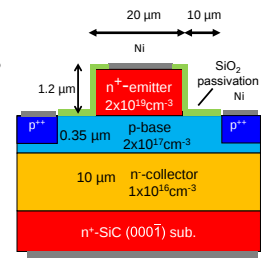


Fig.1: Schematic cross section of a fabricated 4H-SiC BJT.

$$V_{on} = v_{be} + i_b R_b - v_d - i_d R_d. \quad (1)$$

Knee voltage では、 $v_{be} - v_d$ および $i_d R_d$ は十分に小さいことを確認しており、式(1)は近似的に、

$$V_{on} \sim i_b R_b. \quad (2)$$

と表される。SPICE を用いて I_C - V_C 特性をシミュレーションすると、Fig. 2 に示すように、実験結果とよく一致した。Fig. 3 の回路モデルはシンプルであるが、実験結果をよく説明できる。また本研究では、SPICE および TCAD により、寄生ダイオードと BJT 本体への、ベース電流の分流を確認している。

以上より、SiC BJT においては、寄生ダイオードの存在とベース拡がり抵抗が、オン抵抗を悪化させていることが分かった。これを防ぐためには、電流増幅率を β とすると、以下の条件式を満たす必要がある。

$$i_b R_b < i_c R_c \Leftrightarrow R_b / R_c < \beta \quad (3)$$

SiC BJT ではベース拡がり抵抗が高くなりやすいため、(3)式は重要な設計条件となる。

[1] H. Miyake et al., *IEEE Electron Device Lett.* **32**, 285 (2011). [2] S. Sharma et al., *IEEE Trans. Electron Devices* **55**, 3360 (2008).

[3] H. Miyake et al., *IEEE Electron Device Lett.* **32**, 841 (2011). [4] B. Buono et al., *IEEE Trans. Electron Devices* **58**, 2081 (2011).

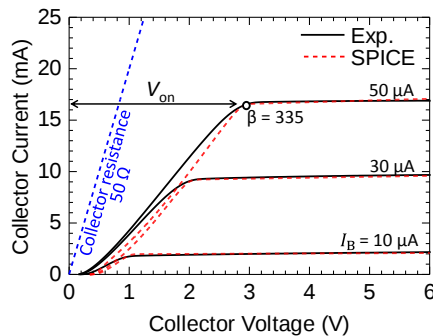


Fig. 2. Experimental and simulated common-emitter I - V characteristics of the SiC BJT at RT. The I - V characteristic determined by collector resistance of 50 Ω is denoted by a dotted blue line.

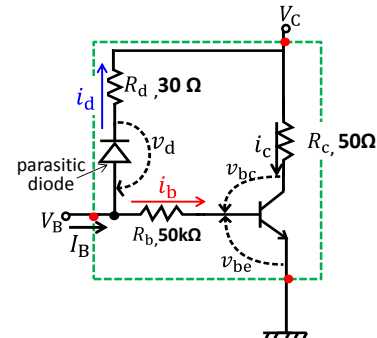


Fig. 3. Equivalent circuit model of a BJT with an additional parasitic diode connecting to the intrinsic BJT in parallel, which causes the base-current splitting.