

1 対の電子チャネルと正孔チャネルを有する AlGaAs/GaAs/AlGaAs ヘテロ構造ダイオードの耐圧特性

Breakdown Characteristics of AlGaAs / GaAs / AlGaAs Heterostructure Diodes with a Pair of Electron and Hole Channels

豊田工業大学¹, トヨタ自動車株式会社²

○(B)尾川 弘明¹, (M2)大保 嵩博¹, (B)田浦 成幸¹, 櫛田 知義^{1,2}, 岩田 直高¹

Toyota Tech. Inst.¹, Toyota Motor Corp.²,

○H. Ogawa¹, T. Obo¹, S. Taura¹, T. Kushida^{1,2}, N. Iwata¹

E-mail:sd15021@toyota-ti.ac.jp

AlGaAs/GaAs/AlGaAsヘテロ接合を用いたスーパージャンクション(HSJ)構造は、低オン抵抗かつ高耐圧なパワーデバイスに好適である[1]。高耐圧化のためには、pn接合間に真性半導体を挿入したpin構造を用いることが一般的である。不純物のない真性領域では空間電荷がないため、逆バイアス時に電界分布が均一となり、電界集中による降伏現象が抑えられる。このため、降伏電圧は真性領域の長さに比例して上昇し、高耐圧化が可能となる。一方、化合物半導体は結晶成長中に不純物を取り込まれるため、真性領域の形成は困難である。この問題を踏まえたうえでHSJ構造の検討が必要である。

先行研究では、低オン抵抗と高耐圧を得るために、pおよびnチャネルを制御して、ともに空乏化させる必要があることを指摘した[1]。次に、それらを有するトランジスタを試作して、電流変調特性を示した[2]。本研究では、結晶成長時の残留不純物である炭素(C)とp型チャネル形成用Cアクセプター濃度の合計不純物濃度とn型チャネル形成用シリコン(Si)ドナー濃度を一致するように設計試作した。その結果、横型HSJダイオードが高耐圧を示したので報告する。

作製したダイオードの構造をFig.1に示す。AlGaAs/GaAs/AlGaAsダブルヘテロ構造を、有機金属気相成長法を用いてGaAs基板上に形成した。HSJ構造は、ドリフト領域に1対のpおよびn型チャネルを有する。0Vバイアス時のHSJダイオードをFig.1(a)に示す。GaAs層の下界面にドーピングしたSiドナー濃度は $1.1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ である。上界面にドーピングしたCアクセプター濃度は $1.1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ より低い。これは、残留不純物を差し引いたためである。逆バイアス時のHSJダイオードをFig.1(b)に示す。残留不純物を含めたアクセプター濃度とドナー濃度が一致する状態では、電荷中性状態となる。この状態は、pinダイオードの真性領域と等価であり、電界は均一となる。

ダイオード作製においては、表面にSiO₂膜を成膜した後、H₂SO₄系エッチャントによる素子分離を行った。次に、AuZn/Ni構造を用いたp型オー

ミック電極、AuGe/Ni構造を用いたn型オーミック電極を形成した。ドリフト長Lは22 μmおよび52 μmである。

Fig.2にCドーピング濃度 $0.7 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ のダイオードの逆方向IV特性を示す。約600 Vの降伏電圧をドリフト長52 μmで得た。これはp⁺nダイオードの降伏電圧より数倍高い。ドリフト領域が完全な電荷中性状態ならば、降伏電圧とドリフト長の比例関係が見込まれる。ドリフト長22 μmの降伏電圧は約400 Vであり、ドリフト長との正の相関関係が認められる。これは、逆バイアス時のドリフト領域の電荷状態がpinダイオードのそれに類似していることを示す。

GaAs系横型HSJダイオードにおいて、残留アクセプター濃度とp型チャネル形成用アクセプター濃度の合計をn型チャネル形成用ドナー濃度と符合させた。その結果、ドリフト長52 μmで約600 Vの高耐圧特性を得た。これによりHSJ構造の有用性が明らかになった。

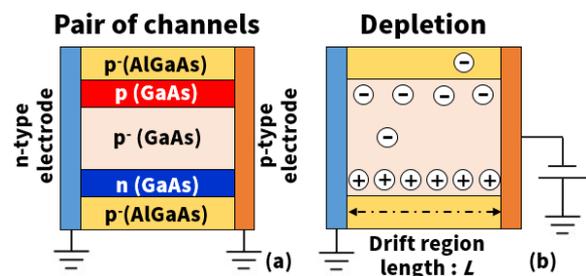


Fig.1. Hetero superjunction diodes under (a) zero-volt bias and (b) reverse bias conditions.

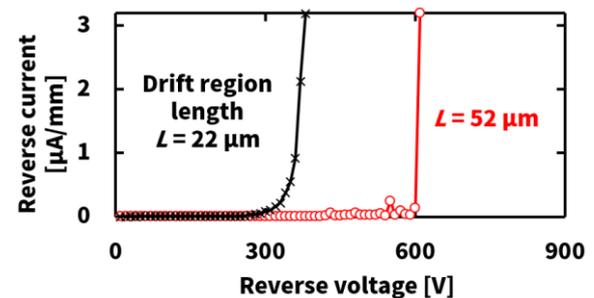


Fig.2. Breakdown characteristics of the fabricated HSJ diodes with 22 μm and 52 μm drift region lengths.

[1] T. Kushida, *et al.*, IEEE ED,62,11, p.3619, 2015.

[2] 大保他, 第 65 回春季応用物理学会 17p-P12-26, 2018.