

不純物濃度を揃えて電子正孔チャネルを形成した AlGaAs/GaAs/AlGaAsヘテロ接合ダイオードの高耐圧特性

High breakdown voltage performance of AlGaAs/GaAs/AlGaAs heterojunction diode
with the identical impurity concentration for electron and hole channel formation

豊田工業大学¹, トヨタ自動車(株)², [○](M1)尾川 弘明¹, 川田 宗一郎¹, 櫛田 知義², 岩田 直高¹

Toyota Tech. Inst.¹, Toyota Motor Corp.², [○]H. Ogawa¹, S. Kawata¹, T. Kushida², N. Iwata¹

E-mail:sd19412@toyota-ti.ac.jp

一対の電子正孔チャネルを有するAlGaAs/GaAs/AlGaAsヘテロ構造のスーパー接合(SJ)は、高耐圧で低オン抵抗なパワーデバイスに好適である[1]。高耐圧化には、ドナーとアクセプターの濃度を揃え空間電荷をつり合わせたドリフト領域を挿入して、逆バイアス印加時の電界均一化が必要である。これにより電界集中が抑制され、降伏電圧はドリフト領域長に比例して上昇し、高耐圧特性が得られる。

我々は、ドナーとアクセプターをGaAsチャネルにドーピングしたヘテロ構造SJダイオードにおいて、600Vの耐圧を報告した[2]。しかし、この値はGaAsの絶縁破壊電界から期待される耐圧より低い。化合物半導体の結晶成長では不純物が意図せずに取り込まれるため、Fig.1 (a)に示すヘテロ構造SJダイオードのように、空間電荷のバランスが悪く、これを考慮したヘテロ構造SJデバイスの検討が必要である。今回はFig.1. (b)に示すように、残留アクセプター濃度を差し引いたアクセプターのドーピングにより、電荷を揃える検討を行った。その結果、耐圧特性が改善したので報告する。

電子正孔チャネルを有するAlGaAs/GaAs/AlGaAs構造は、有機金属気相成長法によりGaAs基板上に形成した。GaAsチャネルの下面にドーピングしたドナー濃度は $1.1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ である。アクセプター濃度は、 10^{15}cm^{-3} オーダーの残留アクセプターを想定して、 $0.8 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ から $1.0 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ の範囲でチャネルの上面に4通りのドーピングを検討した。

Fig.2に、アクセプターを $0.9 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ ドーピングしたダイオードの逆方向電流電圧特性を示す。耐圧は逆方向電流が $0.3 \mu\text{A}/\text{mm}$ に到達したときの電圧である。1200Vの耐圧をドリフト領域長(L)113 μm で得た。さらに、ドリフト領域長53 μm と83 μm の耐圧は、それぞれ800Vと1000Vであり、ドリフト領域長の増加に伴って上昇した。

耐圧時の平均電界は $0.15 \text{MV}/\text{cm}$ (800V/53 μm)である。これは、Fig.1 (b)に示すように、ドリフト領域内の電荷がつり合うことにより、逆バイアス印加時には均一な電界が形成されたことを示唆する。加えて、アクセプター濃度と耐圧の関係を評価したところ、耐圧は、Fig.2で示した $0.9 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ のアクセプタードーピングで高い値を示し、 $1.0 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ の高いドーピング濃度では劣化する傾向が認められた。これは、アクセプター濃度の合計がドナー濃度を越えたことを示唆する。

以上、一対の電子正孔チャネルをGaAs層に形成したヘテロ構造SJダイオードにおいて、アクセプター濃度とドナー濃度を揃えることにより、高耐圧特性が得られることを示した。

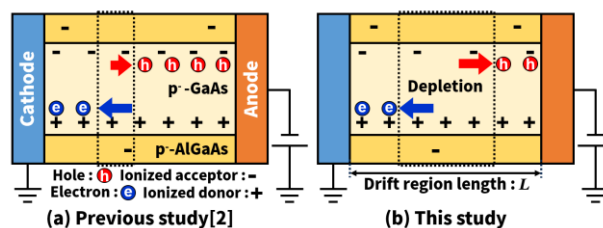


Fig.1. Heterostructure SJ diodes with (a) the non-identical and (b) the identical impurity concentrations of donor and acceptor.

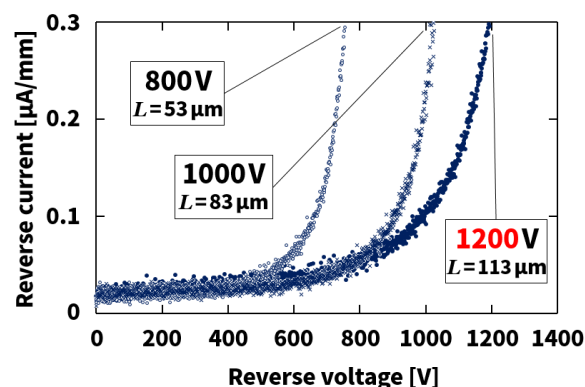


Fig.2. Reverse current-voltage characteristics for fabricated heterostructure SJ diodes with drift region lengths of 53, 83 and 113 μm .

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

[2] 尾川ら, 第66回春季応用物理学会, 11p-PB3-27, 2019.