

GaN基板上AlGaIn/GaN HEMTの素子特性に バッファ層へのCまたはFeドーピングが及ぼす影響

Effect of C or Fe doping to buffer layer on performance of AlGaIn/GaN HEMT on GaN substrate

豊田工業大学, °(M2) 近藤 孝明, (B) 東中川 洋幸, 岩田 直高

Toyota Technological Institute, °Takaaki kondo, Hiroyuki Higashinakagawa, Naotaka Iwata

E-mail: sd18414@toyota-ti.ac.jp

AlGaIn/GaN 高電子移動度トランジスタ (HEMT) は、低オン抵抗と高耐圧特性を示し、電力制御への利用が期待されている。一般に AlGaIn/GaN HEMT は Si や SiC 基板上に作製されるが、基板と GaN の格子不整合による結晶欠陥が生じる。そのために厚いバッファ層が欠かせないばかりではなく、本来の特性が示せていない。そこで、GaN 基板上の AlGaIn/GaN HEMT が注目されている[1]。現在、GaN バッファ層の絶縁性を得るためには不純物のドーピングが一般的である。しかし、このドーピングが HEMT の特性へ与える影響は明らかにされていない。本研究の目的は、GaN バッファ層へのドーピングが素子特性に及ぼす影響を明らかにすることである。

使用したウエハは、 $\text{Al}_{0.22}\text{GaIn}/\text{GaN}/\text{GaN}$ バッファ構造を GaN 基板上に形成したものである。GaN バッファ層へ炭素をドーピングした C ドープ素子と、鉄をドーピングした Fe ドープ素子を検討した。素子の作製プロセスを以下に示す。ウエハ上へ SiO_2/SiN 膜を堆積した後、ドライエッチングによる素子分離を行った。次に $\text{Au}/\text{Ti}/\text{Al}/\text{Ti}$ 構造のオーミック電極を形成し、合金化熱処理を施した。その後 Au/Ni 構造のゲート電極を形成した。最後に SiN 膜を原子層堆積法により堆積した。

試作した HEMT の電子移動度は $1900\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ であり、Si 基板上の移動度よりも高い[2]。これは、GaN 基板上 HEMT チャンネルの結晶欠陥密度が Si 基板上よりも低く、電子の散乱が少ないことを示唆する。次に、トランジスタ特性を測定したところ、ドレイン電流 (I_D) $480\text{mA}/\text{mm}$ を C ドープ素子で、 $400\text{mA}/\text{mm}$ を Fe ドープ素子で得た。なお、しきい値電圧はともに -1.5V であった。続いて、バッファ層からチャンネルに変調をかけて、ドーピングの影響を評価した。Fig.1 に、サイドゲート構造を持つ HEMT の断面図と上面写真を示す。サイドゲートは、素子領域を取り囲むようにバッファ層の上部

に形成した。Fig.2 に、ドレイン電圧 (V_{DS}) 6.0V を印加した状態で、サイドゲートと接地間に負から正のバイアス電圧を掃引したときの I_D 特性を示す。ソースとゲートは接地した。C ドープ素子では、サイドゲート電圧の掃引に伴って I_D が上昇した。そして、サイドゲート電圧が -8V 付近でゲート電圧 (V_{GS}) 0V を印加した HEMT の I_D とほぼ等しい値を示し、それ以降は一定となった。一方 Fe ドープ素子は、サイドゲート電圧の値にかかわらず $V_{GS}=0\text{V}$ を印加した HEMT の I_D を示した。すなわち、C ドープ素子ではバッファ層を通してチャンネルが変調されたのに対し、Fe ドープ素子は変調されなかった。よって、Fe ドープバッファ層は外部からの電圧変動に強いことが判明した。

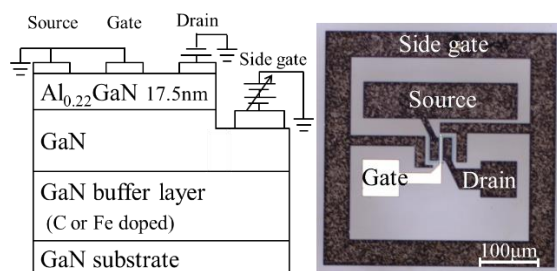


Fig.1. Structure and top view of HEMT with side gate.

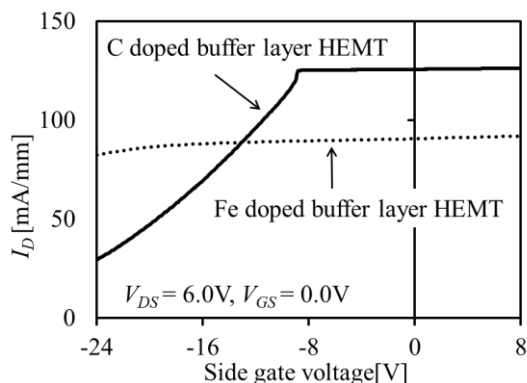


Fig.2. I_D characteristics of the side gate HEMTs.

本研究は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受けたものです。

[1] T. J. Anderson *et al.*, IEEE EDL **37**, 28 (2016).

[2] T. Kondo *et al.*, JJAP **59**, SAAD02 (2020).