

Si 基板上 GaN 成長におけるピットの分類と構造解析

Categorization and structure analysis of pits

generated during GaN growth on Si substrates

東大院工¹, 東大工², ニューフレアテクノロジー³, 東大先端研⁴, 東工大未来研⁵

○岡本 和也¹, 曾我 拓実², 出浦 桃子¹, 依田 孝^{3,5}, 高橋 英志³, 家近 泰³,

宮野 清孝³, 津久井 雅之³, 百瀬 健¹, 杉山 正和⁴, 霜垣 幸浩¹

UTokyo¹, NuFlare Technology², Tokyo Tech.³ ○K. Okamoto¹, T. Soga¹, M. Deura¹, T. Yoda^{2,3},

H. Takahashi², Y. Iyechika², K. Miyano², M. Tsukui², T. Momose¹, M. Sugiyama¹, and Y. Shimogaki¹

E-mail: okamoto@dpe.mm.t.u-tokyo.ac.jp

背景 我々は、Si 基板上の AlGaIn/GaN 系高電子移動度トランジスタ(HEMT)構造の有機金属気相成長(MOVPE)に取り組んでいる。これまでに、ある製膜条件において AlN バッファ層内に結晶方位が面内で 30°回転した回転ドメインが生じること、成長層表面に観察されたピットの下部に回転ドメインが存在すること、ピットは回転ドメイン上で成長が阻害されて形成された可能性があるが、大部分は成長中に消滅することを見出した[1]。ピットはリーク電流の原因となるため、これを抑制する成長シーケンスの開発が必要であるが、生成・消滅メカニズムは完全には解明されていない。そこで今回は、ピットの構造について詳細に解析した。

実験・結果 ウェハ高速回転・シャワーヘッド型の MOVPE 装置 EPIREVO™ G8 を用いて、6 インチ Si(111)基板上に、AlN バッファ層(100 nm), AlGaIn/AlN 歪み超格子(SLS)層(2.1 μm), GaN 層(1.9 μm), AlGaIn 層(25 nm)を成長した。試料の表面・断面を走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した。平滑断面形成のため、イオンミリングないし収束イオンビーム(FIB)を用いた。表面には Fig. 1(a)に示すような、辺が $\langle\bar{1}2\bar{1}0\rangle$ で構成され形状が不明瞭な六角錐ピット(丸ピット), および(b)に示す $\langle 01\bar{1}0\rangle$ で構成される明瞭な六角錐型ピット(角ピット)の2種類が存在した。両者の面密度は丸ピットが $3\times 10^4\text{ cm}^{-2}$ 程度, 角ピットが $1\times 10^4\text{ cm}^{-2}$ 程度であった。また、それぞれ数十個ずつの長径(もっとも長い対角線)を計測したところ、丸ピットが $0.9\pm 0.3\text{ }\mu\text{m}$, 角ピットが $1.7\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}$ であり、角ピットの方が大きいサイズばらつきは小さかった。ここで、以前の我々の断面観察では、劈開後にイオンミリング加工のみを行っていた。しかし表面に到達したピットが低密度のため、劈開断面に出現する確率は極めて低く、観察は困難であった。また、途中消滅したピットは観察可能であるものの、断面観察のみではピットの分類は不可能であった。そこで今回は、劈開後にイオンミリング加工した断面近傍に存在する表面到達ピットに対して、FIB 加工することにより、表面到達ピットの断面観察に成功した。FIB 加工断面がピット端部近傍に到達してから、約 500 nm 間隔で加工と断面観察を繰り返して、ピット下部の構造を詳細に調べた。それぞれのピットのほぼ中心を通る断面を Fig. 1(c), (d)に示す。いずれにおいても SLS 成長初期に出現した暗コントラストの高 Al 組成領域の上部でピットが発生し、SLS 層中でサイズが拡大していることから、生成機構は同様である可能性があることが分かった。ただし、ピット側面の角度は異なることから、発達機構は異なると考えられる。

[1] 出浦他, 第 80 回秋季応物, 18a-PB3-25 (2019).

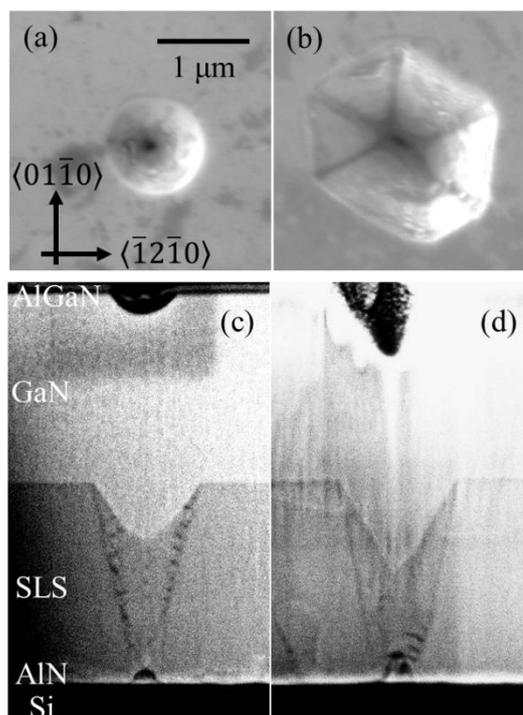


Fig. 1 表面に到達した(a)(c)丸ピットと(b)(d)角ピットの表面 SEM 像およびピット中心を通る断面 SEM 像。ただし、表面と断面で異なるピットを観察した。