SiC/Si 基板上に成長した窒化物半導体層内ボイドの形成メカニズム

Mechanism of void formation in the nitride layer grown on SiC/Si substrate

東大院工　°奥 友則，百瀬 健，霜垣 幸浩，出浦 桃子
The University of Tokyo, °T. Oku, T. Momose, Y. Shimogaki, and M. Deura
E-mail: oku@dpe.mm.t.u-tokyo.ac.jp

背景　窒化物半導体成長用の基板として，簡便な Si 基板表面炭化により作製した SiC/Si 基板の利用を提案している[1]。さらに，Si と窒化物半導体の物性値差に起因して発生する内部応力や高密度転位の低減手法として，Si 表面炭化時に自己形成される SiC/Si 界面ボイドと，窒化物半導体成長時に成長層/SiC 界面近傍に導入するボイドの両方を用いた，2 段階での内部応力緩和を提案しており，その有効性を応力計算により示した[2]。また，窒化物半導体層内ボイドの有無・密度・サイズが結晶成長条件で変化することが分かってきた[3,4]。そこで今回は，窒化物半導体層内ボイドの形成メカニズムを調べた。

方法・結果　2 インチ Si(111)just 基板を，グラファイト加熱炉を用いて Ar-CO 混合ガス（CO 供給比 1.2%）雰囲気のもと，大気圧・1200 °C で 1 h 炭化した。得られた SiC/Si 基板（SiC 膜厚~100 nm）上に，MOVPE により AlN(0001)層を 50 mbar・1000 °C で 600 nm，続いて GaN(0001)層を 200 mbar・985 °C で 1 μm 相当成長した。図 1(a)に示すように，GaN 層は 2 つの領域に分かれており，連続膜が成長している領域 1 と，成長速度が著しく低い粒状結晶が形成されている領域 2 が存在した。また図 1(b)から，領域 1 の GaN 連続膜結晶が，成長速度の低い領域 2 の GaN 粒状結晶を被覆して，両者の界面に空隙を形成する場合があることが分かった。すなわちボイドの形成過程として，AlN の表面凹凸に起因する GaN の 3 次元成長などによって領域 1 内に形成される場合と，領域 1 と 2 の境界近傍で領域 1 の連続膜が領域 2 の粒状結晶を被覆した際に形成される場合の 2 通りが存在すると考えられる。SiC/Si 基板表面の SiC 薄膜は面内不均一であることが分かっており，(111)上面を持つグレインからなる部分と，上面が不明瞭なグレインからなる部分がそれぞれ領域 1 と 2 に該当する。図 1(c)に示すように，その上の AlN 層は両領域上とも柱状成長し上面がファセットを持つが，領域 1 では c 軸配向度が強いのに対して，領域 2 では c 軸が大きく傾いており，各柱状結晶の間には空隙も見られた。領域 2 の SiC グレインが明瞭な(111)上面を持たないまたは[111]配向度が低いために，AlN 結晶の配向度が著しく悪化し，c 軸配向度の高い領域 1 上で優先的に GaN 成長が進行していると推測される。SiC 薄膜の面内不均一を改善させるとともに，領域 1 内でボイド形成させる MOVPE 成長条件のさらなる検討が必要である。

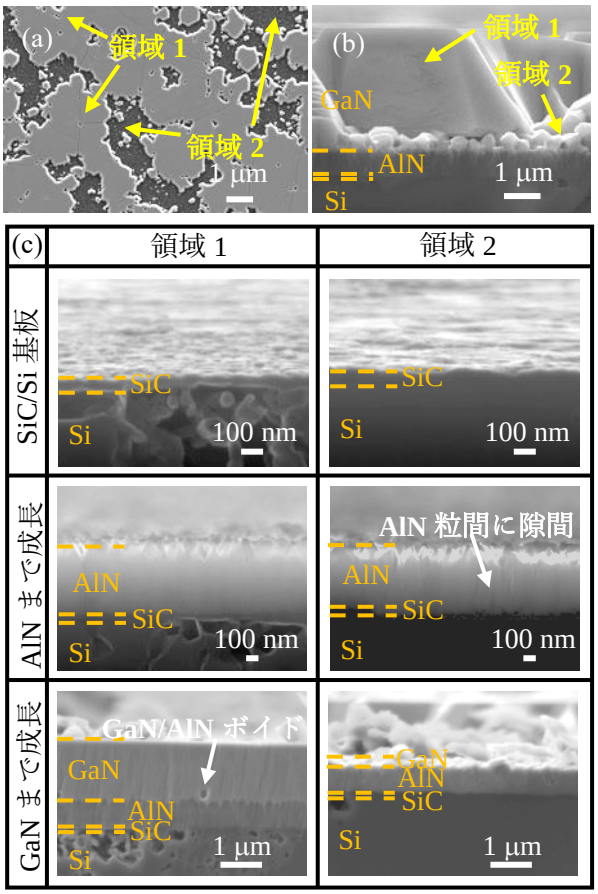

図 1　(a) GaN 成長後の表面，(b) 領域 1・2 境界近傍の断面，(c) SiC/Si 基板・AlN 成長後・GaN 成長後の試料における各領域の断面，の SEM 像。

[1] M. Deura *et al.*, J. Cryst. Growth **434** (2016) 77.
[2] 奥他，2021 年秋季応物，13p-N101-3.
[3] 奥他，第 40 回電子材料シンポジウム，P1-A05 (2021).
[4] 奥他，第 13 回ナノエピ成長講演会，Fr-P03 (2021).