AlN の原料交互供給 MBE 成長において N*供給時に観察された RHEED 振動とその解釈

RHEED Oscillations during N* Irradiation in MBE Growth of AlN with Alternative Source Supply Sequence

京大院工 ○平井 和斗，金子 光顕，木本 恒暢，須田 淳
Kyoto Univ. °Kazuto Hirai, Mitsuaki Kaneko, Tsunenobu Kimoto, and Jun Suda
E-mail: hirai@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに Ⅲ族窒化物半導体の rf-MBE 成長において InN の DERI (Droplet Elimination by Radical Beam Irradiation) 法[1]や GaN の MME (Metal Modulated Epitaxy) 法[2]に代表されるような、Metal-rich 表面に N*を供給する方法は、ドロップレットフリー成長層を得る手法として成果をあげている。我々は、AlN の rf-MBE 成長において類似の手法を確立すべく Al と N*の交互供給について検討を進めたところ、Al 供給後の N*供給時に RHEED の強度振動が観察された。原料交互供給法において RHEED 振動観測の報告は過去にない。今回、RHEED 振動の解釈について報告する。

実験 Al と N*のフラックスは実効 V/Ⅲ比が 0.9 程度の Al-rich 条件とし、同時供給時の成長レートが 0.5-0.6 BL/s となるように設定した。基板には 4H-SiC(0001) 基板にガスエッチングを施したものを使用し、テンプレートとして原子レベルで平坦な AlN を成長温度 800℃で 1 分間 (8 nm) 成長した。その後、1000℃に昇温することで Al ドロップレットを蒸発除去し、800℃へ降温後、Al および N*を交互に供給し、その時の RHEED 強度変化を観察した。

実験結果 図 1(a) に Al を 14 秒（AlN 2 nm 分に相当）供給した後に N*を供給したときの RHEED 強度変化を示す。Al 供給を停止し N*供給を開始すると RHEED 強度に振動が見られた。N*供給時間が Al の供給時間とほぼ一致したところで、RHEED 強度が急激に増大し、その後は N*供給を続けても RHEED 強度に変化はなかった。次に、Al 供給時間を 30 秒（AlN 4 nm 分に相当）とし、同様の実験を行ったところ、Al 供給時間に比例して N*供給時の RHEED 強度の振動回数は増加した (図 1(b))。また、振動周期はいずれの場合も 1.9 秒であった。

解釈 N*供給時の RHEED 振動を AlN の layer-by-layer 成長によるものと考えて、振動周期から成長レートを求めると 0.53 BL/s となった。これは、N*供給律速の成長レートに合致する。交互供給法において RHEED 振動が観測されるメカニズムを以下のように考察した。通常の原料同時供給 MBE において Metal-rich 条件で成長した表面と同様に、Al 供給時の AlN 表面は Al の 2-3ML の adlayer に覆われており、過剰な Al は adlayer 上に nm オーダーのサイズの微小 Al ドロップレットとして多数存在すると考える。Al 供給中の RHEED 強度の減少が小さいことから、RHEED の電子線は adlayer を透過し AlN 表面を反映していると考えられる。Al 供給を終了し N*供給を開始すると、adlayer 内で AlN の核形成が起こり、layer-by-layer 成長が進行する。RHEED は AlN 表面の凹凸を反映し layer-by-layer 成長に対応して振動する。N*しか供給されていなくても、付近の Al ドロップレットから adlayer に Al が常に供給され adlayer が維持されるので、Al ドロップレットが枯渇するまで layer-by-layer 成長が持続したと解釈できる。

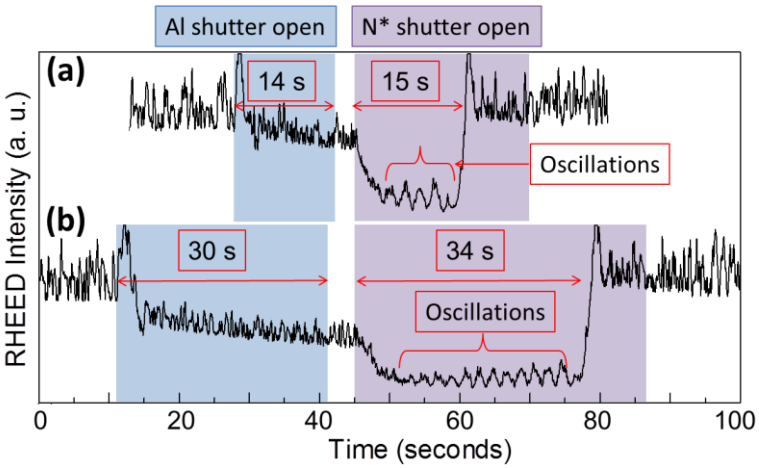

Fig. 1: Transient RHEED intensity for different Al irradiation time.

[1] T. Yamaguchi and Y. Nanishi, *Appl. Phys. Express*, **2**, 051001 (2009).
[2] S. D. Burnham, W. Henderson, and W. A. Doolittle, *Phys. Stat. Sol. (c)*, **5**, 1855 (2008).

© 2017年 応用物理学会