

MOVPE法によるAlN上への格子整合系GaN成長の実現

Realization of pseudomorphic GaN growth on AlN by MOVPE method.

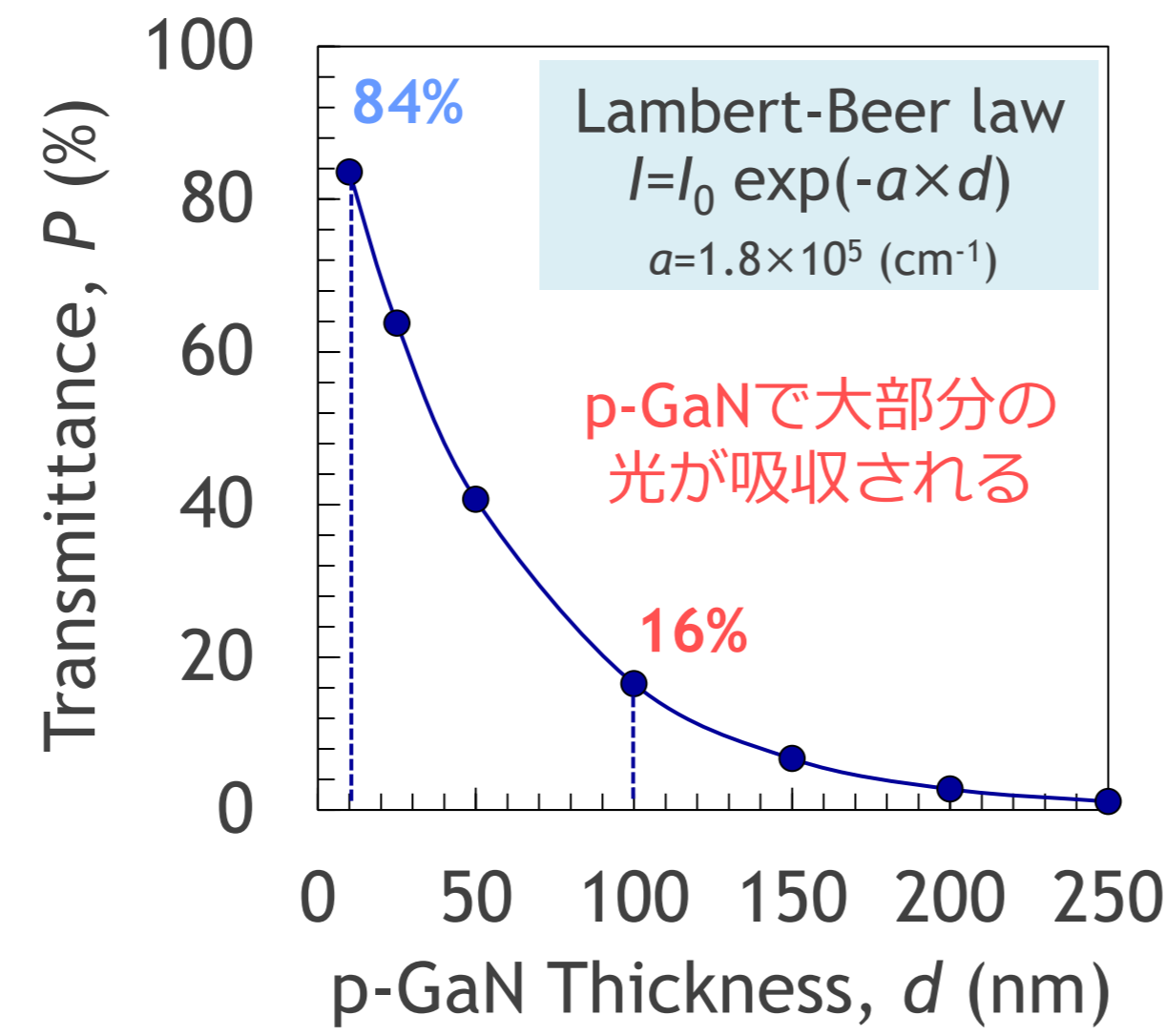
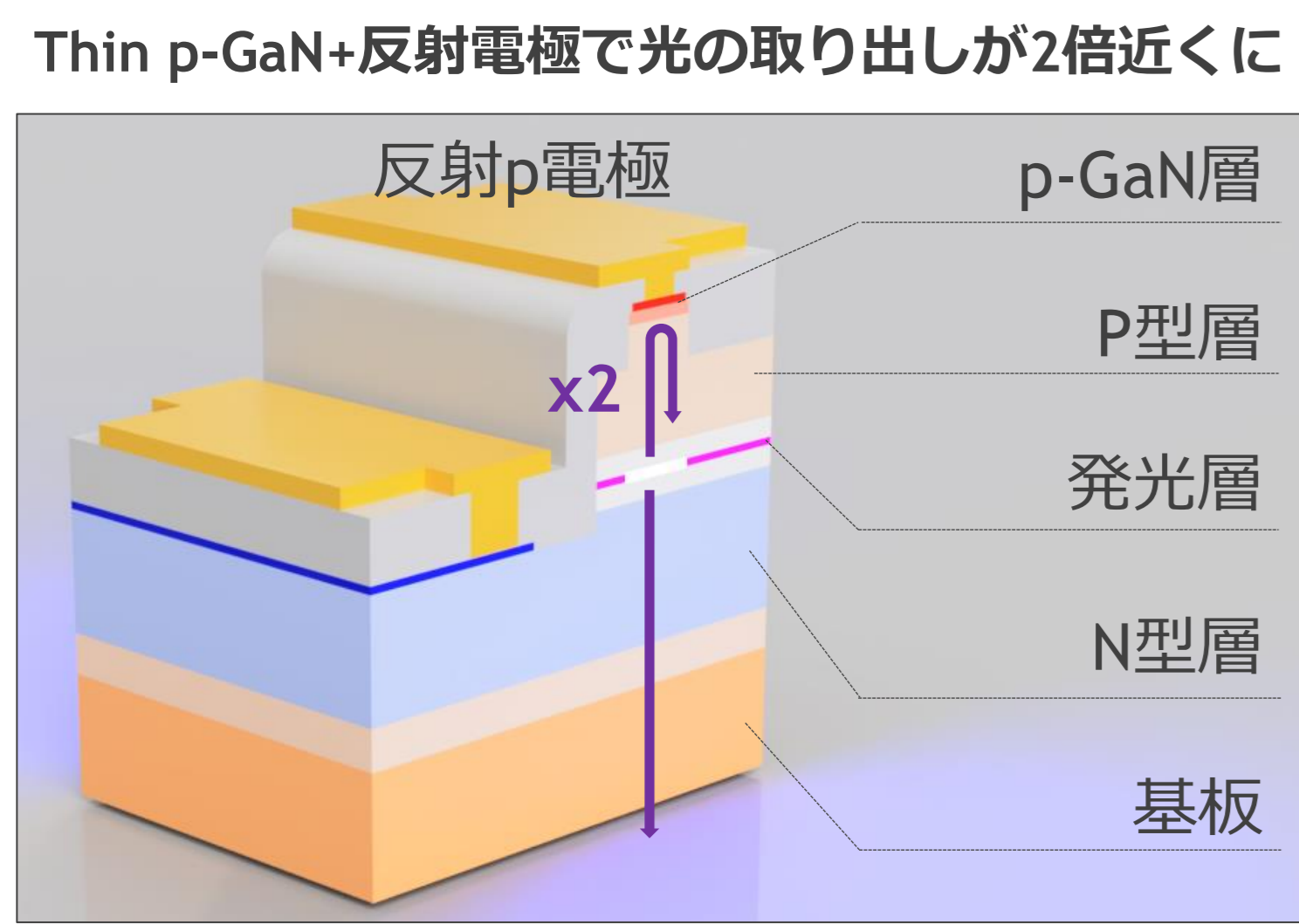
○吉川陽^{1,2}, 永富隆清¹, 永瀬和宏¹, 杉山聖¹, Leo Schowalter² (1. 旭化成, 2. 名大)



Introduction - 格子整合系GaN on AlNが実現すると？

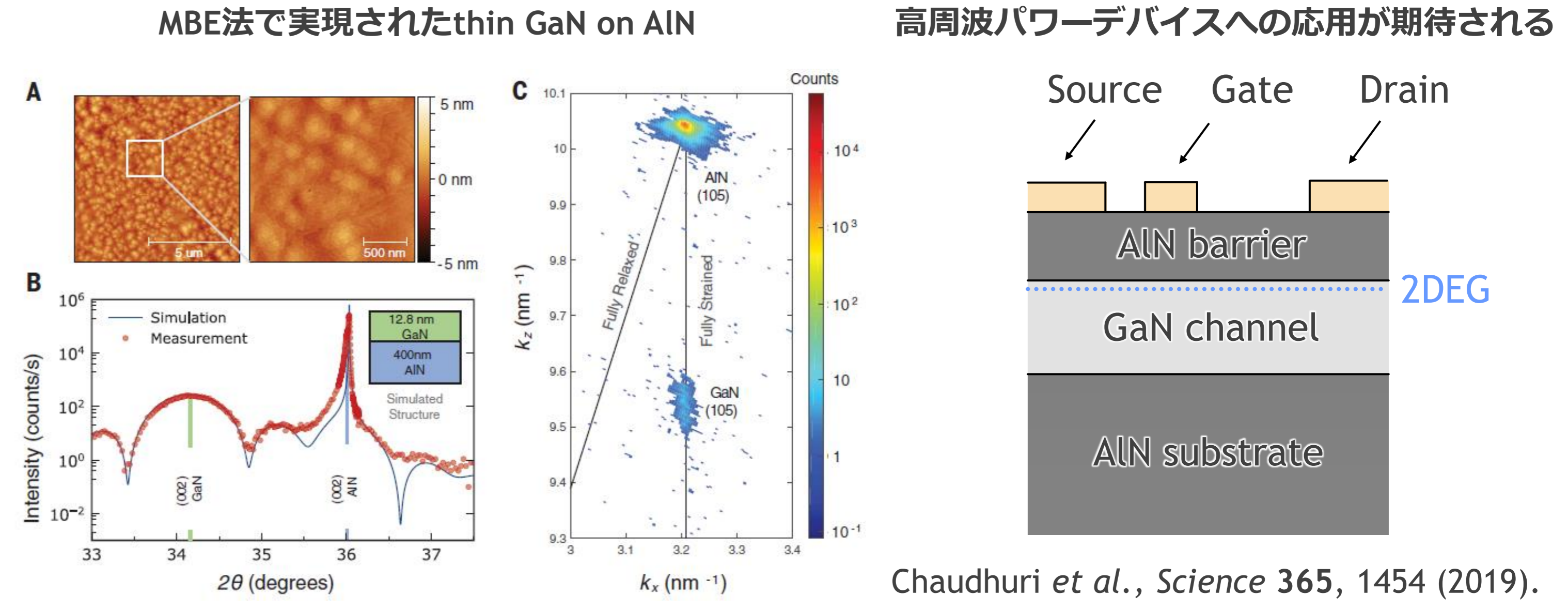
Thin-GaNによってUV-C LEDの出力向上に期待

既存のUV-C LEDではp-GaNコンタクト層(>100 nm)のUV吸収が非常に強く、発光の大部分をロスしている。Thin-GaN+反射電極の実現によりLED出力の大幅向上が期待される。※従来はthin-GaNが島状になるので採用されない



次世代の高周波パワーデバイスとして期待

米国Cornell大学はMBE法を用いて格子整合系thin GaN on AlNの成長に唯一成功している。一方、量産性や大口径化を考慮すると、MOVPE法での実現が望まれる。

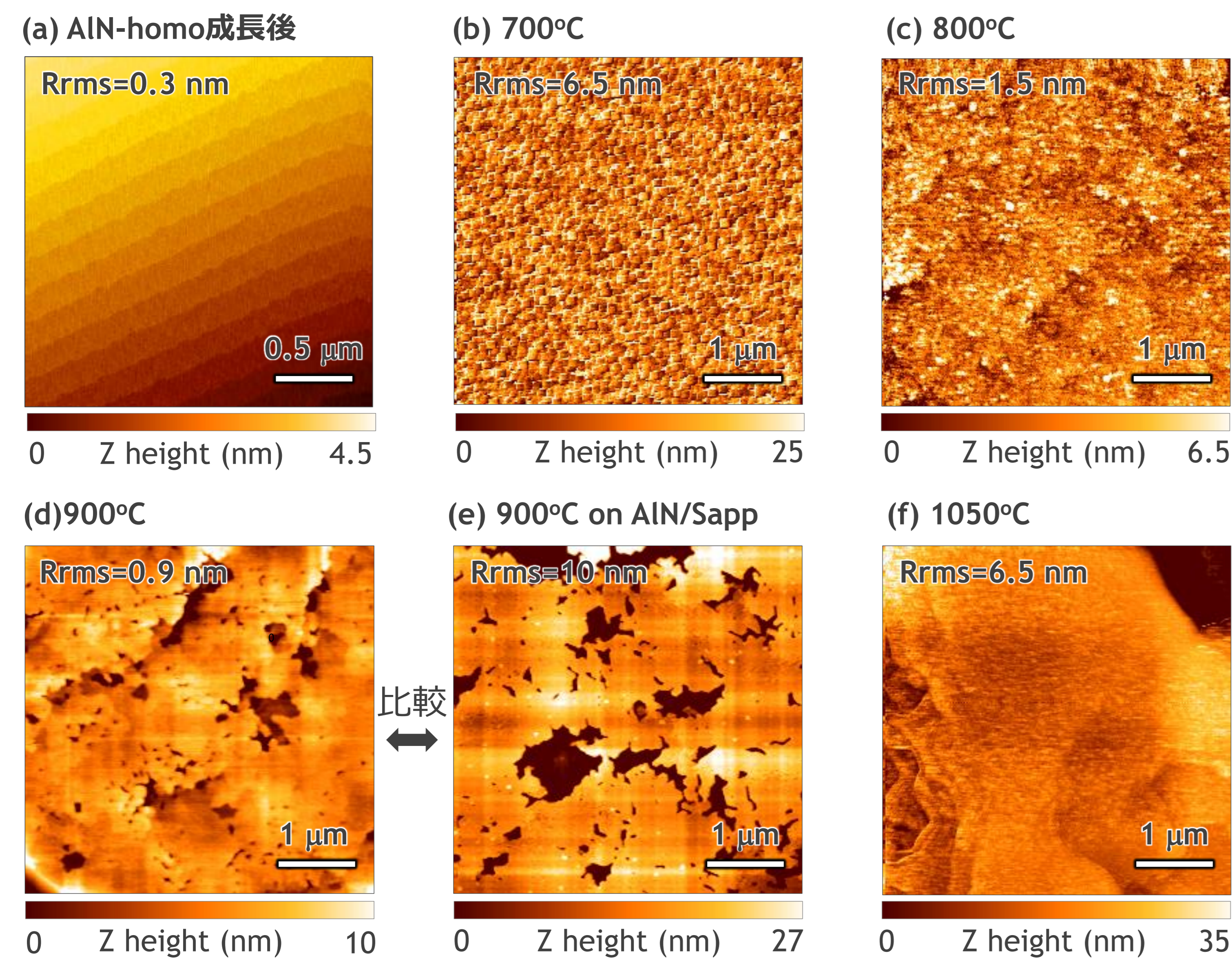


Chaudhuri et al., Science 365, 1454 (2019).

Motivation: MOVPE法を用いて単結晶AlN基板の上にthin-GaNを格子整合させたまま成長する

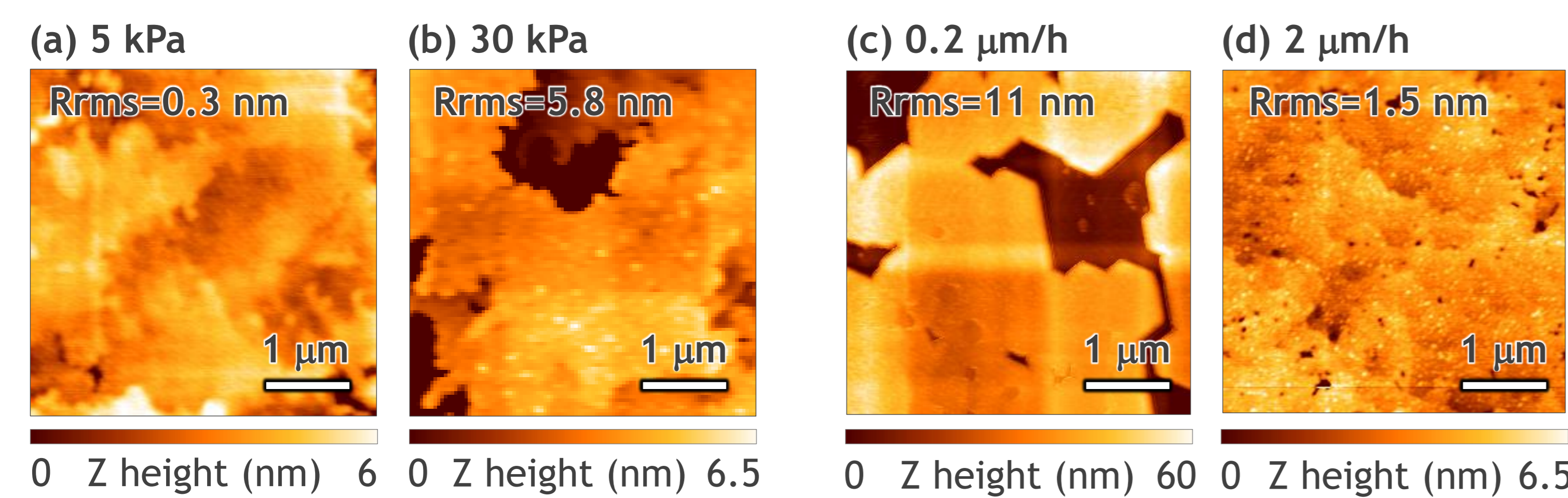
Results and Discussion

成長温度と表面モフォロジー



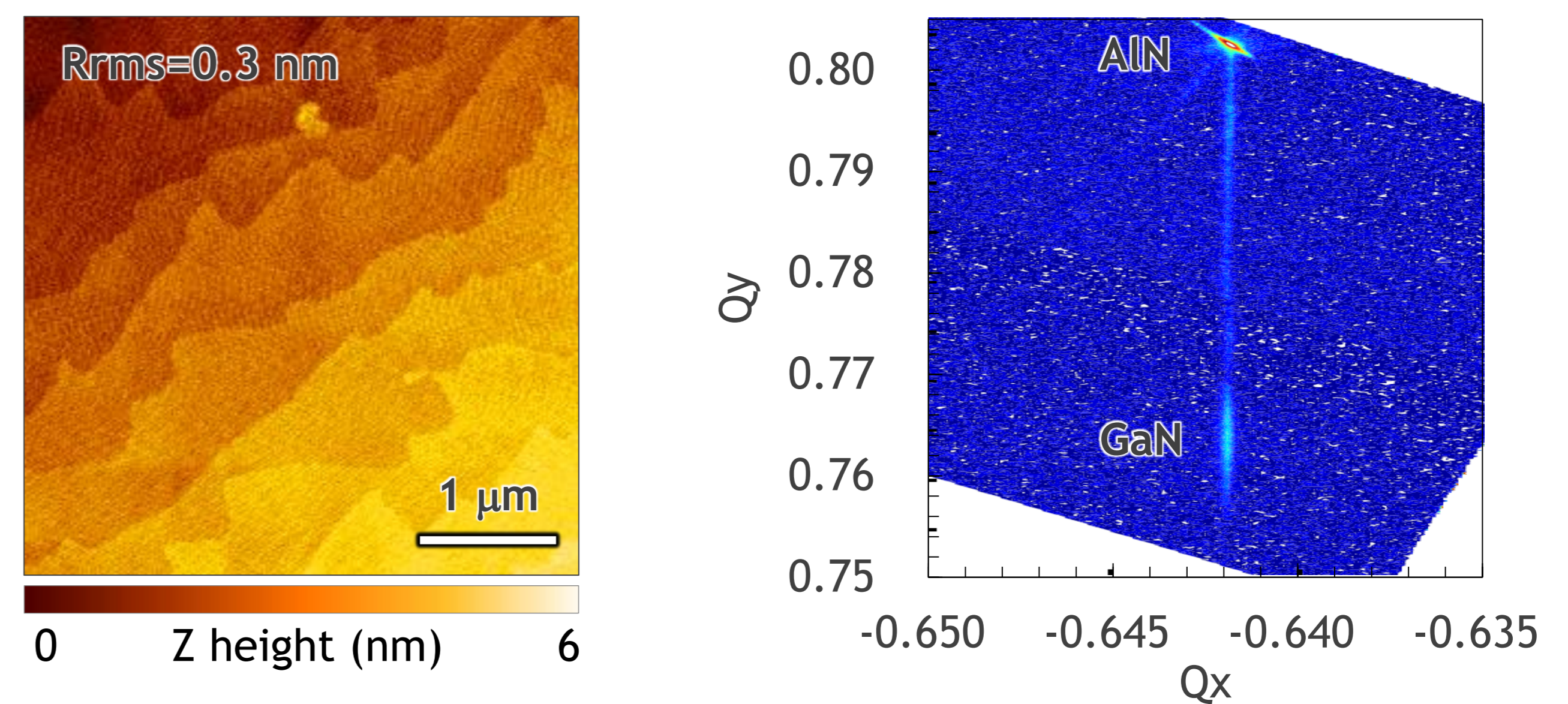
成長温度が800°C以下の低温領域では微粒子状の結晶が被覆率よく基板を覆う成長モードを見せる。900°Cを超えてくると凝集した島状成長モードに切り替わり、被覆率が悪化する。このことから、Gaのマイグレーションが表面モフォロジーに強い影響を与えていると推測される。比較のためにAlN/Sappテンプレート基板(転位密度1e9 cm⁻²)上に900°Cで成長した結果、AlNと比べて明瞭な島状成長であった。貫通転位周りにGaが凝集しやすいためだと推測される。

成長圧力、成長レートと表面モフォロジー



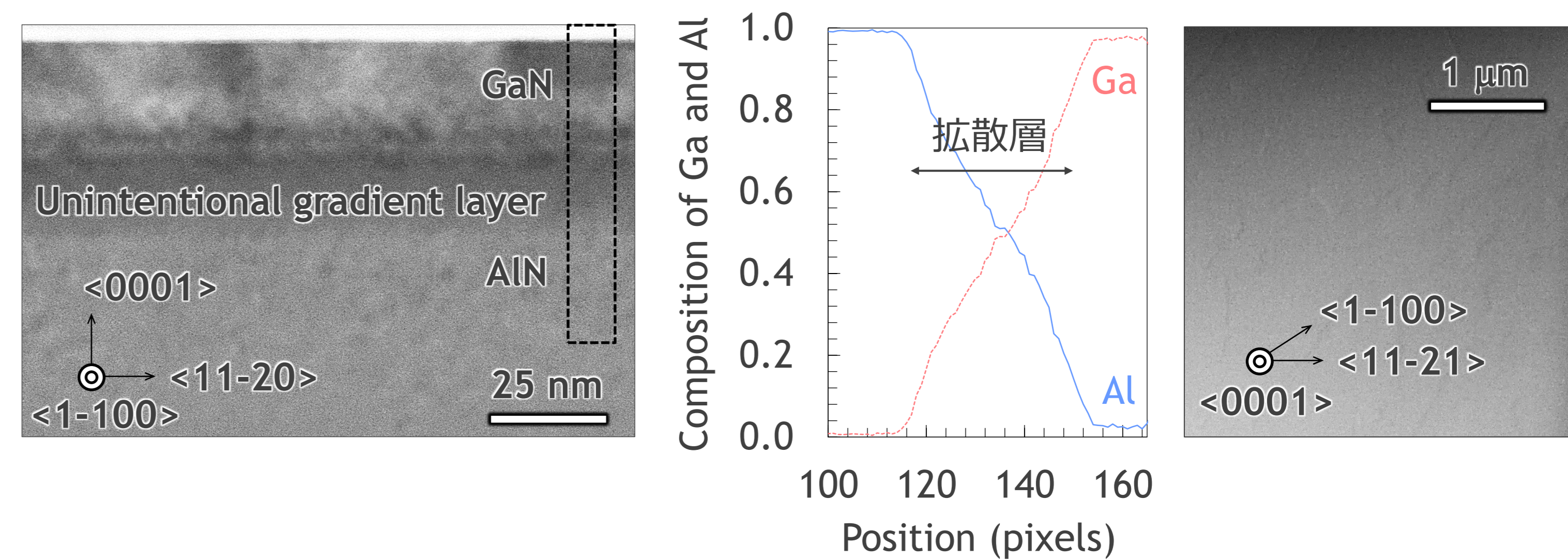
成長温度と同様に成長圧力および成長レートについても同様に探索を行った。加圧状態においてはGaのマイグレーションが抑制され、島状成長になる。成長レートについても、レートが十分に遅く、マイグレーションが長い場合は島状成長に移行することが明らかになった。これらの結果より、ベース条件はMBEのような非平衡状態に近い成長条件を選択し、そこを起点に成長温度およびレートを微調整してやることでthin GaN on AlN成長では重要であると考えた。

格子整合GaN on AlNの表面と逆格子マッピング測定



詳細な成長条件検討によって、成長温度が850°C、真空度が5 kPa、成長レートが1 μm/hの条件に到達した。その結果、MOVPEを用いた場合においてもステップテラス構造を維持した21 nmのGaN on AlN成長が可能であることを実証した。逆格子マッピング測定の結果からもAlNの下地にGaNが格子整合している様子が観察され、格子整合系GaNであることがわかる。

断面および平面TEMによる解析



断面TEMからは新規の転位が発生していないことが明らかになった。一方で、意図しない拡散層がGaN/AlN界面に観察された。これは組成差が大きいAlGaN/AlGaN界面で頻発する現象とされている。また、平面TEMからは水平面内に導入されたミスフィット転位らしきものが観察された。このことから、意図しない拡散層と水平面内に導入されたミスフィット転位によって歪が緩和され、格子整合系thin-GaN on AlNが実現したと推測される。

Summary:

MOVPE法を用いて格子整合した21 nmのthin-GaNをAlN単結晶基板の上に成長させることに初めて成功した。これは成長温度が850°Cで、真空度を5 kPaにし、成長レートを1 μm/hにすることによって実現された。成長温度と成長レートが平坦性における主要因であり、Gaのマイグレーションが重要であると推測される。逆格子マッピング測定からも格子整合していることが観察され、断面TEM測定から新規貫通転位が生じていないことも判明した。この結果はAlN上に格子整合AlGaN/GaNなどの構造をMOVPE法でも実現できるポテンシャルを初めて示した成果であり、今後の当分野の発展への貢献が大いに期待される。