

GaN 基板上 SMART 太陽電池の接合特性評価

Junction Properties of SMART Solar Cells Grown on GaN Substrates

千葉大(C-SGIR¹, VBL², JST-ALCA: SMART Solar Cell PJ³, G-COE⁴), 工学院大⁵○草部 一秀¹⁻⁴, 橋本 直樹¹⁻³, 吉川 明彦¹⁻⁵C-SGIR¹, VBL², JST-ALCA: SMART Solar Cell PJ³, G-COE⁴ Chiba Univ., and Kogakuin Univ.⁵○K. Kusakabe¹⁻⁴, N. Hashimoto¹⁻³, and A. Yoshikawa¹⁻⁵

E-mail: kusakabe@faculty.chiba-u.jp

【はじめに】太陽光スペクトルのほぼ全域をカバーする窒化物半導体による広帯域・高効率太陽電池の実現に向けて、 $(\text{InN})_m/(\text{GaN})_n$ 短周期超格子(SMART)によるSMARTタンデム太陽電池を提案している[1]。これまでに主として、MBEおよびMOVPE両手法での $(\text{InN})_1/(\text{GaN})_n$ SMART成長プロセス開拓に注力を払ってきた。今回、太陽電池接合領域の転位密度の低減化を図るために、低転位密度GaN基板上にSMART単一セルを作製し、それらの接合漏れ抵抗について評価を行った。

【実験・結果】各セル構造は、商用+c面n-GaN基板(貫通転位密度 $\sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$)上にpin-GaNを成長させた。i層については、RF-MBEではGaNに擬似格子整合する $(\text{InN})_1/(\text{GaN})_4$ SMARTであり、LP-MOVPEでは開拓中のInN/GaN SMARTプロセスにて成長したものである。Fig.1には、MBE成長したセルの表面AFM像を示す。スパイラルヒロックやVピットが見当たらず、現状のSMARTプロセスによって高品質セルが原理的に成長可能と期待できる。しかし、Xeランプ照射下での開放端電圧は $V_{oc} \sim 0.3 \text{ V}$ であり、暗状態での順方向接合抵抗は $R=1 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 程度と低い。これについては、GaN基板表面に残存する研磨ダメージが影響していることが明らかとなり、MOVPEでは研磨ダメージ除去について注意を払いながら成長を行った。Fig.2には、MOVPE成長したセルのI-V特性を示す。順方向接合抵抗は $R=100 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 程度にまで改善され、 $V_{oc} > 2.1 \text{ V}$ を示すセルが得られた。さらに、サファイア基板上セルでは評価系測定限界に近づく $R=100 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^2$ が得られている。以上によって、GaN基板の低転位性を十分に生かすことで、窒化物太陽電池の接合

漏れ電流を抑制するには、GaN基板の表面処理の検討が最優先であり、また、これによりGaN基板の表面ダメージ除去が確立されれば、MBE法でも高性能セルの作製は可能であると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、科研費基盤(A) (23246056)、千葉大 G-COE(G-03)、JST-ALCA の援助を受けた。
[1] 草部, 吉川, 「ワイドギャップ半導体 あけぼのから最前線へ」, pp.362-374, 培風館, 2013 年

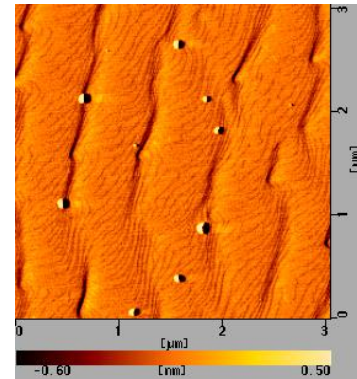


Fig.1 MBE 成長 SMART/pn-GaN 単一セルの表面 AFM 像。3x3 μm^2 エリアでの表面荒さは、rms = 0.73 nm であり、スパイラルヒロックおよび V ピットは見当たらない。

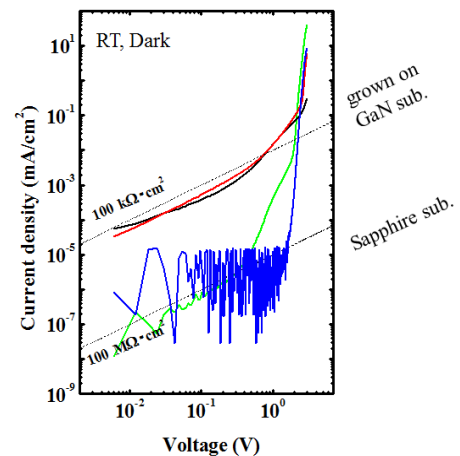


Fig.2 MOVPE 成長 InGa/pn-GaN ヘテロ単一セルの I-V 順方向特性の両対数プロット。測定は室温・暗状態で行われ、それぞれ i 層として、GaN 基板上セルは InN/GaN SMART プロセスを適用したものであり、Sapphire 基板上セルは通常の InGa 層が挿入されている。