

4H-SiC 貼り合わせ基板上に形成された 4H-SiC PiN ダイオードの 順方向バイアス劣化抑制に関する解析

Analysis of Forward Bias Degradation Reduction in 4H-SiC PiN Diodes on Bonded Substrates

小林元樹¹, 内田英次¹, 八田直記¹, 石川誠治², 大藪国栄²,
升本恵子², 栗原俊介³, 原田信介², 児島一聡²

¹サイコックス, ²産業技術総合研究所, ³フェニテックセミコンダクター

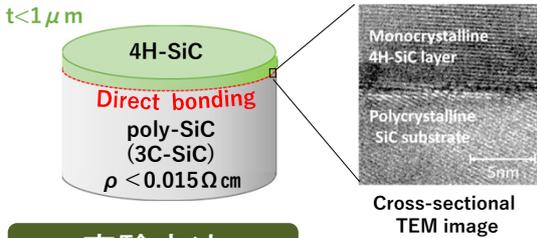
II B-12

結論

- 順方向バイアス劣化で拡張したSSF(Schottky Stacking Fault)をTEM観察し、貼り合わせ単結晶層内では拡張しないことを確認
- エピ層から貼り合わせ基板まで断面CL(Cathodo-luminescence)分析し、バルク単結晶基板に見られるバンド端発光が貼り合わせ単結晶層で発現しないことを確認

貼り合わせ基板

4H-SiC 貼り合わせ基板(SiCkrest)



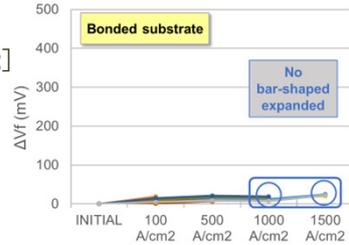
特長

大電流密度パワーデバイスへの適用に有効

- ・単結晶基板と比べPiNダイオードのオン抵抗を低減 [1]
- ・アニールなしで裏面オーミックコンタクトが形成可能 [2]
- ・バイポーラ動作時の順方向バイアス劣化を低減 [3]

本研究の目的

SiCkrestにおける順方向バイアス劣化低減効果の機序については未だ不明な点がある
本研究は、この原因解析を目的とする



実験方法

PiNダイオードの構造

$3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3} / 0.3 \mu\text{m}$	p+層
$1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} / 10 \mu\text{m}$	n-ドリフト層
$4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} / 0.1 \mu\text{m}$	n+バッファ層
4H-SiC substrate (Bulk or Bonded)	

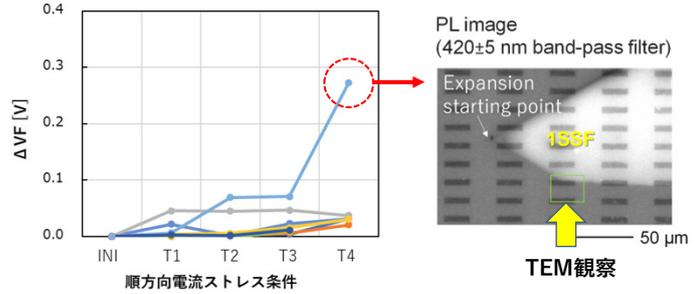
順方向バイアス劣化の測定方法

- PiNダイオードの順方向電流ストレス試験
- ・温度: 175 °C
 - ・順方向電流密度:
1st 100 A/cm² (DC)
2nd 500 A/cm² (Pulsed)
3rd 1000 A/cm² (Pulsed)
4th 1500 A/cm² (Pulsed)

ホトルミネセンス(PL)イメージング

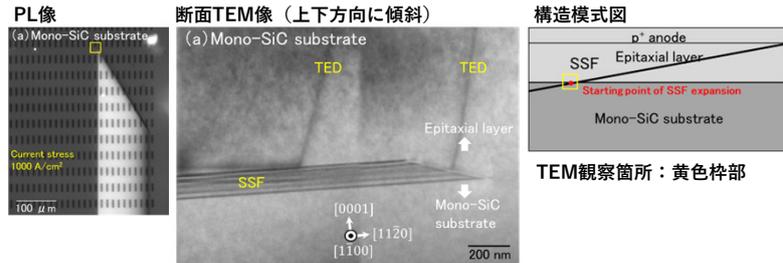


順方向バイアス劣化個所のPLおよびTEM観察



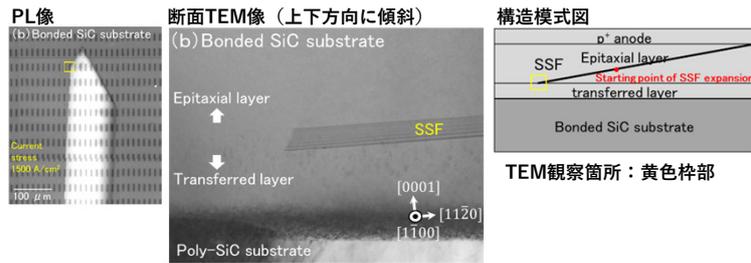
実験結果

単結晶製PiNダイオードに発生したBar-SSFのPL像および断面TEM像、構造模式図



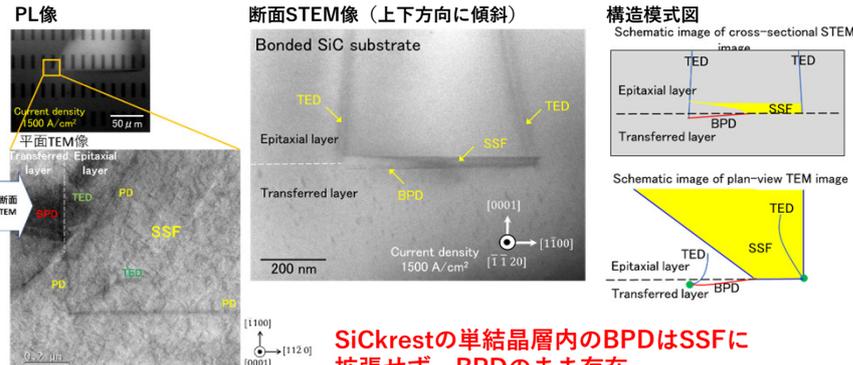
単結晶: エピ/Sub界面近傍のBPD-TED変換点からSSFが拡張し基板深さ $\geq 1 \mu\text{m}$ まで伸びている

SiCkrest製PiNダイオードに発生したBar-SSFのPL像および断面TEM像、構造模式図



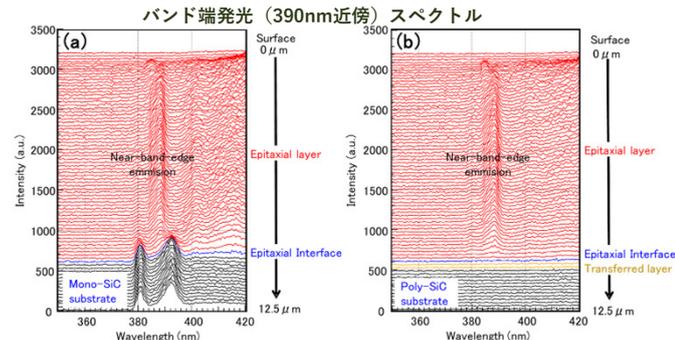
SiCkrest: SSFはエピ時に変換されずエピ層内に残留したBPDを起点に拡張(その発生頻度は低い)し、エピ/単結晶層界面で停止

SiCkrest製PiNダイオードに発生したSSFのPL像および平面TEM像、断面STEM像、構造模式図



SiCkrestの単結晶層内のBPDはSSFに拡張せず、BPDのまま存在

PiNダイオードの断面CL分析



SiCkrestの単結晶層に水素注入に起因する再結合中心が形成されること、そのHole捕獲および(Point Defect)の拡張阻止効果により順方向バイアス劣化しないことを示唆

謝辞 本研究はつくばパワーエレクトロニクスコンステレーションズ (TPEC) の共同研究プロジェクト下で実施された

References :

- [1] T. Shimono et al., I B-18, abstract of the 7th Meeting on Advanced Power Semiconductors, Japan, 2020
- [2] S. Ishikawa et al., I B-17, abstract of the 7th Meeting on Advanced Power Semiconductors, Japan, 2020
- [3] N. Hatta et al., proceedings of ICSCRM, 2022

