

貼り合わせSiC基板を用いた熱処理不要なオーミックコンタクトの実現

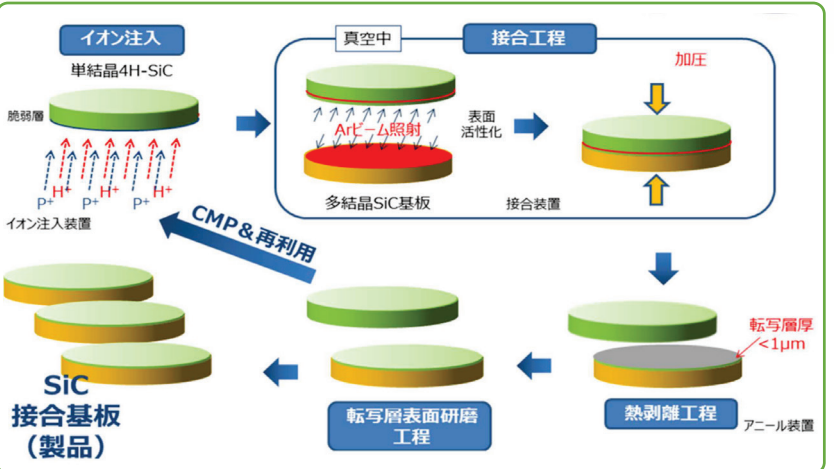
Annealing-free ohmic realized by bonded SiC substrate

石川誠治¹, 木坂方直¹, 大園国栄¹, 栗原俊介², 八木邦明³, 原田信介¹, 児島一聡¹, 加藤智久¹, 山口浩¹
¹国立研究開発法人産業技術総合研究所(AIST), ²フェニテックセミコンダクター株式会社, ³株式会社サイコックス

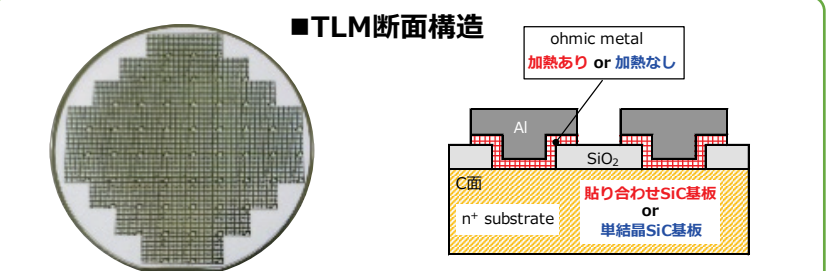
概要

- 4H-SiCはSiと比べてパワーデバイス用材料として優れているが、未だ高コストであることがSiC市場拡大の妨げの一つとなっている。
- 貼り合わせSiC基板とは、単結晶4H-SiC薄膜を安価な多結晶SiC支持基板に貼り合わせたものである。それを繰り返し貼り合わせることで低コスト化を実現する^[1]。
- 支持基板の多結晶SiCは、単結晶SiC基板より高い不純物濃度が可能なために低抵抗化が期待される。
- 貼り合わせSiC基板のコンタクト形成時におけるohmic sintering条件振り（加熱あり、加熱なし）をTLM法によるコンタクト抵抗率とSBD（Schottky Barrier Diode）作製によるIV特性・温度サイクル試験・ダイシエア強度の比較検証した。

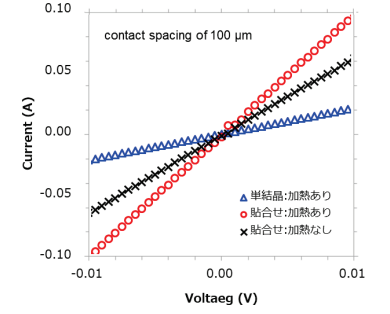
貼り合わせSiC基板生産プロセス^[1]



TLM実験

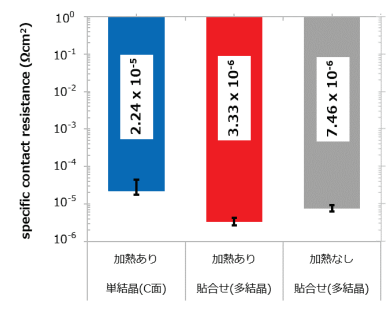


I-V 特性



全てオーミック特性を確認

コンタクト抵抗率

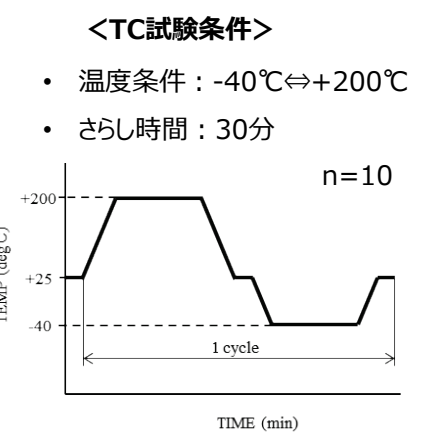


貼り合わせSiC基板加熱なし条件は、加熱あり条件と遜色ない

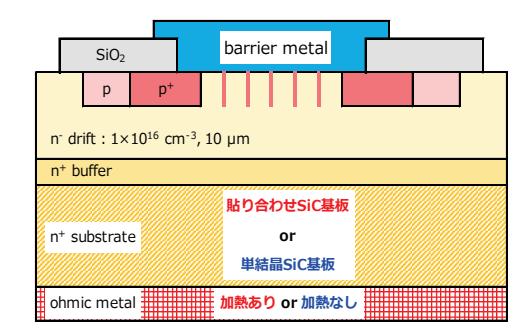
SBD評価

- SBDプロセスフロー
- Sub: **貼り合わせ** or **単結晶**
- 4H-SiC(0001)エピタキシャル
- p+インプラ: Junction Barrier Schottky Diode
- p インプラ: Junction Termination Extension
- 活性化アニール
- フィールド酸化膜形成
- オーミック電極形成: **加熱あり** or **加熱なし**
- ショットキー電極形成

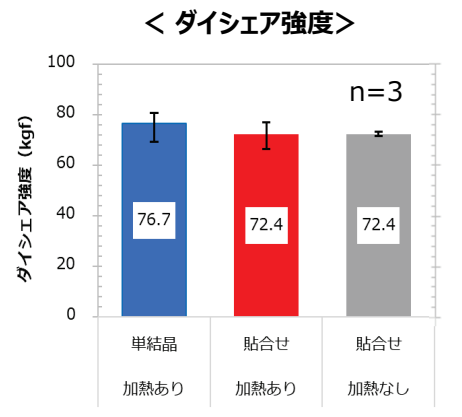
温度サイクル (TC) 試験



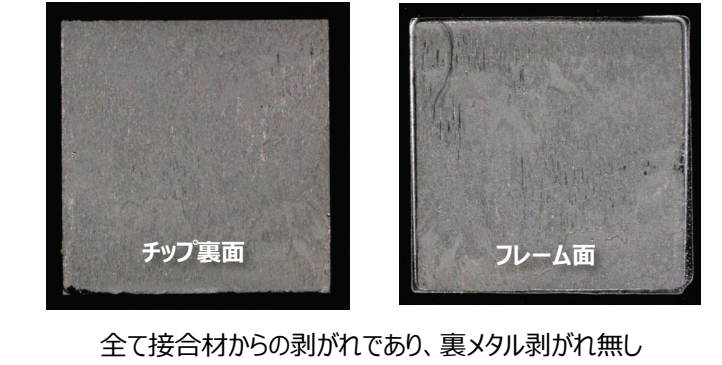
SBD断面構造



ダイシエア強度試験



貼り合わせSiC基板 加熱なし ダイシエア強度試験後の外観



全て接合材からの剥がれであり、裏メタル剥がれ無し

まとめ

- 貼り合わせSiC基板において、コンタクト形成時のohmic sintering加熱あり、加熱なしをTLM法とSBDにて比較検証した。
- TLM法では、ohmic sinteringなしでも貼り合わせSiC基板がオーミック特性を示し、コンタクト抵抗率 $\rho_c = 7.5 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}^2$ を示した。
- 貼り合わせSiC基板上的SBDは、ohmic sinteringなしでも単結晶4H-SiC基板上的SBDより低い V_F を示し、温度サイクル試験やダイシエア強度試験において単結晶4H-SiC基板上的SBDと遜色なかった。
- この結果から、貼り合わせSiC基板は基板コスト低減に加え、低抵抗化によるチップ面積縮小、更にohmic sintering工程の削減が期待できる。

考察

■まとめ表

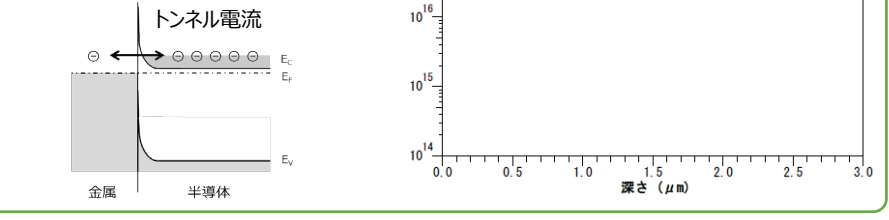
SiC基板	ohmic sintering	コンタクト抵抗率 (Ωcm^2)	V_F (V) @200A/cm ²	ダイシエア強度 (kgf)
単結晶 (4H-SiC)	加熱あり	2.2×10^{-5}	1.38	76.7
貼り合わせ (4H-SiC/多結晶SiC)	加熱あり	3.3×10^{-6}	1.21	72.4
	加熱なし	7.5×10^{-6}	1.22	72.4

SiCオーミック接触方法

単結晶4H-SiC基板へのコンタクト形成法は、N原子の固溶限界が 10^{19}cm^{-3} 前半と比較的低いことから金属材料を蒸着した後、1000°Cくらいの温度で急速熱処理してできた反応層とSiCとでコンタクトを形成する方法が一般的である。

なぜ、貼り合わせSiC基板は加熱なしでオーミック特性が得られたのか。

右図に貼り合わせSiC支持基板である多結晶SiC基板のSIMS結果を示す。多結晶SiC基板はN濃度が 10^{20}cm^{-3} と高い。この高濃度なN濃度により金属を成膜するだけで、金属と半導体の間の障壁が薄くなり、トンネル電流によるオーミック接触が得られたと考える。



謝辞

本研究は共同研究体TPEC（つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション）の事業として行われた。

- [1] 河原孝光 他、精密工学会誌 Vol.83, No.9, pp 833-836(2017)
 特許①SiC基板の表面活性化接合技術（特許第6061251号）
 特許②接合界面電気抵抗の解消技術
 特許③多結晶SiC基板の反り低減