

ダイヤモンドの転位のパワーダイオード特性への影響

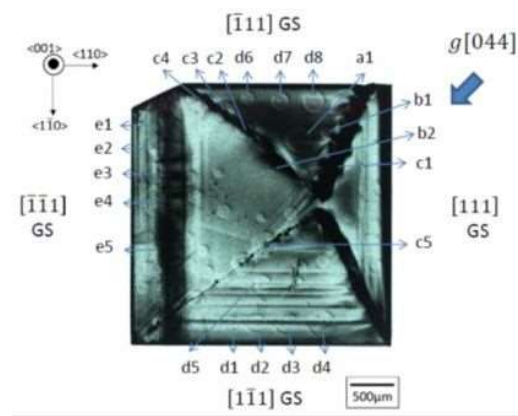
鹿田 真一

関西学院大学 理工学部

背景: 物質中最高の絶縁破壊電界 (20MV/cm) を有するダイヤモンドは、究極の省エネパワーデバイス材料として有望視される。MOSFET の可能性も出てきている中、ウェハ大口径化、結晶転位低減、そしてn型の高性能化などが課題として挙げられる。

実験: 本稿では、ショットキーバリアダイオード (SBD) を例にとり、X線トポグラフィ (XRT) で観測・解析した基板及び動作層の結晶転位と、デバイス特性への影響について調べた。図に示すように、予め XRT で調べた結晶転位の場所に選択的に SBD を形成し、解析した転位の種類と、デバイスの順・逆方向特性との関連を調べた。

結果: [001]方向の貫通転位及びその他の方向の貫通転位と積層欠陥 (SF) の両方を含むデバイスでは、順・逆方向特性に大きな劣化が見られた。無欠陥領域は勿論、SF のみの領域ではデバイスの劣化は殆ど見られなかった。また[10-1], [11-1],[21-1]などの方向の貫通欠陥を複数もつデバイスを複数見たところ、貫通欠陥の数に依存する様子は見られなかった。
謝辞: XRT でご支援頂いた、本研究センターの石地博士に深謝申し上げます。



参考文献 : N.Akashi, N.Fujimaki, and S.Shikata, 10.1016/j.diamond.2020.108024

Abstract

- BLO9を用いたX線トポグラフィ (XRT) で観測・解析したダイヤモンド基板及び動作層エピ膜の結晶転位と、デバイス (ショットキーバリアダイオード (SBD)) 特性への影響について調べた。
 - 予めXRTで調べた結晶転位の場所に選択的にSBDを形成し、解析した転位の種類と、デバイスの順・逆方向特性との関連を調べた。
 - 順方向: 積層欠陥 (SF) を含むデバイスで、立上り電圧の低下、また高温で大きな低下が見られた。
 - 逆方向: 貫通欠陥を含めデバイスで、逆方向リーク電流が大きく、また高温でさらに大きくなることがわかった。
- また $[10\bar{1}]$, $[11\bar{1}]$, $[21\bar{1}]$ などの方向の貫通欠陥を複数もつデバイスでは、電気特性が貫通欠陥の方向や数の依存は見られなかった。

実験

X-ray topography

- 九州SR (SAGA-LS BLO9)
- X線エネルギー 6.7-12keV
- 反射モード
- gベクトル $\langle 404 \rangle, \langle 113 \rangle$

K.Ishiji, Phy.Sta.Sol., A208 (2011) 2516

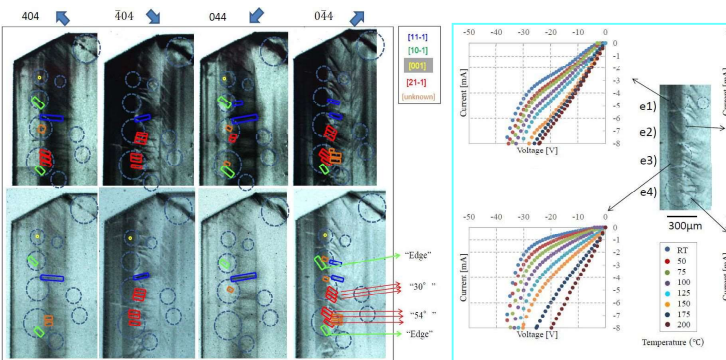
デバイス試作

- 縦型ショットキーダイオード
- p-エピ層/p+基板
- 転位直上に電極形成

断面図

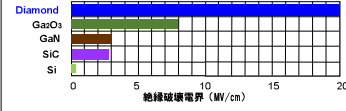
500µm

貫通転位方向・数の影響



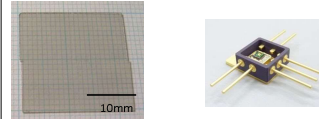
背景

物質中最高の絶縁破壊電界 (20MV/cm) を有するダイヤモンドは、究極の省エネパワーデバイス材料として有望視される。MOSFETの可能性も出てきている中、ウェハ大口径化、転位低減、そしてn型の高性能化などが課題として挙げられる。



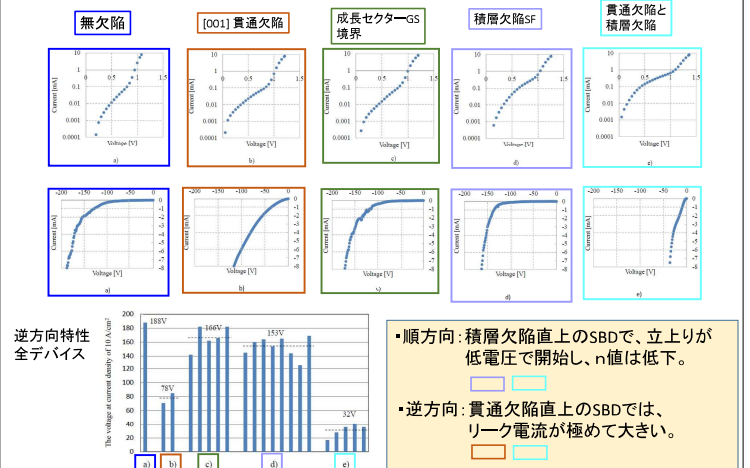
パワーデバイス指標

Semiconductor Materials	Electron Mobility (cm ² /V·s)	Relative dielectric constant ε	Critical field E _c (kV/cm)	Thermal conductivity ε _{th} (W/m·K)	HMPOM=εE _c √ε	BCAFOM=εE _c √ε	HTFOM=ε _{th} /εE _c
Si	1400	11.7	300	130	1	1.0	1.0
GaN	900	9	3000	110	8.0	61.7	0.1
SiC (4H α)	700	9.7	3180	700	7.5	65.9	0.6
Diamond	2200	5.7	5700	2000	23.8	220.5	1.7

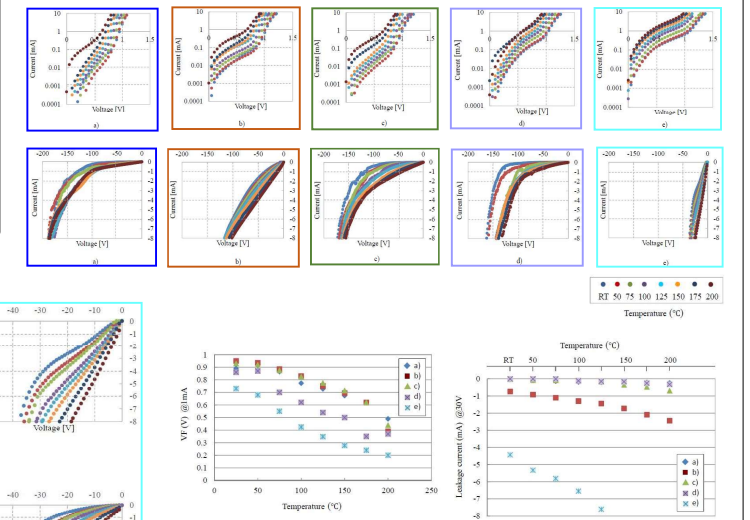


結果

SBD順・逆方向特性



SBD順・逆方向 温度特性



謝辞

X線トポ像撮影でお世話になった九州SRセンター石地博士に深謝致します。本研究の一部は科研費16H03864, 19H02617の支援を受けたものである。

*Influence of threading dislocation on diamond Schottky barrier diode characteristics", N. Akashi, N. Fujimaki, and S. Shikata, Available online, Diam. Relat. Mat., Aug.5 (2020) doi.org/10.1016/j.diamond.2020.108024