

単結晶ダイヤモンドおよびエピ膜の X 線トポグラフィー転位評価 X-ray topographic study of single crystalline diamond wafers and epitaxial films

加藤有香子*, 梅沢仁

(独)産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門,

〒563-8577 大阪府池田市緑丘 1-8-31

Yukako KATO* and Hitoshi UMEZAWA

AIST Research Institute for Ubiquitous Energy Devices, 1-8-31 Ikeda, Osaka, 563-8577, Japan

1 はじめに

ダイヤモンドは物質中最大の熱伝導率、SiC・GaN よりも数倍高い絶縁破壊電界などにより、高温環境でも高い信頼性で、安定かつ低損失なパワーデバイス材料として有望で、電気機器の低損失化のほかにも、高温環境での利用やシステムの小型化による超低損失インバータの可搬機器への適用が期待されている。

これまで、高温・高電流密度・高耐圧動作が可能なデバイスが試作されたものの[1,2]、材料特性値から試算されるデバイス特性は実現できていない[3]。デバイス電極下にあるコンタクト層(p+層)とドリフト層(p-層)を貫通する転位が、試作デバイスの予想よりも低い特性値の原因の一つで、特に p-層中の転位は、デバイスの耐圧特性との相関が非常に高いと推察される。そこで、我々はダイヤモンド基板および p-層中の転位を、X 線トポグラフィーを用いて評価した。

2 実験

単結晶ダイヤモンド基板(Ib 型)と、ボロンを約 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 添加して成長させた p-層を評価した。p-層は気相合成法(CVD 法)によってダイヤモンド基板の上に成長させた。BL-15C に設置した、X 線トポグラフィーの実験配置図を図 1 に示す。回折面には反射 Bragg 配置[044]、[404]、[113]、[1-13]、および透過 Laue 配置[111]、[220]を用いた。

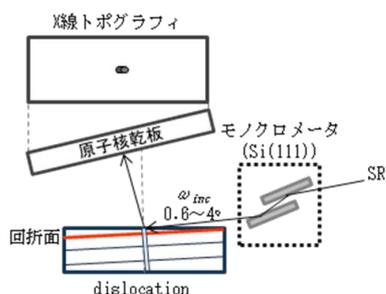


図1 X線トポグラフィー実験配置図

転位は構造のすべり方向(バーガスベクトル)とその滑りの伝搬方向(転位ベクトル)で表す事が出来

る。X 線トポグラフィーの場合、回折ベクトルとバーガスベクトルと像のコントラストが次のような関係にあるため、画像から転位のバーガスベクトルと転位ベクトルを知る事ができる。

$g \cdot b = 0$: 像コントラスト消滅

反射 Bragg 条件では、表面感度を増すための低角入射($\omega_{inc} < 0.5^\circ$)から、深さ方向の評価が可能な条件($1^\circ < \omega_{inc} < 4^\circ$)まで X 線波長を変えることによって転位評価を行うことができるので、エピ膜の評価には反射 Bragg 条件を用いた。

3 結果および考察

図 2 に実験で得られた X 線トポグラフィー像(回折ベクトル: $g = 0-44$)を示す。左図は Ib 型ダイヤモンド基板の X 線トポグラフィー像である。基板の転位密度は約 $4.6 \times 10^4/\text{cm}^2$ 、混合転位が多く見られた。右図は、Ib 基板に $10\mu\text{m}$ 成長させた p-層の X 線トポグラフィー像である。基板から引継いだ転位だけではなく、p-層成長時に新しく発生した転位がみられた。同じ場所の基板のトポグラフィー像ではコントラストが見られず、X 線トポグラフィーだけでは新しい転位の発生原因は特定できなかった。転位密度の増加量は基板中の転位密度に対して約 2%であった。試料全体を撮影した X 線トポグラフィー像を解析した結果、新しく発生した転位の分布に偏りはなかった。

CVD ダイヤモンドは合成過程で、水素や酸素によってグラファイトやアモルファスカーボンを選択的エッチングさせて結晶品質を高める工夫をしているが、X 線トポグラフィー像の解析結果から、合成中の選択的エッチングだけでは p-層中の転位の発生・成長の抑制は困難であることがわかった。

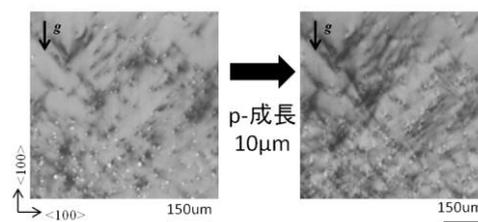


図2 X線トポグラフィー像($g=0-44$)
左)基板 右)p-層

4 まとめ

X線トポグラフィーを用いて、単結晶ダイヤモンド基板とその上に成長させた p-層の転位を評価した。基板と p-層には混合転位が多く見られた。また、今の p-層成長条件では、基板から転位を引継ぐだけでなく、面内分布に偏りなく新しい転位が発生する。転位発生を抑える技術の開発が、今後の課題となる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費の助成を受けたものです。また、ビームライン担当者の平野馨一博士及び産総研の山口博隆博士に対し、深甚の謝辞を申し上げます。

参考文献

- [1] H.Umezawa *et al.*, *Diamond Relat. Mater.*, 24 (2012) 201.
- [2] P.N.Volpe *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 97 (2010) 223501.
- [3] R.Kumaresan *et al.*, *Diamond Relat. Mater.*, 19 (2010) 1324.

*katou.yukako@aist.go.jp