

単結晶ダイヤモンドエピ膜の X 線トポグラフィー欠陥評価 X-ray topographic study of homoepitaxial diamond 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の 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)の上に成長させた p-層を評価した。p-層のボロン濃度は約 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ である。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-14B, または BL-20B 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]を用いた。

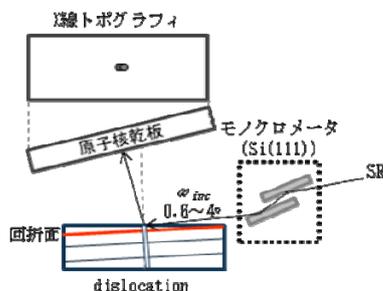


図 1 X 線トポグラフィー実験配置図

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($\omega_{\text{inc}} < 0.5^\circ$)から、深さ方向の評価が可能な条件($1^\circ < \omega_{\text{inc}} < 4^\circ$)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

転位密度を解析した結果、p-層の転位密度の平均は $1.4 \times 10^4/\text{cm}^2$ で、基板の転位密度の約 1.2 倍であった。特に、基板のなかでも研磨痕がある領域を解析すると、エピ膜中の転位増加量は約 1.6 倍であった。X 線トポグラフィー像によると、基板の研磨痕がある領域で成長した転位の転位ベクトルは<001>であった[4]。

現状では、スカイフ研磨による鏡面出しが、一般的なダイヤモンド基板の最終表面仕上げ方法になっているが、機械的な研磨手法であるため、研磨痕が残る可能性はゼロではない。今回の結果から、エピ膜の転位発生を抑制するためには、機械研磨以外の最終表面仕上げ方法の模索が必要不可欠であることが分かった。前年度から、我々のグループでは UV アシスト研磨(熊本大学、峠研究室)によるダイヤモンド基板の最終表面仕上げ方法の模索に取り組んでおり、エピ膜の高品質化技術の開発に向けて、引き続き、基板表面とエピ膜品質の相関を解明すべく、X 線トポグラフィー実験を継続していく。

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の上に成長させた p-層の転位を評価した。基板の研磨痕はエピ膜成長時に転位発生する際の起点であり、ダイヤモンド基板の最終表面仕上げ方法として、機械研磨以外の手法を模索すべきという結論が得られた。

謝辞

本研究は JSPS 科研費の助成を受けたものです。また研究のサポートをして下さった KEK の平野馨一準教授、杉山弘助教、高橋由美子研究員及び産総

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.
- [4] Y.Kato *et al*, *Acta. Phys. Pol. A* **125**(4) (2014) 969-971.

*katou.yukako@aist.go.jp