

SR/X線トポグラフィによるダイヤモンド単結晶の転位解析 Analysis of Dislocations in Single Crystalline Diamond by SR/X-ray Topography

梅沢 仁*, 加藤 有香子

産業技術総合研究所 ダイヤモンド研究ラボ、〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1

1 はじめに

半導体ダイヤモンドは、優れた材料物性から次々世代パワーデバイス材料として期待されている。これまで高温高压合成ダイヤモンド上にデバイスが試作され、高温・高電流密度・高耐圧動作が可能であることが示された[1,2]。しかし、その特性は材料限界には及んでおらず、特に素子サイズの大型化にともなう素子特性の劣化が指摘されている[3]。これは、デバイス電極下にエピを貫通する欠陥(転位)が混入していることが原因と考えられる。

この問題を解決する為、①欠陥解析手法の確立、②電流リーク源となる欠陥の特定 ②低欠陥基板の合成技術開発、に取り組む必要がある。今回、我々は大型単結晶ウェハの種結晶に用いられる IIa 型ダイヤモンド基板中に存在する転位のバーガースベクトルと転位ベクトルを評価、解析した。

2 実験

転位観察として HPHT 法で合成した住友電工製単結晶ダイヤモンド(IIa型)を用いて X 線トポグラフィ評価を行った。X 線トポグラフィには、フォトンファクトリーの BL15C の単色 X 線を用いている。簡単な配置図を図 1 に示す。回折ベクトル(g)として、反射 Bragg 配置[044]、[404]、[113]、[1-13]、および透過 Laue 配置[111]、[220]を用いた。回折ベクトル(g)とバーガースベクトル(b)と像のコントラストの間には次のような関係があるため、X 線トポグラフィ像から転位のバーガー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った。転位像の取得には、まず X 線イメージングプレートにて各 g ベクトルにおける回折条件(ω , 2θ , ϕ)を確認し、続いて Ilford 社製 Type L4 原子核乾板(25 μ m)で回折像を取得した。取得した X 線トポグラフィ像を図 2 に示す。

3 結果および考察

図 2 の X 線トポグラフィ像が示すように、IIa 型 HPHT ダイヤモンドには主な転位種として積層欠陥と貫通転位が見られている。欠陥密度は $10^2 \sim 10^4 / \text{cm}^2$ 程度であった。これは HPHT/Ib 型結晶と比べて低い密度である。貫通転位は、バーガースベクトルと転位ベクトルが垂直な刃状転位と 45° 、 60° の複合転位が確認できている。これら転位の種類と発生場所に規則性はなかった。HPHT/Ib 型ダイヤモンドと比べ

て積層欠陥が多く観察されており[4]、合成条件や Ib 結晶中に含まれる不純物窒素が積層欠陥の生成に影響を与えている可能性がある。今後は、エピ膜を合成した際の転位の引き継ぎ、I-V 特性について評価を行う。

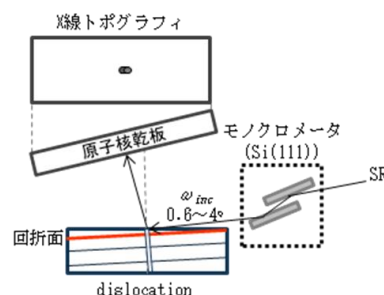


図 1 X 線トポグラフィ実験配置図

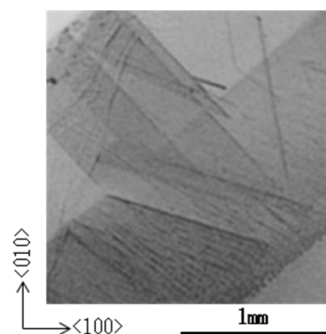


図 2 X 線トポグラフィ $g=[111]$

4 まとめ

HPHT 合成 IIa 単結晶ダイヤモンドを X 線トポグラフィ法によって転位評価した。IIa 型に含まれる転位は積層欠陥の他、刃状転位および 45° 、 60° 複合転位が存在することが分かった。Ib 型と比べ転位密度は低いものの積層欠陥が多数存在しており、合成条件もしくは不純物が転位生成に影響を与えている可能性があることが分かった。

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] H.Umezawa et al., Diamond Relat. Mater., 20 (2011) 523.

* hitoshi.umezawa@aist.go.jp