

パワーデバイス用半導体結晶のトポグラフィー

X-ray topography measurement of semiconductor crystals for power devices

高橋 由美子

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

X線トポグラフィーはX線の回折現象を利用して非破壊で単結晶内部の微小欠陥・歪やその分布状態を画像化する測定手法であり、高輝度、高平行性、波長可変性など放射光の特性を活用することによって実験室系では困難な超精密測定、高速測定が可能になっている。測定手法も多彩で、シンプルな単色/白色トポグラフィーをはじめ斜入射トポグラフィー、3Dトポグラフィーなど放射光の発展とともに進展してきている。

フォトンファクトリー(PF)では1980年代から企業専用ビームラインでのトポグラフィー実験が行われるなど、放射光実験が開始された当初から産業利用を目的として利用されてきた分野の1つでもあるが、近年では放射光利用経験の少ない企業ユーザーを対象として新たな利用ニーズの掘り起こしを図るとともに産業技術上の問題解決に貢献することを目指してトライアルユースも行ってきた¹⁾。X線トポグラフィーはイメージング関連トライアルユース課題数の約40%を占め、その大部分がSiC、GaN、ダイヤモンドなどパワーデバイス用半導体結晶の評価を目的としている。世界的にもSiCのトポグラフィー研究は論文数でSiを上回るほどになっている²⁾などパワーデバイス用半導体結晶の評価が盛んになっていることがうかがえる。そこで今回はパワーデバイス用半導体結晶のトポグラフィーについて、トライアルユースの成果を中心に報告する。

X線トポグラフィーの手法の1つである斜入射トポグラフィーはX線波長と照射角を適切に選択することによりX線侵入深さを制御して欠陥状態を識別することが可能なため半導体結晶の欠陥構造、転位伝播のメカニズム、デバイス特性への影響等を解明するための手法として不可欠となっている。この技術を利用してSiCの斜入射トポグラフから得られた各種の転位の密度、分布、および転位のバーガースベクトル情報とユーザーが開発したエッチング方法でのエッチピットを比較することによってエッチングのみで転位のバーガースベクトルも判別可能な評価方法を確立した例を取り上げる。また、パワーデバイス用半導体結晶の多くはまだ高品質な結晶を得るための技術を確立していない上にエピタキシー、イオン注入といったプロセスを必要とするため、格子欠陥のみならず広域におよぶ歪分布も重要な因子となっている。こうした歪場や結晶性の評価例としてダイヤモンド単結晶のトポグラフを用いた局所ロッキングカーブ法による観察について報告する。

結晶材料の品質向上がパワーデバイス開発の重要な因子の1つである今日、放射光X線トポグラフィーの有効な利用がますます重要になると考えられる。

- 1) 文部科学省先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業「フォトンファクトリーの産業利用」
<http://pfwww.kek.jp/innovationPF/index.html>
- 2) 川戸清爾, 日本結晶学会誌 **54**(1), 2 (2012).