

窒化物半導体中の格子欠陥が生み出す特異構造の 3 次元解析

Three-dimensional Analysis of Defect-related Singularity Structures

in Nitride Semiconductor Materials

阪大院基礎工¹, JASRI² ○酒井 朗¹, (D)志田 和己¹, 竹内 正太郎¹, 藤平 哲也¹,
今井 康彦², 木村 滋²

Osaka Univ.¹, JASRI² ○Akira Sakai¹, Kazuki Shida¹, Shotaro Takeuchi¹, Tetsuya Tohei¹,
Yasuhiko Imai², Shigeru Kimura²

E-mail: sakai@ee.es.osaka-u.ac.jp

半導体結晶中の格子欠陥は電子・光デバイスの動作特性に多大な影響を及ぼす。半導体産業の歴史は、それらを徹底的に排除した完全結晶が有する物性を原点に、デバイス創製に係る様々な構造革新と材料革新のうえに成り立ってきたといえる。「特異構造」科学の構築は、まず、その原点に立ち戻り、「完全結晶神話」の殻を打ち破ることから始まる。すなわち、結晶やデバイスにおいて観測される格子欠陥起因の現象を、それがネガティブ／ポジティブ効果であるに拘らず不完全結晶の特異的物性の現れとして捉え、発現原理・機構の解明を通して、ポジティブな機能に集束させていく。我々はこれまでに、主に窒化物半導体結晶中の転位、歪、ナノボイド等に着目し、構造解析的手法から特異構造としての機能を明らかにすべく研究を進めてきた。本講演では、こうした格子欠陥が生み出す特異構造に対する 3 次元構造解析技術について述べる。

特異構造の 3 次元解析においては、「ローカル」「セミローカル」「グローバル」という 3 つのスケールからのアプローチが重要である。近年、第三世代放射光施設 SPring-8 におけるナノビーム X 線回折 (nanoXRD) 光学系を用い、そこから発する 100 nm 級の微小 X 線プローブを用いた微細構造解析が可能になった。この nanoXRD と 3 次元逆格子マッピング法を駆使することで、特異構造を含む半導体結晶中の局所領域における 3 次元の結晶性 (格子面傾斜・回転、歪およびそれらの揺らぎ等) を、ローカルな視野で明らかにできる [1,2]。これに対して、通常の実験室系の X 線回折装置を用いれば、ウエハや基板全体の歪分布や反り形態等のグローバルな結晶性評価ができるのは周知のところである。一方、セミローカルとは、ローカルとグローバルの中間域を成すスケールであり、これは観測試料に対する X 線の侵入長 (通常、数～十数 μm) の範囲で平均化されて出射される回折波を、その侵入深さ方向に分解して、試料の深さ位置に依存する結晶性情報を読み出すトモグラフィック的なアプローチである [3,4]。講演では、これらの nanoXRD 計測に基づいた、窒化物半導体結晶中の特異構造に対する 3 次元解析結果を紹介し、特異構造の結晶に及ぼす構造的機能について議論する。本研究の一部は JSPS 科研費 JP16H06423 の助成を受けた。

[1] S. Kamada *et al.*, Applied Physics Express 9, 111001 (2016).

[2] T. Uchiyama *et al.*, Jpn. J. Appl. Physics 55, 05FA07 (2016).

[3] K. Shida *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces 9, 13726 (2017).

[4] K. Shida *et al.*, J. Appl. Physics 123, 161563 (2018).