

(様式 2)

議事録番号

提出 平成 31 年 3 月 13 日

会合議事録

研究会名：表面界面・薄膜ナノ構造研究会

日 時：平成 31 年 3 月 11 日 13:30-19:00

場 所：東京工業大学大岡山キャンパス W933

出席者：

尾嶋正治（東大）、山口智広（工学院大）、角谷正友（NIMS）、宮嶋孝夫（名城大）、酒井朗（阪大）、片岡恵太（豊田中研）、Jaemyung Kim（NIMS）、坂田（NIMS）、木村滋（高輝度セ）、木下豊彦（高輝度セ）、谷川智之（東北大）、佐々木拓生（量研）、高橋正光（代表, 量研）、田尻寛男（副代表, 高輝度セ）、他 40 名（敬称略）
計 54 名

議題：結晶工学における放射光利用と SPring-8 将来計画への要望

議事内容：

第 66 回応用物理学会春季学術講演会の分科企画シンポジウム「結晶工学×放射光」が開催された。SPRUC 表面界面・薄膜ナノ構造研究会は QST 微細構造解析プラットフォームとともに共催として参画した。

結晶工学において放射光を用いた欠陥評価、構造解析、電子状態解析の報告が増加し、個々のグループから優れた研究成果が創出されている。本シンポジウムは、放射光とは?という基礎的なところから結晶工学へのアプローチを俯瞰し、既存ユーザー間の横の繋がり構築と、未利用ユーザーの新たな研究展開の創出を目的とした。プログラムの最後には、様々な研究分野の立場から将来の放射光施設やビームラインへの要望、または評価手法の高度化に関する意見や要望を集約する場として、総合討論を開催した。

尾嶋正治先生には、エネルギーデバイス（創エネ、省エネ、蓄エネ）の放射光解析について、放射光の初歩からご講演いただいた。NEDO、FIRST、CREST など様々なプロジェクトや TOYOTA との共同研究の成果を基に、産業界の研究対象である実デバイスと学界が対象とするモデルデバイスの間を埋めることが

重要である、との認識を示された。情報工学（ここでは主にマテリアルズインフォティクス）を積極的に取り入れることも重要で、測定したらすぐ結果が出る方向性がデバイス開発には必要であるとのことであった。東北放射光では、meV エネルギー分解能、nm 空間分解能、psec 時間分解能のオペランド計測が進むであろう、とのことである。

山口智広先生には RF-MBE による GaInN 成長の放射光その場 X 線回折についてご講演いただき、格子不整合の大きな GaN と InN について、格子緩和の様子や引き込み効果のその場観察結果を詳細に示された。これまでの GaN 系発光デバイスに対し、より幅広いデバイス設計・デバイス応用が可能になると期待される高品質 GaInN 膜を実現するには、格子緩和過程を明らかにし制御する必要がある点が強調された。

角谷正友先生には放射光光電子分光による III-V 族窒化物半導体の価電子帯構造と表面酸化プロセスの評価についてご講演いただいた。パワーエレクトロニクス材として期待される GaN MOSFET においては酸化膜/GaN 界面の欠陥準位のキャラクタリゼーションが重要であり、NIMS ビームライン BL15XU で HAPES を用いて観測された GaN 自立基板の価電子帯光電子スペクトルや JAEA ビームライン BL23SU での酸化ガス照射による表面酸化プロセスの光電子分光による評価結果が紹介された。

佐々木拓生氏より、窒素極性 GaN の液体 Ga 層のその場 X 線構造解析について講演があった。BL11XU の MBE 装置・X 線回折計複合システムを用い、表面回折のその場 CTR 散乱測定と最小二乗法解析から表面数層の Ga 層の原子配列を精密に明らかにした。

田尻寛男氏より、計測手法開発の例として表面界面観察に放射光透過 X 線回折を用いる手法が紹介された。BL13XU において Si(111)-7x7 清浄表面上にビスマスがエピタキシャル成長する様子を透過 X 線回折によりリアルタイム観測し、ビスマス層の相変化や界面超構造の時間変化が捉えられていた。

Jaemyung Kim 氏より、X 線トポグラフを用いた GaN ウェーハの構造評価について報告された。BL15XU における実験で初期の核形成に由来する結晶性の微細な不均一性やウェーハ端部のグレインの傾斜構造などが明確に示された。

宮嶋孝夫先生には GaN 系混晶半導体や GaN 系量子殻について XAFS や BL13XU のナノビーム X 線回折を駆使した局所構造評価を講演いただいた。放射光によるこれら評価手法で得られた新規知見からデバイス開発へフィードバックを行う研究サイクルをこれまで進めてこられた。今後の実用化が期待される面発光レーザーについて、混晶半導体はいわゆる Vegard 則には従わず、ボン

ド角を変えて緩和することが XAFS で示された。

酒井朗先生には BL13XU のナノビーム X 線回折を用いた半導体材料・デバイスの構造解析について講演いただいた。材料デバイス評価における放射光の利点は、(1) マルチスケール、(2) 高空間分解能、(3) 三次元空間が解析可能、(4) 非破壊、(5) 定量性、さらには (6) 高時間分解能、であることが強調された。(3) に対応する濃度傾斜 AlN のトモグラフィック解析や (6) に対応する AlGaIn/GaN HEMT デバイスの時間分解オペランド計測の例が報告された。

片岡恵太先生には HAXPES を活用した車載 GaN パワーデバイス開発について講演いただいた。現在のシリコンをベースにしたパワーデバイスでは車全体のエネルギーロスの 20% がパワーデバイス部で発生しており GaN への期待は大きい。HAXPES では (1) 実デバイスに近い膜厚で測定可、(2) 試料の加工が不要で準備が楽、(3) 表面の寄与が小さい、などの利点から改善指針となる情報が得られることが多く、デバイス開発に有利であることが指摘された。

高橋正光先生には、その場放射光 X 線回折による結晶成長研究の進展について講演いただいた。結晶成長は本質的に時間的・空間的にマルチスケールな現象であり、かつ多様な環境を相手にする必要があるが、放射光 X 線回折は電子線や光など他プローブ・手法と比較して優れたプローブである。放射光 X 線回折は、(1) 成長フロントを観察できる精密な RHEED であり、直接法によるモデルフリー解析が可能という大きな利点があること、(2) 埋もれた界面もプローブできること、(3) 微小領域の測定が可能であること、が強調された。

シンポジウムの最後に招待講演者をパネラーとした総合討論が行われた。総合討論で出されたユーザ意見は、動向調査報告書に詳細をまとめた。

以上