

## 結晶加工と評価技術 145 委員会平成 27 年度活動状況報告書

1. 委員会名	結晶加工と評価技術第 145 委員会 設置年月日：昭和 52 年 10 月
2. 委員長名 (所属職名)	田島道夫（明治大学・特任教授，JAXA 宇宙科学研究所・名誉教授） （期間：平成 19 年 10 月～現在に至る）
3. 委員数	委員数：75 名（学界委員 38 名、産業界委員 26 名、顧問 11 名）
4. 委員会趣旨、 目的	現代社会の発展を支えているシリコンデバイスは、高速化と高集積化が極度に 進んだ現在、従来技術の延長では解決できない多くの困難な問題が顕在化してき ている。いっぽう、ワイドギャップ半導体をはじめとする化合物半導体を利用し たグリーン半導体デバイスの社会的要請と実用化が急速に進み、シリコンに比肩 するウエハー技術の高品位化が望まれている。本委員会は、結晶加工と評価を切 り口に、シリコンと化合物半導体の研究コミュニティ間に横断的に情報交流の場 を与え、単独では取り組めない研究課題を産・学・官協同で推進し、さらには新 技術を創出することにより、半導体産業の活性化・技術力向上に寄与することを 目的としている。
5. 活動概要・ 実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 概要：</li> <li>主催研究会 5 回，協賛研究会 1 回，幹事会 6 回，委員総会 2 回</li>   <li><b>定例主催研究会</b></li> <li>第 143 回研究会「複合欠陥の物理と評価」 （2015. 6. 25, 主婦会館プラザエフ）講演 7 件，意見交換会</li> <li>第 144 回研究会「X 線・電子線による計測技術の新展開 ー静的構造評価を極め、動的評価、電子状態計測に挑むー」 （2015. 8. 21, 明治大学 駿河台キャンパス）講演 6 件，意見交換会</li> <li>第 145 回研究会「シリコンフォーラム，パワーデバイス Si 研究会 他の注目発表」 （2015. 10. 2, 明治大学 駿河台キャンパス）講演 5 件，意見交換会</li> <li>第 146 回研究会「結晶加工における材料変形と変質」 （2015. 11. 26, 明治大学 駿河台キャンパス）講演 5 件，意見交換会</li> <li>第 147 回研究会「パワーデバイス用エピタキシャル成長装置の現状」 ーエピウエハ量産化の課題ー （2015. 12. 25, 明治大学 駿河台キャンパス）講演 6 件，意見交換会</li>   <li><b>協賛研究会</b></li> <li>第 136 委員会主催・第 145 委員会協賛平成 27 年度第 1 回研究会 「ナノ・マイクロデバイスの新展開に向けて」</li> </ul>

(2015. 4. 23, 主婦会館プラザエフ) 講演 4 件

6. 活動の成果

本委員会は平成 27 年度には、定例の研究会を 5 回開催した。以下にその成果概要を記す。

第143回研究会「複合欠陥の物理と評価」を主婦会館プラザエフにて、6月25日に開催した。本研究会は、技術の伝承プロジェクト第3回（出版記念）シンポジウムの位置付けで開催され、シリコン中の欠陥、特に古くて新しい問題であるサーマルドナー、複合欠陥、水素に関する欠陥に関する議論が展開された。第一原理計算からみた不純物複合体の電子状態とエンジニアリングのための計算機ナノマテリアルデザイン、水素を利用したシリコン中の点欠陥検出と水素誘起欠陥、シリコン結晶中のサーマルドナーと酸素析出、Si中の不純物複合体ドナー、メタル汚染によって誘起される結晶欠陥、化学分析を用いたSiゲッターリング評価法に関する講演があった。60人以上の研究会参加者を交え、Si結晶中の“古くて新しい問題である”各種欠陥に関する発表が行われ、活発な議論が行われた。

なお、本研究会の終了後に、技術の伝承プロジェクト「シリコン結晶技術」出版記念祝賀会が開催され、学振協力会役員の志水隆一先生、高橋清先生、白木靖寛先生にもご臨席頂き、世代を越えた和やかな歓談の輪が広がるとても良い雰囲気祝賀会となった。



図1. 技術の伝承プロジェクト「シリコン結晶技術」出版記念祝賀会記念写真

2. 第 144 回研究会「X 線・電子線による計測技術の新展開 -静的構造評価を極め、動的評価、電子状態計測に挑む-」を、明治大学 駿河台キャンパスにて 8 月

21 日に開催した。本研究会では、X 線・電子線を用いた最先端の材料評価技術について当該分野の第一線で活躍する研究者による 6 件の講演が行われた。X 線位相イメージングをはじめ、フェムト秒オーダーの時間分解測定技術（下図）、電子線回折イメージング、有機半導体薄膜成長過程のその場観察、FeNi 規則合金の構造解析、高エネルギー光電子分光によるバンド構造評価等について、その原理や測定技術の詳細から最新の測定結果までの内容が丁寧に示された。専門外の参加者にも大変わかりやすく、最新の測定技術の進展を知る大変有意義な内容であった。

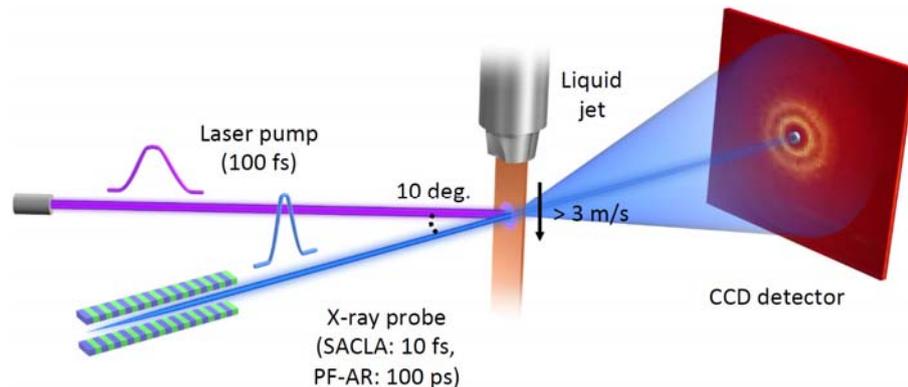


図 2. フェムト秒オーダーの時間分解測定の実験配置図

3. 第 145 研究会「シリコンフォーラム、パワーデバイス Si 研究会他の注目発表」を明治大学 駿河台キャンパスで 10 月に開催した。本研究会では、高濃度不純物添加 Si および Ge 結晶成長における組成的過冷却現象の評価・解析、C Z シリコン結晶成長時の点欠陥発生に与える内部応力とドーパントの効果、超高温 RTO による Cz-Si 結晶の酸素析出核制御、炭素クラスターイオン照射による Si ウェーハの近接ゲッターリング技術—CMOS イメージセンサのデバイス特性にクラスター照射が与える効果、Si パワーデバイスのキャリアライフタイム制御の安定性における微量残留元素の影響：ウェハ母材依存性(エピ, FZ, MCZ, 電子線照射発光活性化による Si 中の微量炭素分析に関する 6 件の発表があった。シリコンに関する結晶成長、欠陥解析、プロセス制御、デバイスにおける欠陥解析、パワーデバイス用結晶欠陥と不純物の評価について、広い範囲を網羅した研究会となり、活発な議論が行われた。

4. 第 146 回研究会「結晶加工における材料変形と変質」を明治大学 駿河台キャンパスで 11 月 26 日に開催した。本研究会では、いわゆる加工変質層の本質を見極めることを目指し、シリコン結晶に外部から力を加えた際の、転位の運動に基づく変形挙動の理解、延性モード切削の物理的理解と加工後表面の評価(図 3)、そして計算機シミュレーションによる変形・除去過程の解析、に関する 3 件の報告がなされ、さらに SiC・GaN 単結晶についても研削や研磨後の加工変質層の観察や評価に関して 2 件の報告がなされた。具体的な加工条件や評価方法に関するものから理論的考察に関するものまで、参加者間で幅広く有意義な議論が行わ

れ、結晶加工に関する理解が深まった。

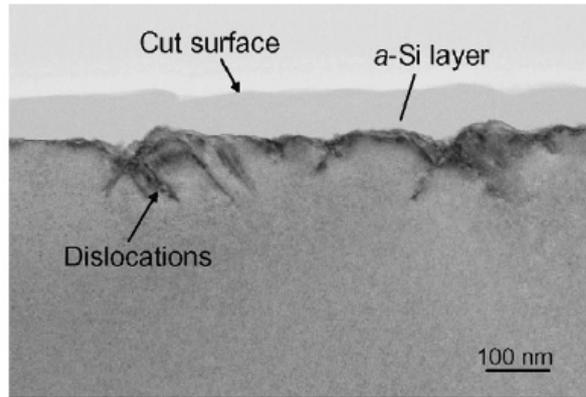


図 3. 延性モード加工表面の断面 TEM 像

5. 第 147 回研究会「パワーデバイス用エピタキシャル成長装置の現状」ーエビウエハ量産化の課題ーを明治大学 駿河台キャンパスで 12 月 25 日に開催した。本研究会では、次世代パワー半導体のエピタキシャル成長技術について、当該分野の第一線で活躍する研究者・技術者が、現状と展望について発表を行った。扱われた素材は、シリコン、SiC、GaN といった半導体材料で、エピタキシャル膜の均一性やスループットといった指標を十分なレベルに維持しつつ、シリコンではスリップ転位の抑制、SiC ではエピタキシャル欠陥の低減といった課題を如何に克服するかが議論された。現在、上記半導体材料の大型化・高度化が進んでおり、これまで以上にサイエンスに立脚したアプローチが必要である。研究会では、講演者・聴講者間で最新の技術的知見が共有化され、課題克服に向けて有意義な議論がなされた。

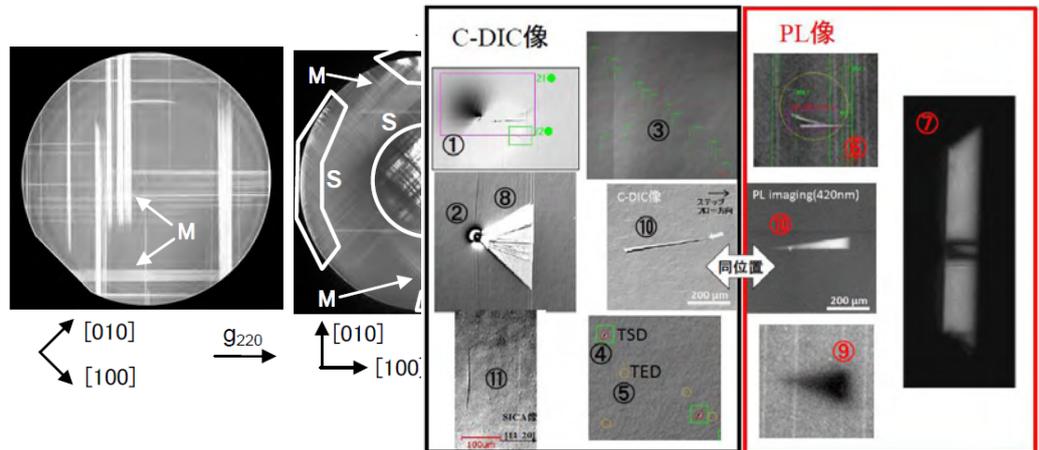


図 4. シリコンのスリップ転位の X 線トポ像(左)と SiC エピタキシャル欠陥の顕微鏡及びフォトルミネッセンス像(右)

7. 今後の活動方針	<p>わが国の半導体産業の更なる発展を目指して、環境とエネルギーをキーワードとして、結晶育成、ウエーハ加工、欠陥評価などの分野で中立的な立場から産業界に寄与していく。定例となっている研究会に関しては、今年度は、5月25日に「化合物半導体中の点欠陥の性質と挙動、および信頼性への影響 -ナイトライド系材料および発光で場を中心として-」のテーマで開催し、続いて7月下旬に「太陽電池用シリコンインゴットの結晶成長と評価技術の新展開」、10月にバルクライフタイム評価技術関係、12月～1月に結晶材料切断技術関連のテーマでの開催を予定している。また、4年毎の恒例となり海外からの関心も非常に高い <b>The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials</b> を11月21-25日にハワイにて、酒井朗実行委員長のもと開催する。これらの研究会、国際シンポジウムの開催により、産学官の有機的な情報交換の場を提供する。</p>
------------	--