

結晶加工と評価技術 145 委員会平成 26 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 (JAXA 宇宙科学研究所・名誉教授, 明治大学・特任教授) (期間：平成 19 年 10 月～現在に至る)
3. 委員数	委員数：73 名 (学界委員 37 名, 産業界委員 25 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が、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	<p>・ 概要：</p> <p>研究会 4 回, 幹事会 4 回, 委員総会 2 回, 国際シンポジウム 1 回, 公開研究会 1 回, 「技術の伝承」プロジェクトに関する編集委員会 2 回</p> <p>研究会</p> <p>第 139 回研究会「技術の伝承/Si 結晶成長と欠陥制御」 (2014. 5. 9, 明治大学駿河台キャンパス) 講演 6 件, 懇親会</p> <p>第 140 回研究会「パワーデバイス用 Si, SiC 単結晶成長の最前線」 (2014. 7. 23, 主婦会館 プラザエフ) 講演 5 件, 懇親会</p> <p>第 141 回研究会「3 次元集積回路のための加工技術最前線」 (2014. 12. 18, 明治大学駿河台キャンパス) 講演 5 件, 懇親会</p> <p>第 142 回研究会「結晶シリコン太陽電池研究開発の最前線 -NEDO プロジェクトを中心に-」(学振・175 委員会との共催) (2014. 12. 25, 明治大学リバティールホール) 講演 10 件, 懇親会</p> <p>国際シンポジウム</p> <p>The Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2014 (Hamamatsu) 「シリコン材料の科学と技術フォーラム 2014 (第 7 回) 浜松」(2014.10.19-22, 浜松コンgresセンター 3 階会議室, 浜松)</p>

公開研究会

「パワーデバイス用シリコンおよび関連半導体材料に関する研究会」(2015.2.5-6, 九州工業大学百周年中村記念館)

特別事業 (技術の伝承プロジェクト)

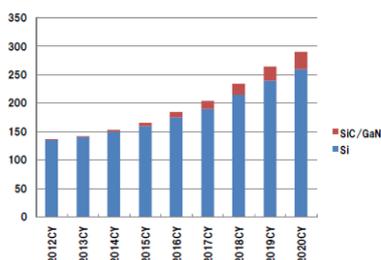
「結晶 Si 製造・加工・評価技術」の知識や技術の伝承に関する編集委員会
(第 6 回 2014/5/9, 東京 (成長, 加工, ウェハ分野, シンポジウム), 第 7 回 2014/10/16, 東京 (歴史, 評価))

6. 活動の成果

・本委員会は平成 26 年度には、定例の研究会を 4 回、国際シンポジウムを 1 回、公開研究会を 1 回開催し、技術の伝承プロジェクトの成果として書籍を刊行した。以下にその成果概要を記す。

1. 第 139 回研究会「技術の伝承/Si 結晶成長と欠陥制御」を明治大学駿河台キャンパスにて、5 月 9 日に開催した。本研究会では、現在 145 委員会では推進している技術の伝承プロジェクトの一環として、Si 結晶成長と欠陥制御に関する議論をすることを目的として研究会を開催した。はじめに委員長と幹事より本研究会の目的と構成が紹介された後、CZ 引き上げ機の歴史、石英坩堝の開拓史、黒煙部材、育成欠陥の制御、エピウエハー、アニールウエハー、ゲッターリングに関する講演があり、50 人以上の研究会参加者を交え、結晶成長の座談会、欠陥制御の座談会が開催され、活発な議論が行われた。最後に、関口委員より本研究会の総括がなされ、当該分野における研究開発の展開と方向性が示された。

2. 第 140 回研究会「パワーデバイス用 Si, SiC 単結晶成長の最前線」を主婦会館にて 7 月に開催した。近年、下図に示されるパワーデバイス市場の拡大予想に伴ってさらなる結晶品質の向上が求められている。本研究会は、パワーデバイス用結晶の成長における課題を明確にすることを目的として開催された。成熟した結晶成長技術を有する Si 結晶関連では、Si のパワーデバイス技術動向についての概論の後に各結晶成長法における欠陥・不純物制御課題について 3 件の講演と議論を行った。FZ 法は抵抗率分布の均一化、CZ 結晶原料 FZ 法では窒化析出物、CZ 法では炭素不純物の検出法とデバイスへの影響、MCZ 法では酸素濃度低減がトピックである。結晶成長法が開発途上にある SiC においては進展のめざましい結晶成長法をトピックとした。RAF 法による 6inch 結晶成長、高温 CVD 成長、溶液法による 3-4inch 結晶の成長について 2 件の講演と議論を行った。



Source : 矢野経済研究所

Fig.1 Power semiconductor global market change and prediction

SiC/GaN, Si パワーデバイスのマーケットの変遷

3. 第 140 研究会「3次元集積回路のための加工技術最前線」を明治大学で12月に開催した。本研究会では、東北大学の福島先生より三次元集積回路全般およびシリコン貫通配線技術の基礎から最新のとりくみを講演していただいた。次に、東京大学の三田先生より Si 深掘り加工の基礎から最新成果を、ディスコの小林様より Si ウェハの研削による裏面薄化技術の現状・問題点・解決策等を、さらに産総研の高木様よりウェハ直接接合技術の各種接合方法およびそれらの応用例を示していただいた。また、九州大学の浅野先生より常温接合用の先鋭バンプや超音波加振技術およびその応用例を、そして富士通研究所の中村様より Si ウェハの薄化研削ダメージのラマン散乱や断面 TEM, 陽電子消滅等を用いた多方面からの評価結果を、それぞれご講演頂き、三次元集積回路に関する加工技術の概要と現状・課題等を概観した。

4. 第 141 回研究会「結晶シリコン太陽電池研究開発の最前線—NEDOプロジェクトを中心に—」を明治大学で12月に第175委員会と合同で開催した。本研究会では、結晶シリコン太陽電池の高効率化ならびに低コスト化の観点から、最近の関係する成果を基に、今後の開発の方向性を議論した。太陽電池の研究開発においては、原料・結晶から、太陽電池構造に至るまでの幅広い技術の結集が必要不可欠であり、技術全般を概観できたとともに、関係する技術の概要と現状・課題等を把握でき、参加者間で活発な討議が行われる等、大変有意義な会であった。

5. The Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2014 (Hamamatsu) (シリコン材料の科学と技術フォーラム 2014 (第7回) 浜松) を、2014年10月19日から22日までの4日間、静岡県浜松市、浜松コンgresセンター3階会議室において開催した。本会議の主題は、(1) 産学連携の強化と実質化、(2) 次世代を担う若手技術者・研究者の育成、(3) 技術者・研究者の国際レベルでの交流である。会議日程は下記に示した。

	午 前	午 後	夜
10月19日(日)		Diffusion & Defect engineering	Get together party
10月20日(月)	Defect and Impurity	Si and SiC	Poster session
10月21日(火)	Point defects	Characterization and quantum computers	Banquet
10月22日(水)	Solar cells	Closing Remark	

今回は、シリコン材料の格子欠陥および不純物制御に必要な材料科学の基礎的な内容を、「世代交代」を意識してシリコン材料分野の著名な講師を招待し講義していただいた。フォーラムプログラムは、先ず、Prof. H. Bracht, Prof. W. Bergholz, Dr. José Coutinho, Prof. R. A. Peaker に1時間の講義、これに引き続き、格子欠陥と不純物、パワーデバイスと関連材料、Si 結晶成長、Si ウェハとデバイス、評価技術、フォトニクス、浜松からの最近の話

題、太陽電池と結晶成長、そして最後に将来の Si 技術など、最新の技術動向を見極め広く俯瞰できるように設定した。人材育成面では、若手研究者のショートプレゼンおよび発表奨励賞を設け、若い研究者・技術者育成に力を入れた。プロシーディングス（340 ページ）も計画通り発刊し、フォーラム初日に参加者に配布した。さらに、充実した講演内容を世界中に届けられるように出版事業が進行中で、来春には Springer から今回の代表的な講義内容を” Lecture Note in Physic” シリーズの一冊として出版する。

フォーラムでは、シリコンを基盤材料とする LSI、太陽電池、パワーデバイス、Si フォトニクス、放射線検出器など幅広いデバイスへの応用に関する最新の話題と、結晶育成、格子欠陥や不純物制御に必要な材料科学の基礎について議論した。講演の質は極めて高く、未解決の基礎的問題や関連する欠陥評価技術についても活発な議論が行われた。今回は特別講演として、浜松ホトニクス社から「すばる望遠鏡」に搭載された高性能・大型 CCD（電荷結合素子）イメージセンサー、さらには CERN でヒッグス粒子発見の原動力になった放射線検出器技術に関する発表も行われた。また、半世紀以上に及ぶ研究の歴史があるシリコン中の鉄不純物の問題にも注目が集まった。



図4 The Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2014 (Hamamatsu)の会議の様子

6. 「パワーデバイス用シリコンおよび関連半導体材料に関する研究会」を、2015年2月5日から6日までの2日間、北九州市、九州工業大学百周年中村記念館において開催した。本会議の主題は、Si 結晶成長、GaN, SiC の結晶成長とデバイス応用、Si 照射欠陥の制御と活用、Si 結晶欠陥評価、SiC の最近の研究動向である。結晶からデバイスまで網羅した本会議では、結晶欠陥をキーワードに産官学のあいだのパワーデバイスに対する熱心な議論が行われた。

	<p>7. 技術の伝承プロジェクト</p> <p>3年間の活動の最終年度として、シンポジウムと書籍の刊行を行った。</p> <p>5月9日に御茶ノ水明治大学にて第2回シンポジウム「結晶成長・欠陥制御」を開催した。午前11時より昼食をはさんで18時まで行い、100名余の参加者があった。その後懇親会を催した。</p> <p>書籍「シリコン結晶技術—成長・加工・欠陥制御・評価—」（480ページ）を上梓した。全6章は、日本の結晶シリコン技術の歴史、成長技術、加工技術、欠陥制御・ウエハー、評価、シミュレーション、で構成される。執筆者は145会員を中心として62人を数えた。上製本200部を刊行し、会員、関係各所に配布した。</p>
<p>7. 今後の活動方針</p>	<p>定例となっている研究会に関しては、2017年度は、5月後半に「技術の伝承プロジェクト第3回シンポジウム(複合欠陥の物理と評価)」に続き、「Silicon Forum の注目発表」、「III-V 結晶 または窒化物関係」、「パワーデバイス関係」、そして「X線・光学評価関係」等をテーマとして企画し、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、ウエハー加工、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。また、The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials を2016年11月にハワイにて、酒井朗実行委員長のもと開催する。これらの研究会、国際シンポジウムを適宜開催することにより、産学官の有機的な情報交換の場を提供する。</p>