

## 結晶加工と評価技術第 145 委員会平成 24 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：72 名（学界委員 38 名，産業界委員 24 名，顧問 10 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	<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><b>研究会</b></p> <p>第 130 回研究会「シリコン結晶の点欠陥と不純物：注目される新たな評価解析技術」 （2012. 7. 18, 明治大学駿河台キャンパス）講演 5 件，懇親会</p> <p>第 131 回研究会「超高耐圧パワーデバイスの現状と将来展望－新しいエネルギー社会を支えるキーデバイス－」 （2012. 8. 19, 明治大学駿河台キャンパス）講演 5 件，懇親会</p> <p>第 132 回研究会「次世代型加工材料基板とその加工プロセスの現状と課題」 （2012. 12. 13, 明治大学駿河台キャンパス）講演 6 件，懇親会</p> <p>第 133 回研究会「イオン注入技術とその欠陥制御」 （2013. 2. 27, 明治大学駿河台キャンパス）講演 5 件，懇親会</p> <p><b>国際シンポジウム</b></p> <p>「The 6th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials」 （2012.12.16-21, ハワイ，コナ，マリオットホテル）</p> <p><b>公開研究会</b></p> <p>「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」 （2013.3.14-15, 千葉工業大学）講演 16 件，懇親会</p> <p><b>特別事業（技術の伝承プロジェクト）</b></p>

「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1回 2012.10.22-23,九州大学 第2回 2012.12.12, プラザエフ)

6. 活動  
の成果

本委員会は平成24年度には、定例の研究会を4回、国際シンポジウムを1回、並びに公開研究会を1回開催した。以下にその成果概要を記す。

1. 第130回研究会「シリコン結晶の点欠陥と不純物：注目される新たな評価解析技術」を明治大学駿河台キャンパスにて、7月18日に開催した。本研究会では、シリコン結晶中の点欠陥の研究と、太陽電池などの新しい産業分野への展開によって改めてその重要性が見直されているシリコン結晶中の不純物に関する研究を取り上げた。研究会では、点欠陥の評価と制御に関する研究の発表を3件、C, O, Nなどの軽元素不純物に関する研究とシリコンキログラム原素とこれらの欠陥との関わりに関する研究、ならびに新評価技術に関する研究の発表、計5の発表が行われた。質疑応答では、非常に活発な質疑応答が展開されていた。

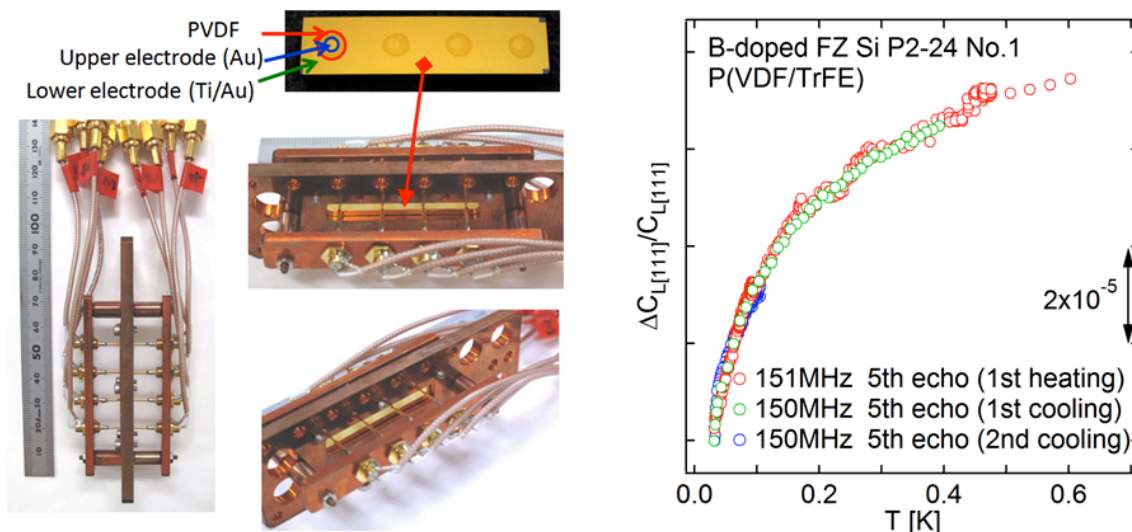


図1. 評価技術の実用化に向けた開発の成果. 短冊状シリコンウェーハ試料とそれが取り付けられた試料ホルダー（左図）と、弾性定数  $C_{L[111]}$  の低温ソフト化の極低温域部分（右図）.

2. 第131回研究会「超高耐圧パワーデバイスの現状と将来展望—新しいエネルギー社会を支えるキーデバイス—」を明治大学で8月に開催した。SiパワーデバイスはIGBTを中心に高性能化されてきたが、その性能がSiの限界に近づいている。そのため、SiC等のワイドギャップ半導体が、次世代パワーデバイス用として期待されている（図1）。SiおよびSiC高耐圧パワーデバイス関連で、それぞれ結晶、デバイスさらにシステムにおける技術動向の報告がなされ、活発に議論された。直流送電等の超高耐圧領域では、Siデバイスが独壇場である。一方、SiCにおいても電鉄応用やバイポーラ化のための欠陥対策が実施されており、高耐圧化が進展している現状が把握でき、有意義な研究会であった。

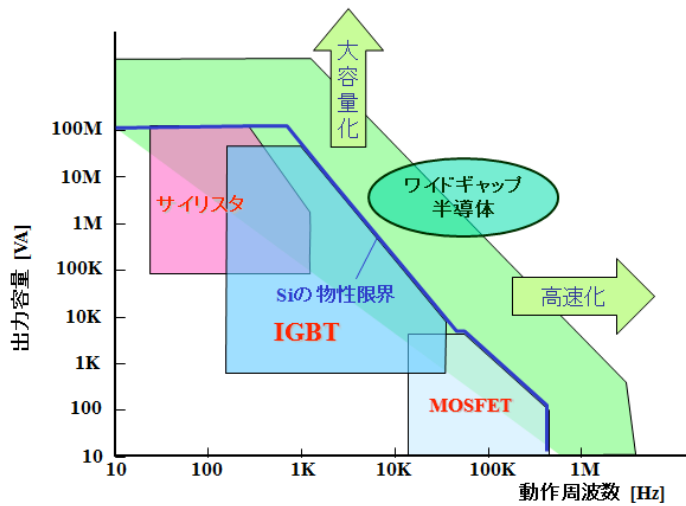


図2 Si パワーデバイスの物性限界とワイドギャップ半導体による性能向上

3. 第 132 研究会「次世代型加工材料基板とその加工プロセスの現状と課題」を明治大学で 12 月に開催した。本研究会では、低炭素・省エネルギーの社会の実現に起爆剤として、次世代化合物半導体としての SiC や GaN などに関して、加工プロセス技術について、結晶成長・ウエハ加工・結晶加工面評価技術の現状と展望について発表と議論が活発に行われた。その結果、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展開された。

4. 第 133 回研究会「イオン注入技術とその欠陥制御」を明治大学で 2 月に開催した。本研究会では、半導体先端デバイスにおけるイオン注入技術と、それに伴う欠陥制御・評価について、当該分野の第一線で活躍する研究者から 5 件の報告がなされた。具体的には、先端半導体デバイスへのイオン注入と形成された格子間原子・原子空孔の熱処理後の振る舞い・電気的活性化の解析、図 1 に示す単一イオン注入法により不純物を 1 次元配列させた (Deterministic ドーピング) Si デバイスの量子輸送現象やダイヤモンド内の単一発光センターの形成、SiC パワーデバイス用イオン注入装置の開発と注入特性評価、イメージセンサー内の結晶欠陥の評価、陽電子消滅法による半導体欠陥評価について、最新の成果紹介があり、課題克服に向けて参加者との有意義な議論が行われた。久々のイオン注入と欠陥制御・評価に関する研究会であり、将来にむけた課題についても明らかにすることができ、大変意義深い研究会であった。

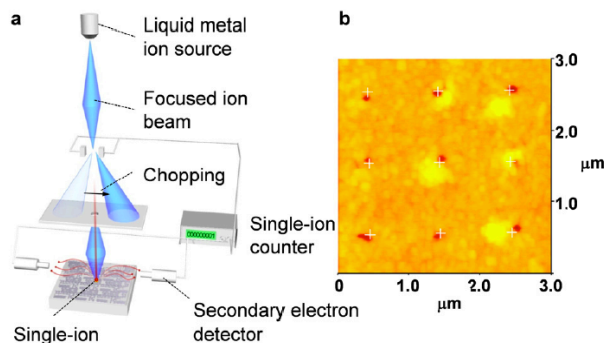


図3 単一イオン注入法の原理

5. The 6th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials (第6回シリコン材料の先端科学と技術国際シンポジウム, 6th JSPS Silicon Symposium) を, 2012年11月に, Sheraton Kona Resort & Spa at Keauhou Bay (米国 Hawaii 州) において開催した. 本国際シンポジウムは, 日本学術振興会の主催で, 当委員会の小椋厚志委員 (明治大学) が General Chair となって開催された. 最終的には海外 31 名, 国内 68 名の合計 99 名の参加者が得られた. 企業による広告・協賛は 19 社を数え, 昨今の大変厳しい経済状況においても, 当該分野に対して継続的に高い注目が集められていることが再認識された.

シンポジウムは, General Chair による Opening Remarks を始めに, 2 件の基調講演, 結晶成長とウェーハ技術 (15 件), 先端的評価技術 (12), 欠陥および不純物 (16), Si 系太陽電池 (23), IV 族系先端半導体デバイス技術 (8), SiC 材料およびデバイス (7) に関するテクニカルセッション, 2 件の After Dinner Talk, および Closing Remarks から構成され, 43 件の口頭講演 (すべて招待講演) と 41 件のポスター講演 (一般投稿) が行われた. 基調講演では, 米国 Intel の Dr. Goldstein による最先端 450 mm 径 Si ウェーハに関する技術開発について, また豊田工大の山口真史教授による太陽電池研究開発の最新動向に関して発表がなされた. After Dinner Talk では, 静岡理工科大の志村史夫教授による温故知新の科学・技術伝承に関して, また NCSU の Prof. Rozgonyi による Si 系太陽電池の研究に関する発表がなされ, いずれもタイムリーな機知に富んだ講演であった. 参加国数は日本を含めて欧米, アジアからの 13 か国におよび, 終始国際色豊かな雰囲気下で有意義な情報交換が行われた. また, 今回は一般投稿論文全体数に対して, 学生が筆頭著者であるポスター発表が 46%にも上り, 活発な議論が展開された. まさに, 国と世代を超えた科学・技術交流を通して, 次世代を担う若手研究者・技術者の育成に貢献する場となった.



図4 JSPS Silicon Symposium の会義の様子

6. パワーデバイス用シリコンおよび関連半導体に関する研究会 (第3回) を3月14日, 15日に千葉工業大学で開催した. 第1回の新潟での研究会は145委員会協賛, 第2回の北海道で

の研究会は共催，今回は 145 委員会主催での開催であった．参加者は，第 1 回，第 2 回が 50 数名であったのに対し，第 3 回は 111 名と倍増しており，首都圏近郊での開催であったことを差し引いても，パワーデバイスへの関心の高まりが感じられた．内訳としては，大学・公的研究所が 19 機関からであったのに対し，企業からの参加が 51 社（内電機メーカ 14 社，ユーザ 8 社，材料メーカ 11 社，装置メーカ 8 社，その他 10 社）と産業界から大きく支持された研究会であった．研究会では，シリコン，SiC，GaN パワーデバイスに関し，①現状と将来動向，②結晶成長，③結晶評価技術，④デバイスからのウエハへの要求を活発に議論した．

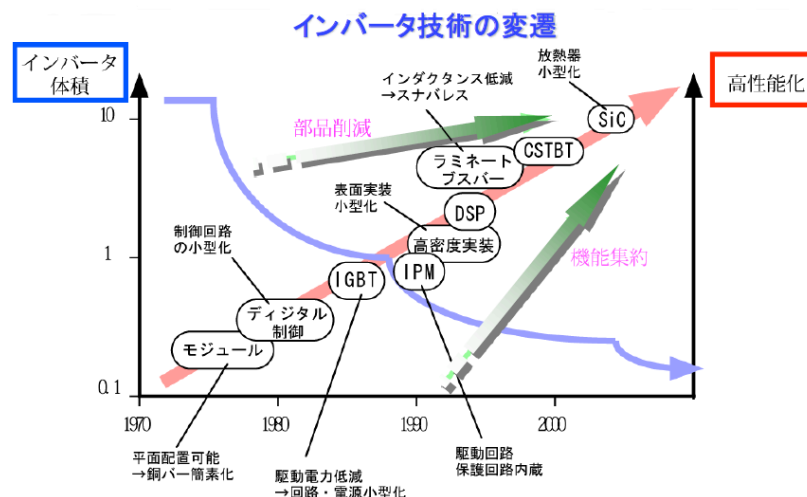


図5 インバータの高性能化とパワーデバイスの寄与

7. 今後の活動方針

定例となっている研究会に関しては，2013 年度は 6 月の「パワーデバイス用結晶の欠陥とその影響」に続き，8 月には「X 線を用いた先端材料評価技術」，12 月には「結晶シリコンウエハ・太陽電池の欠陥解析」そしてさらに「加工関連」「化合物関係」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ゆく．また，第 7 回結晶シリコン太陽電池国際ワークショップ 7th International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSSC-7) を 2013 年 10 月に九州大学で開催する．既に 60 名を超える世界の第一線で活躍する講演者が決まっており，これまでと同様に非常に有意義な研究交流が期待される．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．さらに特別事業（技術の伝承プロジェクト）として，日本が保持する単結晶シリコン製造・加工・評価技術を体系化して次の世代に継承することを目的として研究成果のとりまとめを行う．これらの活動を通じて太陽電池産業をはじめ我が国の半導体電子産業のさらなる活性化・技術力向上に貢献することが期待される．