

「不純物機能活性型半導体の物性制御とデバイス応用：
21世紀型シリコンテクノロジーの構築を目指して」

山本 哲也・高知工科大総研
金田 寛・新潟大研推機構
喜多 隆・神大院工
藤原 康文・阪大院工

本シンポジウムは「半導体中で不純物を巧みに操り、不連続な量子機能を発現させる“不純物機能活性型”半導体」を取り上げる「他に類を見ない、独創的なもの」であり、今回で3回目となる。第1回シンポジウム（2010年秋、長崎大）では、機能性不純物を意図的に添加した半導体を取り上げ、その作製からデバイス応用について幅広く議論した（参加者：約100名）。また、第2回シンポジウム（2011年春、神奈川工大、東日本大震災により講演は中止）では、「完成された材料」と勘違いされているシリコンを敢えて取り上げ、ULSI、太陽電池、パワーデバイスの観点から不純物に関わる現状と対策について議論する予定であった。今回は、第2回シンポジウムの精神を引継ぎ、「温故知新」的内容を充実させ、21世紀型シリコンテクノロジー構築の糸口を掴むことを目指した。

LSI用シリコン結晶技術の発展を自ら牽引してきた阿部孝夫氏（信越半導体）は、「シリコン融液が結晶化する時に発生する多数派真性点欠陥が空孔になるか、それとも格子間シリコンになるか」をきめる本質的な要因が、世界中の点欠陥研究者が盲信する従来説（Voronkovモデル）による成長速度ではなく、成長界面近傍の温度勾配であることを明確に示し、将来の更なる完全結晶の育成のために既成概念の打破が必要であることを主張した。

阿部真之氏（大阪大学）は最先端の非接触原子間力顕微鏡を用いた半導体表面での原子レベル物性計測について最近の成果を報告した。非接触原子間力顕微鏡測定では、表面原子の画像化は探針先端の原子と試料表面の原子の間に働く相互作用力（～1 nN）によって行われ、表面第2層目の原子も分解できることを示した。測定された原子間力顕微鏡の画像からは個々の原子種の識別は難しいが、探針と試料の距離依存性測定を精密に測定することで原子種の識別が可能になってきた。走査型トンネル顕微鏡との同時測定により、試料の構造と電子状態を、原子レベルで同時に捉えることが可能であることを示した。

大下祥雄氏（豊田工業大学）は、シリコン結晶中における少数キャリア寿命の低下は太陽電池の変換効率を大きく低下させることに触れた後、不純物が少数キャリア寿命に与える影響として、自由キャリア発生に伴うオージェ効果と、重金属等による再結合中心の生成を取り上げ、電子線を用いたEBICやシンクロトロン光を用いた μ -XRFや μ -XANES測定などの結果をもとに議論した。

山本秀和氏（千葉工業大学）はパワーデバイスとMOS-LSIにおいて、不純物を含む結晶欠陥のデバイスへの影響について比較した。構造欠陥に関しては、単結晶育成過程で導入されるCOPは、MOS-LSIのデバイス不良を引き起こすが、FZウエハやエピウエハを使用するパワーデバイスでは問題とならないこと、ウエハおよびデバイス製造過程で顕在化するBMDはリーク不良を引き起

こす、その影響はパワーデバイスで顕著に現れること、高温プロセスで発生するスリップ転位によるリーク不良も、パワーデバイスで発生しやすいことを示した。不純物に関しては、重金属の物理的汚染として、MOS-LSI では Cu が、パワーデバイスでは Fe が問題となり、特に Cu の化学的汚染で発生する Cu 汚染／ピット不良は微細化した MOS-LSI で顕在化することを示した。

省エネの要求の高まりからパワーデバイスの需要が急増しており、中・高耐圧パワーデバイス用高品質大口径（200 mmΦ）のn型MCZ-Si基板の開発・供給が急務になっている。高耐圧デバイスでは、炭素およびその複合欠陥を極限まで低減する必要があると考えられているが、従来の測定限界以下のレベルで、今日まで実証されていない。鹿島一日兒氏（コバレントマテリアル）は従来の測定限界を越えたPL法による、深い準位の複合欠陥（ C_i-O_i 、 C_i-C_s ）のPL強度を利用した極低炭素濃度評価手法を開発し、その成果を紹介した。

本シンポジウムの参加者数は 108 名と盛況であった。また、その聴講によって、ULSI、太陽電池、パワーデバイスという、それぞれ研究開発のフェイズと立ち位置が異なる三つのシリコン材料分野の研究開発の現状と今後の研究開発指針について、第2回シンポジウムよりも更に踏み込んだ理解が得られ、特に若手研究者にとっては大きな刺激となった。来春の講演会では、ワイドバンドギャップ半導体をキーワードとして第4回シンポジウムを開催する予定である。