

シンポジウム名「先進パワーデバイスのプロセス技術」

本シンポジウムは、応用物理学会先進パワー半導体分科会が企画するシンポジウムとして、2017年3月16日に開催された。

Si-IGBT においては、高度に発達した半導体プロセスが用いられており、最近では300mm 薄膜ウェハプロセスの適用も進められている。一方、Si 半導体材料の物性限界を凌駕する半導体材料として、SiC、GaN、Ga₂O₃、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体が着目されているが、これらのワイドバンドギャップ半導体を用いたデバイスが理論的に期待される特性を発揮するには、新材料に対応するデバイスプロセス技術の発展が不可欠である。そこで、本シンポジウムは、Si プロセスの最新動向を把握するとともに、ワイドバンドギャップ半導体に対応する新しいプロセス技術に関して材料横断的に議論を行うことで、ワイドギャップ半導体プロセス技術の潮流およびパワーデバイス開発の潮流を探ることを目的として企画、開催された。

シンポジウムの前半では、Si および SiC のプロセス技術の専門家からこれらの材料プロセス技術の開発動向について講演があった。

筑波大学の岩室は、Si パワーデバイスプロセス技術と題して、Si-IGBT を中心にパワーデバイスプロセス技術の進展に関する報告を行った。パワーロス低減、チップサイズ低減を通じたコストブレイクスルーの実現のため、薄ウェハプロセスや裏面プロセスなどが紹介されると共に、特性の実現にはウェハプロセスのみならず、パッケージ実装も含めたトータルのデバイスプロセスの重要性が指摘された。

ロームの浅原は、SiC パワーデバイスプロセスの動向と題して、SiC ダイオードおよび SiC-MOSFET の開発の経緯を俯瞰するとともに、双方向に耐圧を有する、最新のリバースブロッキング(RB)-MOSFET のプロセスの紹介を行った。SiC は基本的に Si プロセスに準拠したプロセスが用いられるが、Si-C 結合の強さより、プロセスの高温化、エッチングの困難さ等が指摘された。

つづいて、東京大学の喜多より、4H-SiC MOS 界面特性制御のための熱酸化プロセスの設計に関する報告がなされた。SiC パワーMOS 作製にとって、良好な MOS 界面の形成は重要な課題であり、赤外分光法等を用いた SiC/SiO₂ 界面近傍の SiO₂ の歪構造の評価や、ウェット酸化やドライ酸化等の酸化条件との相関を通じて、炭素に由来する欠陥の導入および界面 SiO₂ 構造の観点でプロセスを把握することの重要性が指摘された。

日立の小林は、分圧制御酸化による SiC-DMOSFET ゲート絶縁膜の形成について報告した。炉体を用いた酸化プロセスでは昇温時の低温酸化による界面特性の劣化が課題となる。そこで、昇温時の酸素分圧を適切にコントロールすることで、低温酸化に伴う余剰炭素の生成を抑制され低界面準位の良好な MOS 界面を得る技術を紹介した。

東京工業大学の鈴木は、積層 W/C 電極を用いた高耐熱 SiC ショットキーバリアダイオード

ドの報告を行った。従来、SiC ショットキーバリアダイオードで一般的に用いられてきた W 電極には SiC との不均一な界面反応の課題があったが、W と C とを積層して RTA を行うことで得られる W₂C を用いることで高温下でも安定な電極が得られることが示された。

シンポジウムの後半では、GaN、Ga₂O₃ およびダイヤモンドのプロセス技術の専門家から、これらの材料の最新の開発動向に関する講演が行われた。

名古屋大学の加地は、縦型 GaN デバイスプロセス技術に関する、最新の開発動向の報告を行った。GaN プロセスにおいては、ノーマリオフゲートの実現、p 型ベース形成、n 型ドリフト領域形成といった課題があり、エピ成長やイオン注入によるキャリア濃度制御の状況が紹介された。一方で点欠陥が作る深い準位の影響が顕在化してきており、基板やエピ成長の進展が必要であることが指摘された。

引き続いて、法政大学の中村は、GaN へのイオン注入とデバイスへの応用と題して、特にイオン注入に着目して最新の研究成果の報告がなされた。n 型については、Si 等のイオン注入で良好な特性が得られているが p 型のイオン注入領域の形成が GaN 材料のイオン注入における課題である。近年になって、表面の劣化を防ぐ保護層やポストアニールの工夫によって p 型領域の形成が示唆される結果が得られつつあることが紹介された。

ノベルクリスタルテクノロジーの倉又は、パワーデバイスに向けた Ga₂O₃ ウェハプロセス技術と題して、ウェハ作製、結晶成長、ドーピング制御等を中心に、本材料のパワーデバイス適用の可能性について展望した。Ga₂O₃ は引き上げ法により高品質のバルク結晶が得られ、SiC や Ga₂O₃ を凌駕するバリガ係数が得られること等の特徴が紹介された。

材料研究機構の小泉は、ダイヤモンドの結晶成長技術と題して、CVD 法を用いたダイヤモンドの成長およびドーピング制御に関する最新動向が報告した。P 型については、1mΩ cm 程度の実用レベルの低抵抗が得られるようになっているが、n 型については、100Ω cm 程度と非常に高抵抗であることが課題である。この課題に対して、基板のオフ角や成長条件の工夫により高濃度でドーパントを導入する検討等の紹介がなされた。

産総研の梅沢は高温、高速動作ダイヤモンドパワーデバイスのプロセス技術と題して、ダイヤモンドの SBD、MESFET、MOSFET、JFET 等における、高耐圧、大電流、長期耐熱性、耐放射線性などの紹介と、それらのデバイスに用いられるプロセス技術について紹介がなされた。

本シンポジウムでは、SiC、GaN、酸化物半導体、ダイヤモンド等のワイドギャップ半導体研究者および、実用パワーデバイスの中核を担う Si 系半導体の研究者等の幅広い分野の研究者が一堂に会して討論が行われた。およそ 300 席の会場が満席となり、十数名の立ち見者が出るほどの盛況ぶりであり、この分野の関心の高さがうかがわれた。

最後に、本シンポジウムの開催にあたり、ご講演いただいた皆さまならびに企画において有意義なご議論をいただきました先進パワー半導体分科会幹事諸兄に感謝いたします。