

## 応用電子物性分科会 / 薄膜・表面物理分科会合同企画

### 「ここまで来ているダイヤモンド電子デバイス

#### - 結晶成長からデバイス応用まで - 」

物材機構 小出 康夫

本シンポジウム「ここまで来ているダイヤモンド電子デバイス - 結晶成長からデバイス応用まで - 」は、応用電子物性分科会と薄膜・表面物理分科会の合同企画として開催され、ダイヤモンドエレクトロニクスに着目するシンポジウムとして応用物理学会では10年以上ぶりの開催となった。本シンポジウムでは、現時点のダイヤモンドの結晶成長・基板技術から電子デバイス技術までを幅広く議論することが目的とされた。

はじめにとして物材機構の小出により、シンポジウム開催経緯とダイヤモンドの物性的特徴、光電子デバイスおよび包括的なまとめが述べられた。1982年にダイヤモンドの薄膜成長が成功されて以来28年が経過し、高品質単結晶薄膜成長法の確立、p型およびn型伝導制御法の確立、ダイヤモンド表面並びに金属及び絶縁体/ダイヤモンド界面の理解等を通して、ダイヤモンドを半導体として光電子デバイスに展開する基盤技術は着実に進歩したことが述べられた。続いて、産総研発ベンチャーである(株)イーディーピーの藤森は、ダイヤモンド単結晶基板作製の歴史をまとめるとともに基板供給メーカーの現状をまとめた。現時点では、標準市販単結晶基板として、10mm角程度が手に入り、将来的には半導体グレードで2インチ基板開発を目指すことが述べられた。青山学院大/AGDマテリアル(株)の澤邊は、イリジウム基板上のダイヤモンドヘテロエピタキシャル成長基板の現状をまとめた。現状ではMgO単結晶基板上にイリジウム膜を介したダイヤモンド膜基板で1インチサイズが標準品であることが述べられた。将来的にはサファイヤ基板上に同様の結晶性のものができることが述べられ、ウェハサイズの大型化(4インチ)に期待がもたれる。ダイヤモンド光電子デバイスの工業化においては、基板技術は極めて重要であり、単結晶基板で今後3年以内に1インチ基板、ヘテロエピ基板で3年以内に2インチ基板が市販される見通しである。

早大の関口は、ダイヤモンド低損失電力デバイスの可能性をまとめ、低炭素社会構築と電気エネルギー損失低減のために、次世代インバータの開発が重要であり、その電力用トランジスタをダイヤモンドで実現することを目指すことを述べた。現実的に、SiCに較べて損失5分の1以下を達成できる見込みであることが言及された。産総研の鹿田は、まずウェハ技術として、カーボンイオン注入、追成長、および電気分解リフトオフ法を組み合わせたダイレクトウェハ技術とウェハ間接合を用いたモザイク基板成長によって大型化が可能であることを述べ、2012年に2インチウェハ、2017年に4インチウェハを目指す計画であることを報告した。また、

Ru (ルテニウム) 高耐圧ショットキーダイオードにおいて 250 , 35 万時間動作の安定性を実証し, パワースイッチング速度が 10 ナノ秒程度であることを示した. 産総研の牧野は, 低オン抵抗と高耐圧を同時に満足させるデバイスとして, ショットキー p n 接合ダイオードを提案し, オン抵抗  $0.03 \text{ m} / \text{cm}^2$ , 逆方向耐圧  $3 \text{ MV/cm}$ , スイッチング速度 10 ナノ秒を実証した. ダイヤモンドの特徴を生かした新しい試みであり, 今後の進展が期待される. 物材機構の小泉は, n 層から p 層への電子注入と水素終端 p 型表面の負性電子親和力性を利用して効率よく電子放出させる, p n 接合電子放出ダイオードの開発状況についてまとめた. 現時点で放出効率が 1 ~ 2 % が達成されていることが述べられた. NTT の嘉数は, 高周波領域で動作するパワーデバイスとして, ダイヤモンドを応用することを目指しており, 現状における高周波 FET として  $2.1 \text{ W/mm}$  レベルの GHz パワー動作が可能であることを報告した. また, ダイヤモンドに特有な水素終端 p 型伝導チャネルの形成機構として, 種々気相分子種の中で,  $\text{NO}_2$  雰囲気によるアニール処理が正孔濃度を最大  $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  まで増加させ, 更にデバイス性能を向上させることを述べた. ダイヤモンド水素終端表面における表面伝導層の形成機構は世界的な論争段階であり, 機構解明を通して新たな電子デバイス設計につながることも期待される.

最後にまとめとして, 産総研の山崎は, 新しい物性物理を生み出す可能性のあるダイヤモンド半導体は, 探索段階ではあるが光電子デバイス開発を目指す上で, 非常に魅力的な材料であると結論した. シンポジウムが行われた教室は 150 名程度の収容人員であったが, およそ 80 % が埋めつくされており, 120 名の聴衆とともに, 非常に盛会なシンポジウムであった.