

平成 24 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

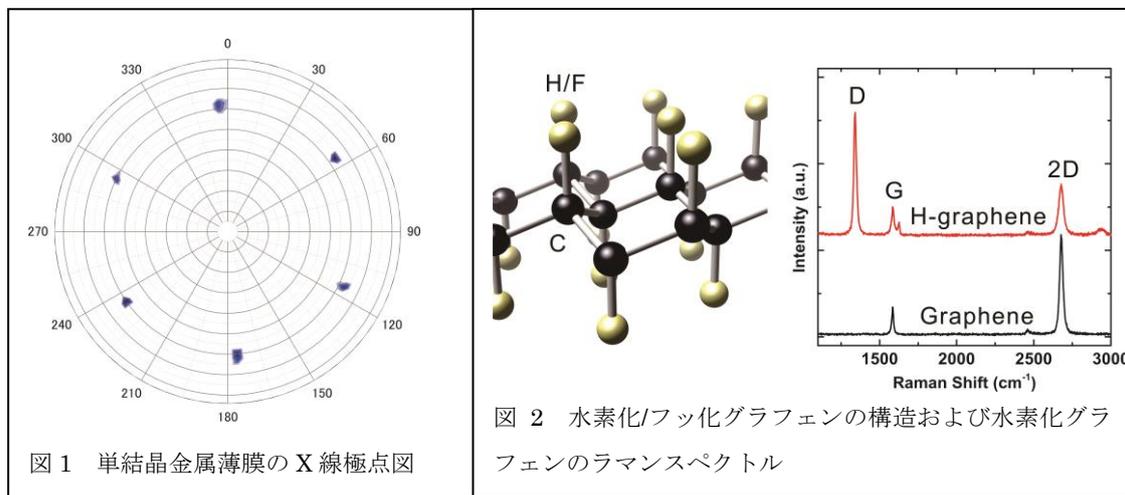
所 属	電子物理工学専攻
研究者 (ふりがな)	岩崎孝之 (いわさき たかゆき)
タイトル	次世代低損失パワーデバイスに向けた高品質ダイヤモンド半導体のヘテロエピタキシャル成長技術の開発
助 成 名	工系若手奨励賞
採択金額	1,107,250 円

研究の背景

本研究は、次世代低損失パワーデバイス材料として注目されているダイヤモンドの大面积・高品質ヘテロエピタキシャル成長実現へ向けた技術開発を目的としている。ダイヤモンドはその優れた特性から電子デバイス応用へ期待されているが、現状の単結晶基板は高温高压合成で作製されており、大きさは5mm程度に留まっている。産業レベルへ発展させるためには、大面积基板の作製が必須である。その解決を目的とし、本研究では安価に大面积が得られる基板上でのバッファ層形成およびダイヤモンド合成技術を開発させる。

結果と考察

バッファ層は基板とダイヤモンドの中間に存在する層であり、その表面に直接ダイヤモンドを合成するため、高品質ヘテロエピタキシャル成長において重要なものとなる。本研究では、バッファ層として種々の金属および水素化/フッ化グラフェンを形成した。基板としては、大面积が得られるサファイアを使用した。図1は高周波マグネトロンスパッタによってサファイア上に堆積させた金属薄膜からのX線極点図の例である。サファイアC面の結晶配列にしたがった6回対称の回折スポットを示していることから、堆積させた金属薄膜は単結晶であることがわかる。また、結晶性は反射高速電子線回折法によっても確認した。図2に水素化/フッ化グラフェンの構造模式図を示す。グラフェンはsp²結合カーボンから成るが、その表面に水素/フッ素を修飾することによりsp³結合を有する構造へと転移する。ダイヤモンドはsp³結合カーボンから構成させるため、sp³結合を有するバッファ層上においてダイヤモンドの核形成が起こると期待できる。図2にグラフェンおよび水素化グラフェンのラマンスペクトルを示す。水素化はリモートプラズマ処理により行った。未処理のグラフェンでは、Gピークおよび2Dピークのみが観測されるのに対し、水素化後では強度が大きいDピークが観測された。Dピークはグラフェン構造に欠陥が導入されたときに観



測されるピークである。C-H 結合の形成による sp^3 結合化はグラフェンにとって欠陥に相当するものであるため、D ピークが現れる。よって、ラマンスペクトルにより水素化したことが確認できる。

単結晶金属バッファ層上において、マイクロ波プラズマ化学気相合成法によるダイヤモンド合成を行った。炭素原料としてメタンガス、キャリアガスとして水素を使用した。ダイヤモンドの核形成を促すためにバイアスによる処理を実施した。これは、基板に負バイアスをかけ、プラズマで生成した正イオンをバッファ層に衝突させることによって、ダイヤモンドの核形成密度を上昇させる効果がある処理である。その後、ダイヤモンド合成のための条件に合わせ成長を行った。成長後の光学顕微鏡および電子顕微鏡観察により、島状ではあるがバッファ層の結晶方位を反映したダイヤモンドが合成されていることを確認した。図 3 に形成したダイヤモンドのラマンスペクトルを示す。1333 cm^{-1} 付近にダイヤモンドからのピークを観察することに成功した。



結論と今後の課題

次世代低損失ダイヤモンドパワーデバイス応用を指向した、ダイヤモンドのヘテロエピタキシャル成長技術の開発を行った。バッファ層として、単結晶金属および水素化/フッ化グラフェンの形成を行い、金属バッファ層上において、マイクロ波プラズマ気相合成法によりダイヤモンドを合成することに成功した。今後は、高品質なダイヤモンド薄膜を得るために、初期段階の核形成密度をより上昇させることが必要となる。金属および水素化/フッ化グラフェンバッファ層の表面状態の制御が核形成反応に大きな影響を与えるため、バッファ層表面に様々な処理を施し、その核形成密度への効果を検証する。反射高速電子線回折や X 線光電子分光法などによりバッファ層上でのダイヤモンドの核形成メカニズムを明らかにし、得られた知見をもとに、より高品質なダイヤモンド薄膜合成を行う。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品 1	RHEED 振動モニターシステム	528,951
備品 2		
消耗品		78,310
旅費		55,740
その他	依頼分析、装置使用料など	444,249
合計		1,107,250