

論文審査の結果の要旨

氏名 金 載浩

本論文は、「High Quality Diamond Film Deposition with Surface-Wave Excited Low Pressure Plasma Process Device (表面波励起低圧力プラズマプロセス装置を用いた高品質ダイヤモンド薄膜生成)」と題し、表面波励起プラズマを用いて平坦な表面を持つ高品質のナノクリスタルダイヤモンド薄膜合成を可能とするための電子密度およびプラズマ空間電位等のプラズマパラメタ空間分布の制御について研究したもので、8章より構成されている。

第1章「Introduction」では、研究の背景と目的を述べている。まず、最近注目されている2.45GHzマイクロ波表面波励起プラズマプロセス装置の原理を示す共に、100mTorr以下の低圧力におけるダイヤモンド薄膜生成の特徴を総括して本研究の目的を述べ、さらにプラズマ化学気相蒸着法(CVD: Chemical Vapor Deposition)によるダイヤモンド薄膜合成の原理についてまとめている。

第2章は「Experimental setups」と題し、本研究に用いた円形誘電体線路型の平板型表面波励起プラズマプロセス装置(RDL-SWP: Ring Dielectric Line - Surface Wave Plasma)の構成と動作原理、プラズマパラメタの測定原理、およびダイヤモンド薄膜合成実験のための装置構成、合成手順、合成されたダイヤモンド薄膜の品質評価法について述べている。

第3章は「Discharge characteristics and diamond film depositions in a planar type SWP device」と題し、従来構造のRDL-SWP装置における放電特性、および圧力100mTorr以下で合成されたダイヤモンド薄膜の特性について述べている。ダイヤモンド薄膜合成に用いる水素プラズマ放電においては、最大マイクロ波電力1.5kWにおいてもプラズマは放電容器の周辺部に局在し、容器中央部CVD領域で合成されたダイヤモンド薄膜は従来のもと同程度の品質にとどまっていることを述べ、高品質のダイヤモンドを合成するためには放電プラズマ特性の改善が必要であることを指

摘している。

第4章は「Spatial profile control of electron density」と題し、容器中央部での電子密度を高くするため、マイクロ波導入用石英窓の内側表面に、特殊形状の導体板を設置する方法を提案している。この方法に関して、3次元数値シミュレーションコードによる電磁波の計算、実験による発光パターン観察、およびプラズマパラメタのプロープ測定を行い、導体板の形状の最適化をはかり、結果として表面波が中央部まで伝搬して、CVD領域においてより高電子密度のプラズマが得られることを示している。しかしながら、この改善ではダイヤモンドが合成されないことを指摘して、その原因として設置された導体板が放電容器と電氣的に接続されていることによりプラズマ空間電位が異常に高くなったことを指摘している。

第5章は「Spatial profile control of electron temperature and plasma space potential」と題し、前章にて述べたところの、放電容器と電氣的に接続された導体板設置によりプラズマ空間電位が高くなる原因を解明し、その対策として導体板を放電容器から電氣的に浮遊される方法を提案し、それを実施することによる放電特性およびダイヤモンド合成に対する効果について述べている。この導体板の電氣的浮遊によりCVD領域における電子密度がより高くなり、合わせて電子温度とプラズマ空間電位が低くなること、また、表面がより平坦で高粒子密度のナノクリスタルダイヤモンドが合成されることを報告している。

第6章は「Spatial profile control of plasma parameters by the superposition of DC power」と題し、表面波プラズマに直流電流を重畳する方法を提案し、その時の放電特性およびダイヤモンド合成に対する効果について述べている。具体的には前章で述べた石英窓の内側表面に設置した導体板を負極として、一部絶縁被膜で覆われた容器内壁との間に直流電圧を印加することによって、30mTorrの圧力において、前章で報告したのものよりも高品質のナノクリスタルダイヤモンド薄膜が比較的高速で合成されることを示している。

第7章は「Theoretical plasma model of SWPs with the superposition of DC power」と題し、前章にて得られた直流電流を重畳することによるプラズマパラメタの制御に関して、1次元プラズマ理論モデルを提案し、実験結果との対応をおこなっている。特に、表面波プラズマは誘電体窓の付近で局所的に高い電子温度を持つこと、および放電容器内壁の実効電極面積を小さくできること等を考慮した理論モデルを開発し、それによる解析結果が実験結果とよく一致していることを示し、第6章で達成したプラズマ空間電位制御法の動作原理を明らかにしている。

第8章は結論であり本論文の研究成果をまとめている。

以上要するに、本論文はマイクロ波を用いた円形誘電体線路型表面波励起プラズマ装置において圧力数十 mTorr 領域における水素気体の放電プラズマ特性を実験的に明らかにし、特に、マイクロ波導入窓の内側表面に特殊形状の導体板を設置し、それと放電容器との間に直流電流を加えることにより、電子密度およびプラズマ空間電位等の空間分布を制御する方法を確立して、高品質ナノクリスタルダイヤモンド薄膜の合成を可能とする条件を明らかにしたもので、先端エネルギー工学、特にプラズマ応用工学に貢献するところが多い。

したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。

