

氏名(本籍)	針谷 達 (岐阜県)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲第 273 号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 20 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	プラズマプロセスによる DLC 薄膜の成膜とナノ構造化に関する研究 Deposition and Nanostructuring of DLC Films by Plasma Processes

論文審査	(主査) 高知工科大学 教授 八田 章光
	高知工科大学 教授 古田 守
	高知工科大学 准教授 古田 寛
	高知工科大学 教授 古沢 浩
	高知工科大学 准教授 百田 佐多生

## 審査結果の要旨

### 1. 論文の評価

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)と総称される硬質のアモルファスカーボン薄膜はアセチレン( $C_2H_2$ )などの炭化水素ガスをプラズマで分解励起して材料表面に付着させるプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法によって容易に得られ、工業的に広く応用されている。しかし、応用分野が広がるに伴って表面の親水性やバルクの導電性など、より高度な物性制御が求められている。本研究では革新的なDLCの物性制御を実現するため、プラズマの高度な制御技術を活かして、DLC成膜の極初期過程の分析、エッチングによって生じる表面のナノ構造化、また一酸化炭素ガスによる水素フリーDLCの成膜に取り組んだ。

XRR(X-ray reflectivity)測定はナノ膜厚の材料分析に有効な手段で、スペクトルの解析には経験を要するが、プラズマCVDを最小数msという極めて短い時間で成膜制御することで均一なナノ膜厚構造を形成し、精度の高い解析成果が得られた。プラズマCVD開始から数10msという短時間の中に、シリコン(Si)ウエハ基板の自然酸化膜に炭素との混合(mixing)層が形成され、低密度の表面(sub-surface)層を常に維持しながらバルクのDLCが成膜されていく過程が明確に解析された。

DLC表面にナノ構造が発現する現象は学部の卒業研究で見出され、修士の特別研究では酸素エッチング中に電極からスパッタされた金属微粒子が要因であることを突き止め、ナノ構造の発現から成長、消滅までのメカニズムを提案した。さらに意図的に各種の金属微粒子を制御して付着させることにより様々なナノ構造が発現することを示し、表面の親水性、疎水性を制御することに成功した。

従来のプラズマCVDでは炭化水素ガスを原料としたためDLCの膜中水素量を減らすことができず、硬度や電気特性の制御には限界があった。本研究は一酸化炭素ガスに注目し、水素フリーの原料ガスで十分な硬度のDLC薄膜合成に成功した。COで合成したDLC薄膜は膜中にグラファイト相や炭素の三重結合を含み導電性が優れていることを明らかにし、硬質の導電性コーティングとして応用が期待されている。

以上の成果は高知工科大学ナノテクセンターの先端的研究機器を有効に活用し、学術的にも価値のある論文として出版された。また DLC のバルクや表面の物性を制御することで応用分野をさらに広げる可能性を示し、工業的にも価値の高い成果である。

## 2. 審査の経過と結果

- (1) 平成27年1月14日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成27年2月12日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成27年2月18日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、教育研究審議会で承認された。