

**Amorphous Carbon and Silica-based Films Synthesized
by Atmospheric Pressure Plasma CVD Method**

January 2013

Mayui Noborisaka

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第 号	氏 名	登坂 万結
<p>主 論 文 題 目 :</p> <p style="text-align: center;">Amorphous Carbon and Silica-based Films Synthesized by Atmospheric Pressure Plasma CVD Method (大気圧プラズマ化学蒸着法で作製した非晶質炭素膜とシリカ系薄膜)</p>			
<p>(内容の要旨)</p> <p>薄膜コーティングは、材料表面に特殊機能を被覆する技術であり、資源の有効活用の観点からも国内外で盛んに研究されている。近年の低価格競争の中で、自動車産業や容器包装産業では、安価な部品やプラスチック製品が使用されており、表面処理にも更なる機能化が求められている。そこで、本論文では、短時間で大面積コーティングが可能な「大気圧プラズマ法」により、非晶質炭素薄膜およびシリカ系薄膜の高機能化に取り組んでいる。大気圧下で薄膜を作製するためには、対向電極を数mmの間隔で平行に配し、電極間でプラズマ放電を起こし、そこに基材を挿入する必要がある。しかし、大気圧中では真空環境に比べ、放電の安定化が難しく、また気相中で粒子を生成するため、表面が粗く軟質な膜となる。本論文では、装置の設計・改良および成膜条件を制御し、非晶質炭素薄膜とシリカ系薄膜の膜特性を測定した結果をまとめている。</p> <p>第1章では、大気圧プラズマ技術の発展経緯、本技術の現状と課題について述べている。第2章では、大気圧合成の際に必須な原料ガスの希釈が、非晶質炭素膜の硬さと表面の平滑性に及ぼす効果を明らかにしている。第3章では、非晶質炭素膜の硬質化・高ガスバリア化のために、基板温度や電源のパルス周波数を変化させ、膜を緻密化させている。また、従来の誘電体バリア放電型の方式では実現不可能な立体形状への膜合成に成功している。第4章では、真空プラズマ法で高分子基材表面にシリカ系薄膜を蒸着させ、膜中の化学結合状態と透明性および硬さの関係を明らかにしている。第5章では、硬質シリカ系薄膜を大気圧下で作製するために、原料ガスに大量の酸素ガスを混合させ、また基板の加熱により、真空下で作製した膜と同等の硬質膜の合成に成功している。第6章では、自動車窓の軽量化等への実用化を念頭に、高分子基材表面に大気圧下でシリカ薄膜を成膜し、材料全体としての耐摩耗性を測定している。一般に、軟質な高分子基材上に硬質なシリカ薄膜を蒸着させた場合、密着性が悪いため十分な耐摩耗性が得ることは不可能である。本研究では、シリカ膜と高分子基材の間にプライマー層を挿入させ、薄膜／プライマー／高分子基材複合体の十分な密着強度を得ることで、全体としての耐摩耗性を飛躍的に向上させている。さらに、透過型電子顕微鏡による微構造観察と深さ方向の化学組成および膜密度のプロファイルから、シリカ膜中の微結晶粒と積層構造を明らかにしている。</p> <p>第7章では、研究成果の総括を今後の展望と共にまとめる。</p>			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Science for Open and Environment Systems	Student Identification Number	SURNAME, First name NOBORISAKA, Mayui
<p>Title</p> <p style="text-align: center;">Amorphous Carbon and Silica-based Films Synthesized by Atmospheric Pressure Plasma CVD Method</p>		
<p>Abstract</p> <p>Large-area and low-cost coating technology has been desired especially in the automobile industry and the food packaging field. In this study, amorphous carbon and silica-based films were synthesized under atmospheric pressure without any vacuum restriction. This method will open up the pathway for coating process in an industrial scale and reasonable coats. The issue lies in the difficulties in keeping stable atmospheric plasma and synthesizing high quality films because high density plasma reacts and forms globule-like rough and soft features in atmospheric condition. I designed the equipment and actually set up it as well and modified several deposition conditions to improve film hardness and surface smoothness. The main results obtained are as follows:</p> <p>In Chapter 1, a survey of previous reports is described, focused on the history of thin film coatings and atmospheric pressure plasma deposition. In Chapter 2, the effect of experimental conditions such as dilution gas, which is indispensable for generating stable plasma under atmospheric pressure, on mechanical properties and chemical composition of films is described. In Chapter 3, I give a discussion of an improvement in mechanical properties for the films deposited on metal substrates and heat-sensitive polymeric substrates. Also, large-sized AP-PECVD reactors which have been developed based on the obtained results in basic research are introduced. Moreover, deposition to non-planar geometries under atmospheric pressure is investigated. In Chapter 4, hard and transparent silica-based films are prepared under the conventional vacuum condition. I identify a factor that contributes to an improvement in hardness and optical transparency of silica-based films. Chapter 5 and 6 contain reports on a deposition of silica-based films by the AP-PECVD and an improvement in hardness and abrasion performance. Also, a discussion based on the data of the microstructure by the electron-microscopic observation, chemical bonding structure, and film density is included.</p> <p>Finally, in Chapter 7, I give a brief review on recent advances in atmospheric pressure deposition with additional comments and suggestions for future work.</p>		