

高周波プラズマCVDによるダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜の作製

キーワード：DLC膜、プラズマCVD、摩擦・摩耗特性

概要

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜は、i-カーボン膜、非晶質(アモルファス)カーボン膜あるいは硬質炭素膜とも称され、表面が非常に平滑で、機械的、電気的および化学的特性に優れており、しかも低温で成膜できるため、高機能性膜として注目されています。そのような膜の作製法として、各種方法が開発されており、種々の機能に関する評価も行われています。

当所においても、炭化水素系ガスを用いた高周波プラズマCVD法によりDLC膜の作製を試みており、また、作製したDLC膜を金型や工具材料の摩擦・摩耗特性向上のために用いることを想定して、各種工業用材料に対する摩擦・摩耗特性について検討しています。ここでは、それらの結果について紹介します。

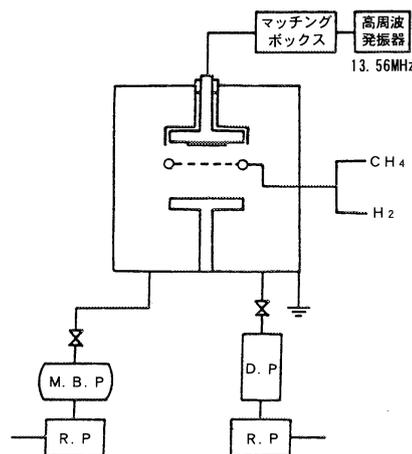


図1 高周波プラズマCVD装置の概要図

DLC膜の作製

基板材料は、鏡面加工されたシリコンウェーハとし、DLC膜の作製には、概略図を図1に示すような平行平板の容量結合型高周波プラズマCVD装置を用いています。プラズマ発生用電源には、13.56 MHzの高周波(RF)電源を使用しており、電源の最大放電出力は1 kWです。反応ガスとしては、CH₄とH₂の混合ガスあるいはCH₄ガスのみを使用しており、基板温度は300℃以下でDLC膜の作製ができます。

図2は生成した膜のラマンスペクトルを示します。図から明らかなように、得られたスペクトルは1570cm⁻¹付近に肩を有する、典型的なDLC膜のラマン散乱スペクトルを示しており、生成した膜がDLC膜であることが確認できました。

図3に得られたDLC膜の断面写真を示します。表面が非常に平滑で、緻密であることがわかります。また、ヌープ硬さは約2250の値が得られています。

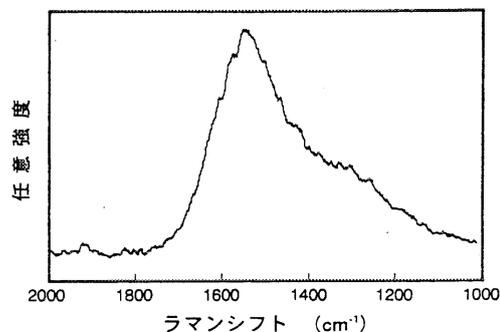


図2 生成した膜のラマンスペクトル

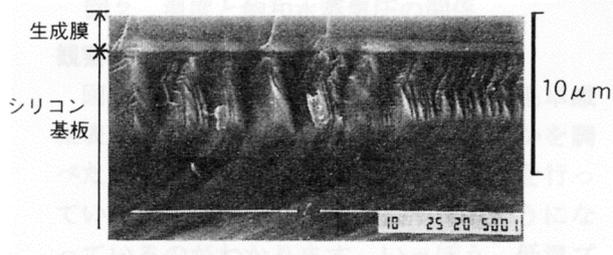


図3 得られたDLC膜の断面写真

摩擦・摩耗特性

摩擦・摩耗特性の評価には、往復しゅう動式摩擦試験機を使用しました。

図4は相手材に軸受用鋼(SUJ2)球を用いて摩擦した場合の摩擦時間に対する摩擦係数の変化を示したものです。図から明らかなように、DLC膜は、シリコン基板と比較して、摩擦係数が低く、かつ摩擦係数の変動も著しく小さい結果が得られています。この結果から、DLC膜は金属材料に対して凝着性が低く、耐摩耗性の高いことが予想されます。

図5は、DLC膜とシリコン基板についてSUJ2球を含めて6種類の金属材料を相手材として往復しゅう動したときの摩擦係数を示します。摩擦係数は、試験開始から試験終了までの摩擦係数を平均した値を用いています。図に示すように、シリコン基板は純アルミニウムに対してやや小さな摩擦係数を示すものの、一般的に金属材料に対して摩擦係数はかなり大きいことがわかります。一方、DLC膜はシリコン基板と比較して、いずれの金属材料に対しても約1/3~1/5の小さい摩擦係数を示します。

図6はDLC膜とシリコン基板について比摩耗量を比較したものです。DLC膜は、シリコン基板と比べて、いずれの金属材料に対しても比摩耗量が約3桁程度減少しています。チタニウム合金(Ti-6Al-4V)、純チタニウム(Ti)、ステンレス鋼(SUS304)などは、一般に凝着や焼付きを生じやすいためにしゅう動部品には適さず、また、加工も難しい材料です。しかし、以上述べたように、DLC膜はそれらの材料に対して、優れた摩擦・摩耗特性を示します。したがって、加工工具にDLC膜を被覆処理することによって、上記材料を加工する際の工具摩耗を著しく低減できると考えられます。また、DLC膜との組み合わせにより、耐食性の高いチタニウム合金やステンレス鋼を腐食環境下で使用するしゅう動部品、機械要素などに応用する際の摩擦係数低減、耐焼付き性の大幅な向上も期待できます。

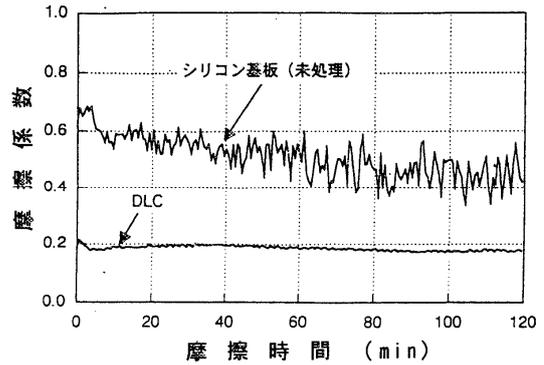


図4 摩擦時間に対する摩擦係数の変化
(相手材:SUJ2)

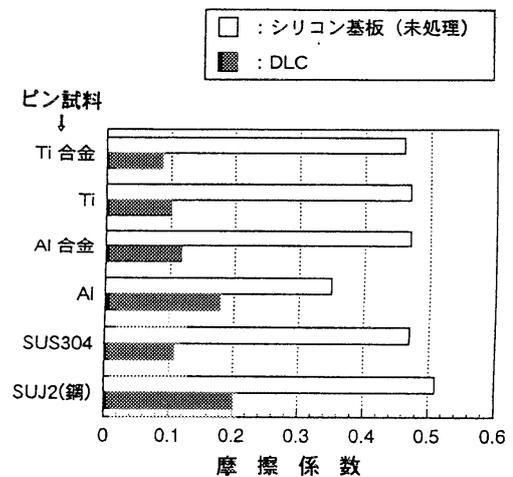


図5 種々の金属材料に対するDLC膜とシリコン基板の摩擦係数の比較

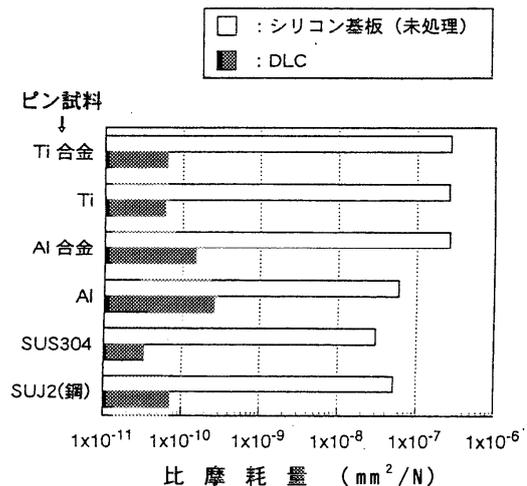


図6 種々の金属材料に対するDLC膜とシリコン基板の比摩耗量の比較

発行日 1999年3月15日

問い合わせ先 金属材料研究部 高機能素形材研究室 小畠 淳平 (作成者 曾根 匠)