

環境に優しい高密度DLC膜の開発

育成研究：JSTイノベーションプラザ石川 平成19年度採択課題
「環境に優しい産業機械部品化のための高密度ナノ炭素膜の開発」



代表研究者：石川県工業試験場 専門研究員 安井治之

■ 研究概要

従来から実用化されているダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜では不足していた硬度、低摩擦、耐熱性を改善した新しいDLC膜を開発した。開発した高密度DLC膜は、膜中に水素を含まない水素フリー膜であり、アモルファス構造でありながらダイヤモンド並みの硬度と従来DLC膜の平滑性を併せ持つ独創的な膜である。

■ 研究内容、研究成果

本研究では、固体グラファイトを原料として、フィルタードアーク蒸着(FAD)法により膜中におけるドロップレット(カーボン微粒子)の混入を極限まで下げて成膜可能な装置を開発した。開発したFAD装置(図1)は、カーボン蒸着源と金属蒸着源の2つを併せ持つX型をしており、密着力の高い独創的なDLC膜の成膜が可能となった。

得られた高密度DLC膜は、従来DLC膜の約4倍の硬度(90GPa、図2)、約1/3の低摩擦係数(油中環境下:0.01)、約3倍の耐熱性(900℃)約1.5倍の高密度化(膜密度:3.4g/cm³)と従来DLC膜を遥かに凌ぐ膜特性を示している。特に硬度と膜密度は、ダイヤモンドに近い数値が得られており(ダイヤモンドの硬度:100GPa、膜密度:3.5g/cm³)、ダイヤモンド構造(sp³)の多いアモルファス炭素膜が完成した。さらに摩擦係数は従来DLC膜よりも良いため、金型などの摺動部材に対して、ダイヤモンドの高硬度とDLC膜の低摩擦係数を併せ持つ膜を提供できるため、大きな市場開拓が見込まれる。高密度DLC膜の特性を表1に示す。成膜条件等により様々な特性をもつ膜の作製が可能である。

本研究で開発した装置により、自動車部品、圧粉成形金型、光学レンズ成形金型の3つのアプリケーションにそれぞれ適用した膜を開発した。自動車部品に関しては、油中で摺動する部品を想定しており、油中での摩擦係数0.01の超低摩擦係数膜を開発、圧粉成形金型については、粉末を押し固める金型であり、臨界剥離荷重58Nの密着力と離型性を併せ持つ膜を開発、光学レンズ成形金型では、熔融樹脂をプレスするため700℃の耐熱性が要求されているところ、900℃の耐熱性を持つ膜を開発した。このように高密度DLC膜は、対象とするアプリケーションにより、特性を変化させて提供可能なため、様々なアプリケーションへの展開が図れる膜である。

競合・類似技術としては、実用化されている(a)DLC膜、(b)水素フリーDLC膜、(c)ダイヤモンド膜があげられる。(a)に対しては上記に示すとおり優位性を持っている。(b)に対しては、同じ水素フリー膜であるが、高密度DLC膜はフィルター機構を設けているためドロップレットがなく表面平滑性に優れている点が優位性としてあげられる。(c)に対しては、成膜温度が800℃以上(高密度DLC膜は150℃以下)であるため成膜する基材が限られてくる点、および成膜時間が長い、成膜後の研磨工程が入る等のコスト面で優位に立てると考えている。

■ 今後の展開、将来の展望

3つのアプリケーションへの適用の内、圧粉成形金型についてはさらなる密着力の向上が必要であり、今後1年間かけて石川県工業試験場と株式会社オンワード技研間で研究契約を結び継続して研究を行う。また、これら3つのアプリケーション以外にも展開すべく市場調査およびサンプル成膜を精力的に行いながら新分野開拓を視野に入れながら実用化を目指していく。

高密度DLC膜は、対象とするアプリケーションがどのような特性を必要とするか(硬さが必要か?、滑りやすさが必要か?、耐熱性が必要か?など)により、様々なバリエーションの膜を提供できる強みがある。

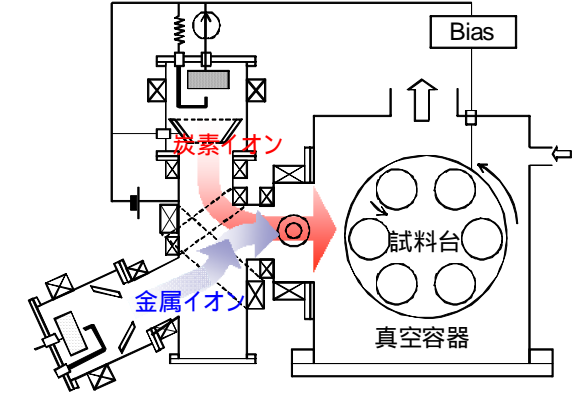


図1 開発した高密度DLC成膜装置

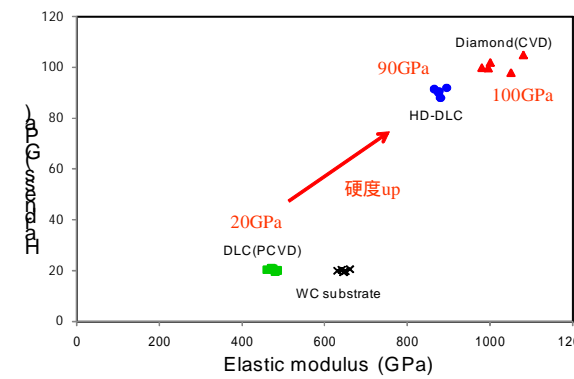


図2 高密度DLC(HD-DLC)膜の硬度(超硬(WC)基板、従来DLC膜、ダイヤモンド膜との比較)

表1 高密度DLC膜の特性

項目	達成値
硬度	40~90GPa
密着力	58N
摩擦係数	ドライ環境下 0.1~0.17
	油中環境下 0.01~0.11
耐熱性	700~900
成膜温度	150
膜密度	2.8~3.4g/cm ³

■ 研究体制

◆ 代表研究者

石川県工業試験場 専門研究員 安井治之

◆ 研究者

鷹合滋樹(石川県工業試験場) 瀧真(株式会社オンワード技研) 長谷川祐史(株式会社オンワード技研名) 辻広信(株式会社オンワード技研) 石川剛史(日立ツール株式会社) 小林 知洋(理化学研究所) 加納真(神奈川県産業技術センター) 熊谷正夫(神奈川県産業技術センター) 曾我雅康(神奈川県産業技術センター) 本泉佑(神奈川県産業技術センター) 小野春彦(神奈川県産業技術センター)

◆ 共同研究機関

理化学研究所、神奈川県産業技術センター 株式会社オンワード技研、日立ツール株式会社

■ 研究期間

平成20年4月~平成23年3月