

進化する高機能膜 DLC の最新動向

ナノテック株式会社
平塚傑工

1. はじめに

炭素系材料には、ダイヤモンド、グラファイト、グラフェン、フラーレン、カーボンナノチューブ、ダイヤモンドライクカーボン (Diamond-Like Carbon : DLC), ナノダイヤモンド等がありその発展は著しい。カーボンには、 sp^3 混成軌道と sp^2 混成軌道と sp 軌道の 3 つの電子軌道がある。カーボン膜の中でも DLC 膜は、低摩擦性と高硬度を特徴とし産業応用が進んでいる。DLC の構造は、長距離秩序を持たないアモルファス構造であり、短距離秩序として σ 結合 (sp^3 混成軌道) と π 結合 (sp^2 混成軌道) が混在している。また、DLC にはダングリングボンドとして不対電子が多数存在し、 $10^{17} \sim 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 程度の欠陥密度がある¹⁾。水素 (Hydrogen) を含有する原料ガスを使用した場合は、ダングリングボンドの一部が水素で終端されている。DLC 膜は、 sp^3 比率や水素含有量の違いによって、機械的・電氣的・光学的特性は大きく変化することが知られている。

この DLC 膜の幅広い特性を利用して産業活用され、半導体、自動車、レンズの製造工程や工具、金型、各種部品への応用が積極的に進められている。近年は、さらに DLC 表面と細胞増殖性や血小板付着性との関係が研究され、手術器具、ステント、歯科機器等の医療関連材料への応用も広がっている。さらに構造制御やドーピングによりさらなる高機能化が図られ、新たな用途開発が行われている。

2. DLC とは

2-1 DLC の分類

J.Robertson らにより定義された 3 元図による DLC の分類は、その後広く利用されてきた¹⁾。しかし、産業的な利用のために、国際工業規格としての分類表が求められている。日本においては、平成 21 年度から委託事業として一般社団法人ニューダイヤモンドフォーラム (JNDF) によって、多くの国内の産業・大学・研究機関からの意見を集約し DLC 膜の国際規格化を推進すべく活動が行われてきた。DLC 膜は、前述のように成膜条件や成膜方法により幅広い特性を持つため、膜質を評価する方法が重要である。水素含有量が 5 at%以下で sp^3 混成軌道が 50~90% の ta-C(テトラヘドラルアモルファスカーボン)を DLC TYPE I とし、水素含有量が 5~50 at% で sp^3 混成軌道が 50~100% の ta-C:H (水素化テト

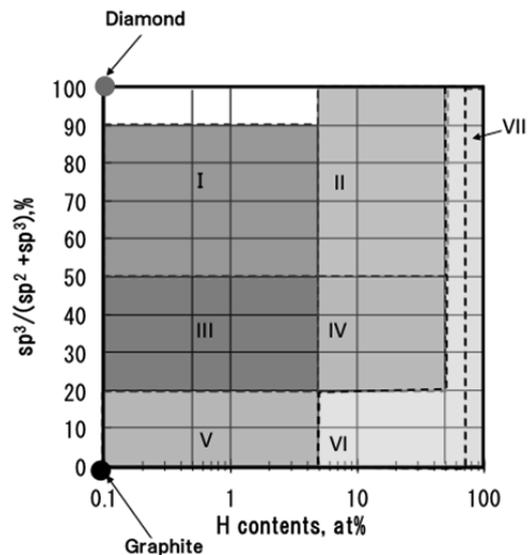


図 1 DLC 分類図²⁾