

DLC 膜の構造と分類

Structure and Classification of DLC films

東工大¹ ○大竹 尚登¹

Tokyo Tech¹, ○Naoto Ohtake¹

E-mail: ohtaken@mech.titech.ac.jp

DLC を含む炭素膜は、産業化が急速に進展しているが故に注目度も高く、2006 年から長岡技科大の齋藤教授を委員長として進めて来た日独共同 ISO 提案の構想は、ラウンドロビンテストで多くの成果を挙げた一方、日独韓を中心とする各国の主張が対立し、なかなか結実しなかった。その後数々の障害を交渉により乗り越え、遂に 2015.8.31 に日独共同提案に至った。本稿では日本の標準化委員会の考える DLC を構造と分類の観点から述べる。

表 1 に示す分類は、 $sp^3/(sp^3+sp^2)$ 比 (sp^3 比と称する) と膜に含まれる水素量による。炭素と水素のみからなるノンドープ DLC 膜は、TYPE I (*ta*-C), TYPE II (*ta*-C:H), TYPE III (*a*-C), TYPE IV (*a*-C:H) の 4 分類からなるとし、低 sp^3 比の TYPE V と高水素量の TYPE VI についてはその他の膜として、DLC の枠外に分類した。

ta-C と *a*-C との違いは、それぞれ sp^3 構造あるいは sp^2 構造が支配的であるか否かにより規定した。すなわち、 sp^3 構造比率が 50%以上と確認されるものを *ta*-C とし、 sp^3 構造比率が 50%未満のものを *a*-C としている。また、*ta*-C 及び *a*-C では形成方法として水素を用いてい

ない場合でも、反応槽の吸着水分子、膜表面への水分子吸着により水素含有量としては 0～5at.%含まれる可能性があるため、同表のように水素含有量の範囲を設定した。VDI2840 規格においては、3at.%を境界としている。

一方、意図的に水素を含有させた膜をそれぞれ *ta*-C:H 及び *a*-C:H と定義する。それぞれの水素含有量最大値は、実測値を参考に決定している。ただし、*ta*-C:H に関しては、水素含有量 15～30at.%に報告が集中しており、水素含有量 5～15at.%には現在未確認な領域が存在する。一方、*a*-C:H 膜についても水素含有量 20～40at.%に報告が集中しており、水素含有量 5～20at.%の間にはほとんどプロットのない領域が存在する。

現段階では、いずれの領域も、物理的に存在しえない領域であるか、あるいは、実験的に未確認なだけであるかについての結論が出ていない。そこで、あらゆる可能性を考慮した範囲とするため、同表のように範囲を設定した。今後エキスパート間の国際間交渉により、DLC の構造による分類が早期に確立されることが期待される。

Table 1 アモルファス炭素膜の分類と DLC の定義

TYPE	Name	$sp^3/(sp^3+sp^2)$ (%)	Hydrogen content (at.%)	Remarks
I	<i>ta</i> -C	$50 \leq sp^3 \leq 90$	$H \leq 5$	A type of DLC
II	<i>ta</i> -C:H	$50 \leq sp^3 \leq 100$	$5 < H < 50$	A type of DLC
III	<i>a</i> -C	$20 < sp^3 < 50$	$H \leq 5$	A type of DLC
IV	<i>a</i> -C:H		$5 < H < 50$	A type of DLC
V	-	$0 \leq sp^3 \leq 20$	$(0 \leq H \leq 5)$	Other film I Va: Glass-like, Vb: Graphite-like
VI	-	-	$(50 \leq H \leq 70)$	Other film II $5 \leq H @ sp^3 < 20$ Polymer-like

TYPE の決定にあたっては、NEXAFS による $sp^3/(sp^3+sp^2)$ 及び ERDA による水素量について実測値の $\pm 5\%$ の補正を許容する。