

# 減圧プラズマ溶射法による黒鉛タイル上へのタングステン皮膜の形成と物性評価 TUNGSTEN COATING ON GRAPHITE TILES USING LOW PRESSURE PLASMA SPRAYING AND EVALUATION OF MATERIAL PROPERTIES

古井良<sup>1</sup>, 波多野雄治<sup>1</sup>, 時谷政行<sup>2</sup>, 浜地志憲<sup>2</sup>, 増崎貴<sup>2</sup>, 長坂琢也<sup>2</sup>, 檜木達也<sup>3</sup>, 高島剛<sup>4</sup>, 黒木信義<sup>4</sup>, 吉田直亮<sup>5</sup>, 松田健二<sup>1</sup>, 松山政夫<sup>1</sup>

FURUI Ryo<sup>1</sup>, HATANO Yuji<sup>1</sup>, TOKITANI Masayuki<sup>2</sup>, HAMAJI Yukinori<sup>2</sup>, MASUZAKI Suguru<sup>2</sup>, NAGASAKA Takuya<sup>2</sup>, HINOKI Tatsuya<sup>3</sup>, TAKABATAKE Takeshi<sup>4</sup>, KUROKI Nobuyoshi<sup>4</sup>, YOSHIDA Naoaki<sup>5</sup>, MATSUDA Kenji<sup>1</sup>, MATSUYAMA Masao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>富山大学, <sup>2</sup>核融合科学研究所, <sup>3</sup>京都大学, <sup>4</sup>トーカロ株式会社, <sup>5</sup>九州大学  
<sup>1</sup>Univ. Toyama, <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>Kyoto Univ., <sup>4</sup>Tocalo Co. Ltd., <sup>5</sup>Kyushu Univ.

## 1. 緒言

減圧プラズマ溶射(LPS)法は核融合炉材料表面へのタングステン(W)被覆法として有力視されている。一方、W膜の特性は成膜条件に大きく依存するため、系統的研究が必要である。LPS皮膜は、W粉末が熔融状態で堆積した柱状粒、未熔融あるいは再凝固後に基板に到達した粉末粒子で形成される等軸粒、蒸発したW粉末が急冷されて形成する凝縮粒で構成されている。過去の研究で、柱状粒の割合を高めることで優れた熱特性が得られる事が分かっている<sup>[1]</sup>。本研究では、核融合科学研究所LHDで使用されている黒鉛タイル上に、W粉末粒径や溶射中の基板温度を変化させてW皮膜を形成し、微細組織・耐熱負荷特性・トリチウム(T)保持特性を調べた。

## 2. 実験方法

溶射には、粉末粒径の異なる3種類のW粉末を用いた。すなわち、微小な粒径(10~25 μm)の粉末(SG)、中程度の粒径(25~38 μm)の粉末(MG)、大きな粒径(25~45 μm)の粒子を含む粉末(LG)である。基板には、IG-430U製E-typeタイル[東洋炭素(株)]を用いた。溶射中の基板温度は、860~960 °C(以下、LTと称す)または 960~1050 °C(以下、HT)(基板裏面にカーボンヒーターを設置)とした。以下、皮膜試料を粉末粒径と基板温度を用いて、例えば、MG-LTのように表す。皮膜の微細組織は、走査型電子顕微鏡(SEM)と電子線後方散乱回折(EBSD)法により評価した。また、Tイオンを照射[0.5 keV,  $1.51\sim 1.72 \times 10^{20}$  (D+T)ions/m<sup>2</sup>]したのち、イメージングプレート(IP)法でT保持量を評価した。

## 3. 実験結果および考察

基板温度860~960 °Cで成膜したLPS-Wの微細組織を比較したところ、粗大な等軸粒が少なく、柱状粒の割合が高かったことから粉末粒径については25~38 μm(MG)が最適と判断した。MG粉末を用いて形成した皮膜の微細組織の成膜温度依存性をFig. 1に示す。MG-LTに比べ、MG-HTでは柱

状粒が明らかに大きく成長していた。これは、基板を加熱することで熔融したW粉末が皮膜表面でゆっくり凝固し、エピタキシャル成長が促進された結果である。

Tイオン照射後のIPからの輝尽性発光(PSL)強度の経時変化をFig. 2に示す。T濃度が高いほどPSL強度は大きくなる。MG-LTおよびLG-LTの値はグラファイトと比較して低く、黒鉛基板へのLPS-W被覆によりトリチウムの減少が期待できる。ただし、同じLPS-W皮膜であるにも関わらず、LG-LT表面のT濃度はMG-LTに比べて著しく低く、Bulk-Wと同程度であった。そこで、皮膜表面のSEM観察を行ったところ、LG-LTはMG-LTに比べて凝縮粒が著しく少なかった。これはLG-LTの溶射を行う際に、未熔融粉末粒子の混入を抑制するために遮蔽板を設置して溶射を行った事で、凝縮粒の形成も抑制されたためと考えられる。

MG-LT, MG-HT, LG-LT表面を機械研磨したのちにTイオン照射を行った結果および皮膜の密度測定・熱伝導度測定・熱負荷試験の結果も当日報告する。

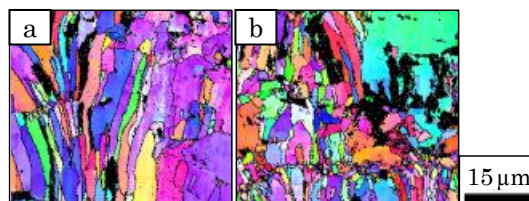


Fig. 1 皮膜断面の結晶方位像 (a)MG-HT (b)MG-LT

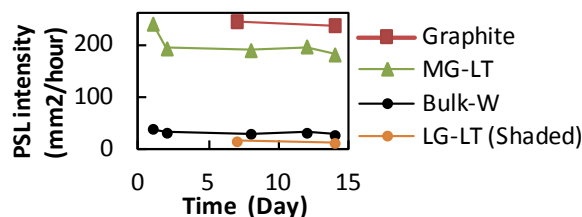


Fig.2 Tイオン照射後のPSL値の経時変化