先進液体ブランケット用酸化物絶縁二重被覆膜 に対する熱サイクルの影響

Effect of thermal cycles for double oxide insulator coating for an advanced bleeding blanket system

一田中優貴¹, 武澤誠¹, 菱沼良光², 田中照也², 室賀健夫², 李昇原³, 池野進³, 松田健二³

Masaki Tanaka¹, Makoto Takezawa¹, Yoshimitsu Hishinuma², Takeo Muroga², Lee Seugngwon³, Susumu Ikeno³, Kenji Matsuda³

1富山大(院生),2核融合科学研究所,3富山大学院

¹ Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama,

² National Institute for Fusion Science

³ Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

1. 緒言

核融合炉の燃料と熱を抽出するための先進増殖ブ ランケットでは、MHD による圧力損失効果や燃料と なるトリチウムの漏洩を抑制するための高性能な絶 縁被覆が求められる。種々のセラミックス材料の中 から、特に Er_20_3 が良好な電気絶縁性及び水素透過抑 制効果に優れていることが明らかになっている¹¹。 Er_20_3 被覆について実規模を指向した広範囲成膜を 目的に $Er(IBPM)_3$ を原料とした有機金属化学蒸着法 (MOCVD 法)を用いて金属管内壁への大面積成膜に成 功している²⁰。本報告では、基板とのミスフィット を減少させる役割かつ、結晶度を高め、被覆の膜厚 を増加させるために Buffer 層として Y_20_3 を挟んだ。 SUS 基板上に成膜した Y_20_3 被覆、さらにその上の Er_20_3 被覆層の微細構造における使用環境を意識し た熱サイクル効果について調査したので報告する。

2. 実験方法

SUS316 基板 (基板温度 500°C)に PVD 法で Y₂O₃ を成 膜した後、MOCVD 法で Er₂O₃ を成膜した試料と、さら に 700°C の熱サイクルを 30 回加えた試料をそれぞれ 用意した。これらの試料の微細構造解析は、EDS を備 えた日立製 S-3500H 走査型電子顕微鏡 (SEM)、日立製 5100N 原子力電子顕微鏡 (AFM)、 EDS を備えた JEOL 製 4010T 透過型電子顕微鏡 (TEM)、 XRD (Philips X' pert system)を用いて行った。 TEM 試料は日立製 FB-2100 集束イオンビーム加工装置 (FIB)を用いて 作製した。

3. 実験結果

Er₂0₃/Y₂0₃/SUS(基板温度 500℃)試料において、SEM による表面観察の結果から粒状の組織が得られ、さ らに熱サイクル 30 回後に結晶粒サイズにばらつき がみられ、微細化している傾向が得られた。AFM で表 面の形状を観察したところ、同様に微細化する傾向 が見られた。また、XRD 測定結果から、格子定数が非 常に近いため、Er₂O₃と Y₂O₃それぞれで指数付けする ことが出来なかった。次に TEM による断面観察を行 った。Er₂0₃/Y₂0₃/SUS (熱サイクル 0 回) 試料におい て Er₂O₃, Y₂O₃ 膜が確認されそれぞれ膜厚が、620nm, 690nm であった。また Er₂O₃ 膜、Y₂O₃ 膜、SUS 基板の それぞれで SAED 回折図形が得られ、Er₂O₃ 被覆、Y₂O₃ 被覆が成膜されていることが明らかになった。 Er₂0₃/Y₂0₃/SUS (熱サイクル 30 回)試料においても Er₂O₃, Y₂O₃ 膜が確認され、膜厚がそれぞれ 390nm, 690nm であった。更に Y₂O₃ 被覆と SUS 基板の界面に 下に凸の反応層が確認された。このように、熱サイ クルを加えることで、Er₂03結晶や層構造が変化する ことが示唆された。

4. 参考文献

1)B.A.Pint , P.F.Tortorelli , A.Jankowski , J.Hayes , T.Muroga , A.Suzuki , O.I.Yeliseyeva , V.M.Chernov : J.Nucl.Mater 329-333 (2004) 119-124

2)Yoshimitsu Hishinuma , Tsutomu Tanaka , Teruya Tanaka , Takuya Nagasaka , Yuzo Tasaki , Akio Sagara , Takeo Muroga : Fusion Engineering and Design 86 (2011) 2530-2533



Fig.1

a) Er₂O₃/Y₂O₃/SUS (熱サイクル 0 回)の表面 SEM 像 b) Er₂O₃/Y₂O₃/SUS (熱サイクル 30 回)の表面 SEM 像