

# ヘリウムプラズマ照射による繊維状ナノ構造タングステンの形成

プラズマ物性工学研究グループ 博士前期課程2年 坂口互 指導教官:大野哲靖教授 エネルギー理工学中間発表

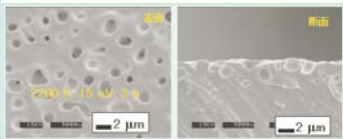


## Introduction

○タングステン  
高融点、低スパッタリング率、低水素吸蔵

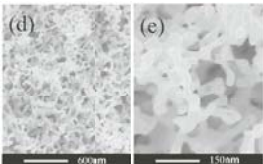
核融合炉のダイバータ板材料

ヘリウムプラズマ照射により、  
バブル・ホールやナノ構造が形成される



形成条件 試料温度 > 1500 K  
入射イオンエネルギー > 5 eV

D. Nishijima, et al.,  
J. Nucl. Mater. 313-316 (2003) 99.



S. Takamura, et al.,  
Plasma Fusion Res. 1 (2006) 051.

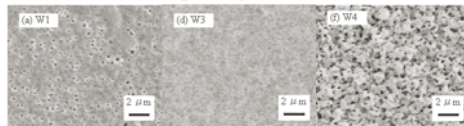
熱伝導率の低下  
光学反射率の低下



ダイバータ  
光学ミラー としての利用に問題

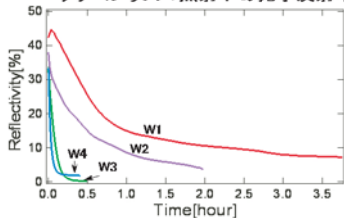
目的 繊維状ナノ構造形成の条件・機構を調べる

## Incident Ion Energy Dependency



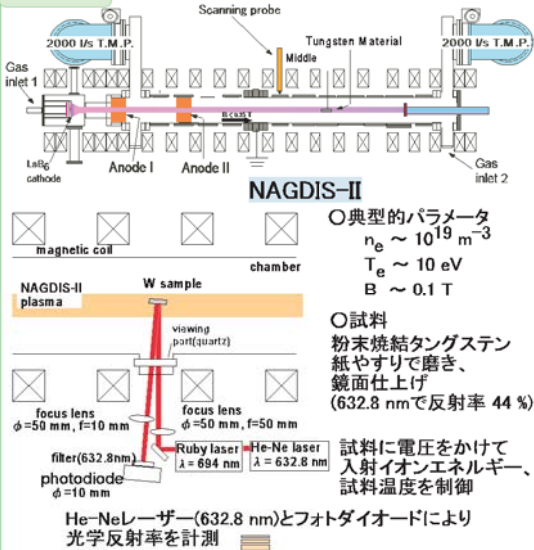
	W1	W2	W3	W4
Incident ion energy [eV]	15	30	50	80
Fluence [ $m^{-2}$ ]	-	$6.3 \times 10^{26}$	$1.7 \times 10^{26}$	$3.3 \times 10^{26}$
Ion flux [ $m^{-2}s^{-1}$ ]	-	$5.8 \times 10^{22}$	$7.5 \times 10^{22}$	$9.2 \times 10^{22}$
Temperature [K]	1780	1800	1890	2100
Surface modification	He bubble/hole formation	Arborescent nanostructures	Arborescent nanostructures	-

## ヘリウムプラズマ照射下の光学反射率



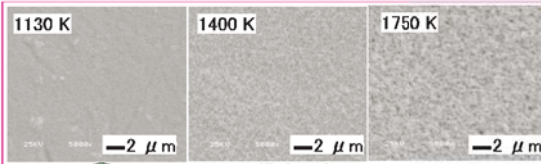
- ナノ構造は入射イオンエネルギーが 30 eVを越えたあたりから形成される
- バブル・ホールは約1時間の照射間に成長する
- ナノ構造の形成時間は短い(約10分)
- 試料温度が2000 Kを超えるとナノ構造が破壊される

## Method

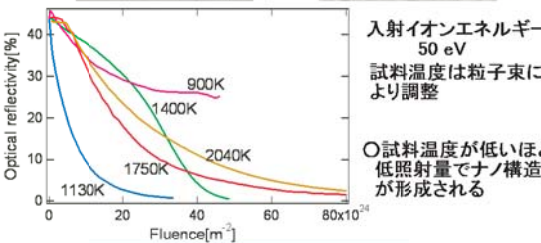
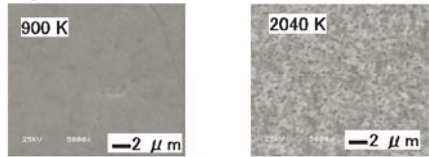


In situ計測 ヘリウムプラズマ照射中に表面形状が  
 どのように変化していくかを調べる

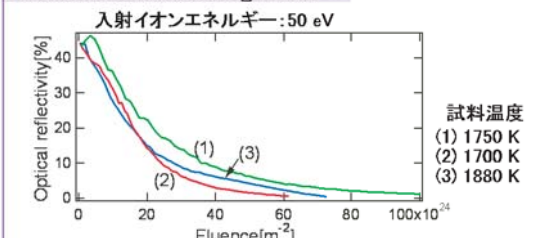
## Surface Temperature Dependency



ナノ構造形成  
 形成閾値  
 高温により破壊



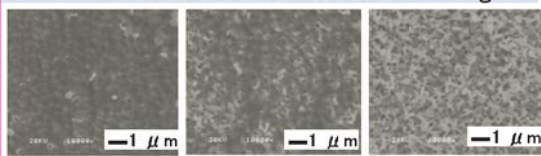
## Different Manufacturing Methods



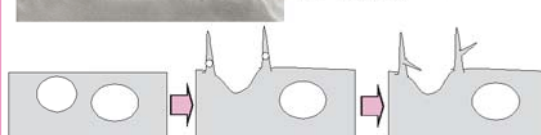
- (1)粉末焼結タングステン(Nilacco)
  - (2)微細構造タングステンW-0.5wt%-TiC 粒径: ~70 nm  
H. Kurishita, et al., Mater. Sci. Eng. A 477 (2008) 162-167.
  - (3)ITER用タングステン 粒径: ~20  $\mu m$
- タングステン生成方法の違い(粒径の違い)は  
 ナノ構造形成にほとんど影響しないことがわかった

最も小さい粒径が70 nmであり、ナノ構造はそれ以下の  
 大きさの中で形成されると考えられる

## Formation Mechanism of Nanostructured Tungsten



入射イオンエネルギー: 50 eV  
 試料温度: 1800 K  
 同一試料のSEM写真



- ①バブルの成長により破裂が生じる
- ②そのときに突起が作られる
- ③突起部の中のバブルが破裂することで微細化していく

## Summary

○光学反射率計測により、ヘリウムプラズマ照射による  
 タングステンナノ構造の形成条件を調べた  
 入射イオンエネルギー: 30 eV以上  
 試料温度: 1000 ~ 2000 K (50 eVのとき)

## Future Work

○ナノ構造形成の機構をより詳しく調べる  
 薄い膜へのプラズマ照射  
 高温と低温のヘリウムプラズマ照射を繰り返す

## 発表実績

- (1)「レーザー熱パルス照射によるタングステンからの不純物放出特性」平成19年電気学会全国大会
- (2)「タングステンにおけるプラズマとレーザー照射の相乗効果」平成19年電気関係学会東海支部連合大会
- (3)「Impurity Release from Tungsten Surface by Laser Heat Pulse Irradiation」  
International Symposium on Ecotopia Science 07, Nagoya, November 25, 2007
- (4)「ヘリウムプラズマ照射下における高Z材のアブレーション現象の観測」平成20年電気学会全国大会
- (5)「In Situ Reflectivity Measurement of Tungsten under Helium Plasma Exposure」  
18th International Conference on Plasma Surface Interactions, Spain, Toledo, May 29, 2008

## 論文

“In situ reflectivity of Tungsten under helium plasma exposure” to be accepted by J. Nucl. Mater.