

## 窒化物セラミックス中の高密度電子励起損傷

High density electronic excitation damage in nitride ceramics

\*高木 聖也<sup>1</sup>, 石川 法人<sup>1</sup>, Mohammad Majidur Rahman<sup>2</sup>, 安田 和弘<sup>3</sup><sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>Jagannath Univ., <sup>3</sup>九大

窒化物セラミックス中の高密度電子励起損傷に着目したイオン照射試験およびナノインデンテーション硬度試験結果から、照射硬化に加え照射による微小ポアの消失を示唆する結果を得た。

**キーワード:** 窒化物セラミックス, 高密度電子励起損傷, ナノインデンテーション

## 1. 緒言

核的・熱的特性に優れた窒化物セラミックスは、次世代の原子炉燃材料として研究開発が進められているが、酸化物セラミックスや金属に比べ、燃料設計や安全性評価の上で必須の照射試験が圧倒的に不足している。そのため、少ない照射試験データを代替・補間するための照射に係る機構論的知見や損傷素過程の知見の取得が重要である。本研究では、マイナーアクチノイド(MA)の核変換を目的とした加速器駆動システムの燃料として研究開発されている窒化ジルコニウム(ZrN)と MA を希土類 Dy 元素で模擬した Dy<sub>0.3</sub>Zr<sub>0.7</sub>N 模擬窒化物燃料を用い、損傷素過程の一つである高密度電子励起損傷による微細構造変化と硬さの相関を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

金属を出発物質として得た ZrN 粉末及び Dy<sub>0.3</sub>Zr<sub>0.7</sub>N 粉末を遊星ボールミルにより微粉碎し、一軸成型圧縮により得たペレットを窒素気流中 1700°C で 6 時間加熱し、直径 9 mm の焼結体ペレットを得た。理論密度に対する焼結体の相対密度は ZrN:89.1±0.2 %TD, Dy<sub>0.3</sub>Zr<sub>0.7</sub>N: 92.6±1.2 %TD であった。得られた焼結体ペレットに日本原子力研究開発機構のタンデム加速器を用いて、室温で 340 MeV Au イオンを 1.7×10<sup>15</sup> 及び 3.3×10<sup>15</sup> ions/cm<sup>2</sup> まで照射した。照射の際、それぞれのペレット半分の領域をマスクで覆った。照射した領域の試料表面における電子的阻止能の大きさは ZrN:42 keV/nm, Dy<sub>0.3</sub>Zr<sub>0.7</sub>N:44 keV/nm<sup>[1]</sup>である。ELIONIX 製超微小押し込み硬さ試験機 ENT-1100a を用い、高密度電子励起損傷による硬さの変化をそれぞれの照射量で測定した。

## 3. 結果・結論

それぞれのペレットの非照射及び照射領域の押し込み硬さの結果を表 1 にまとめた。それぞれの試料において照射量増加に伴い、硬化する傾向を示した。転位網などの照射欠陥形成による硬化が考

えられるが、一方で、高照射量で評価値の標準偏差が小さくなっている。ここで ZrN 非照射領域の硬さのばらつきが、測定領域の気孔率に依存したもの、加えて測定時の変形が理想状態であると仮定した場合、押し込み弾性率の測定値を用いた硬さ補正<sup>[2]</sup>を行うと、その標準偏差は、1.6 となり、ばらつきが小さくなる。このことから、照射に伴う硬さのばらつきの減少が、照射領域の閉気孔の消滅・変形・移動に起因していることを示唆していると同時に、見かけ上の照射硬化を引き起こした可能性が考えられる。

## 参考文献

[1] J.F. Ziegler, et. al., The Stopping and Range in ions in Solids. Pergamon, New York (1985). <http://www.srim.org/>

[2] S.L. Hayes, et. al., J. Nucl. Mater. 171 (1990) 271.

\*Seiya Takaki<sup>1</sup>, Norito Ishikawa<sup>1</sup>, Mohammad Majidur Rahman<sup>2</sup> and Kazuhiro Yasuda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>Jagannath Univ., <sup>3</sup>Kyushu Univ.

表 1. ナノインデンテーション押し込み硬さ

ions/cm <sup>2</sup>	0 (非照射領域)		1.7 × 10 <sup>15</sup>		3.3 × 10 <sup>15</sup>	
	Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD
ZrN	16.8	2.4	20.4	1.9	19.4	0.9
Dy <sub>0.3</sub> Zr <sub>0.7</sub> N	19.6	2.2	20.2	2.2	24.6	1.1