

## 自己評価報告書

平成 23 年 5 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20246097

研究課題名 (和文) ナノ・マイクロ多重積層構造を利用した耐熱セラミックスコーティング

研究課題名 (英文)

High Temperature Ceramic Coatings with Nano-Micro Multiscale Laminate Structure

研究代表者

香川 豊 (KAGAWA YUTAKA)

東京大学 先端科学技術研究センター 教授

研究者番号：50152591

研究分野：材料工学

科研費の分科・細目：無機材料・物性

キーワード：セラミックス、コーティング、積層材料、熱反射、熱エネルギー、ナノ材料、機能設計

## 1. 研究計画の概要

低熱伝導と高熱エネルギー反射を両立でき、かつ、大きな損傷許容性を持ち、高温まで用いることのできる新コンセプトのコーティング材料の開発を行う。このために、熱伝導制御はナノ積層構造、損傷許容性はナノ～サブミクロン積層構造、熱反射は光学的設計をもとにしたマルチスケール積層組織を作製する手法を確立する。原子～ナノ～ミクロンのマルチスケール積層組織を制御できるプロセス技術、積層材料の熱的・力学特性の測定、耐熱表面と光の相互作用の最適化、これらを総合的に考慮した新たな機能を持つコーティング材料を完成させる。

開発するコーティングとセラミックスあるいは耐熱金属基材とが一体となったシステム全体の使用環境を模擬した条件下での性能評価により、異なる熱機構が有効に働くことを証明する。さらに、この結果を整理し、工業技術として利用し易い形で世の中に提案する。

## 2. 研究の進捗状況

各研究年度で計画していた計画を行うことにより当初予定した研究計画について十分な成果が得られている。

具体的な研究成果は以下ようになる。なお、酸化物系セラミックス材料の自立膜としての特性などのように研究計画では予測していなかった、新たな現象や特性についての知見も得られた。

- ① 原子層蒸着法により、ナノメートルオーダーの厚さが制御できるコーティング技術を用いて、積層構造を作製する技術を確立した。開発したプロセス技術により、ナノメートルオーダーの厚さを制御したコーティングが得られた。また、この技術を用いて、ナノメートルから数 10 ナノメートルオーダーの酸化物系セラミックス自立膜の力学特性を得るための材料が得られる手法の目処がたった。
- ② 酸化物の自立膜では厚さが数 10 ナノメートル以下になるとバルク状態のセラミックスと比較して見かけ上大きな変形挙動を得ることができる。この挙動を利用することにより積層構造に大きな損傷許容特性を付与できる可能性が明らかになった。
- ③ 輻射熱を電磁波とみなし、積層構造を用いてランダムな方向から入射した輻射熱を最高効率で反射する構造を得るためのシミュレーションの基礎を構築した。異種酸化物セラミックスを利用する際に必要な特性について  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$  などを用いてシミュレーションを行った。また、 $\text{SiC}$  粒子分散  $\text{ZrB}_2$  など材料の熱反射率を複合化により制御する手法と熱伝導率制御などの関しての知見を得た。
- ④ ナノメートル厚さのコーティングの変形と破壊に及ぼす基材の特性の影響を明らかにした。延性のある金属材料上にコーティングした 40nm 以下の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  では変形と破壊が基材に用いた金属材料の結晶粒単位での変形に大きく依存することが明らかになった。
- ⑤ 耐熱金属材料にセラミックスコーティングを施した材料の使用環境を模擬した耐

久性評価解析技術を構築した。熱負荷と力学負荷を加えるモードを制御した試験が可能になった。

### 3. 現在までの達成度

研究計画に記載された内容に関しては全て順調に成果が得られている。全体的な達成度は80%以上と判断できる。一方、研究遂行過程で新たに見いだされた重要研究項目に関しては、年次計画に組み込んだ。

### 4. 今後の研究の推進方策

研究成果を実用技術に展開することができるように、研究するセラミックスコーティングを実用的な条件を模擬した条件下で特性を評価する。また、その結果を熱源、コーティング自体、コーティングを施した材料システムとしての利点を明確にする。材料特性ではなく、システムとしての利点を明らかにする。

また、成果が蓄積されてきたので、現在までに得られた成果の論文での社会還元にも重点を置く。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1. 香川 豊, “複合材料の新力学特性” ふえらむ, 15[12],2010,744-748. (成果②)

2. H. Kakisawa, N. T. B. Diem, T. Sumitomo, Y. Kagawa, “Room temperature fabrication of SiO<sub>2</sub>/polyacrylic ester multilayer composites by spin-coating” Materials Science and Engineering B. 173[1],2010, 94-98. (成果②)

3. M. Ikegami, K. Matsumura, S. Q. Guo, Y. Kagawa, J.-M. Yang, “Effect of SiC particledispersion on thermal properties of SiC particle-dispersed ZrB<sub>2</sub> matrix composites” 45[19],2010, 5420-5423. (成果③)

[学会発表] (計 13 件)

1. T. Saito, K. Matsumura, Y. Kagawa, “Fabrication of ultrathin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> freestanding tube using atomic layer deposition process” , The Third International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics, 2009/6/16, 横浜. (成果①)

2. Y. Kagawa, “Damage-tolerant

laminare-type hybrid ceramics” 12<sup>th</sup> International Conference on Modern Materials and Technologies, 2010/6/9, Tuscany, Italy. (成果②)

3. Y. Kagawa, “Thermal and mechanical properties of multi-layer oxide ceramic coatings: potential for radiation energy control” 35<sup>th</sup> International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, 2011/1/25, Daytona Beach, U.S.A (成果③)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]