

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 6 月 22 日現在

機関番号：82108
 研究種目：特定領域研究
 研究期間：2007～2011
 課題番号：19053008
 研究課題名（和文） 機能付活元素の状態制御による高機能材料の創製
 研究課題名（英文） Fabrication of functionalized materials by realizing appropriate doping technology
 研究代表者
 谷口 尚 (TANIGUCHI TAKASHI)
 独立行政法人物質・材料研究機構・先端材料プロセスユニット・グループリーダー
 研究者番号：80354413

研究成果の概要（和文）：

多様な材料合成プロセスを駆使して、機能元素の添加による新規の特性を発現する高機能材料の創製を目的とした。理論計算、超微細構造研究チームとの連携により、窒化物及び酸化物セラミックスの高純度合成プロセスを基盤とした機能元素添加の制御手法の確立を目指した。

強固な共有結合性結晶中で、サイズミスフィットの大きな機能元素を添加し、その配意環境を理論、構造解析の両面から明かにした。これは他の多くの化合物母結晶への多様な機能元素ドーピングの可能性を肯定するものである。

酸化物系多結晶体を対象に、粒界・界面で特異的な機能を果たすナノドーパントを設計することにより、新たな多機能性材料を創製した。

ナノドーパントを活用した電子素子の開発に向けた酸化物薄膜の合成やその評価を通じた検討を行い、その構造制御や素子化について、自発分極制御をはじめとする構造制御や物性制御に関する知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

The aim of this study is to obtain high quality functionalized materials by realizing appropriate doping technology under the variety of synthesis process, including high pressure and high temperature process, solid-state reaction, and thin film growth technique. By cooperating with the researchers in theoretical and ultimate structural analysis field, we tried to control the effective doping technology for the functionalized nitride and oxide ceramic materials.

Successful doping with large misfit in highly covalent rigid crystals was achieved. Theoretical and structural analyses clearly show the occupancy site in the crystal by defect complex model. This fact suggests the way of functionalization by doping in the large lattice misfit systems.

New multifunctional oxide polycrystalline materials have been developed through the atomic modification which controls high temperature matter transport in grain boundary and interface.

Synthesis and characterization of oxide semiconductor films were performed aiming to develop electronic devices by utilizing the advantages in the concept of Nano-Dopant.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,700,000	0	8,700,000
2008年度	7,800,000	0	7,800,000
2009年度	9,600,000	0	9,600,000
2010年度	6,900,000	0	6,900,000
2011年度	5,900,000	0	5,900,000
総計	38,900,000	0	38,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学 構造・機能材料

キーワード：機能性セラミックス、超塑性、粒界構造制御、超硬質材料

1. 研究開始当初の背景

窒化物及び酸化物の単結晶、薄膜、多結晶は所謂ファインセラミックスとして多様な分野で実用化されているが、粒界や界面における局所の構造と組成に起源する多くの未開特性が潜在していると期待されている。これらの特性制御のための添加物の存在状態、特に、界面などの局所的な特異構造中に存在する添加物の状態やその機能発現への役割りを明確に理解し、これを制御するための技術が求められる。これら、セラミックス材料の構造・物性制御は、日本のみならず、世界各国でその基礎研究から、応用開発までの様々なフェーズでの検討が盛んに進められている。

2. 研究の目的

本研究では、物質・材料に潜在する特性を発現させるために、単結晶格子内、多結晶粒界・界面における物質移動、粒界移動、粒界すべりに対して特異的な機能を果たすナノ機能元素をドーピング設計することにより、基本特性として優れた特性（室温高強度、高温塑性、光学、熱物性、高温耐食性など）を有する新たな機能性材料の創製を目指した。

多様な材料合成プロセス（超高压焼結・結晶成長、固-液相焼結、気相合成、イオン打ち込み法）における先端的な材料創製技術を駆使し、機能賦活元素のドーピング制御による多機能材料創製を以下の3テーマにより展開した。

- (1)機能賦活元素の高压下ドーピング制御によるワイドギャップ窒化物の特性発現
- (2)機能賦活元素設計による多機能酸化物の創製
- (3)機能賦活元素がもたらす非平衡性とその緩和による酸化物機能の発現

3. 研究の方法

(1)ベルト型高压合成装置を用い、2-10万気圧、2000°Cの圧力温度領域における物質・材料合成環境を適用した。得られた試料中のドーパントの役割を、超微細構造解析、理論計算チームとの連携により明らかにした。対象物質はワイドギャップ窒化物半導体、超硬質材料として、機能元素の制御手法の確立を目指した。

(2)Al₂O₃、ZrO₂、Y₂O₃、MgO等から構成される酸化物系多結晶体を対象に、粒界・界面に異種陽イオンをドーピングし、焼結・合成から機能発現までを視程に入れた粒界・界面の機能賦活元素を設計した。また、第一原理分子動

力学計算による界面異種イオンと輸送現象の相関、高分解能透過型電子顕微鏡法(HRTEM)による局所構造・電子状態の解析等、微構造をA01、A03班との連携において調査した。(3)酸化亜鉛バリスタや酸化亜鉛化学センサーに見られる、印加電場に対する非線形な電流応答の起源を解明することを目指し、単結晶の接合からなる試料、すなわち、バイクリスタルを研究対象とした。バイクリスタルは、低融点ガラス層を介在した接合体とし、接合する単結晶に加えた添加物の効果を電気特性、過渡容量分光などにより評価し、界面電子状態の捕捉を狙った。

更に、酸化亜鉛の結晶構造、結晶対称性由来して結晶内に発生する、結晶内内部電場(自発分極)が、界面物性、あるいは、結晶成長に与える影響を明らかにした。この為の薄膜成長はパルスレーザー蒸着法、スパッタ法を用い、電気特性に加えて、光電子分光をはじめとする分光法によって、評価した。特に、放射光を用いた光電子分光測定を応用した。

4. 研究成果

(1)4~6万気圧、1600°C領域において、希土類を賦活した立方晶窒化ホウ素(cBN)と窒化アルミニウム結晶(AlN)を合成し、それぞれの賦活元素(Eu, Tb, Gd, Ce, Nd等)に由来した発光特性を観測すると共に、これら賦活元素の配位状態についてX線吸収特性評価、第一原理計算による理論的な評価(A01班との連携)を行った。さらにSTEMをはじめとする超微細構造解析により、賦活した機能元素の配位環境を直接観測し(A02班との連携)、理論的予測との整合性が確かめられた。

cBN中の希土類元素の配置環境を明らかにしたところ、母体結晶を構成する原子とのサイズミスフィットが大きい場合には、添加したカチオンは単純な置換型ではなく、アニオンサイトへの置換と周囲のカチオン欠損による複合欠陥を形成することが、理論(第一原理計算)、構造解析(HAADF STEM)により明示された。

合成、理論、構造解析の連携により示した、ダイヤモンドに次ぐ硬度を有するcBN母結晶中への、サイズミスフィットの大きな機能元素の添加事例は、他の多くの化合物母結晶への多様な機能元素ドーピングの可能性を肯定するものである。

焼結助剤を一切含まないcBN焼結体を合成し、その微細構造を評価した。結晶粒界には非晶質相は見られないものの、硬度の劣

る焼結体の粒子界面には酸素不純物が見出された。焼結助剤を一切含まない窒化物焼結体の超微細構造の解析例、とりわけ焼結体の耐摩耗性、強度との相関を示した例は過去にない。酸素不純物と強度の相関は予想し得る結果ではあるが、高純度焼結体の高品位化を進める上で有用な指針である。

(2) Y_2O_3 は高融点であり、化学的に安定で耐熱性・耐アルカリ性に優れることから、耐熱・耐蝕材料やレーザー結晶等としての広い実用化が期待されてきた。一般に Y_2O_3 は難焼結性であり、高密度の Y_2O_3 多結晶体を得るには超高温や水素雰囲気での加圧焼結が必要とされている。一方、 CaO や MgO 等の第2族元素や SiO_2 、 TiO_2 の添加は、常圧焼結での焼結性の向上に有効とされてきた。特に 1mol% CaO 添加により Y_2O_3 の緻密化に要する焼結温度を $200^\circ C$ 程度低減できるとされている。こうした背景の下、 Y_2O_3 の焼結性向上を目指した機能元素の探索を行った。図1に Y_2O_3 焼結体及び Y_2O_3 に 1mol% の Mg^{2+} 、 Ni^{2+} もしくは Zn^{2+} を添加した焼結体の相対密度を、焼結温度に対してプロットした図を示す。無添加 Y_2O_3 の相対密度は、焼結温度 $1300^\circ C$ で 68%、焼結温度 $1600^\circ C$ で 96% を示す。換言すれば、無添加 Y_2O_3 の緻密化には $1600^\circ C$ 以上の高温が必要であることを意味している。これに対し、 Ni^{2+} や Zn^{2+} のドーピングは、 Y_2O_3 の焼結温度を $300^\circ C \sim 400^\circ C$ 以上低減させる効果がある。特に、 Zn^{2+} 添加は焼結性の向上だけでなく、結晶粒微細化の効果もある。焼結性へ

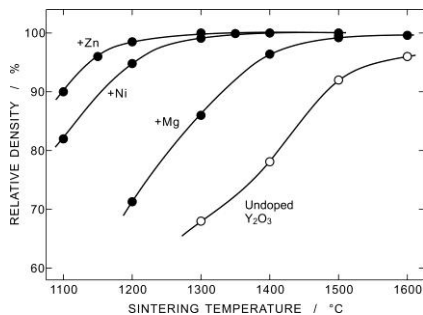


図1 無添加 Y_2O_3 および 1mol% Zn^{2+} 、 Ni^{2+} または Mg^{2+} を添加した Y_2O_3 の焼結温度に対する焼結体の相対密度。

の機能元素の効果は元素種に依存し、必ずしもイオン価数だけでは整理できないことが分かった。 Y_2O_3 では粒内・粒界拡散のいずれも Y^{3+} イオンが律速イオン種とされていることから、機能元素は Y_2O_3 における Y^{3+} の粒界・粒内拡散を促進または抑制する効果があり、そのため Y_2O_3 の焼結緻密化も促進または抑制されたものと推測される。高分解能透過型電子顕微鏡 (HRTEM) による微構造観察およびナノプローブを用いたエネルギー分散型 X 線

分光 (EDS) 分析の結果から、機能元素の粒界偏析が、 Y_2O_3 の焼結性向上の主たる起源であると考えられる。 Y_2O_3 の焼結緻密化が粒界拡散支配であると仮定すると、機能元素の粒界偏析が Y^{3+} の粒界拡散を加速または減速させ、その結果緻密化が促進または抑制されたと考えることが出来る。そこで Er_2O_3 と Y_2O_3 多結晶体の拡散対を用いた Y_2O_3 中の Er^{3+} の粒界および粒内拡散係数を調べた結果、無添加 Y_2O_3 中の Er^{3+} の分布と比較して、 Ni^{2+} または Zr^{4+} の添加により Y_2O_3 中の拡散係数は促進または抑制することが明らかとなった。これは機能元素が及ぼす Y_2O_3 の焼結性への効果とも整合する。

正方晶 ZrO_2 多結晶 (TZP) の超塑性変形においても、その変形応力の低減や延性の向上、超塑性発現温度の低減に機能元素ドーピングが有効であることが示された。特に、 Ge^{4+} と Ti^{4+} の粒界共偏析により、変形応力が低下すると共に、超塑性延性のピークが $1400^\circ C$ まで低減する (無添加 TZP では $1500^\circ C$ 以上) ことが分かった。この機能元素効果は、 Ge^{4+} と Ti^{4+} の粒界共偏析に伴う TZP 内の拡散係数の上昇と粒界エネルギーの低減が関連していると考えられる。

機能元素が酸化物セラミックスの拡散現象に及ぼす効果の起源は、界面における原子間相互作用が主要因となっていると考えられる。

(3) 酸化亜鉛系バイクリスタルの検討結果として、その自発分極方向が、界面の電流-電圧特性に強く影響していることを明らかにした。すなわち、酸化亜鉛の極性表面の一方である、(0001) 面からなるバイクリスタル界面と (000-1) 面からなるバイクリスタル界面における電気特性の差異を見いだした。この結果から、結晶の自発分極がバイクリスタル界面の特性に影響を及ぼしていることが実験的に明らかとなった。

この結果を受けて光電子分光による酸化亜鉛の極性表面の電子状態評価を行い、酸化亜鉛極性表面の分極に対応した光電子分光スペクトルの変化を見出した。すなわち、陽イオン終端である (0001) 面と、陰イオン終端面である (000-1) 面とでは、光電子放出過程において異なったプロセスが起こっていることがわかる。

材料開発の視点では、この光電子分光スペクトルの極性依存性が明らかとなったことにより、成長した薄膜の極性判定に応用できることとなった。これまでに提案、利用されてきた酸化亜鉛や GaN 等の極性半導体の極性判別法に比べて、装置や試料の制約が少ない極性判定法として、光電子分光が利用可能である。

これに基づき、パルスレーザー蒸着法、あ

るいは、スパッタ法で成長した酸化亜鉛薄膜の極性を知ることが可能となり、さらに、成長する薄膜の結晶極性をモニターしながら製膜する、ということが可能となった。その結果、酸化亜鉛薄膜の結晶成長を行うに際して、ある程度の高濃度の添加物を加えて成長した場合と、添加物濃度が低い、あるいは、添加物を加えていない薄膜を成長した場合とでは、得られる結晶の極性(表面終端元素)が異なることがわかった。言い換えると、目的に応じて、酸素終端、あるいは、亜鉛終端の薄膜を作り分けることが可能と言うことである。

ここで得られた酸化亜鉛の薄膜成長に関する知見は、透明電子素子の開発に向けた検討の基礎となる知見であり、今後、さらに酸化物結晶の機能高度化に資する成果であると確信される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 29 件)

- (1)N.M.Gabor,⑦T.Taniguchi, P. Jarillo-Herrero 計 9 名., “Hot Carrier-Assisted Intrinsic Photoresponse in Graphene” *Science*, **344**, 648 (2011). 査読有。
- (2)L.A.Ponomarenko, A.K.Geim,⑫T.Taniguchi, 計 13 名., “Tunable metal-insulator transition in double-layer graphene heterostructures”, *Nat.Phys.*, **7**,958 (2011). 査読有。
- (3)J. B. Gruber, U. Vetter, ③T. Taniguchi, 計 7 名 “Spectroscopic analysis of Eu³⁺ in single-crystal hexagonal phase AlN” *J.Appl.Phys.*, **110**, 023104 (2011). 査読有。
- (4)H. Yoshida, ④K. Hiraga, K. Yamanaka 計 7 名, “Low Temperature Spark Plasma Sintering of Yttria Ceramics with Ultrafine Grain Size”, *J.Am.Ceram.Soc.*, **94** [10] 3301-3307 (2011). 査読有。
- (5)H. Zhang, B.-N.Kim, K.Morita, H.Yoshida, K.Hiraga, Y.Sakka, “Fabrication of Transparent Yttria by High-Pressure Spark Plasma Sintering”, *J.Am.Ceram.Soc*, **94** 3206 (2011). 査読有。
- (6)K.Hiraga, ④ H.Yoshida, 計 6 名 “High-Strain-Rate Superplasticity in Oxide Ceramics: a Trial of Microstructural Design Based on Creep-Cavitation Mechanisms”, *Acta Metallurgica Sinica*, **24** 195 (2011). 査読有。
- (7)H.Wagata,③N. Ohashi, 計 8 名 “Photocatalytic Activity And Related Surface Properties of Transparent ZnO Films Prepared By A Low-Temperature Aqueous Route” *Photochem, Photobio.* **87**, 1009(2011). 査読有。
- (8)Y.Adachi,②N. Ohashi, 計 11 名, “Polarity Of Heavily Doped ZnO Films Grown On Sapphire And SiO₂ Glass Substrates By Pulsed Laser Deposition”, *Thin Solid Films*, **519** (18), 5875-5881 (2011). 査読有。
- (9)J.R.Williams,⑦N.Ohashi, 計 7 名 “Polarity Determination Of Wurtzite-Type Crystals Using Hard X-Ray Photoelectron Diffraction”, *Surface Science*, **605** (13-14), 1336-1340 (2011). 査読有。
- (10)K.Watanabe④N.Ohashi, 計 10 名 , “Visualization Of Grain Boundary As Blocking Layer For Oxygen Tracer Diffusion And A Proposed Defect Model In Non Doped BaTiO₃ Ceramics”, *Applied Physics Express* **4** (5), AR 055801 (2011). 査読有。
- (11)C.R. Dean,⑧T. Taniguchi, P. Kim 計 11 名, “Boron nitride substrates for high-quality graphene electronics ” *Nature Nanotechnology*, **5**,722-726(2010). 査読有。
- (12)F.Oba, A.Togo, I.Taknaka, K.Watanabe T.Taniguchi, “Doping of hexagonal boron nitride via intercalation: A theoretical prediction” *Phys.Rev.B* **81**, 075125 (2010). 査読有。
- (13)T. Hiraga, T. Miyazaki, M. Tasaka and H. Yoshida, “Mantle Superplasticity and Its Self-made Demise”, *Nature*, **468** 1091–1094 (2010). 査読有。
- (14)M.Kodo,K.Soga,H.Yoshida and T.Yamamoto, “Doping Effect of Divalent Cations on Sintering of Polycrystalline Yttria”, *J. Europ. Ceram Soc.*, **30** 2741 (2010). 査読有。
- (15)K.Matsui, H.Yoshida and Y.Ikuhara, “Phase-transformation and Grain-growth Kinetics in Yttria-stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal Doped with a Small Amount of Alumina”, *J. Euro. Ceram Soc*, **30** 1679 (2010). 査読有。
- (16)Y.-H.Zhen,⑪N.Ohashi, 計 11 名 “Investigations Of Growth Kinetics Of Pulsed Laser Deposition Of Tin Oxide Films By Isotope Tracer Technique” *J.Appl.Phys.*, 108 AR 104901 (2010). 査読有。
- (17)K.Fujisaki, H.Yokota,⑤T.Taniguchi,計 8 名, “Development of ultra-fine-grain binderless cBN tool for precision cutting of ferrous materials”, *J.Mater. Process.Technol.*,**209**, 15-16, 5646-5652 (2009). 査読有。
- (18)H.Yoshida, K.Morita, B.-N.Kim, K.Hiraga and T.Yamamoto, “Doping-amount and temperature dependence of superplastic flow in tetragonal ZrO₂ polycrystal doped with TiO₂ and/or GeO₂”, *Acta Materialia*, **57** 3029-3038 (2009). 査読有。
- (19)H.Yoshida,K.HiragaT.Yamamoto, “Densification Behavior of Ti-doped Polycrystalline Alumina in a Nitrogen-Hydrogen Atmosphere”, *Materials Transactions*, **50** [5] 1032-1036 (2009). 査読有。

- 有。
- (20) K.Matsui, H.Yoshida and Y.Ikuhara, “Isothermal Sintering Effects on Phase Separation and Grain Growth in Yttria-stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal”, *J. Am Ceram. Soc.*, **92** [2] 467 (2009). 査読有。
- (21) H.Yoshida, K.Morita, B.-N. Kim and K. Hiraga, “Ionic conductivity of tetragonal ZrO₂ polycrystal doped with TiO₂ and GeO₂”, *Journal of the European Ceramic Society*, **29** [2] 411–418 (2009). 査読有。
- (22) N.Ohashi, 計 6 名, “Synthesis And Characterization Of ZnO/Glass/ZnO Structures Showing Highly Nonlinear Current-Voltage Characteristics”, *Materials Transactions*, **50** (5), 1060-1066 (2009). 査読有。
- (23) N.Ohashi, 計 9 名, “Polarity-Dependent Photoemission Spectra Of Wurtzite-Type Zinc Oxide”, *Applied Physics Letters* **94** (12), AR 122102 (2009). 査読有。
- (24) Y.Kubota, K.Watanabe, O.Tsuda, T.Taniguchi Hexagonal Boron Nitride Single Crystal Growth at Atmospheric Pressure Using Ni-Cr Solvent *Chem.Mater.*, [20], 1661-1663 (2008). 査読有。
- (25) S.Ii, H.Yoshida, K.Matsui, Y.Ikuhara, “Misfit Dislocation Formation at the c/t Interphase Boundary in Y-TZP”, *Journal of the American Ceramics Society*, **91** [11] 3810–3812 (2008). 査読有。
- (26) H.Yoshida, ③K. Hiraga, 計 6 名, “Densification of Nanocrystalline Yttria by Low Temperature Spark Plasma Sintering”, *J. Am. Ceram. Soc.*, **91** 1707 (2008). 査読有。
- (27) T.Ohsawa, ②N.Ohashi, 計 10 名, “Hard X-Ray Photoemission Spectroscopy In Wurtzite-Type Zinc Magnesium Oxide Solid-Solution Films Grown By Pulsed-Laser Deposition”, *Applied Physics Letters* **92** (23) AR 232108 (2008). 査読有。
- (28) T.Taniguchi, K.Watanabe, Synthesis of high purity boron nitride single crystals under high pressure by using Ba-BN solvent, *J.Cryst.Growth* [303], 525-529 (2007). 査読有。
- (29) K. Hiraga, B.-N. Kim, K. Morita, H. Yoshida, T.S. Suzuki and Y. Sakka, “High-strain-rate Superplasticity in Oxide Ceramics,” *Science and Technology of Advanced Materials*, **8** [7-8] 578-587 (2007). 査読有。
- [学会発表] (計 17 件)
(いずれも招待講演)
- (1) T.Taniguchi, “Synthesis of hBN single crystals under high pressure and high temperature, 第 7 回日米セミナー Nanoscale Transport Phenomena, JSPS(Japan), 2011/12/11、Ise-Shima Japan.
- (2) 平賀啓二郎, 金炳男, 森田孝治, 吉田英目義雄, 「超塑性セラミックスの開発-無機材料化学と金属学の観点から-」日本化学会北海道支部北見地区講演会, 北見工業大学, 2011年11月22日.
- (3) H. Yoshida, K. Morita, B.-N. Kim, K. Hiraga and T. Yamamoto, “High Temperature Plastic Flow Behavior and Related Grain Boundary Phenomena in Cation-doped Tetragonal Zirconia Polycrystal”, THERMEC’2011 (International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials), Québec city, Canada, August 1-5, 2011.
- (4) N.Ohashi, “Characterization and Management of Defects in Oxides”, ICMAT2011, 主催: The Materials Research Society of Singapore, シンガポール 2011/06/26-2011/07/01.
- (5) 谷口 尚, “高純度窒化ホウ素単結晶及び焼結体の高圧合成と機能発現” 先進セラミックス第124委員会 第136回会議, 日本学術振興会, 2011/06/02-2011/06/02、東京.
- (6) T.Taniguchi, High purity boron nitride: synthesis under high pressure and 1atm, and their properties ,NDNC2011 2011/05/16 Matsue, Japan
- (7) 谷口 尚, “高圧下温度差法による窒化ホウ素単結晶の合成と不純物制御” 「高圧を用いたワイドバンドギャップ半導体単結晶の育成と評価」 応用物理学会 結晶工学分科会, 2011/04/21-2011/04/21、東京
- (8) H. Yoshida, Y. Ikuhara and T. Sakuma, “Doping Effect on High-Temperature Plastic Flow in Fine-grained Alumina”, 2010 AGU (The American Geophysical Union) Fall Meeting, San Francisco, California, USA, December 13-17, 2010.
- (9) T.Taniguchi, “High-purity boron nitrides single crystals and sintered bodies” CIMTEC 2010、2010/06/06-2010/06/11 Florence、Italy.
- (10) N.Ohashi, “Charge compensation in oxide semiconductors”, International Symposium on Compound Semiconductor Week 2010, 主催: Japan Society of Applied Physics, 高松 2010/05/31-2010/06/04
- (11) N.Ohashi, “Development of zinc oxide and its related materials and structures”, Korea-Japan Joint Workshop on Semiconductor Physics and devices, 韓国物理学会・日本応用物理学会 共催, 韓国 2010/04/21-2010/04/21
- (12) 吉田英弘, 「酸化物セラミックスのナノ粒界制御と高温物質輸送現象」 日本金属学会

2010 年 (第 146 回) 春期大会, 筑波大学, 2010 年 3 月 28 日.

(13) 谷口 尚 “高純度窒化ホウ素単結晶の高圧・常圧合成” 第 22 回 秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 2009/09/16-2009/09/18 松山.

(14) H.Yoshida, K.Morita, B.-N.Kim K.Hiraga, “Grain Boundary Nanostructure and High Temperature Plastic Flow in Polycrystalline Oxide Ceramics”, THERMEC’ 2009 (International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials), Berlin, Germany, August 25-29, 2009.

(15) 谷口 尚 “高圧合成プロセスにおける機能元素制御による新機能材料の創製” 日本金属学会セミナー「機能元素のナノ材料科学」, 日本金属学会, 2009/07/24-2009/07/24, 京都.

(16) 谷口 尚 “超高压力下における III 族窒化物 結晶・焼結体の合成 ~高純度化と不純物添加による機能発現” 日本金属学会 2008 年秋季 (第 143 回) 大会 2008/09/23-2008/09/25, 熊本.

(17) H. Yoshida, K. Morita, B.-N. Kim and K. Hiraga, “High Temperature Plastic Flow and Related Grain Boundary Matter Transport Phenomena in Polycrystalline Oxide Ceramics”, Mechanics and Mechanisms of Finite Plastic Deformation, Kauai, Hawaii, USA, January 3-8, 2008.

[産業財産権]

○出願状況 (計 4 件)

名称: 高窒素含有遷移金属窒化物の製造方法及び高窒素含有遷移金属窒化物

発明者: 川村史朗、谷口 尚 他

権利者: 物質・材料研究機構

種類: 特許

番号: 特願 2011-155185:

出願日: 2011/07/13.

名称: 透光性 YAG 多結晶体とその製造方法

発明者: 吉田英弘, 曾我公平, 山本剛久

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2008-326477

取得年月日: 平成 22 年 6 月 10 日

国内外の別: 国内

名称: 切削工具とこれを用いた切削方法

発明者: 横田秀夫、藤崎和弘、谷口 尚 他

権利者: 理化学研究所

種類: 特許

番号: 特開 2009-214213:

出願日: 2008/03/10.

国内外の別: 国内

名称: 酸化イットリウム焼結体及び当該焼結体の製造方法

発明者: 曾我公平, 河道正泰, 山本剛久, 吉田英弘

権利者: 東京理科大学

種類: 特許

番号: 特願 2008-021606

取得年月日: 平成 20 年 1 月 31 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷口 尚 (TANIGUCHI TAKASHI)

物質・材料研究機構

先端材料プロセスユニット グループリーダー

研究者番号: 80354413

(2) 研究分担者

平賀啓二郎 (HIRAGA KEIJIRO)

物質・材料研究機構

先端材料プロセスユニット・主席研究員

(現在) 北見工業大学・工学部・教授

研究者番号: 80354190

吉田英弘 (YOSHIDA HIDEHIRO)

物質・材料研究機構・先端材料プロセスユ

ニット・主幹研究員

研究者番号: 80313021

坂口 勲 (SAKAGUCHI ISAO)

物質・材料研究機構

光電子材料ユニット 主幹研究員

研究者番号: 20343866

和田芳樹 (WADA YOSHIKI)

物質・材料研究機構

光電子材料ユニット 主幹研究員

研究者番号: 90343847

大橋直樹 (OHASHI NAOKI)

物質・材料研究機構

環境・エネルギー部門 部門長

研究者番号: 60251617

(3) 連携研究者

なし