

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：84421

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420751

研究課題名(和文) 持続型固-液共存状態を利用したパルス通電焼結による金属系放熱材料の開発

研究課題名(英文) Development of metal based heat dissipative materials in solid-liquid co-existent state by SPS

研究代表者

水内 潔 (Mizuuchi, Kiyoshi)

地方独立行政法人大阪市立工業研究所・加工技術研究部・研究主幹

研究者番号：60416344

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：高熱伝導率を有するフィラーを内部に分散した各種金属系放熱材料の開発を行った。成形中のフィラーの損傷を避けるため成形方法として放電プラズマ焼結法(SPS)を用いた。Al/ダイヤモンド、Al/cBN及びAl/SiC複合材料においては、持続型固液共存状態でSPS成形することにより緻密化でき高熱伝導率が得られる。Ag/ダイヤモンド複合材料においては固相率可変型SPS成形により高熱伝導化が可能である。これらAl系及びAg系複合材料はフィラーのバイモーダル化により高熱伝導率を維持したまま低熱膨張化が可能となる。Cu/ダイヤモンド複合材料の高熱伝導化にはBとCrの微量添加が有効であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：To fabricate high-performance thermal management materials with ultra-high thermal conductivities and low CTEs, metal-matrix composites (MMCs) containing high thermal conductive fillers were fabricated. To avoid the damage of filler particle surfaces, spark plasma sintering (SPS) processing was used as a processing technique. Al, Cu and Ag powder were used as matrix materials, and diamond, SiC, and cBN powder were used as filler particles. Various kinds of MMCs, Al/Diamond, Al/cBN, Al/SiC, Cu/Diamond and Ag/Diamond, were fabricated by SPS process. Al-matrix composites were fabricated in solid-liquid co-existent state and thermal conductivity higher than 500 W/mK was obtained. Ag matrix composite could be successfully fabricated by valuable solidus ratio type consolidation. Bimodal filler particle effect was confirmed for these Al matrix and Ag matrix composites. The addition of B and Cr were effective for thermal conductivity enhancement of Cu/Diamond composites.

研究分野：金属基複合材料、粉末冶金、放熱材料、鋳造工学

キーワード：金属基複合材料 放熱材料 粉末冶金 熱伝導 熱膨張係数 ダイヤモンド 放電プラズマ焼結 界面

1. 研究開始当初の背景

LSIの高集積化に伴い、小型電子機器の内部発熱によるLSIチップ自体の誤動作が近年深刻な問題となっている。これは、省電力化しても機器の小型化と高機能化が同時に要求され、機器の単位体積当たりの発熱密度が増すからである。よって、高熱伝導性を有する放熱材料の開発は極めて重要な課題となってきた。我々は、高熱伝導率を得るための新しい粉末成形方法として、固-液共存状態下でのパルス通電焼結法(放電プラズマ焼結法(SPS))を開発した。SPSが、試料に直接パルス通電するため、外部加熱型焼結法と比較して低温(2/3)・短時間(1/10)で粉末の成形が可能でエネルギー効率の高いプロセスであり、飛躍的な材料特性の改善が期待できることは良く知られているが、我々は粉末成形の際に、固相率の高い固-液共存状態を維持させながらSPS成形するという持続型固液共存状態でのSPS成形法や、固相率可変型SPS成形法などのオリジナル技術を開発し、短時間での高密度化と充填粒子/マトリックス界面の密着性の改善に成功した。これら方法により、Al/ダイヤモンド系で552W/mK、Cu/ダイヤモンド系で654W/mK、Ag/ダイヤモンド系で717W/mKという、いずれも熱伝導率の世界最高値を得ることに成功している。本研究では、我々の現時点での達成値をしのぐさらなる高熱伝導率と低熱膨張係数を合わせ持つ金属系放熱材料の創製を遂行し、環境調和型自動車に多用されるSiC基盤など、ますます高度化する電子機器に対応できる、高性能ヒートシンク等を開発する。

2. 研究の目的

我々のオリジナル技術である、持続型固-液共存状態下でのパルス通電焼結法(成形中の材料内での液相部分の時々刻々の位置変化による迅速な高密度化、充填粒子/マトリックス界面の密着性の改善、粉末粒子に損傷を与えにくい低温迅速焼結、外部加熱でなく試料に直接通電する高いエネルギー効率、等の特徴を有する)をメインプロセスとして、高熱伝導率と低熱膨張係数を合わせ持つ金属系放熱材料(窒化物/金属複合材料、カーボン/金属複合材料、炭化物/金属複合材料等)の創製を遂行し、環境調和型自動車(ハイブリッド車、電気自動車等)に多用されるSiC基盤など、ますます高度化する電子機器に対応できる、高性能ヒートシンク等を開発する。

3. 研究の方法

高熱伝導率と低熱膨張係数を合わせ持つCBN/金属系複合材料の開発：CBNを充填剤とし、金属マトリックスとするCBN粒子分散型金属マトリックス複合材料のSPS成形を行い、高熱伝導率と、低熱膨張係数を合わせ持つ金属基放熱材料の開発を行う。

高熱伝導率と低熱膨張係数を合わせ持つCu/ダイヤモンド系複合材料の開発：マトリ

ックス粉末としては、純Cu粉末に加え、固相状態でCuに対し溶解度を有し、Cuに固溶した場合Cuの熱伝導率の低下が少なく、さらに、炭化物生成自由エネルギーの低い第3元素粉末を選択する。充填材としてはダイヤモンド粉末を用い、ダイヤモンド粉末を20~50vol.%含有する上記3種混合粉末を、グラファイトダイセットに充填し、SPS成形する。最適第3元素の選択し、第3元素の最適添加量を求め、高熱伝導率と、低熱膨張係数を合わせ持つCu/ダイヤモンド複合材料を作製する。

高熱伝導性金属基複合材料の低熱膨張化と金属/充填粒/界面構造の解明：これまで、モノモーダルな粒度分布を持つ充填粒子の使用により既に高熱伝導率が得られている、Al/ダイヤモンド系、Al/SiC系、及び、Ag/ダイヤモンド系複合材料において、バイモーダルな粒度分布を有する充填粒子を用い、充填粒子含有率を70%まで増加させ、さらなる熱膨張係数の低減を図る。

4. 研究成果

cBN粒子分散型Al基複合材料を持続型固-液共存状態でSPS成形し、以下のことを明らかにした。(1)加圧力300MPaの条件で成形した場合、Al/cBN複合材料は、cBN粒子体積分率35~45vol.%の範囲において、ほぼ100%の相対密度を示す。(2)Al/cBN複合材料の熱伝導率は、cBN粒子体積分率35~45vol.%の範囲では、粒子体積分率の増加とともに増大し、Al-45vol.%cBN複合材料において、最高の熱伝導率305W/mKが得られた。(5)Al/cBN複合材料の熱膨張係数の実測値はKernerモデルの理論式のUpper Lineをやや上回り、Al/cBN界面の密着性には改善の余地があることが示唆された。また、cBN粒子のバイモーダル化により、以下のことが明らかとなった。(1)バイモーダル複合材料の場合、cBN粒子体積分率60vol.%まで99%以上の相対密度を維持できる。(2)バイモーダル複合材料では、cBN粒子体積分率が60vol.%において最高の熱伝導率325W/mKが得られる。(3)モノモーダル複合材料とバイモーダル複合材料を組み合わせることにより、cBN粒子体積分率40~70vol.%の範囲で、300W/mK以上の熱伝導率を維持できる。

Cu/cBN及びAg/cBN複合材料においては、それぞれマトリックス金属を上回る熱伝導率が得られたもののいずれも500W/mK未満であり、プロセス条件にさらなる改善の余地があることが明らかとなった。

ダイヤモンド粒子分散型Cu基複合材料の熱伝導率の向上には、以下のようにB粉末及びCr粉末の添加が有効であることがわかった。ダイヤモンド粉末と銅(Cu)粉末に、さらにBもしくはCr粉末を加えた3種混合粉末を出発材料として用い、1173Kで600sSPS成形し、以下のことを明らかにした。

(1)第3元素無添加のCu/ダイヤモンド複合材

料の熱伝導率は 152W/mK であったが、B 及び Cr 粉末の添加により Cu/ダイヤモンド複合材料の熱伝導率の大幅な向上が認められ、(Cu-7.2vol%B)-50 vol%ダイヤモンド及び (Cu-4.9vol%Cr)-50 vol%ダイヤモンド複合材料に対して、それぞれ、689W/mK および 584W/mK の熱伝導率が得られた。(2) 曲げ試験の結果、Cu/ダイヤモンド複合材料の界面密着性が B および Cr 添加により改善されることが示唆された。(3) (Cu-B)/ダイヤモンドおよび (Cu-Cr)/ダイヤモンド複合材料の熱膨張係数の実測値は Kerner モデルの理論式の Upper line と一致し、Cu/ダイヤモンド界面接合力が強固であることが示唆された。(4) 上記の結果は、Cu/ダイヤモンド界面における第 3 元素粉末粒子を介した炭化物形成によるものと考えられる。

Al/ダイヤモンド系、Al/SiC 系及び Ag/ダイヤモンド系複合材料に対して、フィラーのバイモーダルな粒度分布が複合材料の熱物性に及ぼす影響を調べた。

持続型固-液共存状態で SPS 成形した Al/ダイヤモンド系複合材料においては、(1) モノモーダル複合材料では、ダイヤモンド粒子体積分率が 50vol.% を越えると相対密度が 99% 以下に低下するが、バイモーダル複合材料の場合、ダイヤモンド粒子体積分率 65vol.% まで 99% 以上の相対密度を維持できる。(2) モノモーダル複合材料では、ダイヤモンド粒子体積分率が 50vol.% において最高の熱伝導率 552W/mK が得られたが、バイモーダル複合材料では、ダイヤモンド粒子体積分率が 65vol.% において最高の熱伝導率 581W/mK が得られた。(3) 熱伝導率に関しては、ダイヤモンドのバイモーダルな粒度分布は、複合材料中のダイヤモンド粒子体積分率が 60vol.% 以上で有効であった。

Al/SiC 複合材料も前述の Al/ダイヤモンド複合材料と同様の方法で作製した。(2) 複合材料中の SiC 粒子体積分率の増大と共に、複合材料の相対密度は減少する傾向がみられるが、モノモーダル複合材料では、SiC 粒子体積分率 65vol.% において相対密度は 95.1% まで低下するのに対し、バイモーダル複合材料の場合、SiC 粒子体積分率 70vol.% においても 97% 以上の相対密度を維持できた。(3) モノモーダル複合材料では、SiC 粒子体積分率が 55vol.% を超えると熱伝導率は急激に減少し、SiC 粒子体積分率が 65vol.% においては熱伝導率は 171W/mK まで低下する。一方、バイモーダル複合材料では、SiC 粒子体積分率が 70vol.% においても 212W/mK の熱伝導率を維持できた。(4) 熱伝導率に関しては、SiC のバイモーダルな粒度分布は、複合材料中の SiC 粒子体積分率が 60vol.% 以上で有効であることが示唆された。(5) Al/SiC 複合材料の熱膨張係数の実測値は Kerner モデルの理論式の Upper line にほぼ一致し、Al/SiC 界面の密着性が良好であることが示唆された。

Ag/ダイヤモンド複合材料については、固

相率可変型 SPS 成形法で作製し、以下の結果を得た。(1) モノモーダル複合材料では、ダイヤモンド粒子体積分率が 55vol.% 以上では、相対密度が 95.5% 以下に低下するが、バイモーダル複合材料の場合、ダイヤモンド粒子体積分率 65vol.% まで 97.4% 以上の相対密度を維持できた。(2) モノモーダルとバイモーダルを使い分けることにより、ダイヤモンド粒子体積分率 40 ~ 65vol.% の範囲において、650W/mK 以上の熱伝導率が維持できる。(3) 熱伝導率に関しては、ダイヤモンドのバイモーダルな粒度分布は、複合材料中のダイヤモンド粒子体積分率が 60vol.% 以上で有効であることが示唆された。(6) 熱膨張係数の実測値は Kerner モデルの理論式の Upper line にほぼ一致し、Ag/ダイヤモンド界面の密着性が良好であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(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 18 件)

Effect of Boron Addition on the Thermal Properties of Diamond Particle Dispersed Cu Matrix Composites Fabricated by SPS: K. MIZUUCHI, K. INOUE, Y. AGARI, M. TANAKA, T. TAKEUCHI, J. TANI, M. KAWAHARA, Y. MAKINO, M. ITO: J. Mater. Sci. Chem. Eng. 査読有、4 (2016) 1-16.

<http://dx.doi.org/10.4236/msce.2016.49001>

Thermal Conductivity of Cubic Boron Nitride (cBN) Particle Dispersed Al Matrix Composites Fabricated by SPS: K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito : Mater. Sci. Forum, 査読有、879 (2016) 2413-2418.

[doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.879.2413](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.879.2413)

Thermal Conductivity of Al/SiC Particulate Composites Produced by Friction Stir Processing: Y. Kimoto, T. Nagaoka, H. Watanabe, M. Fukusumi, K. Mizuuchi, Y. Morisada, H. Fujii: J. Powder Powder Metall. 査読有、63 (2016) 563-567.

Characterization of Interfaces in Diamond/Metal Composites by Raman Scattering Spectroscopy: Y. MAKINO, K. MIZUUCHI, Y. AGARI, M. ITO: J. Jpn. Soc. Powder Powder Metall. 査読有、63 (2016) 479-483.

Bimodal and monomodal SiC particle effect on the thermal properties of SiC particle dispersed Al-matrix composite fabricated by SPS: K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Sugioka, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: J. Metall. Eng. 査読有、5 (2016) 1-12.

[doi: 10.14355/me.2016.05.001](https://doi.org/10.14355/me.2016.05.001)

Bimodal and monomodal diamond particle effect on the thermal properties of diamond-particle-dispersed silver-matrix composite fabricated by SPS : K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Sugioka, M. Tanaka, T.

Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito : J. Metall. Eng. 査読有、4(2015)1-11 .
doi: 10.14355/me.2015.04.001

SPS 成形した銅/ダイヤモンド複合材料の熱伝導率に及ぼす Cr 添加の影響 : 水内 潔, 井上漢龍, 上利泰幸, 杉岡正美, 田中基博, 武内 孝, 谷 淳一, 川原正和, 巻野 勇喜雄, 井藤幹夫: 粉体および粉末冶金 査読有、62 (2015)357-364.

SPS 成形した Al/cBN 複合材料の熱伝導率に及ぼす cBN のバイモーダルな粒度分布の影響: 水内 潔, 井上漢龍, 上利泰幸, 杉岡正美, 田中基博, 武内 孝, 谷 淳一, 川原正和, 巻野 勇喜雄, 井藤幹夫: 粉体および粉末冶金 査読有、62(2015)263-270 .

SPS 成形した銅/ダイヤモンド複合材料の熱伝導率に及ぼすボロン添加の影響: 水内 潔, 井上漢龍, 上利泰幸, 杉岡正美, 田中基博, 武内 孝, 谷 淳一, 川原正和, 巻野 勇喜雄, 井藤幹夫: 粉体および粉末冶金 査読有、62 (2015)27-34 .

SPS 成形した cBN 粒子分散型 Al 基複合材料の熱物性: 水内 潔, 井上漢龍, 上利泰幸, 杉岡正美, 田中基博, 武内 孝, 谷 淳一, 川原正和, 巻野 勇喜雄, 井藤幹夫: 粉体および粉末冶金 査読有、61(2014)549-555.

Bimodal and monomodal diamond particle effect on the thermal properties of diamond particle dispersed Al matrix composite fabricated by SPS: K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Sugioka, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: Microelectronics Reliability, 査読有、54 (2014) 2463-2470 .

<http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2014.04.006>

Bimodal and monomodal diamond particle effect on the thermal conductivity of diamond particle dispersed Al matrix composite produced by SPS: K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Sugioka, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: Mater. Sci. Forum, 査読有、783-786(2014)2462-67. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.783-786.2462

Thermal properties of β -SiC particle dispersed Al matrix composites fabricated in continuous solid liquid co-existent state by SPS: K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: J. Metall. Engineering, 査読有、3 (2014) 59-68. doi: 10.14355/me.2014.0302.01

ダイヤモンド粒子分散型金属系放熱材料の開発: 水内 潔, 田中基博, 上利泰幸: 金属 査読有、86 (2016) 50-60.

アルミニウム系放熱材料の開発の現状:

水内 潔, 田中基博, 上利泰幸: 軽金属 査読有、66 (2016) 543-551.

電磁プロセスを含む新しい粉末成形技術による新機能発現: 水内 潔: 粉体および粉末冶金 62 (2015) 220.

金属/ダイヤモンド系放熱材料の開発動向: 水内 潔: 機械の研究 67 (2015) 932-939

放電プラズマ焼結法による Al 基放熱材料の創成: 水内 潔: 生産と技術, 67 (2015) 5.

[学会発表](計 35 件)

Thermal properties of various kinds of filler particle dispersed metal matrix composites (MMCs) fabricated using SPS process: ○M. TANAKA, K. INOUE, Y. AGARI, T. TAKEUCHI, J. TANI, M. KAWAHARA, Y. MAKINO, M. ITO, K. MIZUUCHI: ISPLASMA2017 3th of March 2017, Chubu University, Kasugai, Nagoya

SPS 成形したダイヤモンド粒子分散銅基複合材料の熱物性に及ぼすボロン添加の影響: 水内 潔, 田中基博, 上利泰幸: 第 4 回 Forum Mackiy、長岡技術科学大学、長岡市、2016 年 12 月 22 日

通電焼結および摩擦焼結により作製された Al/SiC 複合材料の熱伝導率: 木元慶久, 水内 潔: 第 21 回通電焼結研究会 東北大学金属材料研究所、宮城県仙台市、2016 年 12 月 2 日

SPS 成形したダイヤモンド粒子分散銅基複合材料の熱伝導率に及ぼすボロン添加の影響: 水内 潔, 井上漢龍, 上利泰幸, 田中基博, 武内 孝, 谷 淳一, 川原正和, 巻野 勇喜雄, 井藤 幹夫: 日本金属学会 2016 年秋期講演大会、大阪大学、豊中市、2016 年 9 月 23 日

SPS 成形したダイヤモンド粒子分散 Cu 基複合材料の熱伝導率に及ぼすボロン添加の効果: 水内 潔, 井上漢龍, 上利泰幸, 田中基博, 武内 孝, 谷 淳一, 川原正和, 巻野 勇喜雄, 井藤 幹夫: 日本機械学会 2016 年度年次大会、九州大学、福岡市、2016 年 9 月 12 日

Thermal Conductivity of Cubic Boron Nitride (cBN) Particle Dispersed Al Matrix Composites Fabricated by SPS [Invited]: ○K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: Thermec'2016, 2nd of June, Graz University of Technology, Graz, Austria.

放電プラズマ焼結法 (SPS) による各種金属系放熱材料の創成 [特別講演]: 水内 潔: 粉体粉末冶金協会春季講演大会、京都工

芸繊維大学、京都市、2016年5月26日

Effect of Cr addition on the mechanical and thermal properties of Cu/diamond composites fabricated by SPS: ○M. TANAKA, K. INOUE, Y. AGARI, T. TAKEUCHI, J. TANI, M. KAWAHARA, Y. MAKINO, M. ITO, K. MIZUUCHI: ISPLASMA2016 5th of March 2016, Nagoya University, Nagoya

SPS法により作製した傾斜機能材料の状態分析—Al₂O₃/TiとZrO₂(3Y)/SUS410Lの比較—: 巻野勇喜雄、水内 潔、井藤 幹夫: 第20回通電焼結研究会, 東北大学金属材料研究所, 仙台市, 2015年12月3日

SPSにより成形固化したcBN粒子分散型Al基複合材料の熱物性に及ぼすcBNのバイモダルな粒度分布の影響: 水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫: 第20回通電焼結研究会, 東北大学金属材料研究所, 仙台市 2015年12月3日

SPS成形したAl/cBN複合材料の熱物性に及ぼすバイモダルな粒度分布の影響: 水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫: M&P2015 広島大学東広島キャンパス(東広島市) 2015年11月14日

放電プラズマ焼結法を用いたプラスチック/Al合金ハイブリッド高熱伝導材料の作製: 魚谷 和馬、岡田 哲周、門多 文治、平野 寛、水内 潔: 粉体粉末冶金 2015年秋季講演大会、京都大学、京都市 2015年11月11日

Thermal Conductivity of Al/SiC Particulate Composites Produced by Friction Stir Processing: ○Y. Kimoto, T. Nagaoka, H. Watanabe, M. Fukusumi, K. Mizuuchi, Y. Morisada, H. Fujii: APMA2015, Kyoto University (Kyoto City), 9th of November, 2015

Characterization of Interfaces in Diamond/Metal Composites by Raman Scattering Spectroscopy: Y. Makino, K. Mizuuchi, Y. Agari, M. Ito: APMA2015, Kyoto University (Kyoto City), 9th of November, 2015

Bimodal and monomodal SiC particle effect on the thermal properties of SiC particle dispersed Al matrix composite fabricated by SPS: ○K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: APMA2015, Kyoto University (Kyoto City), 9th of November, 2015

SPS成形したAl/cBN複合材料の熱物性: 水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫: 日本機械学会 2015年度年次大会 北海道大学、札幌市、2015年9月

14日

放電プラズマ焼結法による金属系放熱材料の開発: 水内 潔、上利 泰幸、杉岡正美、田中基博、武内 孝、谷 淳一、井上漢龍、川原正和、巻野 勇喜雄、井藤幹夫: 第3回 Forum MACKIY 講演会 長岡技術科学大学、長岡市、2015年7月17日

Processing of diamond particle dispersed aluminum matrix composites in continuous solid-liquid co-existent state by SPS and their thermal properties: K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: 11th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (11th CMCEE), Hyatt Regency Hotel, Vancouver, BC CANADA 16th of June 2015.

Preparation and Evaluation of Highly Thermal Conductive Polymer Composite: ○Y. Agari, H. Hirano, J. Kadota, A. Okada, K. Mizuuchi: 19th Symposium on Thermophysical Properties, University of Colorado, Boulder, CO USA, 24th of June 2015.

ラマン分光法による高熱伝導性ダイヤモンド/Ag複合体の界面状態の解析: 巻野 勇喜雄、水内 潔、上利 泰幸、井藤 幹夫: 粉体粉末冶金 2015年春季講演大会 早稲田大学国際会議場、東京都、2015年5月28日

⑲ SPS成形したAl/cBN複合材料の熱伝導率に及ぼすcBNのバイモダルな粒度分布の影響: 水内 潔、井上漢龍、上利 泰幸、杉岡正美、田中基博、武内 孝、谷 淳一、川原正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫: 粉体粉末冶金 2015年春季講演大会 早稲田大学国際会議場、東京都、2015年5月27日

⑳ 共連続構造を有するアルミ/PPSハイブリッド高熱伝導材料の作製とその特性: 魚谷和馬、上利 泰幸、水内 潔、平野 寛、門多文治、岡田哲周: 高分子学会 2015年年次大会 札幌コンベンションセンター、札幌市、2015年5月27日

㉑ Effect of boron addition on the mechanical and thermal properties of Cu/diamond composites fabricated by SPS: M. TANAKA, K. INOUE, Y. AGARI, M. SUGIOKA, T. TAKEUCHI, J. TANI, M. KAWAHARA, Y. MAKINO, M. ITO, K. MIZUUCHI: ISPLASMA2015 28th of March 2015, Nagoya University, Nagoya

㉒ ラマン分光法による高熱伝導性ダイヤモンド/金属複合体の界面状態解析: 巻野 勇喜雄、水内 潔、上利 泰幸、井藤 幹夫: 第19回通電焼結研究会, 東北大学金属材料研究所, 仙台市、2014年12月5日

㉓ SPS成形したAl/cBN複合材料の熱物性:

水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、杉岡 正美、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫：第 19 回通電焼結研究会，東北大学金属材料研究所，仙台市、2014 年 12 月 4 日

②⑥ ラマン散乱分光による高熱伝導性ダイヤモンド/AI 複合体の界面状態観察：巻野 勇喜雄、水内 潔、上利 泰幸、井藤 幹夫：粉体粉末冶金協会 2014 年度秋季講演大会，大阪大学コンベンションセンター、吹田市、2014 年 10 月 30 日

②⑦ SPS 成形した Cu/ダイヤモンド複合材料の熱伝導率に及ぼすボロン添加の影響：水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、杉岡 正美、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫：粉体粉末冶金協会 2014 年度秋季講演大会，大阪大学コンベンションセンター、吹田市、2014 年 10 月 30 日

②⑧ SPS 成形した Al/cBN 複合材料の熱物性：水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、杉岡 正美、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫：粉体粉末冶金協会 2014 年度秋季講演大会，大阪大学コンベンションセンター、吹田市、2014 年 10 月 30 日

②⑨ 放電プラズマ焼結法 (SPS) による機能材料の創成：水内 潔：第 5 回先端複合材料研究センターコロキウム，同志社大学先端複合材料研究センター、京田辺市、2014 年 10 月 25 日

③⑩ 放電プラズマ焼結法による Al 基放熱材料の創成：水内 潔：チャレンジ大阪 5 大阪商工会議所、大阪市、2014 年 9 月 25 日

③⑪ SPS 成形した Ag/ダイヤモンド複合材料の熱物性に及ぼすダイヤモンドのバイモーダルな粒度分布の影響：水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、杉岡 正美、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫：日本機械学会 2014 年度年次大会 東京電機大学、東京都、2014 年 9 月 8 日

③⑫ PROCESSING OF AL/DIAMOND COMPOSITES IN SOLID-LIQUID CO-EXISTENT STATE BY SPS AND THEIR THERMAL CONDUCTIVITY : K. Mizuuchi, K. Inoue, Y. Agari, M. Sugioka, M. Tanaka, T. Takeuchi, J. Tani, M. Kawahara, Y. Makino, M. Ito: 22th International Conference on Composite / Nano Engineering (ICCE22), Golden Tulip Hotel, Valetta, Malta, 13rd - 19th July, 2014

③⑬ 放電プラズマ焼結法による Al 基放熱材料の創成：水内 潔：軽金属学会第 21 回 課題研究成果発表会 スイスホテル南海 大阪市、2014 年 6 月 12 日

③⑭ SPS 成形した Ag/ダイヤモンド複合材料の熱物性に及ぼすダイヤモンドのバイモーダルな粒度分布の影響：水内 潔、井上 漢龍、上利 泰幸、杉岡 正美、田中 基博、武内 孝、谷 淳一、川原 正和、巻野 勇喜雄、井藤 幹夫：粉体粉末冶金協会 2014 年度春期講演大会 早稲田大学 (東京都)、2014 年 6 月 3 日

③⑮ 金属積層構造材料の SPS 合成：水内 潔：第 2 回フォーラムマッキ，島根県産業技術センター 松江市、2014 年 5 月 30 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水内 潔 (MIZUUCHI, Kiyoshi)
地方独立行政法人大阪市立工業研究所・加工技術研究部・研究部長
研究者番号：60416344

(2) 研究分担者

井藤 幹夫 (ITO, Mikio)
大阪大学・工学研究科・准教授
研究者番号：00294033

上利 泰幸 (AGARI, Yasuyuki)
地方独立行政法人大阪市立工業研究所・加工技術研究部・研究フェロー
研究者番号：70416288

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

井上漢龍 (INOUE, Kanryu)