

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	高品質立方晶窒化ホウ素が拓く高温高出力エレクトロニクス
研究機関・ 部局・職名	九州大学・総合理工学研究院・准教授
氏名	堤井 君元

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	128,000,000	128,000,000	0	128,000,000	128,000,000	0	0
間接経費	38,400,000	38,400,000	0	38,400,000	38,400,000	0	0
合計	166,400,000	166,400,000	0	166,400,000	166,400,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	27,300	5,866,285	19,329,441	98,412,977	123,636,003
旅費	0	54,980	215,000	1,513,915	1,783,895
謝金・人件費等	0	0	623,496	1,046,758	1,670,254
その他	0	50,000	451,835	408,013	909,848
直接経費計	27,300	5,971,265	20,619,772	101,381,663	128,000,000
間接経費計	30,000	736,058	2,008,218	35,625,724	38,400,000
合計	57,300	6,707,323	22,627,990	137,007,387	166,400,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
磁気軸受形複合分子ポンプ	(株)大阪真空 機器製作所	1	3,367,875	3,367,875	2012/3/26	九州大学
2450MHz/6000マイクロ波電源 (プラズマ用)	(株)ニッシン	1	1,837,500	1,837,500	2012/3/30	九州大学
粒子径・ゼータ電位・分子量測定装置	英国マルバーン社製 ゼータサイザー NanoZS90	1	5,596,500	5,596,500	2012/12/14	九州大学
超高真空チャンバー	VTC-350M	1	1,203,300	1,203,300	2013/2/26	九州大学
HiCube80Eco 小型ポンピングステーション		1	987,000	987,000	2013/3/18	九州大学
コントロールゲートバルブ DN160(6")	64244-CE52-0001	1	716,205	716,205	2013/3/1	九州大学
2450MHz 表面波プラズマ源	株式会社ニッシン製	1	2,152,500	2,152,500	2013/3/18	九州大学
TG70F排気システム	STC70FR013	1	745,500	745,500	2013/4/17	九州大学
光ファイバー放射温度計	IS50-Si-LO/MB13	1	882,000	882,000	2013/5/2	九州大学
マイクロ波プラズマCVD装置		1	19,950,000	19,950,000	2013/4/24	九州大学

様式20

HO-VHT/S型高温加熱制御システム	株式会社東陽 テクニカ製	1	4,116,000	4,116,000	2013/4/30	九州大学
磁気軸受形複合分子ポンプ TG900M	株式会社大阪 真空機器製作 所製	1	2,317,266	2,317,266	2013/5/27	九州大学
0.5T 電磁石セット 5403/G	株式会社東陽 テクニカ製	1	2,998,800	2,998,800	2013/6/24	九州大学
比抵抗/ホール測定システム	株式会社東陽 テクニカ製 8400AC/MAC	1	11,970,000	11,970,000	2013/7/31	九州大学
パルス電源 PVP- 2KV200A10KW 特殊	株式会社栗田 製作所製	1	4,641,000	4,641,000	2013/9/30	九州大学
スパッタリング装置	アルバック九州株 製 QPS- 3000-C1	1	11,991,000	11,991,000	2013/11/28	九州大学
多目的真空プローバ高温度型	MJ-10H-K 株 式会社メジャー ジグ製	1	3,365,250	3,365,250	2013/11/5	九州大学
多機能材料評価X線回折装置	独国Bruker AXS GmbH社 製 D8 DISCOVER/KS	1	19,425,000	19,425,000	2014/1/9	九州大学
ダクトレスヒュームフート	OM391S	1	724,500	724,500	2014/3/6	九州大学
高真空用赤外線導入加熱装 置(GV198)		1	1,157,100	1,157,100	2014/3/31	九州大学
フーリエ変換赤外分光分析装 置	米国パーキン エルマー社製 Spectrum Two	1	1,701,000	1,701,000	2014/3/6	九州大学
磁気軸受形複合分子ポンプ	TG900MCAC 株式会社大阪 真空機器製作 所製	1	2,317,266	2,317,266	2014/3/17	九州大学

5. 研究成果の概要

本研究では、(1)p型立方晶窒化ホウ素(cBN)膜を用いたヘテロ構造pnダイオードの動作原理を解明し、整流性を高めることに成功した。(2)ドーピング法の開発によって、cBN膜の電気伝導率を幅広く制御することに成功した。(3)単結晶異種基板上でのcBNエピタキシャル成長に成功した。これらの成果は、従来よりも低損失、高出力、かつ高温での動作を可能とする次々世代cBN電子素子の開発に不可欠である。cBN電子素子の開発によって、従来よりも高性能な自動車、家電、携帯端末などの電子機器を実現できれば、生活の利便性向上、CO2排出量抑制、安全・安心な社会構築に貢献できる。

課題番号	GR080
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	高品質立方晶窒化ホウ素が拓く高温高出力エレクトロニクス
	Development of high-temperature and high-power electronic devices by using high-quality cubic boron nitride
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	九州大学・総合理工学研究院・准教授
	Kyushu University, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Associate Professor
氏名 (下段英語表記)	堤井 君元
	Kungen Teii

### 研究成果の概要

(和文): 次世代ワイドバンドギャップ半導体材料として期待される立方晶窒化ホウ素(cBN)の高品質化と電子素子応用を推し進め、cBN膜を用いたpnヘテロ接合ダイオードの高性能化、cBN膜へのドーピング、cBN膜のヘテロエピタキシャル成長等に成功した。これらの成果は、cBN電子素子開発のための基盤技術の構築に不可欠である。理想的なcBN電子素子は高出力・低損失なうえ、高温大気中でも動作可能であり、電子機器の小型化も図れる。ゆえに日常の利便性向上に加え、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出抑制などにより、グリーン・イノベーションに大きく貢献できる。

(英文): The author has tried to improve the quality of cubic boron nitride (cBN), the next generation wide band-gap semiconductor material, and apply it for electronic devices. The author succeeded in improving the performance of pn heterojunction diodes using cBN films, doping of cBN films, and heteroepitaxial growth of cBN films. The above results are essential to establish fundamental technology for development of cBN devices. cBN devices are ideally operable at high power, low loss, and high temperatures even in air and make the size of devices smaller. Therefore they improve one's daily convenience and contribute greatly to green innovation by saving energy and suppressing CO<sub>2</sub> emission.

1. 執行金額 166,400,000 円  
(うち、直接経費 128,000,000 円、間接経費 38,400,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

### 3. 研究目的

現行の電子素子にはシリコン (Si) 半導体を用いられている。しかし Si 素子の電力損失は大きい。200 °C 超の高温環境では動作できない。そのため電力需要の増加や、乗り物、情報通信機器等の高度化に対応しきれない。ゆえに炭化ケイ素 (SiC)、ダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体を用いた低損失、高出力、かつ高温動作可能な次世代電子素子の研究開発が進められている。

本研究では、最大のバンドギャップ (6.3 eV) をもち、SiC とダイヤモンドを凌駕する潜在的諸物性を有する立方晶窒化ホウ素 (cBN) を用いた次世代電子素子の開発研究に取り組んだ。一般に cBN 膜は、強いイオン照射 (~50 eV 以上) を基板表面に加えるスパッタリング法、イオンプレーティング法、プラズマ化学気相蒸着法などの各種プラズマ蒸着法によって形成可能である。しかし強いイオン照射の悪影響のため、得られた膜の密着性が悪いうえ (剥離しやすい)、結晶性が悪く (結晶粒径が小さい)、cBN の優れた潜在的諸物性を利用することは困難であった。

本事業では、現状で最高品質の cBN 膜が得られる独自のプラズマ蒸着法を基にして、cBN 膜の高品質化と cBN 電子素子の高性能化に挑戦し、世界初の高温大気中でも動作可能な、高出力素子開発のための基盤技術を確立することを目的とした。本事業では、以下の I ~ III の研究テーマに取り組んだ。

#### I. 多結晶 cBN ダイオードの高性能化

p 型 cBN 膜/n 型ヘテロ基板からなる pn 接合ダイオードを作製し、室温～高温での動作原理解明と、性能向上を図る。高い整流比と、低い逆方向リーク電流の達成を目指す。また、cBN 膜の電気絶縁特性についても明らかにする。

#### II. ドーピング手法の確立

ドーピング手法を開発する。特に実用的伝導特性を有する p 型 cBN 膜の形成に注力し、室温で高い伝導率の達成を目指す。

#### III. 高品位膜の形成とエピタキシー

cBN と格子整合しやすい単結晶基板上で、cBN 膜の高品位化およびエピタキシーに挑戦し、単結晶膜実現のためのプロセス指針の確立を目指す。

### 4. 研究計画・方法

本事業では、以下（１）～（４）に関する研究を行った

**(1) 高密度プラズマ CVD 装置の製作・起動**

新たに低圧および中気圧で動作可能な高密度プラズマ CVD 装置を製作・起動した。入射イオン/ボロンフラックス比を高め、低エネルギーイオン照射下で膜質向上を図った。側面には残留ガス分析器、底面には赤外加熱機構付き基板ホルダーを設置した。既存の旧装置での膜堆積条件を基に、新装置での高品質 cBN 膜形成条件の確立を目指した。

**(2) 多結晶 cBN ダイオードの高性能化**

旧/新プラズマ CVD 装置で得られる高品質 cBN 膜を用いて、p 型 cBN 膜/n 型ヘテロ基板からなる pn 接合ダイオードを形成し、室温～高温での電流-電圧特性から動作原理の解明を行った。また界面に抵抗性中間層を導入・制御することによって、動作性能向上を図った。

**(3) ドーピング手法の確立**

p 型ドーパントとして、原子半径が比較的小さい不純物元素を選択し、cBN 膜へ添加した。高抵抗基板上に膜を形成し、膜の伝導率の温度依存性から、電気伝導特性を調べた。また各種分光法により、膜の組成、構造、電子状態等を調べた。実用的伝導特性が得られる p 型ドーピング手法を基に、上記（２）と同様に pn 接合ダイオードを作製し、動作原理解明と性能向上を図った。さらに n 型ドーピングも試みた。

**(4) 高品位膜の形成とエピタキシー**

cBN と格子整合しやすい単結晶基板上で膜を形成した。基板の清浄性を向上させるため、前処理として真空とガス中での高温アニール等を施した。また二次核生成を抑制し、平坦なステップ成長を促進するために、原料ガス濃度や基板へのイオン衝撃エネルギーを制御した。

**4. 研究成果・波及効果**

**I. 多結晶 cBN ダイオードの高性能化**

cBN 膜は窒素の脱離等により本質的に p 型伝導性を示すことを利用し、p 型 cBN 膜/n 型 Si（或いは SiC）基板ヘテロ接合ダイオードを形成した。単結晶膜と異なり、多結晶膜では結晶粒界の欠陥準位に起因する少数キャリアによる逆方向リーク電流がダイオード性能の劣化を生ずる。図 1 に室温～300℃における p-cBN/sp<sup>2</sup>BN/n-Si 接合の電流-電圧特性を示す。界面に sp<sup>2</sup>結合の抵抗性中間層を導入することで、低いリーク電流と高い整流比を世界で初めて成功し、目的とした高性能化を達成した。

表面分析の結果に基づき n-Si/sp<sup>2</sup>BN/p-cBN 接合のエネルギーバンド構造を推定した。

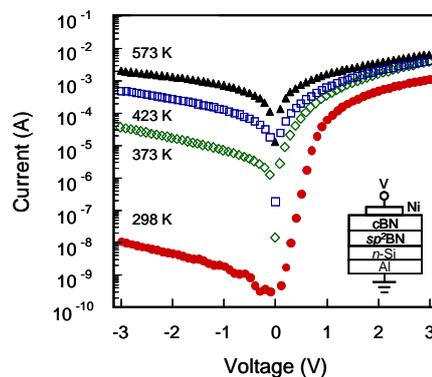


図 1 p-cBN/sp<sup>2</sup>BN/n-Si 接合の電流-電圧特性

順方向電流は価電子帯における多数キャリアの輸送が律速するのに対し、逆方向電流はフェルミ準位付近の中間欠陥準位における少数キャリアの輸送が律速することを示し、抵抗性中間層導入によるリーク電流抑制機構を明らかにした。

## II. ドーピング手法の確立

不純物添加条件の制御により、cBN 膜中の不純物濃度を広範囲で制御できることが分かった。膜中の不純物濃度が増加するにつれ、膜の伝導率は指数関数的に増加し、広範囲で制御可能なことが分かった。その際、不純物  $sp^2$ BN 相の生成が促進され、cBN 相純度が相対的に低下する傾向が見られた。不純物濃度が高い場合に、目的とした高い伝導率を達成した。室温～300°Cで膜の電流-電圧特性から算出したキャリアの活性化エネルギーは予想よりも低いことが分かった。膜中の不純物濃度が増し、膜の伝導率が増加すると活性化エネルギーが低下して半金属的性質を示した。ゆえに少なくとも高伝導領域では欠陥の多い結晶粒界へのドーピングが支配的であることが示唆される。

膜の伝導率を制御した p 型 cBN 膜/n 型基板ヘテロ接合ダイオードは、低いリーク電流と高い整流比を示した。すなわち p、n 型伝導性の制御と最適化に基づく、高性能ダイオードのプロセス指針を見出した。

## III. 高品位膜の形成とエピタキシー

新装置を用いて成膜条件を最適化した結果、Si 基板上に  $\mu\text{m}$  オーダーの結晶粒径をもち、従来よりも表面 cBN 相純度が高い高品位 cBN 膜が形成可能になった。これら高品位 cBN 膜が、従来よりも優れた電界電子放出特性や基材密着性を示すことも見出した。

これらの成膜条件を基に、cBN と格子整合しやすい、いくつかの単結晶異種基板上で、基板バイアス電圧、基板温度、原料ガス流量等を精密制御しながら成膜を行った。Si 基板の場合に見出された良好な成膜条件を用いると、膜-基板間の格子ミスマッチの低減により、得られた cBN 膜の相純度は増加したが、無配向成長が支配的であった。成膜装置に改良を加え、イオン衝撃をより効果的に印加した結果、得られた cBN 膜の相純度はさらに増加し、目的とした基板の方位に従うエピタキシャル成長を達成した。すなわちイオン衝撃の制御と最適化に基づく、高品位単結晶膜のプロセス指針を見出した。

本事業により達成した cBN 膜の高品質化と cBN 電子素子の高性能化は、高温高出力素子開発のための基盤技術の構築に大きく寄与するものである。理想的な cBN 電子素子は高出力・低損失なうえ、高温大気中でも動作可能であり、電子機器の小型化も図れる。ゆえに日常の利便性向上に加え、省エネルギー、CO<sub>2</sub> 排出抑制などにより、グリーン・イノベーションに大きく貢献できる。また高品位 cBN 膜は、電子素子以外にも、高効率電子源、超硬コーティング等として優れた性能を発揮することも見出している。ゆえに、真空マイクロエレクトロニクス、機械加工工具・マイクロマシーン等の関連研究分野への学術的かつ技術的寄与も大きい。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 11 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 4 件                  K. Teii and S. Matsumoto, "Low Threshold Field Emission from High-Quality Cubic Boron Nitride Films", Journal of Applied Physics Vol. 111, 093728 (2012).                  ISSN 0021-8979, <a href="http://jap.aip.org/resource/1/japiau/v111/i9/p093728_s1">http://jap.aip.org/resource/1/japiau/v111/i9/p093728_s1</a>                  K. Teii and S. Matsumoto, "Direct Deposition of Cubic Boron Nitride Films on Tungsten Carbide-Cobalt", ACS Applied Materials &amp; Interfaces Vol. 4, pp. 5249-5255 (2012).                  ISSN 1944-8244, <a href="http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am301133d">http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am301133d</a>                  K. Teii, T. Hori, Y. Mizusako, S. Matsumoto, "Origin of Rectification in Boron Nitride Heterojunctions to Silicon", ACS Applied Materials &amp; Interfaces Vol. 5, pp. 2535-2359 (2013).                  ISSN 1944-8244, <a href="http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am3031129">http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am3031129</a>                  J. H.C. Yang, S. Kawakami, K. Teii, S. Matsumoto, "Enhanced Wettability of Cubic Boron Nitride Films by Plasma Treatment", Materials Science Forum Vol. 783-786, pp. 2051-2055 (2014).                  ISSN: 1662-9752, <a href="http://www.scientific.net/MSF.783-786.2051">http://www.scientific.net/MSF.783-786.2051</a></p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 7 件                  堤井 君元, 中隈 俊就, 松本 精一郎, "立方晶窒化ホウ素膜のプラズマ合成と電界放出特性", 電気学会プラズマパルスパワー合同研究会資料, PST-11-081/PPT-11/082, pp. 51-53 (2011).                  K. Teii, "Plasma Deposition and Electrical Characterization of Wide-Gap Materials for High-Temperature Condition (招待講演)", Proceedings of 7th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology, CD-ROM, Invited Speech No. 16 (2012).                  J. H. C. Yang, S. Kawakami, K. Teii, "Enhanced Wettability of Nanocrystalline Diamond and Boron Nitride Films for Biocoating Applications", Proceedings of 7th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology, CD-ROM, Y-11 (2012).                  S. Kawamoto, N. Katayama, K. Teii, S. Matsumoto, "Plasma Deposition and Electronic Applications of Nanostructured Wide-Gap Materials", Proceedings of 30th Symposium on Plasma Processing, CD-ROM, pp. 229-230 (2013).                  堤井 君元, "立方晶ホウ素膜のプラズマ CVD 合成と電気電子応用 (依頼講演)", 第 80 回表面科学研究会資料, pp. 15-16 (2014).                  K. Teii, S. Kawamoto, H. Ito, S. Matsumoto, "Structure and Electrical Properties of Wide-Gap Boron Nitride Films", Proceedings of 9th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices, CD-ROM, 03P63 (2013).                  平松 美根男, 金 載浩, 渡邊 賢司, 谷口 尚, 吾郷 浩樹, 野瀬 健二, 光田 好考, 加藤 喜峰, 堤井 君元, "ダイヤモンドおよびグラフェン関連物質のプラズマプロセスと先進応用", 電気学会研究会資料, PST-13-129, pp. 21-26 (2013).</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 14 件</p>	<p>専門家向け 計 13 件                  K. Teii and S. Matsumoto, "Synthesis and Electrical Properties of Cubic Boron Nitride Films by Low-Energy Ion-Assisted Deposition", 5th International Conference on New Diamond and Nano Carbons, Matsue, 平成 23 年 5 月 18 日                  堤井 君元, 中隈 俊就, 松本 精一郎, "立方晶窒化ホウ素膜のプラズマ合成と電界放出特性", 電気学会プラズマパルスパワー合同研究会, 神奈川, 平成 23 年 12 月 15 日                  K. Teii, "Plasma Deposition and Electrical Characterization of Wide-Gap Materials for High-Temperature Condition (招待講演)", 7th Asia-Pacific International Symposium on the</p>

	<p>Basics and Applications of Plasma Technology, Taipei, Taiwan, 平成24年4月14－16日, Taipei Medical University and Chinese Institute of Plasma Technology.</p> <p>J. H. C. Yang, S. Kawakami, K. Teii, "Enhanced Wettability of Nanocrystalline Diamond and Boron Nitride Films for Biocoating Applications", 7th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology, Taipei, Taiwan, 平成24年4月14－16日, Taipei Medical University and Chinese Institute of Plasma Technology.</p> <p>K. Teii, J. H.C. Yang, S. Matsumoto, "Plasma Deposition and Applications of Cubic Boron Nitride Films (招待講演)", International Union of Materials Research Society-International Conference on Electronic Materials 2012, Yokohama, Japan, 平成24年9月23－28日, 日本 Materials Research Society.</p> <p>S. Kawamoto, N. Katayama, K. Teii, S. Matsumoto, "Plasma Deposition and Electronic Applications of Nanostructured Wide-Gap Materials", 30th Symposium on Plasma Processing, Hamamatsu, Japan, 平成25年1月21－23日, 応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会.</p> <p>K. Teii, S. Kawamoto, H. Ito, S. Matsumoto, "Electron Emission Properties of Boron Nitride Layered Films on Silicon", 24th International Conference on Diamond and Carbon Materials, Riva del Garda, Italy, 平成25年9月2日, Elsevier.</p> <p>K. Teii, "Development of Next Generation Wide Band-Gap Materials for High Temperature Electronics (依頼講演)", 15th Cross Straits Symposium on Energy and Environmental Science and Technology, Shanghai, China, 平成25年11月25日, Pusan National University, Kyushu University, Shanghai Jiao Tung University.</p> <p>K. Teii, S. Kawamoto, H. Ito, S. Matsumoto, "Structure and Electrical Properties of Wide-Gap Boron Nitride Films", 9th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices, Hawaii, USA, 平成25年12月3日, The 141st Committee on Microbeams Analysis, Japan Society for the Promotion of Science.</p> <p>K. Teii, J. H.C. Yang, S. Matsumoto, S. Matsumoto, "Electron Field Emission from Semiconducting Carbon Nanowalls and Boron Nitride Films (招待講演)", 8th International Conference on Processing &amp; Manufacturing of Advanced Materials, Las Vegas, USA, 平成25年12月3日, The Minerals, Metals, Materials Society, USA.</p> <p>J. H.C. Yang, S. Kawakami, K. Teii, S. Matsumoto, "Enhanced Wettability of Cubic Boron Nitride Films by Plasma Treatment", 8th International Conference on Processing &amp; Manufacturing of Advanced Materials, Las Vegas, USA, 平成25年12月3日, The Minerals, Metals, Materials Society, USA.</p> <p>K. Teii, S. Matsumoto, "Plasma Deposition and Electrical Applications of High-Quality Cubic Boron Nitride Films (招待講演)", 8th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology, Hsinchu, Taiwan, 平成25年12月22日, National Chiao Tung University.</p> <p>堤井 君元, "立方晶ホウ素膜のプラズマ CVD 合成と電気電子応用 (依頼講演)", 第80回表面科学研究会「窒化ホウ素:電子デバイス材料としての課題と展望」, 横浜, 日本, 平成26年1月30日, 日本表面科学会.</p> <p>一般向け 計1件</p> <p>K. Teii, "Plasma Deposition of Wide-Gap Materials for High-Temperature Condition (INVITED)", 14th International Workshop of Advanced Plasma Processing and Diagnostics/2nd Workshop for NU- SKKU Joint Institute for Plasma-Nano Materials, Fukuoka, 平成24年1月8日</p>
<p>図書</p> <p>計0件</p>	

様式21

<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>特色ある研究の取り組み 最先端・次世代研究支援開発プログラム(九州大学ホームページ内) <a href="http://www.kyushu-u.ac.jp/research/topic/front.php">http://www.kyushu-u.ac.jp/research/topic/front.php</a></p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>堤井 君元, ”高品質立方晶窒化ホウ素が拓く高温高出力エレクトロニクス”, 平成23年度 九州大学「最先端・次世代研究開発支援プログラム研究発表会」, アクロス福岡, 平成24年2月28日, 一般市民 80名, 本プログラムによる研究成果等を基にポスター展示を行い、参加者達と質疑応答を通して科学・技術対話を実施。</p> <p>堤井 君元, ”新しいワイドギャップ材料が拓く次世代技術”, 平成24年度 九州大学大学院総合理工学府 公開講座「我が国の未来産業を牽引する新材料、新機能」, 九州大学筑紫地区, 平成24年8月25日, 一般市民 60名, 本プログラムによる研究成果等を基に講演を行い、参加者達と質疑応答を通して科学・技術対話を実施。</p> <p>堤井 君元, ”新しい立方晶窒化ホウ素が可能にする高性能デバイスおよびコーティング”, 九州大学高等研究院 若手研究者交流セミナー「グリーン・イノベーション」, 九州大学筑紫地区, 平成25年1月21日, 一般市民 25名, 本プログラムによる研究成果等を基に講演を行い、参加者達と質疑応答を通して科学・技術対話を実施。</p> <p>堤井 君元, “高品質立方晶窒化ホウ素が拓く高温高出力エレクトロニクス”, FIRST シンポジウム「科学技術が拓く2030年」, ベルサール新宿グランド, 日本, 平成26年3月1日, FIRST プログラム公開活動実行委員会, 一般市民数百名, 本プログラムによる研究成果等を基にポスター展示を行い、参加者達と質疑応答を通して科学・技術対話を実施</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載</p> <p>計0件</p>	
<p>その他</p>	

7. その他特記事項