

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20360147

研究課題名（和文） 低電力損失ダイヤモンドパワーダイオードに関する研究

研究課題名（英文） Study on low energy-loss diamond power diodes

研究代表者

寺地徳之（TERAJI TOKUYUKI）

独立行政法人物質・材料研究機構・センサ材料センター・主任研究員

研究者番号：50332747

研究成果の概要（和文）：ダイヤモンドショットキーダイオード（SBD）に関して、その漏れ電流を増加させる要因を調べた。その結果、漏れ電流を引き起こす要因には複数あり、ダイヤモンドの物性に起因する本質的要因、SBD のデバイス構造に起因する構造的要因、ダイヤモンド結晶欠陥に起因する要因等に分けられる事を明らかにした。特に、漏れ電流とショットキー障壁高さに強い相関関係が見られる事を見出し、これは低いショットキー障壁高さが局所的に形成された結果である事を示した。表面終端を利用したダイヤモンド SBD 構造とダイヤモンドが持つ低い誘電率というダイヤモンド SBD 特有の事象が重なった結果であると結論した。結晶欠陥に関しては、非破壊評価法によるキラ欠陥同定手法を提案した。ダイヤモンド SBD の熱的耐性については、界面形成後も存在するダイヤモンド終端酸素の熱脱離に起因する事を示した。

研究成果の概要（英文）：Origin of inducing the leakage current of diamond Schottky diodes (SBDs) were investigated. It was found that there are several factors of leakage current increase, which are categorized into the essential factor coming from the solid-state properties of diamond, device structural factors of diamond SBDs, and the extrinsic factors of crystalline defects of diamond. Among those, strong correlation between the leakage current level and the Schottky barrier height was observed, that is due to the formation of the localized low Schottky barrier height. This feature is essential problem of diamond because the diamond SBD utilizes surface termination properties and diamond has low dielectric constant. As for the effect of crystalline defects, we proposed the non-destructive detection method of the killer defects of diamond SBDs. Thermal stability of diamond SBDs was found to occur by the desorption of the interface oxygen.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2009年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

キーワード：ダイヤモンド、ショットキーダイオード、高耐圧、表面終端、界面輸送特性、オーミック電極

## 1. 研究開始当初の背景

ダイヤモンドはシリコンの 30 倍、SiC の 3 倍という高い絶縁破壊電界を持つことから、素子の小型化と損失低減に適しており、次世代パワーデバイス用材料と期待されている。そのため、ダイヤモンドを用いた高耐圧素子の実証研究が現在、精力的に行われている。とりわけ、ショットキーダイオード (SBD) は基本的な素子構造であることから、耐圧を実証する上で広く用いられている。最近の 5 年間にダイヤモンド SBD の逆方向耐圧に関する報告が多くなされた。その内容を総括すると、実験的に観測される逆方向耐圧は、ダイヤモンドの物性から予想される値の 1/3 以下とかなり小さく、漏れ電流は異常に大きくなる場合が多いという事であった。したがって、逆方向特性を劣化させる要因を抑制する事が急務であった。

X 線回折を用いた欠陥分布評価からは、ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜中に数種の結晶欠陥が観測されており、薄膜成長により新たに生じる欠陥も観測された。これらが漏れ電流に影響を及ぼしていると考えられていたが、明確な指針はこれまでのところ得られていなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、ダイヤモンド SBD が直面している逆方向特性の劣化機構について、基礎的な観点から検討を行う。特に、漏れ電流を増大させる機構を明確にし、その解決法を提案する事を、本課題の主たる目的として実施した。

## 3. 研究の方法

デバイス特性の劣化機構を検討する上で、初歩的な外因的要因を極力除去した、理想性の高いダイヤモンド SBD ショットキーダイオードの利用が不可欠である。そのために、結晶性がデバイスグレードであり、且つ空乏層を十分に広げられる厚膜の単結晶ダイヤモンドを用い、ショットキー障壁高さが高い SBD を形成する必要がある。

ダイヤモンド結晶の膜厚成長に関しては、研究代表者らが世界に先駆けて高密度プラズマを用いる事で実証してきた経緯がある。この手法により、5 $\mu\text{m}$  以上の膜厚であり、かつ結晶品質がデバイスグレードの p 型ダイヤモンド薄膜の合成が可能である。この合成法を適用し、更に漏れ電流を小さくするためにホウ素濃度を下げた、高品質・厚膜 p 型ダイヤモンド結晶を合成して、本研究に用いた。また、ショットキー障壁高さに関しては、電極間でのショットキー障壁高さの再現性を高める事と併せて実施した。従来の液相中での表面酸化に変わり、研究代表者が最近、新

たに考案した気相での表面酸化法を適用する事で、ダイヤモンド表面汚染や終端状態の不均一を低減し、再現性を高めた。このように、研究代表者が持つダイヤモンドデバイス作製プロセスに関する先端技術を最大限に活用する事で、漏れ電流の少ないダイヤモンド SBD を作製し、それらの逆方向特性を詳細に調べる事で、ダイヤモンド SBD の耐圧特性や漏れ電流を増加させる本質的要因について検討した。ダイヤモンド SBD 構造には、空乏層の広がり方向と結晶欠陥伝搬方向が垂直、あるいは平行となる横型および縦型構造を採用し、これらを比較することで、結晶欠陥が逆方向特性に及ぼす影響について考察した。

## 4. 研究成果

### (1) 横型 SBD

ダイヤモンドでは最も一般的な横型構造 SBD を用いて、漏れ電流要因を調べた。ダイヤモンド結晶には高温高压合成基板上にホモエピタキシャル成長させた p 型ダイヤモンド薄膜 (アクセプター濃度  $10^{15}\text{cm}^{-3}$ 、膜厚  $10\mu\text{m}$ ) を用い、ショットキー電極として直径  $150\mu\text{m}$  の Au を蒸着した。作製方法を図 1 に示す。

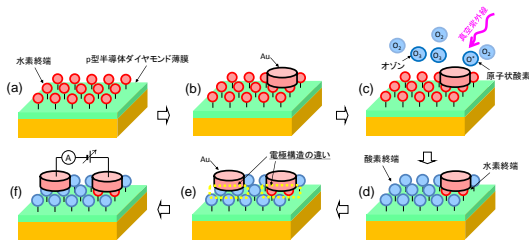


図 1 横型 SBD の作製手順

作製された SBD は、特別な高耐圧化構造が無くとも、逆方向電圧 1kV での漏れ電流は図 2 に示すように最大 30pA ( $\sim 10^{-7}\text{A}/\text{cm}^2$ ) と極めて小さい値であった。従来法 (熱混酸処理) と比較すると、6 ケタ以上の改善に対応する。更に、絶縁溶液を用いた表面保護の比較から (図 2 の実線と点線)、ダイヤモンド表面での沿面放電がダイヤモンド SBD における絶縁破壊の外因的要因である事が分かった。

順方向特性から求めたショットキー障壁高さは 2.6eV であり、従来用いられている溶液酸化法での障壁高さ (1.5eV) より 1.1eV も高くなる事が分かった。これは、ショットキー障壁高さが金属蒸着前の表面処理により制御できることを意味しており、気相プロセスである真空紫外線を用いたオゾン処理酸化がショットキー障壁高さの増加に有効であることを示している。また更に、界面安定化が SBD 特性向上の鍵であること意味して

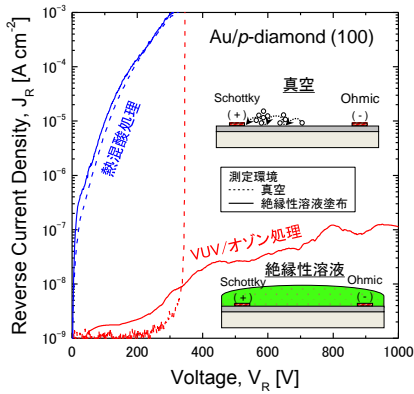


図2 横型 SBD の逆方向特性

いる。

このようにして作製されたダイヤモンド SBD に対して、電圧印加後の漏れ電流の過渡応答を調べたところ、電流輸送機構が単純ではなく、結晶中に存在する浅い捕獲準位や深い捕獲準位も漏れ電流に寄与していることが分かった。これらはダイオードを高速応答させる場合に大きな障害となるため、結晶欠陥密度を低減することが実デバイス作製において不可欠であることが明らかになった。一方で、金を蒸着する前のダイヤモンド表面を水素終端化する事で、熱処理が必要な従来法よりも通電性に優れたオーミック電極特性を、室温形成した。つまり、金属を変える事なく表面末端を局所的に制御する事で、ショットキー/オーミック特性を作り分ける事に成功した。

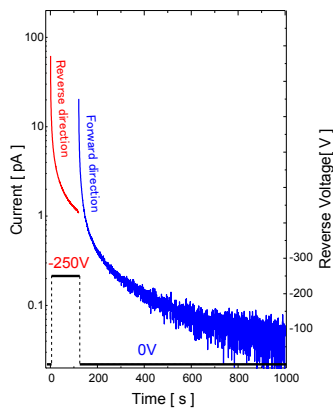


図3 横型 SBD の逆方向電流の過渡応答特性

### (3) 縦型 SBD

低いオン抵抗を実現する事を目的として、MIS 構造を有するダイオードを作製した。高濃度ホウ素ドープダイヤモンド単結晶を基板として、その上に単結晶薄膜をホモエピタキシャル成長させた、積層構造となっている。ホモエピタキシャル層の発光分光評価から、

この層中のホウ素の混入量は 1ppb 以下の I (真性半導体) 層である事が分かった。この積層構造上に、真空紫外線/オゾン処理を施し、金を電極として蒸着する事で、MIS 構造を持つ低損失・高耐圧ダイヤモンドダイオードを作製した (図4)。

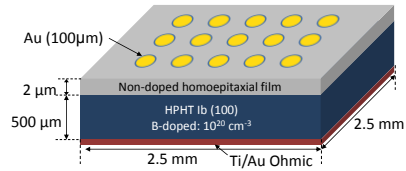


図4 縦型 SBD の模式図

ダイヤモンド MIS ダイオードの容量は電圧に依存せずに一定であり、I 層が形成されているという発光分光評価と符合した結果が得られた。またこの容量値から、ノンドープ層の厚みは 2 $\mu\text{m}$  と見積もられた。続いて、電流-電圧特性を評価したところ、5V で 100A/cm<sup>2</sup> 以上の高い順方向電流密度を達成した (図5)。これは微分抵抗率 15m $\Omega\cdot\text{cm}^2$  に対応し、横型ダイヤモンド SBD に比べて 2桁程度小さく、実用レベルに近い値であることを意味している。

また、高温 (740K、450 $^{\circ}\text{C}$ ) に 30 分間保持した後、室温で評価した結果では、昇温前と比べて大きな劣化が見られなかった。上述のように、低濃度ホウ素ドープダイヤモンド上に直接金属を堆積させたショットキーダイオードでは、500K 以上の温度で特性が変化する事、またこれが界面でのダイヤモンド終端構造の変化による事が、本研究から明らかになっている。MIS 型ダイオードの結果は、金属との界面を形成するダイヤモンドのドーピング濃度が、熱的耐性の重要なパラメータである事が示唆しており、適切な制御により更なる高温安定性を得られると考えている。逆方向特性については、100V までは逆方向電流は検出限界以下であったが、それ以上の電圧領域で急増した (図5)。これは、電極端部での電界集中が原因として考えられ、

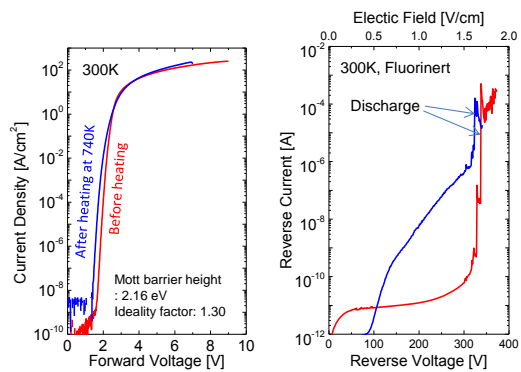


図5 横型 SBD の逆方向特性

極薄酸化膜の形成等により、逆方向電流の抑制が必要である。

#### (4) 漏れ電流の輸送機構

上述のように、ダイヤモンドショットキーダイオードの特性改善には、表面処理を含めたダイオード作製プロセスの最適化、また最大電圧が印加されるp型ダイヤモンド層におけるアクセプター濃度の低減が鍵であることが分かってきた。また、これらの知見に基づいてダイオード漏れ電流の輸送機構について検討した。その結果、以下の事を見出した。

- (a) 金属/ダイヤモンド界面に形成されるショットキー障壁高さ (SBH) は不均一であり、漏れ電流量は局在化した低いSBH領域を優先的に流れる。この不均一性は、ダイオード作製方法によりある程度低減する事が出来る。印加電界が1MV/cm以下では、この低SBH領域における漏れ電流が支配的となる。この不均一SBH形成は、ダイヤモンドの低誘電率に起因していると考えられる。
- (b) 印加電界が1MV/cm以上では、電極端部での電界集中による熱電子・電界放出機構が支配的となる。
- (c) 基板から結晶成長方向に伝搬する転位は、オーム性電流の要因となる。この種の転位は特徴的な構造を持ち、発光測定による非破壊評価が可能である。
- (d) 250°C以上に昇温すると、漏れ電流が増加した。これは、界面終端構造の変性に伴う新たな低障壁領域の形成によるものと考えられる。

特に(c)については、結晶成長方向と電圧印加方向が異なる、縦型および横型ショットキーダイオードを作製する事により明らかにした。逆方向印加電界が同じであっても縦型構造では逆方向電流が急増する電極がいくつか見られるのに対して、横型構造ではオーム性を示す電極は存在しなかった。実用上は電力損失低減の観点から縦型構造が適切であるため、上記結晶欠陥の少ないダイヤモンド結晶成長技術の確立が不可欠であると結論される。

#### 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 15 件)

- 1) P. Muret, P.-N. Volpe, T.-N. Tran-Thi, J. Pernot, C. Hoarau, F. Omnès, T. Teraji, "Schottky diode architectures on p-type diamond for fast switching, high forward current density and high breakdown field rectifiers", **20**, 285-289 (2011). 査読有
- 2) P.N. Volpe, P. Muret, J. Pernot, F. Omnès, T.

- Teraji, Y. Koide, F. Jomard, D. Planson, P. Brosselard, N. Dheilily, B. Vergne, and S. Scharnholz, "Extreme dielectric strength in boron doped homoepitaxial diamond" Appl. Phys. Lett. **97**, 223501 1-3 (2010). 査読有
- 3) P.N. Volpe, P. Muret, J. Pernot, F. Omnès, T. Teraji, F. Jomard, D. Planson, P. Brosselard, N. Dheilily, B. Vergne, and S. Scharnholz, "High breakdown voltage Schottky diodes synthesized on p-type CVD diamond layer", phys. status solide. **207**, 2088-2092 (2010). 査読有
- 4) J. Pernot, P. N. Volpe, F. Omnès, P. Muret, V. Mortet, K. Haenen, and T. Teraji, "Hall hole mobility in boron-doped homoepitaxial diamond", Phys. Rev. B **81**, 205203 1-6 (2010). 査読有
- 5) Y. Garino, T. Teraji, S. Koizumi, Y. Koide, and T. Ito, "Effects of shallow traps on the reverse current of diamond Schottky diode: An electrical transient study", phys. stat. sol. (a), **207**, 1460-1463 (2010). 査読有
- 6) Y. Garino, T. Teraji, S. Koizumi, Y. Koide, and T. Ito, "p-type diamond Schottky diodes fabricated by vacuum ultraviolet light/ozone surface oxidation: Comparison with diodes based on wet-chemical oxidation", phys. stat. sol. (a), **206**, 2082-2085 (2009). 査読有
- 7) T. Teraji, Y. Koide, and T. Ito, "High-temperature stability of Au/p-type diamond Schottky diode", phys. stat. sol. RRL **3**, 211-213 (2009). 査読有
- 8) T. Teraji, Y. Garino, Y. Koide, and T. Ito, "Low-leakage p-type diamond Schottky diodes prepared using vacuum ultraviolet light/ozone treatment" J. Appl. Phys. **105**, 126109 (2009). 査読有
- 9) P. Muret, J. Pernot, T. Teraji, and T. Ito, "Deep levels in homoepitaxial boron-doped diamond films studied by capacitance and current transient spectroscopies", phys. stat. sol. (a) **205**, 2179-2183 (2008). 査読有
- 10) T. Teraji, S. Koizumi, and Y. Koide, "Ohmic contact for p-type diamond without post-annealing", J. Appl. Phys. **104**, 016104 1-3 (2008). 査読有
- 11) T. Teraji, S. Koizumi, Y. Koide, and T. Ito, "Electric field breakdown of lateral-type Schottky diodes formed on lightly-doped homoepitaxial diamond", Appl. Surf. Sci. **254**, 6273-6276 (2008). 査読有
- 12) P. Muret, J. Pernot, T. Teraji, and T. Ito, "Near-Surface Defects in Boron-Doped Diamond Schottky Diodes Studied From Capacitance Transients", Appl. Phys. Exp. **1**, 035003 1-3 (2008) 査読有



他 3 件 (査読有)

[学会発表] (計 41 件)

- 1) 寺地徳之, “大型単結晶基板上へ成長したホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜”, 第 57 回応用物理学関係連合講演会(神奈川大学, 厚木, 2011.3.26).
- 2) 寺地徳之, アレキサンダ フィオリ, 桐谷範彦, 谷本智, 小出康夫, “炭化タングステン/p 型ダイヤモンドショットキーダイオードの逆方向特性”, 第 57 回応用物理学関係連合講演会(神奈川大学, 厚木, 2011.3.26).
- 3) 大曲新矢, 寺地徳之, 小出康夫, “ダイヤモンド縦型ショットキーバリアダイオードにおける漏れ電流評価”, 第 57 回応用物理学関係連合講演会(神奈川大学, 厚木, 2011.3.26).
- 4) 寺地徳之, “金属/p 型ダイヤモンド界面の安定性とショットキーダイオード特性”, 応用物理学会 応用電子物性分科会(機械振興会館, 港区, 2011.1.18).
- 5) T. Teraji, A. Fiori, N. Kiritani, S. Tanimoto, S. Ohmagari, Y. Koide, “Diamond Schottky interfaces with low barrier height patches”, HASSELT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XVI (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2011.2.21)
- 6) Y. Garino, T. Teraji, A. Lazea, S. Koizumi, “Excess tunnel current in {111}-oriented homoepitaxial diamond p-n junction”, HASSELT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XVI (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2011.2.21)
- 7) 寺地徳之, FIORI Alexandre, 桐谷範彦, 谷本智, 小出康夫, “炭化タングステン/p 型ダイヤモンドショットキーダイオードの耐压特性”, 第 24 回ダイヤモンドシンポジウム(東京工業大学, 中目黒, 2010.11.19).
- 8) 大曲新矢, 寺地徳之, 小出康夫, “縦型ダイヤモンドショットキーバリアダイオードの逆方向特性評価”, 第 24 回ダイヤモンドシンポジウム(東京工業大学, 中目黒, 2010.11.19).
- 9) 寺地徳之, “大型単結晶基板上へのダイヤモンド薄膜ホモエピタキシャル成長”, 第 24 回ダイヤモンドシンポジウム(東京工業大学, 中目黒, 2010.11.17).
- 10) LAZEA Andrada, 寺地徳之, 小泉聡, 電子デバイス用材料トップ高品質{111}ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜, 第 24 回ダイヤモンドシンポジウム(東京工業大学, 中目黒, 2010.11.17).
- 11) 寺地徳之, Alexandre FIORI, 桐谷範彦, 谷本智, 小出康夫, “低ショットキー障壁パッチがもたらすダイヤモンドショットキーダイオード逆方向電流の増加”, 第 19 回シリコンカーバイド(SiC)及び関連ワイドギャップ半導体研究会(つくば国際会議場, つくば市, 2010.10.22).
- 12) \*寺地徳之, 小出康夫, “ダイヤモンドショットキーダイオード”, 第 56 回応用物理学関係連合講演会(東海大学, 平塚, 2010.3.18).
- 13) \*T. Teraji, Y. Garino, Y. Koide, T. Ito, “Stability of p-type diamond Schottky diode in high-temperature operation”, HASSELT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XV (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2010.2.24)
- 14) \*P. Volpe, P. Muret, F. Omnes, J. Pernot, T. Teraji, F. Jomard, D. Planson, P. Brosselard, S. Scharnholz, B. Vergne, “Breakdown voltage higher than 7.5 kV in Schottky diamond diodes”, HASSELT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XV (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2010.2.24)
- 15) \*P. Volpe, P. Muret, T. Teraji, F. Omnes, J. Pernot, F. Jomard, “High forward current density and fast switching diodes made of low and high boron doped stacked diamond structure”, HASSELT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XV (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2010.2.22)
- 16) \*寺地徳之, GARINO Yui, 小泉聡, 小出康夫, 伊藤利道, “Au/p-diamond ショットキー界面のキャリヤ輸送機構”, 第 18 回シリコンカーバイド(SiC)及び関連ワイドギャップ半導体研究会(神戸国際会議場, 神戸市, 2009.12.17).
- 17) \*寺地徳之, 小泉聡, 小出康夫, “真空紫外線/オゾン処理を用いて形成した p 型ダイヤモンドショットキーダイオード”, 第 23 回ダイヤモンドシンポジウム(千葉工業大学, 津田沼, 2009.11.20).
- 18) \*寺地徳之 “下地研磨プロセスに起因するダイヤモンド表面形態の変化”, 第 23 回ダイヤモンドシンポジウム(千葉工業大学, 津田沼, 2009.11.18).
- 19) \*T. Teraji, Y. Garino, Y. Koide, and T. Ito, “Low reverse current diamond Schottky diodes prepared by VUV/ozone treatment”, 20<sup>th</sup> European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes and Nitrides (Athens Ledra Marriott Hotel, Athens, Greece, 2009.9.8)
- 20) \*P. Volpe, P. Muret, T. Teraji, J. Pernot, F. Omnes, F. Jomard, “High quality boron doped diamond layers for power electronic devices”, 20<sup>th</sup> European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes and Nitrides (Athens Ledra

- Marriott Hotel, Athens, Greece, 2009.9.7)
- 21) \*寺地徳之, Yui Garino, 小出康夫, 伊藤利道, “低漏れ電流  $p$  型ダイヤモンド横型ショットキーダイオード”, 第 55 回応用物理学関係連合講演会(筑波大学, つくば, 2009.4.1).
  - 22) \*寺地徳之, 小泉聡, 小出康夫, “ $p$  型ボロンドーパダイヤモンドへの熱処理を伴わないオーミック電極の形成”, 第 55 回応用物理学関係連合講演会(筑波大学, つくば, 2009.4.1).
  - 23) T. Teraji, Y. Garino, Y. Koide, T. Ito, “Low-leakage p-diamond Schottky diodes with lateral configuration”, HASSELLT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XIV (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2009.3.4)
  - 24) Y. Garino, T. Teraji, S. Koizumi, “Electrical characterization of {111}-oriented homoepitaxial diamond p-n junction”, HASSELLT DIAMOND WORKSHOP –SBDD XIV (Hasselt Univ., Hasselt, Belgium, 2009.3.2)
  - 25) \*寺地徳之, GARINO Yui, 小泉聡, 小出康夫, 伊藤利道, “ $p$  型ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜に形成した横型ショットキーダイオード”, 第 17 回シリコンカーバイド(SiC)及び関連ワイドギャップ半導体研究会(大田区産業プラザ, 大田区, 2008.12.8).
  - 26) \*Yui Garino, 寺地徳之, 小泉聡, 小出康夫, 伊藤利道, “Charging behavior in reverse characteristics of diamond Schottky diodes”, 第 22 回ダイヤモンドシンポジウム(早稲田大学, 新宿, 2008.10.22).
  - 27) \*寺地徳之, 小泉聡, 小出康夫, “ $p$  型ホウ素ドーパダイヤモンドへの室温オーミックコンタクトの形成”, 第 22 回ダイヤモンドシンポジウム(早稲田大学, 新宿, 2008.10.22).
  - 28) \*寺地徳之, Yui Garino, 小出康夫, 伊藤利道, “ダイヤモンドショットキーダイオードの界面輸送機構”, 第 22 回ダイヤモンドシンポジウム(早稲田大学, 新宿, 2008.10.21).
  - 29) \*Yui Garino, 寺地徳之, 小泉聡, 小出康夫, 伊藤利道, “Reverse current transient behavior in diamond lateral Schottky diodes”, 第 69 回応用物理学学会学術講演会(中部大学, 春日井, 2008.9.2).
  - 30) \*寺地徳之, Yui Garino, 小出康夫, 伊藤利道, “ $p$  型ダイヤモンドのショットキーダイオード界面の輸送機構”, 第 69 回応用物理学学会学術講演会(中部大学, 春日井, 2008.9.2).

他 11 件

〔図書〕(計 3 件)

- ① Tokuyuki Teraji “Chemical Vapor Deposition of Homoepitaxial Diamond Films”, in *Physics and Applications of CVD Diamond*, Eds. Satoshi Koizumi, Christoph Nebel, Milos Nesladek (Wiley-VCH, 2008), p29-76.
- ② 寺地徳之, 「 $p$  型ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜の半導体特性」, ダイヤモンドエレクトロニクスの最前線(CMC 出版) ISBN: 978-4-7813-0049-8, Page 75-85 (2008).
- ③ 小出康夫, 寺地徳之, 「オーミックコンタクト」, ダイヤモンドエレクトロニクスの最前線(CMC 出版) ISBN: 978-4-7813-0049-8, Page 162-179 (2008).

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称: ダイヤモンド半導体デバイス  
 発明者: 寺地徳之, 小泉聡, 小出康夫  
 権利者: 独立行政法人物質・材料研究機構  
 種類: 特許  
 番号: JP2008/062111  
 出願年月日: 平成 20 年 7 月 3 日  
 国内外の別: PCT 出願

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

寺地 徳之 ( TERAJI TOKUYUKI )  
 独立行政法人物質・材料研究機構・センサ材料センター・主任研究員  
 研究者番号: 50332747

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし