

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24241046

研究課題名(和文)炭素単原子層のエッジ原子配列制御とスピン物性、磁石応用

研究課題名(英文)Control of edge atomic structure of carbon mono-atomic layer and research of spin-based phenomena and magnet application

研究代表者

春山 純志(Haruyama, Junji)

青山学院大学・理工学部・准教授

研究者番号：70296383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,400,000円

研究成果の概要(和文)：リソグラフィを用いず低欠陥・低汚染細孔エッジを持つ蜂の巣状ナノ細孔アレイをグラフェン上に70%以上の再現確率で創製(グラフェンナノメッシュ(GNM)の創製)することに成功し、臨界温度アニールでそのエッジをzigzag型原子配列に制御、平坦バンド強磁性を実現した。このGNM上に特殊レジストを塗布、電子線照射量で制御し、zigzag配列のダンダリングボンドを1個の水素原子で終端する方法を確立、従来の100倍以上の高効率磁石創製に成功した。この磁性GNMを電極とするTMR構造を創製し、20%を超えるTMR特性の創出に成功した。希少磁性元素無しで実現する高効率磁石とスピントロニック素子の道を拓いた。

研究成果の概要(英文)：We have fabricated graphene nanomesh (GNM), which has honeycomb-like array of nanopores with low defects and low contamination, by non-lithographic method within reproducibility as high as over 70%. Controlling atomic structure of the pore edge to zigzag by critical temperature annealing resulted in realization of flat-band ferromagnetism. High-efficiency GNM magnet, which has the strength was obtained by HSQ resist treatment of this GNM and irradiating electron beam, because mono-hydrogenation of the edge dangling bond was realized through this process. TMR structure was realized by using this magnetic GNM as an electrode and TMR ratio over 20% was realized even at room temperature. These results open doors to rare-magnetic-element free magnets and spintronic devices.

研究分野：量子物性実験

キーワード：グラフェン エッジ 平坦バンド 強磁性 偏極スピン 水素終端 磁石 スピントロニクス素子

1. 研究開始当初の背景

2004年に、セロテープでグラファイトを機械剥離するという炭素単原子層「グラフェン」の簡易な作成方法がマンチェスター大学により発見されて以来その物性、素子応用など爆発的な研究がされていた。中でもグラフェンのエッジ(端)の特異な原子配列が創出する電子構造・物性は極めて特殊で興味深く、様々な報告がほぼ理論のみでなされていた。

例えば arm chair 型原子配列のエッジに挟まれた一次元状グラフェン(グラフェンナノリボン:GNR)では、バルクで半金属のグラフェンにバンドギャップが発生する。一方 zigzag 型エッジでは平坦バンドが発生し電子の有効質量は無限大になり局在する。この結果電子密度は極大になり強い電子間相互作用が働き、スピンモーメントは偏極、磁化が発生する。希少磁性元素を用いずに発生するこの平坦バンド強磁性は元素戦略の観点から極めて重要であった。

しかしながら実験によるエッジ物性の報告例は多くはなかった。その理由の一つは、エッジ物性が不純物、汚染、欠陥などに極めて敏感で、それらによりすぐに減少・消滅してしまうからであった。特に微細加工の化学リソグラフィを用いるとその物質でエッジはすぐに汚染されてしまう。

そこで本研究は、リソグラフィを用いずにクリーンなエッジを創出する方法を開発することから始まった。これに関して代表者・春山らは、アルミニウム基板を陽極酸化するだけで自然形成される六角形ナノ細孔の蜂の巣状アレイを持つ「多孔質アルミナ膜」の生成技術を持っていた。そこでこのアルミナ膜をマスクとしてリソグラフィ無しでグラフェンを低ダメージエッチングし、クリーン(低欠陥・低汚染)なエッジを持つ細孔アレイを創製、上記平坦バンド強磁性を実現することを計画した。

2. 研究の目的

本研究の目的は(1)リソグラフィを用いずに上記低欠陥・低汚染のエッジを持つ蜂の巣状ナノ細孔アレイをグラフェン上に創製し(グラフェンナノメッシュ(GNM)の創製)、そのエッジを zigzag 型原子配列に制御し水素終端、平坦バンド強磁性を実現することを第一の目的とする。(2)さらにこの zigzag 原子配列の再現確率を向上すると共にそのダングリリングボンドの水素終端を制御する方法を確立し、強磁性強度を向上させることを第二の目的とする。(3)これに基づき希少磁性元素を用いずに高効率磁石とスピントロニック素子を開発することを最終目的とする。

3. 研究の方法

(1)まず陽極酸化条件の最適化により多孔質アルミナ膜の構造パラメータを細孔直径 10-20nm、細孔間隔 5-10nm に制御する。次にグラファイトの機械剥離で作成した単層

グラフェンにこのアルミナ膜を貼り付け、アルゴンガスによる低パワーエッチングで蜂の巣状ナノ細孔アレイをグラフェンに転写し GNM を創製する。

(2)形成した GNM 細孔エッジの原子配列制御を zigzag 型に制御するために、臨界温度アニール、サーモカーボンエッチング、などを試行する。さらにその細孔エッジダングリリングボンドの高効率水素終端のために、水素原子を含む特殊レジストの塗布や水素ラジカルによる高温アニールなどを行う。

(3)これらの試料の細孔エッジを STM や ARPES で観察し、原子配列や水素終端、また電子状態を確認する。超伝導量子干渉計によりその磁化を測定する。

(4)磁化が向上した磁性 GNM を電極に用いてトンネル磁気抵抗(TRM)素子、スピントランジスタ、などを希少磁性元素を用いずに創製し、その動作を確認する。

4. 研究成果

(1)まず GNM 構造作成の再現確率を 70%以上向上することに成功した。従来、多孔質アルミナ膜マスク貼り付け時のグラフェンとの密着性に問題があり、ナノ細孔アレイの転写確率は 20%程度であった。しかし今回貼り付け後に光学顕微鏡でその色彩を確認し、虹色が強く出ている場合密着度が高いことを発見し、これにより細孔形成確率が大幅に向上した。

(2)次に水素終端方法の改善により、単位面積あたりの磁化を 100 倍以上改善することに成功した。平坦バンドの発生は zigzag 原子配列エッジのダングリリングボンドを何個の水素原子で終端するか大きく依存することが、様々な理論で報告されている。過去我々は水素ガス中で高温アニールすることで細孔エッジを水素終端して来たが効率は悪く、その磁化は 10^{-6} emu/100 μm^2 程度と小さいものであった。そこで今回水素原子を含む特殊電子線(EB)用レジスト(HSQ レジスト)を GNM 表面に塗布、EB 照射し、一個の水素原子を切り離し GNM の炭素原子と C-H 結合させることに成功した。また C-H 結合密度は EB ドーズ量の関数として精密に制御できることを発見し、磁化を 100 倍以上大きい 10^{-4} emu/100 μm^2 台まで向上させることに成功した。これにより希少磁性元素を用いない高効率磁石実現への道が大きく拓けた。

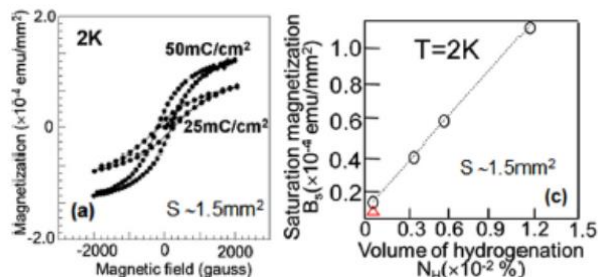


図 1 : (a) HSQ レジスト塗布、EB 照射後の磁化曲線。(b)その飽和磁化の水素装飾量依存性。

(3) 一方で細孔エッジ原子配列の zigzag 型への制御、その構造観察はうまく行かなかった。前者は様々な方法を試したが、結局臨界温度アニールによる原子再配列で zigzag になる、という方法が最も効率が良いという結果になった。後者は、細孔間隔が 20nm 以下と狭いため GNM は高抵抗で、これが STM、ARPES などの各種観察を阻害した。また GNM を TEM グリッド上に作成することは困難で、高分解能 TEM 観察も困難であった。ただしイオン化液体を滴下して高電界を細孔エッジに印加する事で、複雑な電子状態を間接的に観察することは出来た。結局ラマン測定とこのイオン化液体測定により間接的にしかエッジの原子配列を同定できないという結果であり、今後の改善が必須である。

(4) こうして作成した磁性 GNM を用いて TMR 素子を開発した。まずプロトタイプとして、TMR の片側電極のみを磁性 GNM、もう一方はコバルト(Co)電極とし、トンネル膜として 10nm 以下の厚さの SiO₂ を用いた構造を試作した。その結果、ピークの形状はシャープではないが TMR 特性に類似した印加磁場の正負に対して非対称な MR 特性を室温でさえ得ることに初めて成功した。しかし TMR 比は 20% 程度とまだ小さく改善が必要である。この結果を理論計算で解析した結果、確かに細孔エッジ偏極スピンの Co 電極の偏極スピンの相互作用で上記した MR 特性が生じることがわかった。これは平坦バンドに生じる偏極スピンと強磁性金属中のスピンの相互作用が創製する TMR 特性の初めての観察であった。また、両側電極を磁性 GNM にする試作を行ったが、SiO₂ 膜を挟んで機械剥離グラフェンを精度よく積層すること、さらにそれらの細孔位置を整合すること、などが困難で、実現までには至らなかった。

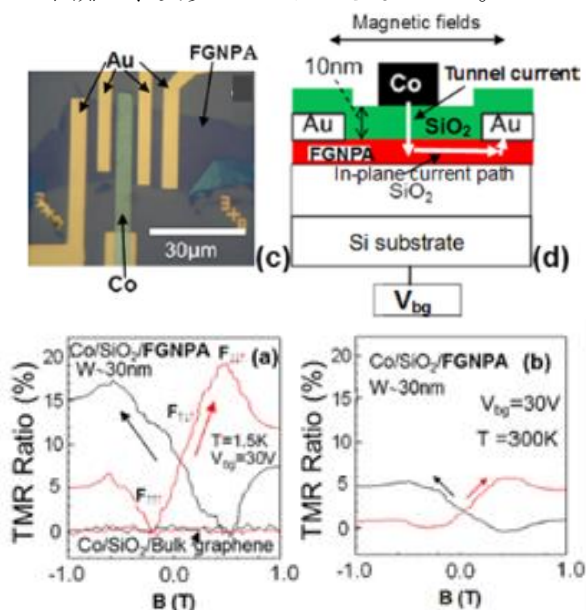


図 2 : (a) (b) 磁性 GNM を片側電極とした TMR 構造の上面写真と断面模式図。(c)(d) その 1.5K と室温での TMR 特性例。

(5) この研究過程において、次世代二次元単原子層として期待が集まっている黒リン薄膜に同様の方法で細孔アレイを形成して、酸素終端したところ、(2)で HSQ レジストを導入した磁性 GNM と同程度の巨大磁化が細孔エッジから発生することを発見した。酸素終端は試料を空气中に放置するだけで容易にできるので、希少磁性元素を用いない新たな磁石・スピントロニック素子として大きな期待が持たれる。

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 14 件) すべて査読有

1. Y. Nakanishi, J. Haruyama et al., “Room temperature large edge magnetism in oxidized few-layer black phosphorus” *Nature Communications*, To be published (<http://www.ee.aoyama.ac.jp/Labs/j-haru-ww/>)
2. T. Hashimoto, S. Kamikawa, J. Haruyama, D. Soriano, J. G. Pedersen, S. Roche, “Tunneling magnetoresistance phenomena utilizing graphene magnet electrodes”, *Appl. Phys. Lett.* **105**, 183111 (2014)
3. T. Kato, T. Nakamura, J. Kamijyo, T. Kobayashi, Y. Yagi, J. Haruyama, “High-Efficiency Graphene Nanomesh Magnets Realized by Controlling Hydrogenation of Pore Edges”, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 252410 (2014)
4. T. Hashimoto, S. Kamikawa, Y. Yagi, J. Haruyama, “Electronic Properties of Nanopore Edges of Ferromagnetic Graphene Nanomeshes at High Carrier Densities under Ionic-Liquid Gating”, *Materials Sciences and Applications* **5**(1), 1-9 (2014)
5. S. Kamikawa, T. Shimizu, Y. Yagi, J. Haruyama, “Edge-sensitive semiconductive behaviors in low-defect narrow graphene nanoribbons”, *Nanomaterials and Nanotechnology* **4**:12 | doi: 10.5772/58466 (2014)
6. J. Haruyama, “Nanomagnetism derived from graphene edge spins” in “*Nanomagnetism*”, One Central Press (UK) (2014) In press
7. J. Haruyama, “Superconductivity in carbon nanotubes” in “*Carbon-based new superconductors; Toward high T_c*” edited by J. Haruyama, (Pan Stanford Publishing, Singapore 2014) ISBN-10: 9814303305
8. T. Hashimoto, S. Kamikawa, Y. Yagi, J. Haruyama, H. Yang, M. Chshiev, “Graphene edge spins: -Spintronics and Magnetism in graphene nanomeshes”, *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics Journal* **5**(1), 25-38 (2014)

9. J. Haruyama, “Graphene spintronics and magnetism”, in “*The Graphene Optoelectronics. Synthesis, Characterization, Properties, and Applications*” edited by Abd. Rashid bin Mohd Yusoff, Kyung Hee, WILEY-VCH Verlag (2014) ISBN: 978-3-527-33634-0
 10. J. Haruyama, “Graphene and Graphene Nanomesh Spintronics”, Special Issue on “*Carbon Nanoelectronics*” in *Electronics*, **2(4)**, 368-386 (2013)
 11. K. Tada, N. Kosugi, K. Sakuramoto, T. Hashimoto, K. Takeuchi, J. Haruyama, H. Yang, M. Chshiev, “Electron-Spin-Based Phenomena Arising from Pore Edges of Graphene Nanomeshes”, *Journal of superconductivity and novel magnetisms*, **26**, 1037 (2013)
 12. K. Tada, J. Haruyama, H. Yang, M. Chshiev, “Spontaneous spin polarization and spin pumping effect at edges of graphene antidot lattices”, *Physica Status Solidi (b)* **249(12)**, 2491 (2012)
(Selected for Latest Highlights and Cover)
 13. T. Shimizu, J. Nakamura, K. Tada, Y. Yagi, J. Haruyama, “Magnetoresistance oscillations arisen from edge-localized electrons in low-defect graphene antidot-lattices”, *Appl. Phys. Lett.* **100**, 023104 (2012)
 14. J. Haruyama, “Magnetism and spintronics arising from Graphene edges” in “*Innovative Graphene Technologies: Developments, Characterization and Evaluation II*”, Rapra-Smithers Publication (2012) ISBN-10: 1847359663
- 〔学会発表〕 (計 4 4 件)
招待講演
1. 春山純志, 「水素装飾グラフェンのスピン軌道相互作用と位相破壊抑制」、日本物理学会 2015 年秋季大会 シンポジウム (2015 年 9 月、関西大学)
 2. J. Haruyama, “Hydrogenated graphene spintronics and magnetism”, International Conference on Advances in Functional Materials, New York, USA (June 2015)
 3. J. Haruyama, “Graphene and mono-atomic layer spintronics”, International Conference and Exhibition on Mesoscopic & Condensed Matter Physics, Boston, USA (June 2015)
 4. J. Haruyama, “Graphene spintronics and magnetism”, World Congress and Expo on Nanotechnology and Materials Science, Dubai, UAE (April 2015)
 5. J. Haruyama, “Graphene and graphene nanomesh spintronics”, The 9th international conference on surfaces, coatings, and nanostructured materials, Dublin, Ireland (September 2014)
 6. J. Haruyama, “Self-assembled graphene nanomesh spintronics and magnetism”, The 5th international conference on Nanostructures self-assembly, Marseille, France (July 2014)
 7. J. Haruyama, “Graphene spintronics as topological insulator”, Graphene Week 2014 – The 8th International Conference on the Fundamental Science of Graphene and Applications of Graphene-Based Devices, Gothenburg, Sweden (June 2014)
 8. J. Haruyama, “Topological insulator, spintronics, and magnetism in graphenes”, International Conference on Superconductivity and Magnetism, Antalya, Turkey (April 2014)
 9. J. Haruyama, “Graphene spintronics and magnetism”, International conference on Small Science, Las Vegas, USA (December 2013)
 10. J. Haruyama, “Graphene spintronic and magnetic devices”, The 17th International workshop on the Physics of Semiconductor Devices, Noida, India (December 2013)
 11. 春山純志, 「単原子膜研究開発の現状と将来」、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業準備会議 (2013 年 10 月)
 12. J. Haruyama, “Spin-based phenomena in graphenes”, The 3rd Annual World Congress of Nano-Science & Technology, China (October, 2013)
 13. J. Haruyama, “Graphene spintronics”, International conference on Nanoscale Magnetism, Istanbul, Turkey (September 2013)
 14. J. Haruyama, “Spintronics, magnetism, and superconductivity in graphenes and carbon nanotubes”, University Colledge London, Seminer (August 2013)
 15. J. Haruyama, “Graphene spintronics on graphene edges”, International conference on Advanced Carbon Nanostructures, St. Petersburg, Russia (July 2013)
 16. J. Haruyama, “Research of high- T_c superconductivity in carbon nanotubes”, The 14th International conference on the Science and Applications of Nanotubes, Espoo, Finland (June 2013)
 17. J. Haruyama, “Spintronics and magnetism using graphene edge spins”, International conference on emerging technologies; Micro to Nano, Goa, India (February 2013)
 18. J. Haruyama, “Graphene spintronics”, International conference on Electronic Materials and Applications 2013, Orland, Florida (January 2013)
 19. J. Haruyama, “Spin-related phenomena and application to spintoronics in graphenes”, The 2nd Annual World Congress of

- Nano-Science & Technology ,Qingdao, China(October, 2012)
20. J.Haruyama, “Graphene magnets and spintronics arising from graphene edges”, The 5th Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience, Szedo, Hungary (October, 2012)
 21. J.Haruyama, “Superconductivity and spintronics in nano-carbon materials”, Colloquium at Dept.Physics, Sorbonne Universite (Universite of Marie Curie) (September 2012)
 22. J.Haruyama, “Graphene edges: Physics and applications”, C2C Workshop: Progress in Nanoscience and Materials, Shang Hai (August 2012)
 23. J.Haruyama, “Magnetism and spintronics arising from graphene edges”, 4th Worldwide Universities Network (WUN) International Conference on Spintronics Sydney, Australia (July 2012)
 24. J.Haruyama, “Spintronics in graphene edges”, The 1st Annual World Congress of Advanced-Material 2012, Beijing, China (June 2012)
 25. 春山純志, 「グラフェンの物性と機能素子応用：グラフェン磁石と次世代スピントロニクス」, サイエンス&テクノロジーセミナー (2012年5月)
 26. J.Haruyama, “Magnetism and spintronics arising from graphene edges”, International Conference on Superconductivity and Magnetism, Istanbul, Turkey (April 2012)
 27. 春山純志, 「グラフェンエッジの物理：ナノリボンとナノメッシュ」
京都大学エネルギー理工学研究所セミナー (2012年2月、京都大学)
- 非招待講演
1. 上條潤一、片桐勇人、加藤建彰、中村壮智、勝本信吾、江澤雅彦、春山純志、B.Özyilmaz, ”微量水素終端したグラフェンにおけるスピン軌道相互作用と電子波位相破壊の抑制”, 日本物理学会2014年度年次大会(2015年3月、早稲田大学)
 2. 中西雄大、大島智佳、岩城稜磨、野村くみ子、江澤雅彦、篠原久典、春山純志, “黒リン単原子層のエッジ磁性”, 日本物理学会 2014 年度年次大会(2015 年 3 月、早稲田大学)
 3. 片桐勇人、牧野竜也、大島智佳、中村壮智、勝本信吾、江澤雅彦、篠原久典、春山純志, “黒リン単原子層の特異な電子物性”, 日本物理学会 2014 年度年次大会(2015 年 3 月、早稲田大学)
 4. 牧野竜也、片桐勇人、大島智佳、中村壮智、勝本信吾、末永知和、春山純志, “MoS₂単原子層への電子線照射・構造転移と電子物性”, 日本物理学会2014年度年次大会(2015年3月、早稲田大学)
 5. 本間友大、菊地涼、山田俊矢、大島知佳、春山純志、Apparao Rao, ”イオン化ゲルゲートを配した金属伝導カーボンナノチューブ膜の電子物性”, 日本物理学会 2014年度年次大会(2015年3月、早稲田大学)
 6. J. Kamijo, Y. Katagiri, T. Kato, T. Nakamura, S. Katsumoto, M. Ezawa, B. Ozyilmaz, J. Haruyama, “Electron-wave dephasing suppressed by spin-orbit interaction in slightly hydrogenated graphene within a topological insulating regime”, 第48回フラーレン・ナノチューブ・グラフェンシンポジウム (2015年2月、東京大学)
 7. Y. Nakanishi, C. Ohata, R. Iwaki, k. Nomura, M. Ezawa, H. Shinohara, J. Haruyama, “Magnetism arising from edges of nanomesh of mono(few)-atomic layered black phosphorous”, 第48回フラーレン・ナノチューブ・グラフェンシンポジウム (2015年2月、東京大学)
 8. Y. Katagiri, T. Makino, C. Ohata, T. Nakamura, S. Katsumoto, M. Ezawa, H. Shinohara, J. Haruyama, “Anomalous electronic properties of mono(few)-atomic layers of black phosphorous”, 第48回フラーレン・ナノチューブ・グラフェンシンポジウム (2015年2月、東京大学)
 9. T. Honma, R. Kikuchi, S. Yamada, C. Ohata, M. Koyata, J. Haruyama, A. Rao, “Electronic properties of thin films of all-metallic carbon nanotubes with ionic gel-gate”, 第48回フラーレン・ナノチューブ・グラフェンシンポジウム (2015年2月、東京大学)
 10. 上條潤一、加藤建彰、橋本泰樹、上川正太、八木優子、春山純志、藤田和博、橋本義昭、勝本信吾、家泰弘, ”強磁性グラフェンナノ細孔アレイで創製した TMR 構造の物性”, 日本物理学会 2012 年秋季大会 (2013 年 9 月、徳島大学)
 11. 加藤建彰、上條潤一、岸本将広、橋本泰樹、八木優子、春山純志、日比野浩樹、藤田和博、橋本義昭、勝本信吾、家泰弘, ”SiC 熱分解形成グラフェンへの強磁性ナノ細孔アレイの創製とその物性”, 日本物理学会 2012 年秋季大会 (2013 年 9 月、徳島大学)
 12. 竹内啓悟、櫻元健志、上川正太、八木優子、春山純志、趙 沛、丸山茂夫、A.Rao, ”低欠陥グラフェンナノメッシュのキャリアドープ細孔エッジと磁化特性”, 日本物理学会 2012 年秋季大会 (2012 年 9 月、横浜国立大学)
 13. 小杉直輝、櫻元健志、上川正太、橋本泰樹、春山純志、藤田和博、加藤悠人、橋本義昭、勝本信吾、家泰弘、趙 沛、丸山茂夫、A.Rao, ”低欠陥グラフェンナノメッシュの細孔エッジ起因異常磁気抵抗”, 日本物理学会 2012 年秋季大会

- (2012年9月、横浜国立大学)
14. 里見慎平、中村悠紀、上川正太、春山純志、藤田和博、加藤悠人、橋本義昭、勝本信吾、家泰弘、趙 沛、丸山茂夫、A.Rao、”電気二重層を形成した低欠陥グラフェンナノメッシュの物性”、日本物理学会 2012 年秋季大会 (2012 年 9 月、横浜国立大学)
 15. 中村悠紀、竹内啓悟、上川正太、八木優子、春山純志、藤田和博、加藤悠人、橋本義昭、勝本信吾、家泰弘、T.Thurakitsee、丸山茂夫、A.Rao、”電気二重層を含む各種方法でキャリアドーブしたナノチューブ薄膜の磁化・電気特性”、日本物理学会 2012 年秋季大会 (2012 年 9 月、横浜国立大学)
 16. K. Takeuchi, K. Sakuramoto, N. Kosugi, Y. Hashimoto, Y. Yagi, J. Haruyama, P. Zhao, S. Maruyama, A. Rao, “Magnetic behaviors sensitive to foreign-atom termination of pore-edge in graphen nanomeshes”, 第43回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン シンポジウム (2012年9月、東北大学)
 17. N. Kosugi, Y. Hashimoto, K. Sakuramoto, K. Takeuchi, S.Kamikawa, Y. Yagi, J. Haruyama, Y. Hashimoto, K. Fujita, Y.Kato, S. Katsumoto, Y. Iye, P. Zhao, S. Maruyama, A. Rao, “Novel spintronic phenomena arising from pore-edge polarized spins of ferromagnetic graphene nanomeshes”, 第43回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン シンポジウム (2012年9月、東北大学)

〔図書〕(計4件)

1. 春山純志、「グラフェン磁石創製の可能性：希少磁性元素を用いないウエアラブル磁石」の章、月刊誌「**MATERIAL STAGE**」特集：創エネ、省エネ、蓄エネマテリアルとしての「グラフェン」とその可能性 「技術情報協会」橋本剛編 (2013年6月)
2. 春山純志、「炭素系超伝導体」の章、「高温超伝導現象と用途開発最前線」(株) エヌ・ティー・エス出版 共著 秋光純、細野秀雄、北澤宏一 他 (2013年3月)
3. 春山純志、「グラフェンの電気伝導」の章、「導電・絶縁材料の電気および熱伝導特性制御」、Science & Nanotechnology 社 監修 井上雅博 (2013年2月)
4. 春山純志、「グラフェンエッジが創出するスピン物性」の章、「グラフェンの機能と応用展望 II」、(株) シーエムシー出版 斎木幸一郎 編(2012年12月)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

- (1) 研究代表者 春山 純志
(Haruyama Junji)