

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 26 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360003

研究課題名（和文） ホール伝導度ゼロ状態を用いた電流－スピンの変換機能

研究課題名（英文） Generation of Spin Current in Bipolar Conductors with Quasi-Zero Hall Coefficients

研究代表者

酒井 政道 (SAKAI MASAMICHI)

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：40192588

研究成果の概要（和文）：本研究ではホール係数が近似的にゼロとみなせる両極性伝導体に外部磁場を印加することによって「電流－スピンの変換機能」が付与できるしくみを理論的に考察すると共に、スピンの発生の実証実験を磁気電気輸送測定にもとづいて実施した。研究は、(I) 両極性伝導体を用いたスピンの発生機構とそれを利用した論理演算ゲートに関する理論的研究、(II) 擬ゼロホール係数材料 YH_2 の高品質化研究、という準備段階を経て、(III) YH_2 への磁性元素 Gd 導入によるスピンの偏極キャリア生成、(IV) 強磁性電極から微小 YH_2 チャネルへのスピンの偏極電流注入、というスピンの生成実験へと展開させた。その結果、微小ホール素子のチャネル材料に YH_2 或いは $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{H}_2$ を使うことによって、外部磁場によって、純スピンの生成が可能であることが分かった。 YH_2 の場合には、ただし、電極として Co を用いる必要がある。

研究成果の概要（英文）：The ordinary Hall effect (OHE), which is caused by an external magnetic field, was studied as a mechanism for the generation of spin current. It has been theoretically elucidated that, under an open-circuit condition, the OHE can contribute to spin-current generation when spin-polarized electrons and holes are simultaneously present as mobile carriers. This OHE contribution to spin current generation is caused by the steady-state kinematics of electrons and holes whose transverse velocities have the same direction. The experimental aspects of possible materials for the isomorphic electron and hole systems are argued on the basis of the experimental results of the magnetotransport measurements of the quasi-zero Hall coefficient (QZHC) conductors YH_2 and $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{H}_2$. For experimental verification of spin current generation, we have investigated the influence of spin injection in these QZHC conductors by employing two type of Hall devices, the current channel region of which are (A) magnetic material $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{H}_2$ ($x \approx 0.4$) and (B) nonmagnetic YH_2 but having Co source electrodes and a short channel length of approximately 10 μm . Huge anomalous Hall resistivity and positive transverse magnetoresistivity are observed in both Hall devices A and B, showing the generation of spin current.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	9,000,000	2,700,000	11,700,000
2011 年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2012 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	15,300,000	4,590,000	19,890,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎，応用物性・結晶工学

キーワード：ローレンツ力，正常ホール効果，異常ホール効果，両極性伝導体，スピンの流，スピントロニクス，希土類金属，水素

1. 研究開始当初の背景

当初、既に、エレクトロニクスの新しい潮流のひとつとして、電荷の輸送は伴わないが、磁気モーメントの輸送を伴う流れ（以下スピン流）に注目した研究が活発であり、克服すべき課題が、主に（A）スピン流生成の高効率化と、（B）異種材料へのスピン流注入の高効率化という2点に集約されていた。（A）に対しては、スピンホール効果とスピンゼーベック効果を利用する方法が提案・実証されていたが、共に低抵抗の金属材料を使うため、抵抗率不整合の問題があって、必然的に高抵抗の半導体などへのスピン注入効率が高くできないという問題があった。一方、（B）に対しては、高品質の強磁性半導体の作製が成功しつつあるものの、抵抗率不整合の問題のため、金属電極を介したスピン流の輸送が困難であるという問題が指摘されていた。

2. 研究の目的

（1）ホール伝導度ゼロ状態を示す物質および外的条件を、希土類二水素化物をはじめとする縮退系水素吸蔵体および真性半導体を中心として探索する。（2）ホール伝導度ゼロ状態によって原理的にもたらされる電流-スピン流変換効果を電気的手法によって確認する。（3）電流-スピン流変換効果を利用した高強度スピン流生成装置およびXORゲートなど論理演算装置が縮退系材料と非縮退系材料を使ってそれぞれ製作できることを示す。以上によって、前頁で述べた（A）と（B）の問題を解決する手段を提供することが目的である。

3. 研究の方法

内因性および外因性ゼロホール効果を示す物質を、金属系水素吸蔵体から探索し、それらの物質にスピン偏極バイアス電流と磁場を印加することにより、バイアス電流から横方向にスピン流が生成されることを理論的に解析すると共に、それを実証することが最初の2年間の目標である。実証するには、強磁性体電極を備えた三端子構造を作製して、横方向のスピン蓄積による電気抵抗変化を利用する。3年目の目標は、前半で作製した三端子素子を2個タンデムに連結することによって、出力スピン流を2倍に増強できることを確認したうえで、さらに連結個数を増やし、スピン流増強に挑戦する。また三端子素子を使った簡単な論理演算素子(XORゲートなど)を作製し演算動作を確認する。

4. 研究成果

（1）両極性伝導体を用いたスピン流発生機構とそれを利用した論理演算機能に関する理論的研究

第1として、正常ホール効果の他に、スピン-軌道相互作用(SOI)による異常ホール効果を考慮して、スピン流発生機構を支配する電子と正孔のキャリア走行のキネマティクスに関する理論解析を行った。その結果、(i)負に帯電した不純物原子によるスキュー散乱は、外部磁場によるローレンツ力と共に、スピン流の生成を促進すること、一方、(ii)正に帯電した不純物原子によるスキュー散乱は、スピン流の生成を抑制すること、(iii)サイドジャンプ型過程は、ローレンツ力がもたらすスピン流生成に影響を与えないことが原理上見出された。これらの計算をSOIのタイプ別に行った。

第2として、ホール効果によって発生するスピン流を検出するにはどのような物理量のどのような挙動に注目すれば良いのかを明らかにするために、ホール抵抗及び横磁気抵抗の理論計算を行った。先ず、単極性伝導体について行った後に、両極性伝導体の計算に着手した。それは、後者の計算結果の妥当性を吟味する上で、前者の知見が必要であるからである。計算では、SOIの影響を相互作用の微視的なモデルに依存しない現象論によって扱い、アップおよびダウンスピンのキャリア(正孔と電子)が独立に電気伝導に寄与するという2流体モデルにもとづいて解析的に調べた。キャリア移動度(μ)と磁場換算したSOI強度(S)が共に正孔と電子とで等しい場合、すなわち、 $\mu_h = -\mu_e \equiv \mu$ 、 $S_h = S_e \equiv S$ (タイプI)、或いは $S_h = -S_e \equiv S$ (タイプII)について、横磁気抵抗とホール抵抗の表式を、外部磁場 B およびキャリアスピン偏極度 P ($=P_h + P_e$)の関数として陽に表すことに成功すると共に、電子あるいは正孔濃度のどちらかをゼロにすると、単極性伝導体の計算結果と一致することが確認された。

第2の理論解析結果、外部磁場のない場合では、単極性伝導体におけるホール抵抗 ρ_{yx} と横磁気抵抗 ρ_{xx} との間に比例関係が成立し、その比例係数が μ と S の積であることが予測出来た。このことは、比 ρ_{yx}/ρ_{xx} の測定を通じてスピン偏極度を評価できることを意味する。両極性伝導体については、SOIがタイプI($S_h = S_e$)且つ正孔スピンと電子スピンが反平行の場合、およびSOIがタイプII($S_h = -S_e$)且つ正孔スピンと電子スピンが平行の場合には、単極性伝導体の場合と同一の関係が ρ_{yx} と ρ_{xx} との間に成立することが原理的に見出された。これらのケースでは、スピン蓄積が起こらない為、スピン流発生に寄与しないのに対して、残りの2つのケース、即ち、SOIがタイプI($S_h = S_e$)且つ正孔スピンと電子スピンが平行の場合、およびSOIがタイプII($S_h = -S_e$)且つ

正孔スピンの電子スピンの反平行の場合は、電荷蓄積がなくてもスピン蓄積がある状態なので、これらはスピン流発生モードに対応する。即ち、キャリアがスピン偏極した両極性伝導体の ρ_{yx} と ρ_{xx} に注目して、それらに単極性伝導体と同様、比例関係がある場合には、スピン流は発生しないと判定でき、 ρ_{yx} と ρ_{xx} に単純な比例関係が成立しない場合には、スピン流が発生していると判定できる。

第3として、キャリアのスピン偏極度を通じて、 ρ_{yx} と ρ_{xx} に一定の関係が成立することを利用して、論理演算機能の原理的デザインを単極性伝導体及び両極性伝導体それぞれについて行った。即ち、スピン偏極した電流を非磁性体チャンネルに注入する際に発生する電気抵抗の縦-横相関 (ρ_{yx} と ρ_{xx} との関係) を論理演算ゲートの出力に採用すると、デバイス構造が簡素化できる結果、従来よりも少品種材料、且つ、微小空間サイズで、論理和 (OR) ゲートと排他的論理和 (XOR) ゲートが構成出来ることを原理的に提案した。これらの素子はスピン流の検出にも使用可能である。

(2) 擬ゼロホール係数材料の高品質化

本研究は、ホール効果によって電子と正孔の軌道を同じ方向に偏向させ、同時にキャリアをスピン偏極させることでスピン流の生成を目指すものである。ホール素子のチャンネル材料に要求されることは、理論的検討から明らかになった様に、正常ホール係数 R_H を限りなくゼロに近づけることである。 R_H がゼロのとき、横方向の電荷輸送が消失する。我々の先行研究によって、イットリウム二水素化物 YH_2 は、 R_H が通常の金属と比べて非常に小さいことが分かっていたが、加えて、残留抵抗値 ρ_0 の異なる複数の試料の R_H を測定したところ、 ρ_0 値と R_H 値に正の相関があることが経験的に見出された。本研究ではこの性質に注目して出来るだけ小さな R_H 値を目指す為に、高品質結晶を作製して ρ_0 値を低減した。

結晶 YH_2 は、結晶 Y の作製とその水素化反応という2段階で作製されるので、それぞれの過程で結晶性を良好に保つ必要がある。市販原料 Y の純度は、99.9% であるが、この数値は全希土類元素を母数としたものであり、希土類元素以外の成分純度は保証しない。希土類元素は水素と反応し易いので、 Y 以外の希土類元素が不純物として混入していても水素化を阻害しないが、非金属軽元素はこれを阻害する。 Y の精製は、 Y_2O_3 を HF 処理して生成される YF_3 を経て行われるので、市販原料 Y に含まれる残留 F は、 Y の水素化を阻害する。実際、グロー放電質量分析法による F の質量濃度値は 266 ppm であった。市販原料中の F 除去は、アーク炉により一度融解し、

表面に再凝固したものを紙ヤスリ等で表面研磨して行った。1回の融解・研磨で F 量は約3分の1に低下することが分かった。元素分析は F 量だけに絞って実施したが、このプロセスで F 以外の軽元素も除去される可能性は高い。

こうして高純度化した Y であるが、それ自身は非常に酸化され易いので、水素化工程の前および最中に酸化されない為に、 H_2 の乖離吸着能と透過能を併有する保護膜を Y 表面に形成した。 Y の保護膜として、Pd, Ni, Gd の3種類を用いて水素化反応を行い、(i) 水素化前の Y 結晶性、(ii) 保護膜を使った水素化反応後の結晶性、及び(iii) (i) と (ii) との相関関係を調べた。その結果、①保護膜として従来用いられていた Pd は、 YH_2 の結晶性には良い影響を及ぼさず、必ずしも優れた材料ではないこと、②保護膜として Gd を用いると、 c 軸配向度の高い Y を水素化することで、従来品と比べて配向度が約 1.1 倍高く、結晶子サイズが約 2.1 倍大きい結晶 YH_2 が得られること、③この結果、 R_H の最小値として $\sim 10^{-12} \text{ m}^3/\text{C}$ が得られたこと分かった。 $10^{-13} \text{ m}^3/\text{C}$ 位の結晶も得られていると思われるが、ホール電圧が測定限界以下になるため、今後確認方法の改善が必要である。

擬ゼロホール係数とは云え、極めて弱いながらも YH_2 で観測されるホール効果が、ローレンツ力に基づいた正常ホール効果なのか、或いは異常ホール効果なのかによって、 $R_H - \rho_0$ 相関の原因は異なる。実際、 YH_2 の磁化過程を調べると、典型的なパウリ常磁性が観測され、それによるスピン偏極度は、約3%と見積もられた。正常ホール係数がもはや消失しているとしたら、パウリ常磁性による異常ホール効果が観測されている可能性も否定できない。 YH_2 ではどちら効果が効いているのかは、引き続き調査が必要である。

(3) 磁性元素 Gd 導入によるスピン偏極キャリア生成

擬ゼロホール効果を利用する我々の方法によってスピン流を生成するには、予めキャリア全体のスピンを特定方向に偏極させておく必要がある。Gd は Y と異なり 4f 電子を持つので、その局在磁気モーメント-伝導電子間 sf 交換相互作用を通じて、伝導電子或いは正孔がスピン偏極され、局在磁気モーメントの向きが外部磁場によって特定方向に偏向されるならば、キャリア全体のスピン偏極値が有限値を示すと考えられる。そこで、 YH_2 における Y の1部を磁性元素 Gd に置換した $Gd_xY_{1-x}H_2$ をホール素子の電流チャンネル領域に使用する計画の下に、チャンネル領域のスピン偏極が可能かどうかを、ホール抵抗及び横磁気抵抗の測定によって調査した。

電子ビーム蒸着法により石英またはシリ

コン基板の上に Gd と Y を同時に蒸着して約 500 nm の薄膜を作成し、これを水素雰囲気下で適切な反応温度・時間 (300~325°C で 3 % 水素と約 10 分間反応) で熱処理することによって $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($0 \leq x \leq 1$) 単相を作製することに成功、格子定数、ネール温度の Gd 濃度依存性を実験に基づいて評価することができた。Au 電極を試料周囲の 4 箇所に蒸着し、ホール素子とした。チャンネル長は約 3 mm である。ホール抵抗及び横磁気抵抗の測定は、最大 5 T までの磁場を膜面に対して垂直に印加し、0.1~1 mA, 10 Hz の交流電流を試料に供給し、電流経路と交差する電極間の電位差を計測する事で行った。測定は 4~400 K の温度範囲で行った。

5 T におけるホール抵抗の温度依存性には、(i) 140 K 以下ではホール抵抗は温度に殆ど依存せず、(ii) 140 K 以上で急上昇し、(iii) 212 K で最大値をとるとい特徴が観測された (図 1)。横磁気抵抗も、140 K 以下では磁場に対して殆ど変化しないのが 140 K 以上では変化率が增大していき、正の横磁気抵抗を示し、その後 200 K で極大となり、以降は温度上昇に伴って変化率が小さくなるというホール抵抗の温度依存性と同じ振舞を示した。これらの振舞は、 $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x \approx 0.4$) でのみ観測され、 $x \approx 0.4$ 以外はこのような顕著な温度変化を示さない。特徴 (i) は、 $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x \approx 0.4$) が 140 K 以下で擬ゼロホール係数を持つことを示している。特徴 (ii) と (iii) はスピン偏極したキャリアの存在を示唆している。なぜなら、挿入図に示されているように 212 K でのホール抵抗が異常ホール効果的形状を示しているからである。

以上の特徴と似たホール抵抗の温度依存性が Ce を含む重い電子系においても近藤温度の前で観測され、局在モーメントによるスキュー散乱として説明されている。我々が観測した $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x \approx 0.4$) の特徴的な振舞が重い電子系の示す近藤効果として解釈できるかについては今後の研究に委ねられる。

$Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x \approx 0.4$) の高温領域で観測されたホール抵抗及び横磁気抵抗は、ローレンツ力だけでは説明が困難である。そこで、(1) で実施した理論にもとづいて考察した。その結果、温度変化の激しい成分は、異常ホール効果に依るものであり、正常ホール効果は殆ど寄与しないことが分かった。計算と実験との比較から、 $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x \approx 0.4$) をチャンネル領域に用いたホール素子では、キャリアスピン偏極度が約 80 % のときに測定結果を説明できることが分かった。つまり、電子と正孔が共に高スピン偏極した両極性伝導モデルで説明可能であって、このことはホール効果によって、純スピン流が十分生成可能であることを意味する (図 2)。

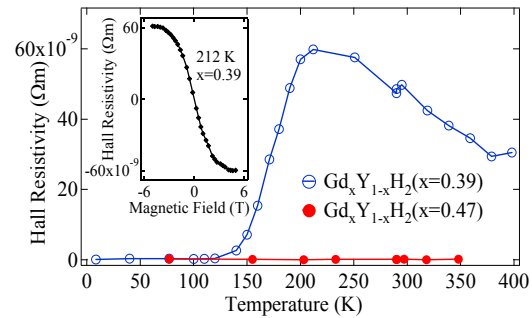


図 1 : $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x=0.39, 0.47$) の 5 T におけるホール抵抗 (HR) の温度依存性. 挿入図は、 $x=0.39, 212$ K における磁場に対する HR.

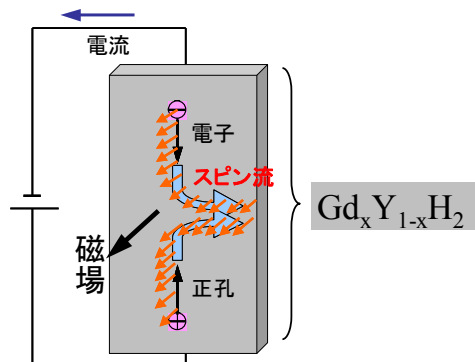


図 2 : $Gd_xY_{1-x}H_2$ ($x \approx 0.4$) をチャンネル材料にしたホール素子で発生しているスピン流の模式図.

(4) 強磁性電極から微小 YH_2 チャンネルへのスピン偏極電流注入

これは、予めキャリアのスピンを偏極させておく第 2 の取組みである。即ち、チャンネル領域は非磁性体である YH_2 にしたまま、チャンネル長を約 $10 \mu m$ と短くした上で、ソース電極として強磁性体を用いる方法に取り組んだ。 YH_2 をチャンネル領域 (チャンネル長 $\approx 10 \mu m$) とする微小ホール素子はフォトリソグラフィ及び電子ビーム蒸着法で作製した。Si ウエハ上に SiO_2 をスパッタ法で成膜し、下地に Cr を 10 nm、電極に Co を 200 nm、チャンネル下地に Ti を 10 nm、チャンネル部に Y を 400 nm、保護膜として Pd を 20 nm 蒸着した。室温下で 3 % 水素と約 10 分間反応させ、 YH_2 のチャンネル層を得た。(2) の成果を鑑みれば、高品質な YH_2 を得るには保護膜として Gd を用いるべきだが、Gd の異常ホール効果と磁気抵抗が測定に紛れ込んでくる可能性が高いので、今回は非磁性である Pd を使用している。

ホール抵抗及び横磁気抵抗の測定方法は、(3) と同じである。図 3 にホール抵抗及び磁気抵抗比の磁場依存性を示す。ホール抵抗は ± 3 T 付近に極値をとる 3 次関数的であり、横磁気抵抗は、 YH_2 固有のローレンツ力由来の値に比べて約 100 倍大きい正の値となった。

(1) で実施した理論にもとづいて考察した

結果、(3)と同様、キャリアスピン偏極率が約80%のときに測定結果を説明できることが分かった。このことはホール効果によって、純スピン流が十分生成可能であることを意味する(図4)。

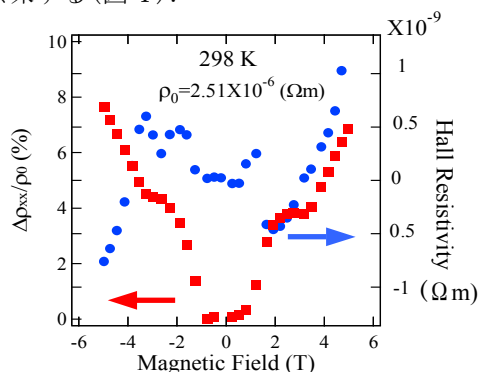


図3 Co電極を用いたYH₂微小ホール素子におけるホール抵抗及び横磁気抵抗比の磁場依存性

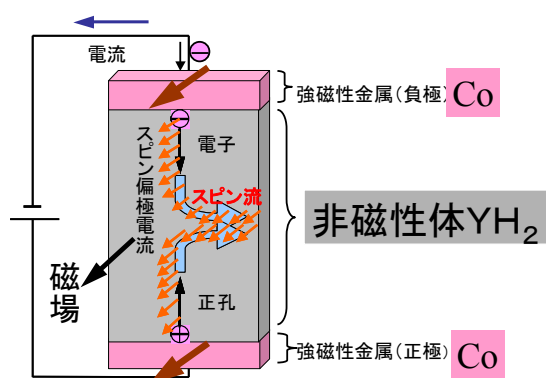


図4：微小なYH₂をチャネル材料にしたホール素子で発生しているスピン流の模式図。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計12件)

①M. Sakai, D. Kodama, Y. Okano, T. Sakuraba, Z. Honda, A. Kitajima, A. Oshima, K. Higuchi, S. Hasegawa, O. Nakamura, Magnetoresistance Generated by Combination of Spin-Orbit Interaction and Applied Magnetic Field in Bipolar Conductors, Jpn. J. Appl. Phys. (in press) 査読有

②H. Hirama, M. Hayakawa, T. Okoshi, M. Sakai, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima, S. Hasegawa

Enhancement of hydrogen uptake for Y and Gd films by thin Ni surface overlayers, J. Cryst. Growth (in press). 査読有
DOI: 10.1016/j.crysgro.2012.12.175

③T. Sakuraba, H. Hirama, M. Sakai, Z. Honda, M. Hayakawa, T. Okoshi, A. Kitajima, A. Oshima, K. Higuchi, S. Hasegawa

Crystal growth of magnetic dihydride Gd_xY_{1-x}H₂ for generation of spin current J. Cryst. Growth (in press). 査読有
DOI: 10.1016/j.crysgro.2012.12.156

④T. Okoshi, M. Hayakawa, H. Hirama, M. Sakai, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima, S. Hasegawa,

Influence of hydrogen incorporation on texture and grain size in YH₂ films, J. Cryst. Growth (in press). 査読有
DOI: 10.1016/j.crysgro.2012.12.093

⑤M. Sakai, K. Kakizaki, S. Hasegawa, A. Kitajima, A. Oshima, and H. Awano, A design of spin polarization analyzer using transverse-longitudinal correlation in resistivities induced by spin-orbit interaction, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 013004-1~7. DOI: 10.7567/JJAP.52.013004 査読有

⑥M. Sakai, D. Kodama, T. Sakuraba, Z. Honda, S. Hasegawa, A. Kitajima, A. Oshima, K. Higuchi, and O. Nakamura Negative Magnetoresistance Generated by Combination of Spin-Orbit Interaction and Applied Magnetic Field Jpn. J. Appl. Phys. 51, 023001 (2012). DOI: 10.1143/JJAP.51.023001 査読有

⑦M. Sakai, T. Sakuraba, Z. Honda, S. Hasegawa, A. Kitajima, K. Higuchi, A. Oshima, and O. Nakamura, Generation of Spin Current in Bipolar Conductors, 査読有 Jpn. J. Appl. Phys. 50, (2011) 103002-1~9. DOI: 10.1143/JJAP.50.103002

⑧M. Sakai, D. Kodama, M. Ito, S. Ito, O. Nakamura, S. Hasegawa, A. Kitajima, A. Oshima,

Appearance of a Correlation between the Hall Coefficient and Electrical Resistivity upon Dihydrogenation of Yttrium, J. Appl. Phys. 108 (2010) 083719 -1~7. 査読有
DOI: 10.1063/1.3500443

⑨M. Sakai, N. Honda, F. Fujimoto, O. Nakamura, and H. Shibata, A Complementary Study of the Role of the Hall Electric Field for Generation of the Force on Current-Carrying Wire in a Magnetic Field Am. J. Phys. 78, 160 (2010). 査読有
DOI: 10.1119/1.3263818

〔学会発表〕(計18件)

①桜庭琢士, 酒井政道, 本多善太郎, 平間弘晃, 大越朋哉, 長谷川繁彦, 北島彰, 大島明博, 樋口宏二

Gd-Y合金二水素化物Gd_xY_{1-x}H₂(0≤x≤1)の磁化測定, 第60回応用物理学会春季学術講演会2013年3月27日 神奈川工科大学

②大越朋哉, 桜庭琢士, 平間弘晃, 酒井政道, 長谷川繁彦, 北島彰, 大島明博, 樋口宏二

水素吸蔵体YH₂膜の結晶子サイズに対するPd及びNi保護膜の影響

第 60 回応用物理学学会春季学術講演会
2013 年 3 月 27 日 神奈川工科大学

③ 桜庭琢士, 平間弘晃, 大越朋哉, 酒井政道,
本多善太郎, 樋口宏二, 北島 彰, 大島明博,
長谷川繁彦

両極性伝導型 $Gd_xY_{1-x}H_2$ における異常および
正常ホール効果

日本物理学会 2012 年 9 月 18 日 18aPSA-14
横浜国立大学常盤台キャンパス

④ 酒井政道, 長谷川繁彦, 北島 彰, 大島明博,
スピン軌道相互作用とローレンツ力との
協同効果による磁気およびホール抵抗

日本物理学会第 67 回年次大会 2012 年 3 月
26 日 関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス

⑤ 大越朋哉, 早川昌志, 酒井政道, 長谷川繁彦,
北島 彰, 大島明博, 樋口宏二, 中村 修
水素吸蔵体 YH_2 薄膜の結晶性に対する保護
膜の影響 II

第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012
年 3 月 18 日 早稲田大学早稲田キャンパス

⑥ 平間弘晃, 桜庭琢士, 酒井政道, 本多善太郎,
早川昌志, 大越朋哉, 長谷川繁彦, 北島 彰,
大島明博, 樋口宏二, 中村 修

水素吸蔵体 $Gd_xY_{1-x}H_2(x=0.19)$ の作製と磁
化・ホール測定

第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012
年 3 月 16 日 早稲田大学早稲田キャンパス

⑦ 酒井政道, 長谷川繁彦, 北島 彰, 大島明博,
樋口宏二, 中村 修

異常ホール効果が縦抵抗率に与える影響と
そのスピン偏極度依存性

第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012
年 3 月 16 日 早稲田大学早稲田キャンパス

⑧ 桜庭琢士, 酒井政道, 本多善太郎, 早川昌志,
大越朋哉, 長谷川繁彦, 北島 彰, 大島明博,
樋口宏二, 中村 修

ガドリニウム二水素化物 $GdH_x(x \approx 2)$ の磁化
測定, 第 72 回応用物理学学会学術講演会 2011
年 9 月 2 日 山形大学小白川キャンパス

⑨ 児玉大輔, 岡野由尚, 酒井政道, 中村 修,
長谷川繁彦, 北島 彰, 大島明博, 樋口宏二,
イットリウム二水素化物における横磁気抵抗 II,
第 72 回応用物理学学会学術講演会 2011
年 9 月 2 日 山形大学小白川キャンパス

〔図書〕(計 7 件)

① 酒井政道, 桜庭琢士, 大越朋哉, 平間弘晃,
大友貴史, 春山翔太, 長谷川繁彦, 樋口宏二,
北島 彰, 大島明博

両極性伝導体 $Gd_xY_{1-x}H_2(x=0, 0.4)$ におけるス
ピン注入と磁気抵抗

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム
事業, 分子・物質合成プラットフォーム
平成 24 年度成果報告会要旨集 pp. 26-27.

② M. Sakai and O. Nakamura,

Chap. 9. Physics and Engineering Aspects of
Electronic Conduction in Yttrium Dihydride in

Yttrium Compounds,
Production and Applications edited by D.
Volkerts (Nova Science Publishers, Inc. 2011) pp.
233~265 (ISBN: 978-1-61728-928-6)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 2 件)

名称: スピン偏極度測定方法及び測定メータ,
並びにこれを用いた論理演算ゲート及び信
号暗号復号化方法

発明者: 酒井政道, 長谷川繁彦, 北島 彰,
大島明博

権利者: 酒井政道

種類: 特許

番号: 特願 2011-282394

出願年月日: 2011 年 12 月 22 日

国内外の別: 国内

名称: スピントロニクス装置及び論理演算素
子

発明者: 酒井政道, 中村 修, 長谷川繁彦,
北島 彰, 大島明博

権利者: 酒井政道, 中村 修, 長谷川繁彦,
北島 彰, 大島明博

種類: 特許

番号: 特願 2010-247535

出願年月日: 2010 年 11 月 4 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fms.saitama-u.ac.jp/lab/sakai/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 政道 (SAKAI MASAMICHI)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 40192588

(2) 研究分担者

本多 善太郎 (HONDA ZENTARO)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号: 30332563

長谷川 繁彦 (HASEGAWA SHIGEHICO)

研究者番号: 50189528

大阪大学・産業科学研究所・准教授

(3) 連携研究者

北島 彰 (KITAJIMA AKIRA)

大阪大学・産業科学研究所・特任助教

研究者番号: 50532248

大島 明博 (OSHIMA AKIHIRO)

大阪大学・産業科学研究所・特任准教授

研究者番号: 80398924