研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 2 年 5 月 2 9 日現在

機関番号: 12701

研究種目: 基盤研究(C)(一般)

研究期間: 2017~2019 課題番号: 17K05494

研究課題名(和文)Control of carrier localization in dilute magnetic semiconductors

研究課題名(英文)Control of carrier localization in dilute magnetic semiconductors

研究代表者

RAEBIGER HANNES (Raebiger, Hannes)

横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号:20531403

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文):磁性半導体に置ける伝導キャリアの局在性の理論研究を行なった。本研究開始前は、磁性半導体の磁性は伝導キャリ密度により制御できることは既知であったが、伝導キャリアの局在性に関する研究は乏しかった。本研究は(1)半導体に置ける伝導キャリアの局在性構造歪みによりの制御及び(2)磁性半導体の磁気相互作用の伝導キャリアによる制御及び(3)磁性半導体の磁性の構造歪みによる制御を解明した。 したがって、新たなピエゾ磁性現象を発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義 半導体・絶縁体に置ける伝道キャリアの局在性を計算するための理論手法の開発研究を行なった。伝導キャリア

手導体・絶縁体に直げる伝道キャリアの局任性を計算するための理論手法の開発研究を行なった。伝導キャリアの局在性とともに磁性半導体の磁性を制御できる新たな物理現象を発見した。この研究は現代の薄膜デバイスに磁性の制御の機能を付与するための指針を与えるものである。 現代の電子デバイスの発展は小型化や薄膜化によって牽引されており、数原子層単位における磁性の制御は近未来に向けたメモリ素子やスピン制御デバイスの開発の要である。本研究は薄膜における磁性の制御メカニズムを提示することで、これからの日本社会の薄膜磁性デバイスの開発への現実的な構図を提示するものである。

研究成果の概要(英文): This is a theoretical study of carrier localization in magnetic semiconductors. When this project began, the control of magnetism in magnetic semiconductors by modulating carrier densities was established, but investigations on the role of carrier localization were scarce. During this study, we elucidated (1) control of carrier localization by axial strain in semiconductors, (2) control of magnetic interactions in magnetic semiconductors by Warree carriers, and (3) modulation of magnetism in magnetic semiconductors by axial strain. We thus discovered a new piezo magnetic effect.

研究分野: 物性理論

キーワード: 磁性半導体 ピエゾ効果 ピエゾ磁性 第一原理計算

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様 式 C-19、F-19-1、Z-19(共通)

1.研究開始当初の背景

- (1)磁性半導体は伝導キャリア(電子・電子成功のいずれ)の密度により磁性及び磁化の制御ができる。磁性半導体における伝導キャリア密度がある閾値より少ない場合は磁化ゼロの常磁性を示し、その閾値を超えると磁化されて強磁性体に変わる。磁性の原因は半導体にドーピングされている磁気不純物であり、伝導キャリアは不純物間の磁気相互作用を起こすものである。磁気相互作用の強度は伝導キャリアの局在性依存する。束縛されている伝導キャリアの場合短距離相互作用になり、広がっている場合長距離相互作用になる。従って、磁性半導体の磁性は磁性不純物及び伝導キャリア密度及び伝導キャリアの局在性のバランスによって決まる。本研究の開始当初は伝導キャリアの局在性による磁性の制御に関する研究は乏しいのが同時の状況であった。
- (2) 本研究グループは 2016 年に磁性半導体である Mn ドープされた GaAs における伝導キャリアの局在・非局在の遷移を発見した[1]。同じ不純物によって束縛されている電子正孔も広がっている電子成功も形成することが可能であることを示した。その遷移とともに構造歪みも現れたことから、歪みによる伝導キャリアの局在性を制御できるという発想につながった。応力によって束縛された伝導キャリアを広がるように遷移されることができれば、その遷移とともに磁気相互作用も制御できると予測した。
- (3) 個体物質における伝導キャリアの局在性を評価するための理論計算は困難である。第一原理計算手法によって局在性に偏りが生じることにより正しく予測ができない問題点があった。当研究グループは密度汎関数理論の自己相互作用補正を導入し、実験で確かめられた伝導キャリア局在性を再現することに成功した[2]。

2.研究の目的

- (1) 伝導キャリアの局在性を正しく表現できる密度汎関数理論の自己相互作用補正の開発研究。任意の半導体・絶縁体・磁性体で適用できる計算手法を目指す。
- (2) 伝導キャリアと磁性半導体における磁気相互作用の依存性を理論計算により解明。
- (3) 応力などの外力による伝導キャリアの局在性を制御できるかを理論研究によって解明。
- (4) 応力・構造歪みが磁性半導体における磁気相互作用にどういう影響及ぼすか解明。
- (5) 応力・構造歪みにより制御できる磁性半導体のマテリアルデザイン。新たな機能性物質を提案。

3.研究の方法

- (1) 密度汎関数理論に基付く第一原理計算により磁性半導体物質の電子構造・結晶構造を解析する。電子構造はスピン分極に注目し、それぞれの磁気構造を分析する。磁気構造・ 結晶構造の歪み・伝導キャリアの束縛性に注目した。
- (2) 第一原理計算は VASP コードで行う。ただし、伝導キャリアの局在性を正しく評価する ための自己相互作用補正は当研究室で開発した独自のコードを用いる。自己相互作用補 正の強度パラメーター をそれぞれの半導体物質に対して決定した。
- (3) 第一原理計算は当研究室の80CPUで構成されているクラスタ計算機及び共同利用スパコンピュータ計算機で行う。東京大学物性研究所の計算機及び米国NSF/XSEDEの計算機を利用した。
- (4) データ処理・解析および計算管理は自作のソフトウェアで行なった。

4. 研究成果

(1) GaN、Ga₂O₃ などワイドギャップ半導体に注目した。バンドギャップ補正及び自己相互作用補正のポテンシャルパラメーターを求めた。計算手法の妥当性を確かめるため、光学的物性などの計算を行い、計算手法の妥当性を示した。(Physical Review Material, Journal of Applied Physics, Applied Physics Express に掲載)

- (2) GaN に置いて、伝導キャリアとして電子成功に注目した。電子成功は Mg 不純物によって 生成し、いくつかの束縛状態及び広がっている電子成功状態を確かめた。ピエゾ効果に より、束縛状態から広がっている伝導キャリア状態に遷移を計算上で実現した。よって、 構造歪みによる伝導キャリウアの局在性の制御の方法を明らかにした。(発表予定)
- (3) Ga_2O_3 に置ける Cr 不純物間の磁気相互作用を計算し、磁気相互作用の電動キャリア依存について第一原理計算を行った。伝導キャリアが存在しない場合、磁気相互作用は存在せず常磁性を示すことが、電子ドーピングを行い、n 型伝導キャリアが Cr 不純物のうどの 1/2 ほどの閾値を越えると距離強磁性相互作用が現れ、強磁性体に遷移できること発見した。この結果により磁性半導体の新たなを磁性メカニズム提案した。(Applied Physics Express に掲載)
- (4) GaN 中の Mn および Fe 不純物は磁性半導体の磁気不純物の役割に果たすが、磁気相互作用に必要な電子成功は窒素に強く区束縛され、キャリアの媒介による強磁性の実現が困難であった。本研究室の研究で、歪みによるピエゾ効果により束縛された電子成功は広がっている伝導キャリア状態に遷移することを発見した。図1でこのシステムにおける正孔の束縛の制御に関する概略図を示す。本研究により、磁気相互作用は構造歪みでピエゾ効果により制御できる新たな磁性発現のメカニズムを提唱した。このメカニズムはピエゾ効果により強磁性を制御するものであり、ピエゾ磁性と名付けられた。(Physical Review Materials にて発表済み)

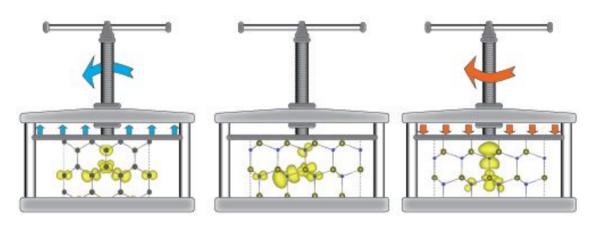


図 1 GaN における Fe 不純物付近の伝導キャリアの局在状態。真ん中の図は構造歪みのない場合の束縛状態を示し、右図と右図はそれぞれc 軸を圧縮、膨張の場合のキャリアの状態を示す。

<参考文献>

- [1] S. Bae, H. Raebiger: "Critical metal-insulator transition due to nuclear quantum effects in Mn-doped GaAs, Physical Review B (Rapid Communications), **94**, 241115(R) (2016).
- [2] S. Lany, H. Raebiger, A. Zunger: "Magnetic interactions of Cr-Cr and Co-Co impurity pairs in ZnO within a band-gap corrected density functional approach," Physical Review B (Rapid Communications) 77, 241201(R) (2008).

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件(うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件)

voshida Daisuke、Reabiger Hannes、Shudo Ken-ichi、Ohno Koichi 57 2、論文模語 57 Core Electron Topologies in Chemical Compounds: Case Study of Carbon versus Silicon 5, 発行年 2018年 3、検読名 Angewand to Chemie International Edition 6 . 最初と最後の貝 7012-7018 3 . 検読名 Angewand to Chemie International Edition 6 . 最初と最後の貝 7012-7018 3 . 検読名 Angewand to Chemie International Edition 6 . 最初と最後の貝 7012-7018 4 . ウェンファクセス Aープンアクセス Aープンアクセス Total Edition A	〔雑誌論文〕 計4件(うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件)	
2. 論文標題 Core Electron Topologies in Chemical Compounds: Case Study of Carbon versus Silicon 3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition 3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition 周報論文の001 (デジタルオプジェクト機別子) (1.002/annie, 201713108	1.著者名	4 . 巻
2018年 3. 結話名 Angewandte Chenie International Edition 3. 結話名 Angewandte Chenie International Edition 4. 競技の有無 7012 - 7018 開報論文の001 (デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/ania.201713108 第 オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 5. 発行年 Control of hole localization in magnetic semiconductors by axial strain 2016年 2017年 2016年 2016年 2017年 2016年 2017年 2017	Yoshida Daisuke、Raebiger Hannes、Shudo Ken-ichi、Ohno Koichi	
2018年 3. 結話名 Angewandte Chenie International Edition 3. 結話名 Angewandte Chenie International Edition 4. 競技の有無 7012 - 7018 開報論文の001 (デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/ania.201713108 第 オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 5. 発行年 Control of hole localization in magnetic semiconductors by axial strain 2016年 2017年 2016年 2016年 2017年 2016年 2017年 2017	2 給文梅頭	5
3 ・		
Angewandte Chemie International Edition 7012-7018 7012-7019 7012-7018 7012-7019 7012	core electron roportogres in chemical compounds. Case study of carbon versus stricon	2016年
Angewandte Chemie International Edition 7012-7018 7012-7019 7012-7018 7012-7019 7012	3、雑誌名	6 最初と最後の百
表読の有無 有		
1. 3	Angewandte onemie international Edition	7012 ~ 7010
1. 3	掲載論文のDOL(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難		
### 1. 著名名 Raebiger Hannes、Bae Soungmin、Echeverria-Arrondo Carlos、Ayuela Andres 1. 著名名 Raebiger Hannes、Bae Soungmin、Echeverria-Arrondo Carlos、Ayuela Andres 2. 論文標題 Control of hole localization in magnetic semiconductors by axial strain 3. 辨認名 Physical Review Materials 4. 意 24402 #### 2010年 10.1103/PhysRevMaterials.2.024402 #### 7	10.1002/4110.201710100	F
### 1. 著者名 Raebiger Hannes、Bae Soungmin、Echeverria-Arrondo Carlos、Ayuela Andres 2 2 2 2 2 2 2 2 2	オープンアクセス	国際共著
1 ・著名名 Raebiger Hannes, Bae Soungmin, Echeverria-Arrondo Carlos, Ayuela Andres 2	オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	
Raebiger Hannes, Bae Soungmin, Echeverria-Arrondo Carlos, Ayuela Andres 2 2 . 論文相観 Control of hole localization in magnetic semiconductors by axial strain 2018年 2018年 2018年 2018年 3 . 雑誌名 Physical Review Materials 6 . 最初と最後の頁 24402		
Raebiger Hannes, Bae Soungmin, Echeverria-Arrondo Carlos, Ayuela Andres 2 2 . 論文相観 Control of hole localization in magnetic semiconductors by axial strain 2018年 2018年 2018年 2018年 3 . 雑誌名 Physical Review Materials 6 . 最初と最後の頁 24402	1.著者名	4 . 巻
2 . 論文標題 Control of hole localization in magnetic semiconductors by axial strain 3 . 雑誌名 Physical Review Materials 4 . 最初と最後の頁 24402 24402 24402 24402 24402 24402 24402 24402 24402 24402 2450 2650 2650 2650 2650 2650 2650 2650 26		
2018年 3 . 雑誌名 Physical Review Materials 6 . 最初と最後の頁 24402 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.2.024402 相載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18音名 オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 . 著者名 Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 2 . 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Nork function measurements and first-principle calculations 3 . 維護名 Journal of Applied Physics 6 . 最初と最後の頁 065701 ~ 065701 超議論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 第 本ープンアクセス 1 . 著者名 Ichihashi Kodai, Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2 . 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3 . 維誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 ~ 021002 周載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	haddigdi harmot bad ddangiini, Ediloverria Arronad darros, Aydera Anaros	_
2018年 3 . 雑誌名 Physical Review Materials 6 . 最初と最後の頁 24402 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.2.024402 相載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18音名 オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 . 著者名 Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 2 . 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Nork function measurements and first-principle calculations 3 . 維護名 Journal of Applied Physics 6 . 最初と最後の頁 065701 ~ 065701 超議論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 第 本ープンアクセス 1 . 著者名 Ichihashi Kodai, Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2 . 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3 . 維誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 ~ 021002 周載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)		5.発行年
3 . 雑誌名 Physical Review Materials 6 . 最初と最後の頁 24402 編載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevlaterials.2.024402 オープンアクセス 国際共著 該当する 1 . 著者名 Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 2 . 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 3 . 婚誌名 Journal of Applied Physics 6 . 最初と最後の頁 065701 - 065701 編載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 第 本一プンアクセス 1 著名名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 1 著名名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2 . 論文標題 Carrier nediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3 . 雑誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 - 021002 相載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) この20年 3 . 雑誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 - 021002	·····	
Physical Review Materials	Control of hore recarrication in magnetic semiconductors by axial strain	2010-
Physical Review Materials	3 雑誌名	6 最初と最後の百
掲載論文のDO1(デジタルオブジェクト識別子)		
10.1103/PhysRevMaterials.2.024402 有 国際共著	Thysical Neview materials	24402
10.1103/PhysRevMaterials.2.024402 有 国際共著		
10.1103/PhysRevMaterials.2.024402 有 国際共著	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難		
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 該当する 1. 著者名 Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 4. 巻 127 2. 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 5. 発行年 2020年 3. 雑誌名 Journal of Applied Physics 6. 最初と最後の頁 065701 - 065701 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 査読の有無	10.1100/11y0keViiiatel1ato.2.024402	F
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 該当する 1. 著者名 Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 4. 巻 127 2. 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 5. 発行年 2020年 3. 雑誌名 Journal of Applied Physics 6. 最初と最後の頁 065701 - 065701 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 査読の有無	オープンアクセス	国際共著
1 . 著者名 Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 2 . 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 3 . 雑誌名 Journal of Applied Physics 福載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 1 . 著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2 . 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3 . 雑誌名 Applied Physics Express 福載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オーブンアクセス 国際共著 10.35848/1882-0786/ab6ca6 国際共著		
Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 2. 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 3. 雑誌名 Journal of Applied Physics 6. 最初と最後の頁 065701~065701 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 ## オープンアクセス 1. 著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2. 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3. 雑誌名 Applied Physics Express おもうなの方法 の名の方法 の名の		
Yamanaka K.、Raebiger H.、Mukai K.、Shudo K. 2. 論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 3. 雑誌名 Journal of Applied Physics 6. 最初と最後の頁 065701~065701 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 ## オープンアクセス 1. 著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2. 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3. 雑誌名 Applied Physics Express おもうなの方法 の名の方法 の名の	1 莱老名	4
2.論文標題 Modulation of the optical absorption edge of - and ?-?Ga203 due to Co impurities caused by band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 3.雑誌名 Journal of Applied Physics 6.最初と最後の頁 065701~065701 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 ### ### ### 1.著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 2.論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 3.雑誌名 Applied Physics Express 「6.最初と最後の頁 065701~065701 4.巻 13 5.発行年 2020年 「6.最初と最後の頁 021002~021002 「日本の主義を表現の目のでは、文はオープンアクセスが困難 「9.10は、表現の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目の目		
Modulation of the optical absorption edge of band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 2020年 3 . 雑誌名 Journal of Applied Physics 6 . 最初と最後の頁 065701~065701 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 査読の有無	Tamanana N., Naosingo, III., Makai N., Ollado N.	
Modulation of the optical absorption edge of band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 2020年 3 . 雑誌名 Journal of Applied Physics 6 . 最初と最後の頁 065701~065701 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1063/1.5134521 査読の有無	2. 論文標題	5 . 発行年
band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations 3 . 雑誌名 Journal of Applied Physics 6 . 最初と最後の頁 065701 ~ 065701 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134521		
3 . 雑誌名	band structure changes: Work function measurements and first-principle calculations	2020 1
Journal of Applied Physics		6 最初と最後の百
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	******	
### 10.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 17.1063/1.513452	Souther of Apprica Hysros	003701 003701
### 10.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 17.1063/1.513452		
### 10.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 15.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 16.1063/1.5134521 ### 17.1063/1.513452	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
オープンアクセス		
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1 . 著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 4 . 巻 13 2 . 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 5 . 発行年 2020年 3 . 雑誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 ~ 021002 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6ca6 査読の有無 無 オープンアクセス 国際共著		<i>7</i> 11
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1 . 著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 4 . 巻 13 2 . 論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 5 . 発行年 2020年 3 . 雑誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 ~ 021002 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6ca6 査読の有無 無 オープンアクセス 国際共著	オープンアクセス	国際共著
1 . 著者名 Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes		-
Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 13 2.論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 5.発行年 2020年 3.雑誌名 Applied Physics Express 6.最初と最後の頁 021002~021002 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著	TO PROPERTY OF THE PROPERTY OF	
Ichihashi Kodai、Shinya Hikari、Raebiger Hannes 13 2.論文標題 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 5.発行年 2020年 3.雑誌名 Applied Physics Express 6.最初と最後の頁 021002~021002 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著		4 . 巻
2.論文標題 5.発行年 Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 5.発行年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁 Applied Physics Express 021002 ~ 021002 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著		_
Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 2020年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁 021002 ~ 021002 格載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6ca6 査読の有無 無 オープンアクセス 国際共著	Tomasan hours only a main, habbigot hambos	
Carrier mediated ferromagnetism in Ga203:Cr 2020年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁 021002 ~ 021002 格載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6ca6 査読の有無 無 オープンアクセス 国際共著		5 発行年
3 . 雑誌名 Applied Physics Express 6 . 最初と最後の頁 021002 ~ 021002 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10 .35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著		
Applied Physics Express 021002 ~ 021002 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著	Gailler mediated follomagnetism in oazoo.or	2020—
Applied Physics Express 021002 ~ 021002 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著	。 3.雑誌名	6 . 最初と最後の百
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 10.35848/1882-0786/ab6ca6 無		
10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著	Apprilod Tilyotoo Express	021002 021002
10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著		
10.35848/1882-0786/ab6ca6 無 オープンアクセス 国際共著	」 掲載論文のDOL(デジタルオブジェクト識別子)	
オープンアクセス 国際共著		

	10.33040/1002-0/00/abbcab	
クロンファブにかてはなvi、人はクロンファブにクル四世 -		
	オープンアクセス	

I. 完表看名 Hannes Raebiger and Soungmin Bae
2 . 発表標題 Carrier localization and piezomagnetism in magnetic semiconductors
3.学会等名 10th international conference and school on physics and applications of spin phenomena in solids(国際学会)
4 . 発表年 2018年
1 . 発表者名 H. Raebiger
2 . 発表標題 Defect Theory from first principles calculations
3 . 学会等名 29th International Conference on Defects in Semiconductors, Matsue, Japan (招待講演)
4 . 発表年 2017年
1. 発表者名 H. Raebiger
2 . 発表標題 Hole localization trends and engineering them in magnetic semiconductors
3.学会等名 Workshop on Computational Semiconductors Physics (CSP2017), Hohhot, Inner Mongolia, P. R. China (招待講演)
4 . 発表年 2017年
1.発表者名 H. Raebiger
2. 発表標題 Engineering hole localization in magnetic semiconductors
3.学会等名 The 9th Con- ference of the Asian Consortium on Computational Materials Science (ACCMS-9), Kuala Lumpur, Malaysia (招待講演)
4 . 発表年 2017年

〔学会発表〕 計8件(うち招待講演 6件/うち国際学会 2件)

1 . 発表者名 H. Raebiger, S. Bae
2 . 発表標題 Strain control of carrier localization in piezoelectrics
3.学会等名 30th International Conference on Defects in Semiconductors, Seattle, WA, USA(招待講演)
4 . 発表年 2019年
1.発表者名 K. Ichihashi, H. Raebiger
2 . 発表標題 Calculation of ferromagnetic semiconductors: Cr-doped beta-Ga203
3.学会等名 30th International Conference on Defects in Semiconductors, Seattle, WA, USA(招待講演)
4 . 発表年 2019年
1 . 発表者名 K. Yamanaka, K. Shudo, H. Raebiger
2 . 発表標題 Electronic states and band gap adjustment of Co-impurity doped epsilon-Ga203 and kappa-Ga203
3 . 学会等名 30th International Conference on Defects in Semiconductors, Seattle, WA, USA(招待講演)
4 . 発表年 2019年
1 . 発表者名 R. Shirota, H. Raebiger
2 . 発表標題 First principles calculation of hole doped La2CuO4
3.学会等名 29th annual meeting of MRS-J, Yokohama, Japan (国際学会)
4 . 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1.著者名	4.発行年
Ertekin Elif, Raebiger Hannes	2019年
2 山坑社	「 4公 A° こご米b
2. 出版社	5.総ページ数
The IET, United Kingdom	289-343
3 . 書名	
First principles methods for defects: state-of-the-art and emerging approaches in	
Characterization and Control of Defects in Semiconductors	
Characterization and control of befects in Semiconductors	

〔産業財産権〕

〔その他〕

_

6.研究組織

 •	W1 フ しか上が40		
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考