

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：12501

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06425

研究課題名（和文）フォノン科学による特異構造3次元分光評価と応用欠陥物性

研究課題名（英文）Development of three dimensional spectroscopy of crystal singularity and defects and its application based on phonon science

研究代表者

石谷 善博（Ishitani, Yoshihiro）

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：60291481

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 45,600,000円

研究成果の概要（和文）：電子・フォノン相互作用の観点から結晶特異構造評価とその手法開拓を行い、電子光デバイスの高効率化に向けて、表面構造や結晶欠陥などに関わるフォノン・光物性の解明や新規機能の基盤開拓がなされた。(1)フォノン物性評価では、2波長レーザの同時照射を用いたラマン散乱分光法による3次元フォノン輸送評価法が立上げられ、格子不整欠陥がフォノン輸送に及ぼす影響が解明された。(2)キャリア-フォノン相互作用に関して、フォノン・励起子・輻射の全エネルギー種を取入れた励起子発光の数値解析、発光のフォノンレプリカを用いた実験的解析により励起子安定性についてフォノン場を考慮した解析手法が立上げられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、熱的効果による半導体デバイス動作特性の制限に対して、キャリア・フォノンの全エネルギー種を対象として発光ダイナミクス・キャリアダイナミクスに関する学術体系を再構築するものである。窒化物半導体で比較的多い結晶欠陥の存在する場におけるフォノン輸送統制の評価手法が開拓され、その解明が進められ、また表面マイクロ構造など特異な場における新たな物性の発現がなされた。本研究はフォノン制御を考慮した新しいデバイス設計概念の創出への基盤となる研究と位置付けられる。熱制御の観点から持続可能社会創成へ向けて、電子・光デバイスの熱制御を含んだ設計概念の構築へつなげる研究としての意義を持つと考えている。

研究成果の概要（英文）：We have developed methodology of electron-phonon interaction analysis in crystal with singularity, and established a basis of analysis of phonon-electron-photon system in surface structures and defective fields. (1) For physical properties of phonons, a vehicle for three-dimensional phonon transport analysis has been established by Raman imaging using double lasers. Using this method the effects of misfit dislocation in the vicinity of heterointerface on phonon transport has been revealed. (2) Theoretical analysis method of phonon-exciton-radiation system has been established. Experimental analysis using phonon replica emission has been conducted, and a methodology to analyze emission dynamics of carriers has been proposed.

研究分野：半導体工学

キーワード：フォノン 励起子ダイナミクス 顕微ラマン分光 THz輻射 縦光学モード フォノン輸送

### 1. 研究開始当初の背景

電子・正孔(キャリア)系と結晶原子(格子)振動(フォノン)系, 輻射場との相互作用は半導体デバイス特性に強く影響する。しかし, 従来電子系制御に注意が向けられ, 熱対策は外的放熱機構取付け程度であり, 半導体内部の熱(本性はフォノン)流の積極的制御に関する系統的研究は遅れている。

フォノンの輸送特性評価方法について, サーモリフレクタンス法などがあるが, 場所とくに多層構造の場合の層を区別した熱生成と温度計測を行うことは難しかった。またモードを区別した, つまり格子振動エネルギーを区別したフォノン輸送評価も困難であった。

本領域で中心的課題となっている特異構造について, 結晶欠陥における熱・フォノン輸送評価も例が少なく, またフォノン結晶によるフォノン輸送制限などを行う構造は報告例が多いが, 赤外発光では MHz 程度のものがある程度で例は少なかった。縦光学(LO)フォノンを用いると THz~中赤外の輻射が可能になるが, 長短パルスによるパルス光生成の例はあるが, 連続的放射の例はなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では, フォノン局在および電子・フォノン相互作用の観点から結晶特異構造評価とその解析手法開拓を行い, 電子光素子の効率化や新規デバイスの提案に向けて, 表面構造や結晶欠陥などに関わるフォノン・光物性の解明や新規機能の基盤開拓を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

フォノン輸送計測では, 窒化物半導体を用い, 2 波長のレーザーを用いて, 熱生成箇所とラマン信号の測定箇所を区別して計測する手法を取った。具体的には 532nm, 325nm のレーザーの組み合わせを基本とし, 場合により 266nm レーザを用いた。

励起子物性は主に GaN を用い, Ti:サファイアレーザーを用いた時間分解フォトルミネッセンス(PL)測定を行い, 特にフォノンレプリカ信号を解析した。理論的にはフォノン, 励起子, 輻射過程の全エネルギー種を取り入れた解析を行った。ここでは各素過程のレートまたはレート係数について, 理論的に計算を行った。また, 欠陥に関する深い準位での電子・格子ダイナミクスについては赤外域におよぶ PL 測定を行った。

表面構造とフォノンの相互作用では, GaAs, GaP, GaN など様々な半導体を用いた。表面にメサエッチングにより段差構造をつけたまたはつけない構造を製作し, 金属を蒸着した半導体金属ストライプ構造として, 赤外反射解析および過熱による放射の観測測定を行った。

### 4. 研究成果

歪やフォノン輸送の 3 次元評価について, ラマン分光では空間分解能に優れるが高電子密度では, 電子プラズモン-LO フォノン結合(LOPC)モードの高エネルギー(+ )分枝の広がりが大きくピーク強度が小さくなることや低エネルギー分枝が TO モードに漸近するため電子密度の分解能が得られず,  $10^{20}\text{cm}^{-3}$  程度の高電子密度試料では電子密度の評価が難しい。一方赤外反射分光では LOCP+モードエネルギーにおける明確な反射率変化が現れる。本研究では, 赤外反射分光については理論的検討により GaN におけるキャリア密度の空間分布検知の限界について示した。実験では, 高密度 Si ドープ GaN(厚さ  $1\mu\text{m}$  試料)の赤外分光と顕微ラマン分光の相補的な解析により微小歪変化と立方晶の混入の始まりなど精密な解析が可能であることが分かった。

フォノン輸送解析では, 図 1 に示す熱生成とラマン分光を別のレーザーで行う 2 波長レーザーの導入による解析を行い,  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}(x=0.84)$  ヘテロ界面近傍に格子不整合転位が存在するとフォノン輸送が妨げられること(図 2), 格子不整

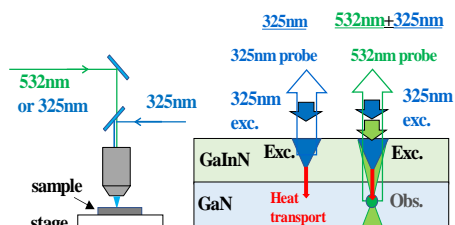


図 1 波長の異なる 2 レーザを用いた熱生成場所と温度計測場所を区別したラマン散乱分光の概念図

転位が生じていない  $\text{Ga}_{0.95}\text{In}_{0.05}\text{N}$  膜内のフォノン輸送は  $20\mu\text{m}$  程度まで検知でき、 $10\mu\text{m}$  程度で温度上昇が半減していることが分かるなどフォノンの膜内およびヘテロ界面輸送状況、欠陥によるフォノン輸送の抑制についてイメージング計測が可能であることが示された。これによりフォノン生成箇所とそこからのフォノン輸送の経路を解析することが可能となった。

フォノンとキャリアの相互作用では、キャリアの光励起後のエネルギー緩和に伴って放出されたフォノンの放出量が励起子の発光スペクトル線幅の増加をもたらすこと、また励起子準位間のポピュレーション分布が変化し、励起子寿命が変化することを実験的に示した。また理論では図3に示すフォノン-励起子-放射を統合したモデルによるコード(PXR)を構築し、励起子の放射寿命の温度依存性の決定メカニズムを提案した。また、赤色発光をもたらす欠陥について、励起レーザー波長や測定温度を変えたルミネッセンス解析により、欠陥準位に関わる電子遷移のメカニズムを示し、フォノンによる欠陥準位の活性化について議論が進められた。バンド理論では、化合物半導体の混晶化と III-V・II-VI ハイブリッド化による電子状態の変容を Interacting Quasi Band (IQB)理論をもとに定性的に説明し、物性制御の指針を得た。またハイブリッド混晶薄膜の形成初期過程を第一原理計算によって明らかにした。これら半導体中の電子格子相互作用について図書にまとめた。

半導体表面の金属マイクとストライプ構造を用いて THz ~ 中赤外域の放射が可能であることを示し、表面の金属-半導体特異構造における界面フォノンポラリトン(IPhP)の形成状況や LO フォノンや IPhP に共鳴する電気双極子放射について解析がなされ、この特異構造近傍における誘電関数変調効果が示された。(図4) この結果は、新たな THz ~ 中赤外放射機構およびこの領域の光の透過制御を行う機構を示す。

本成果のまとめを以下に示す。

(1) フォノン物性の評価では、赤外分光と局所的評価が可能なラマン分光のデータを統合した欠陥物資評価、熱エネルギーの本質であるフォノンの輸送に着目したラマン分光評価手法を立ち上げ、ヘテロ界面の欠陥生成状態や混晶不均一性などがフォノン輸送に及ぼす

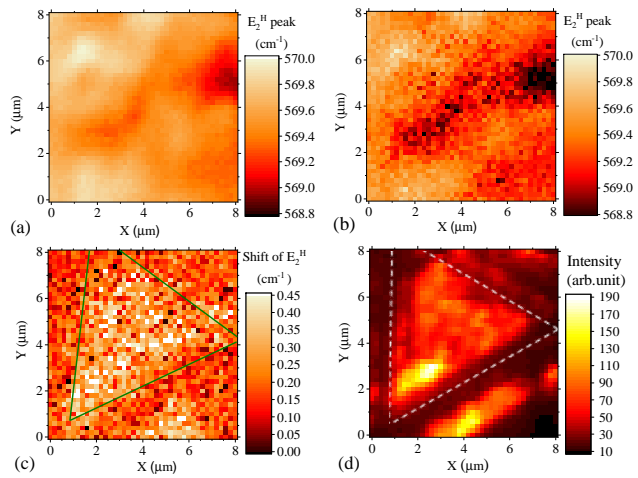


図2:  $\text{Ga}_{0.84}\text{In}_{0.16}\text{N}/\text{GaN}$  ヘテロ構造の  $E_2(\text{high})$  モードラマン散乱イメージング (a): 532nm によるイメージング, (b): 325nm レーザを追加時のイメージング(c): (a) (b)の差, (d): 同一場所の PL イメージング

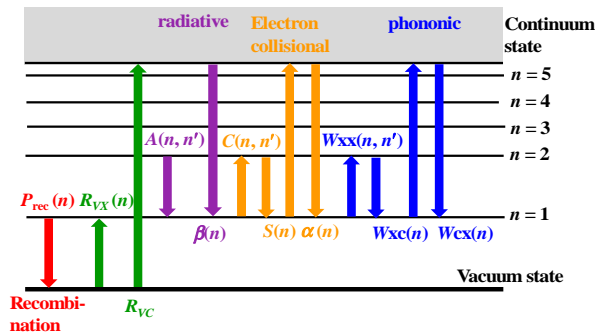


図3 PXR モデルにおける励起子エネルギーダイアグラムと計算内容概念図

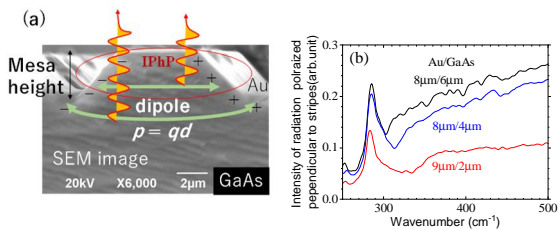


図4 金属-半導体表面マイクロストライプ構造における放射機構概念図(SEM 像)(a)および Au-GaAs 構造における  $290\text{cm}^{-1}$  における LO フォノン共鳴放射 (a)では LO フォノン共鳴と界面フォノンポラリトン(IPhP)共鳴に共鳴する放射機構を示す。

影響を解明することを目標とした。2 波長のレーザを同時に試料に照射するラマン散乱分光装置を立ち上げ、これを用いた 3 次元的フォノン輸送評価におり格子不整欠陥がフォノン輸送に及ぼす影響が解明されるなど 3 次元フォノン評価の当初開発目標は達成された。

(2) キャリア-フォノン相互作用では、励起子の発光効率などに与えるフォノン場の影響や結晶欠陥におけるフォノン物性を明らかにし、デバイス特性制御に関わるフォノン物性制御基盤を整えることを目的とした。電子格子相互作用の起源について、結晶内で誘起される格子緩和や欠陥反応などの諸現象を体系的に整理する理論的取り組みについてはほぼ達成できた。発光ダイナミクスでは、フォノン 励起子 輻射の全エネルギー種を取入れた励起子発光の数値解析コード(PXR モデル)が立上げられ、輻射再結合速度決定のメカニズムについて一定の理解が得られるなど理論面からの目標はほぼ達成された。実験では、発光のフォノンレプリカを解析に取り入れる方法により、フォノン場を取り入れた考察、表面マイクロ構造によるフォノン場の制御がなされた。これらの結果、フォノン 電子系の統合的解析とフォノン場制御による光物性制御の可能性を示すことができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Bei Ma, Mingchuan Tang, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Ken Morita, Hiroshi Fujioka, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 117
2. 論文標題 Combined infrared reflectance and Raman spectroscopy analysis of Si-doping limit of GaN	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 192103: 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0023112	査読の有無 有
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	国際共著 -
1. 著者名 Shungo Okamoto, Naomichi Saito, Kotaro Ito, Bei Ma, Ken Morita, Daisuke Iida, Kazuhiro Ohkawa, Yoshihiro Ishitani	4. 巻 2570
2. 論文標題 Local heat energy transport analysis in GaInN/GaN heterostructures by microscopic Raman imaging exploiting simultaneous irradiation of two laser beams	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IPACK2020	6. 最初と最後の頁 V001T06A002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IPACK2020-2570	査読の有無 有
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	国際共著 該当する
1. 著者名 Shungo Okamoto, Naomichi Saito, Kotaro Ito, Bei Ma, Ken Morita, Daisuke Iida, Kazuhiro Ohkawa, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 116
2. 論文標題 Energy transport analysis in a Ga <sub>0.84</sub> In <sub>0.16</sub> N/GaN heterostructure using microscopic Raman images employing simultaneous coaxial irradiation of two lasers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 142107:1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0003491	査読の有無 有
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	国際共著 該当する
1. 著者名 Daisuke Uehara, Moe Kikuchi, Bei Ma, Hideto Miyake, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 13
2. 論文標題 Charge transfer processes related to deep levels in free standing n-GaN layer analyzed by above and sub-bandgap energy excitation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 061003 :1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/ 1882-0786/ ab8c1c	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Yoshihiro Ishitani, Kensuke Oki, and Hideto Miyake	4. 巻 58
2. 論文標題 Statistics of excitonic energy states based on phononic-excitonic-radiative model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SCCB34 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab09e2/	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kensuke Oki and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 125
2. 論文標題 Influence of LO and LA phonon processes on thermal-nonequilibrium excitation and deexcitation dynamics of excitons in GaN, AlN, and ZnO	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 205705, 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5092620	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 R. Furuki, M. Oda, and Y Shinozuka	4. 巻 59
2. 論文標題 Study on Initial Growth Mechanism of (ZnO) <sub>1-x</sub> (InN) <sub>x</sub> Using First-Principles Calculation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGK11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab658e	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Tomohiro Iwahori, Bei Ma, Ken Morita, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 55
2. 論文標題 Theoretical investigation of non-thermal equilibrium exciton dynamics in GaN based on hydrogen plasma model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 05FM06 -1,6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.05FM06	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Takaaki Kamijoh, Bei Ma, Ken Morita, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 55
2. 論文標題 Depth profile characterization technique of electron density in GaN films by infrared reflection spectra	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 05FH02-1,6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.05FH02	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 R. Furuki, M. Oda, and Y Shinozuka	4. 巻 59
2. 論文標題 Study on Initial Growth Mechanism of (ZnO) <sub>1-x</sub> (InN) <sub>x</sub> Using First-Principles Calculation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGK11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab658e	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Yoshihiro Ishitani, kensuke Oki, and Hideto Miyake	4. 巻 未定
2. 論文標題 Statistics of excitonic energy states based on phononic-excitonic-radiative model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 未定: 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab09e2	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Yoshihiro Ishitani, Tomoyuki Aoki, Hidenori Funabashi, and Ken Morita	4. 巻 113
2. 論文標題 Selective thermal radiation at the longitudinal optical phonon energy under geometric condition of metal-semiconductor mesa stripe structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 192105: 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5047458	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Masato Oda	4. 巻 未定
2. 論文標題 Investigation of the electron-phonon interactions around Ga vacancies in GaN and their role in the first stage of defect reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab07a7	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Ryota Furui, Masato Oda, and Yuzo Shinzuka	4. 巻 58
2. 論文標題 Electronic structure of (ZnO) <sub>1-x</sub> (InN) <sub>x</sub> alloys calculated by interacting quasi-band theory	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 21002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aaf56f	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Hironori Sakamoto, Eito Takeuchi, Kouki Yoshida, Ken Morita, Bei Ma, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 51
2. 論文標題 Electric-dipole absorption resonating with longitudinal optical phonon-plasmon system and its effect on dispersion relations of interface phonon polariton modes in metal/semiconductor-stripe structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics D	6. 最初と最後の頁 015105-1, -10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/136-6463/aa9918	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Kensuke Oki, Bei Ma, and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 96
2. 論文標題 Population decay and distribution of exciton states analyzed by rate equations based on theoretical phononic and electron-collisional rate coefficients	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205204-1, -15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.205204	査読の有無 有
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	国際共著 -



1. 著者名 T. Tsujio, M. Oda, and Y. Shinozuka	4. 巻 56
2. 論文標題 First-principles calculation of electron-phonon coupling at a Ga	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 91001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.091001	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 M. Oda, Y. Kuroda, A. Kishi, and Y. Shinozuka	4. 巻 254
2. 論文標題 Electronic structure calculation of Si <sub>1-x</sub> Sn <sub>x</sub> compound alloy using interacting quasi-band theory	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Status Solidi B	6. 最初と最後の頁 1600519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb201600519	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 M. Oda, Y. Kuroda, A. Kishi, and Y. Shinozuka	4. 巻 254
2. 論文標題 Electronic structure calculation of Si <sub>1-x</sub> Sn <sub>x</sub> compound alloy using interacting quasi-band theory	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi B	6. 最初と最後の頁 1600519-1,7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.201600519	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Hironori Sakamoto, Bei Ma, Ken Morita and Yoshihiro Ishitani	4. 巻 49
2. 論文標題 Raman study of the quantum interference of multiple discrete states and a continuum of states in the phonon energy region of semiconductors: examples of p-type Ga <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> P films	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physics D	6. 最初と最後の頁 351107-1,13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/0022-3727/49/37/375107	査読の有無 有
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	国際共著 -

〔学会発表〕 計116件（うち招待講演 22件／うち国際学会 52件）

1. 発表者名 Y. Ishitani, K. Oki, M. Chizaki, S. Okamoto, T. Nakayama, B. Lin, B. Ma, K. Morita, H. Miyake, D. Iida, and K. Ohkawa
2. 発表標題 Analysis of LO phonon properties in III-nitrides: interaction with carriers and microscopic analysis
3. 学会等名 SPIE, Photonic West (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Ishitani, S. Okamoto, M. Chizaki, K. Oki, B. Ma, B.-J. Lin, K. Morita, D. Iida, and K. Ohkawa
2. 発表標題 Requirement of phonon control in electronic and photonic devices and mode-separated phonon transport analysis in heterostructures using microscopic Raman scattering measurement using double lasers
3. 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Chizaki, K. Oki, and Y. Ishitani
2. 発表標題 Mechanism of Exciton Radiative Lifetime Reduction by Background Electrons Analyzed by Phononic-Excitonic-Radiative Model
3. 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bei Ma, Mingchuan Tang, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Ken Morita, Hiroshi Fujioka, and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Characterization of heavily silicon doped GaN using infrared reflectance and Raman spectroscopy
3. 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Ishitani, Bei Ma, Kensuke Oki, Ken Morita
2. 発表標題 Longitudinal Optical Phonon Resonant THz- Mid Infrared Radiation from Surface Metal-Semiconductor Microstructures
3. 学会等名 Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bei Ma, Mingchuan Tang, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Ken Morita, Hiroshi Fujioka, and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Raman scattering of Si-doped GaN film at cross-section
3. 学会等名 Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Hayashi, D. Tanaka, K. Ebisawa, N. Aihara, T. Yonemoto, H. L. L. Aye, B. Lin, B. Ma, K. Morita, and Y. Ishitani
2. 発表標題 Longitudinal Optical Phonon Resonant THz -Mid Infrared Radiation From Surface Metal-Semiconductor Microstructures
3. 学会等名 IRMMW-THz (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Okamoto, N. Saito, K. Ito, B. Ma, K. Morita, D. Iida, K. Ohkawa, Y. Ishitani
2. 発表標題 Local heat energy transport analysis in GaInN/GaN heterostructure by microscopic imaging exploiting simultaneous irradiation of two laser beams
3. 学会等名 InterPack2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山朋哉, 伊藤航太郎, 岡本駿吾, 馬ベイ, 森田 健, 飯田大輔, 大川和宏, 石谷善博
2. 発表標題 GaInN薄膜における膜内フォノン輸送過程の2波長同時照射ラマン分光法による解析
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 地崎 匡哉, 大木 健輔, 石谷 善博
2. 発表標題 フォノン・励起子・輻射モデルによる励起子発光速度の決定機構の解析
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hnin Lai Lai Aye, K. Hayashi, B. Ma, K. Morita, and Y. Ishitani
2. 発表標題 Structure dependence of LO phonon radiation using GaAs/metal microstructure stripe structures
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬ベイ, 湯 明川, 森田 健, 上野 耕平, 小林 篤, 藤岡 洋, 石谷 善博
2. 発表標題 高SiドープGaN薄膜の断面ラマン測定
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林鴻太郎, 関川康太, 折戸春樹, 相原望, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 間接遷移半導体GaP表面マイクロメサストライプ構造 における中赤外吸収・輻射スペクトル解析
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Okamoto, K. Ito, D. Iizasa, B. Ma, K. Morita, Y. Ishitani
2. 発表標題 Analysis of phonon transport at GaInN/GaN heterointerfaces by Raman spectroscopy using simultaneous irradiation of two lasers
3. 学会等名 フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Hayashi, N. Orito, K. Sekigawa, N. Aihara, M. Bei, K. Morita, Y. Ishitani
2. 発表標題 LO phonon resonant mid-IR emission from surface-metal structures on indirect electronic transition type semiconductors
3. 学会等名 フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石谷善博
2. 発表標題 フォノン輸送のマイクロ評価と発光効率への影響
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 鴻太郎, 相原 望, 森田 健, 馬ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 n型間接遷移半導体GaP表面マイクロストライプ構造における中赤外吸収・輻射スペクトル解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 地崎匡哉, 大木 健輔, 石谷善博
2. 発表標題 フォノン・励起子・輻射モデルによる励起子輻射寿命の制御の提案
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuzo Shinozuka
2. 発表標題 Note on Electronic Structures in Alloy Semiconductors
3. 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Ishitani, K. Oki, M. Chizaki, S. Okamoto, T. Nakayama, B. Lin, B. Ma, K. Morita, H. Miyake, D. Iida, and K. Ohkawa
2. 発表標題 Analysis of LO phonon properties in III-nitrides: interaction with carriers and microscopic analysis
3. 学会等名 SPIE, Photonic West (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Ishitani, S. Okamoto, M. Chizaki, K. Oki, B. Ma, B.-J. Lin, K. Morita, D. Iida, and K. Ohkawa
2 . 発表標題 Requirement of phonon control in electronic and photonic devices and mode-separated phonon transport analysis in heterostructures using microscopic Raman scattering measurement using double lasers
3 . 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Chizaki, K. Oki, and Y. Ishitani
2 . 発表標題 Mechanism of Exciton Radiative Lifetime Reduction by Background Electrons Analyzed by Phononic-Excitonic-Radiative Model
3 . 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Bei Ma, Mingchuan Tang, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Ken Morita, Hiroshi Fujioka, and Yoshihiro Ishitani
2 . 発表標題 Characterization of heavily sillion doped GaN using infrared reflectance and Raman spectroscopy
3 . 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Ishitani, Bei Ma, Kensuke Oki, Ken Morita
2 . 発表標題 Longitudinal Optical Phonon Resonant THz- Mid Infrared Radiation from Surface Metal-Semiconductor Microstructures
3 . 学会等名 Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名	Bei Ma, Mingchuan Tang, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Ken Morita, Hiroshi Fujioka, and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題	Raman scattering of Si-doped GaN film at cross-section
3. 学会等名	Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	K. Hayashi, D. Tanaka, K. Ebisawa, N. Aihara, T. Yonemoto, H. L. L. Aye, B. Lin, B. Ma, K. Morita, and Y. Ishitani
2. 発表標題	Longitudinal Optical Phonon Resonant THz -Mid Infrared Radiation From Surface Metal-Semiconductor Microstructures
3. 学会等名	IRMMW-THz (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	S. Okamoto, N. Saito, K. Ito, B. Ma, K. Morita, D. Iida, K. Ohkawa, Y. Ishitani
2. 発表標題	Local heat energy transport analysis in GaInN/GaN heterostructure by microscopic imaging exploiting simultaneous irradiation of two laser beams
3. 学会等名	InterPack2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	中山朋哉, 伊藤航太郎, 岡本駿吾, 馬ベイ, 森田 健, 飯田大輔, 大川和宏, 石谷善博
2. 発表標題	GaN薄膜における膜内フォノン輸送過程の2波長同時照射ラマン分光法による解析
3. 学会等名	第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2020年



1. 発表者名 地崎 匡哉, 大木 健輔, 石谷 善博
2. 発表標題 フォノン・励起子・輻射モデルによる励起子発光速度の決定機構の解析
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hnin Lai Lai Aye, K. Hayashi, B. Ma, K. Morita, and Y. Ishitani
2. 発表標題 Structure dependence of LO phonon radiation using GaAs/metal microstructure stripe structures
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 馬ベイ, 湯 明川, 森田 健, 上野 耕平, 小林 篤, 藤岡 洋, 石谷 善博
2. 発表標題 高Si ドープGaN薄膜の断面ラマン測定
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林鴻太郎, 関川康太, 折戸春樹, 相原望, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 間接遷移半導体GaP表面マイクロメサストライプ構造 における中赤外吸収・輻射スペクトル解析
3. 学会等名 第68回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Okamoto, K. Ito, D. Iizasa, B. Ma, K. Morita, Y. Ishitani
2. 発表標題 Analysis of phonon transport at GaInN/GaN heterointerfaces by Raman spectroscopy using simultaneous irradiation of two lasers
3. 学会等名 フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Hayashi, N. Orito, K. Sekigawa, N. Aihara, M. Bei, K. Morita, Y. Ishitani
2. 発表標題 LO phonon resonant mid-IR emission from surface-metal structures on indirect electronic transition type semiconductors
3. 学会等名 フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石谷善博
2. 発表標題 フォノン輸送のマイクロ評価と発光効率への影響
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 鴻太郎, 相原 望, 森田 健, 馬ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 n型間接遷移半導体GaP表面マイクロストライプ構造における中赤外吸収・輻射スペクトル解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 地崎匡哉, 大木 健輔, 石谷善博
2. 発表標題 フォノン・励起子・輻射モデルによる励起子輻射寿命の制御の提案
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuzo Shinozuka
2. 発表標題 Note on Electronic Structures in Alloy Semiconductors
3. 学会等名 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shungo Okamoto, Bei Ma, Ken Morita, Daisuke Iida, Kazuhiro Ohkawa, and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Microscopic analysis of heat transport at GaInN/GaN heterointerface with misfit dislocations by two-wavelength Raman measurements
3. 学会等名 The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, Keisuke Ebisawa, Daichi Tanaka, Nozomi Aihara, Bei Ma, and Ken Morita
2. 発表標題 Longitudinal Optical Phonon Resonating Dipole Radiation from Metal- Semiconductor Composite Structures and Quantum Interference
3. 学会等名 IRMMW-THz 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Daisuke Uehara, Moe Kikuchi, Bei Ma, Ken Morita, Hideto Miyake, and Yoshihiro Ishitani
2 . 発表標題 Deep level luminescence of HVPE grown GaN by below-bandgap photo-excitation
3 . 学会等名 International Conference on Nitride Semiconductors-13 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tsubasa Yamakawa, Bojin Lin, Kensuke Oki, Bei Ma, Ken Morita, Yusuke Hayashi, Hideto Miyake, Kazuhiro Ohkawa
2 . 発表標題 unctional metal-GaN micro-stripe structures for infrared and ultraviolet regions
3 . 学会等名 International Conference on Nitride Semiconductors-13 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Bei Ma, Ming Chuan Tang, Ken Morita, Yoshihiro Ishitani, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Hiroshi Fujioka,
2 . 発表標題 Analysis of highly Si-doped GaN using various lattice vibration modes observed by infrared and Raman spectroscopy
3 . 学会等名 International Conference on Nitride Semiconductors-13 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shungo Okamoto, Naomichi Saito, Bei Ma, Kensuke Oki, and Ken Morita, Kazuhiro Ohkawa, and Yoshihiro Ishitani
2 . 発表標題 Local phonon analysis in InGaN film by mapping of Raman spectroscopy
3 . 学会等名 Compound Semiconductor Week ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Moe Kikuchi, Daisuke Uehara, Bei Ma, Ken Morita, Hideto Miyake, and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Analysis of emission characteristics of deep levels in GaN by direct photo excitation
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石谷善博
2. 発表標題 電子 フォノン相互作用およびフォノン輸送のミクロ評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 地崎 匡哉, 大木 健輔, 馬ベイ, 森田 健, 石谷 善博
2. 発表標題 輻射性励起子減衰寿命の温度依存性への非輻射再結合の影響
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林鴻太郎, 田中大智, 海老澤啓介, 相原 望, 米本拓郎, Hnin Lai Lai Aye, 森田 健, 馬 ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 n型間接遷移半導体GaP表面マイクロストライプ構造による中赤外輻射
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相原 望, 田中大智, 馬 ベイ, 森田 健, 石谷善博
2. 発表標題 2LOフォノン-価電子帯間電子遷移系量子干渉の理論解析
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 海老澤啓介, 馬 ベイ, 森田 健, 大木 健輔, 石谷 善博
2. 発表標題 GaAs-金属ストライプ構造からのLOフォノン共鳴赤外輻射特性の構造依存性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 駿吾, 伊藤航太郎, 馬 ベイ, 森田 健, 飯田 大輔, 大川 和宏, 石谷 善博
2. 発表標題 2 波長ラマン分光を用いたフォノン輸送評価における測定モード依存性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原望, 田中大智, 森田健, 馬ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 価電子帯間遷移 - 2種LOフォノン系における量子干渉の理論解析
3. 学会等名 第3回フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 海老澤啓介, 田中大智, 森田健, 馬ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 aAs-金属ストライプ構造からのLOフォノン共鳴赤外輻射特性の構造依存性
3. 学会等名 第3回フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬ベイ, 湯明川, 上野耕平, 小林篤, 藤岡洋, 石谷善博
2. 発表標題 赤外及びラマン分光法による高密度Si ドープGaN薄膜の評価
3. 学会等名 第11回 ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原望, 田中大智, 森田健, 馬ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 LOフォノン-価電子帯間遷移の量子干渉による結晶評価
3. 学会等名 第11回 ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Furuki, M. Oda, Y. Shinozuka
2. 発表標題 Study on Initial Growth Mechanism of $(\text{ZnO})_{1-x}(\text{InN})_x$ Using First principles Calculation
3. 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Material (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古木凌太, 小田将人, 篠塚雄三
2. 発表標題 (ZnO) <sub>1-x</sub> (InN) <sub>x</sub> の結晶成長初期段階の第一原理計算による研究
3. 学会等名 第 80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, Kensuke Oki, Naomichi Saito, Tsubasa Yamakawa, Daisuke Uehara, Shungo Okamoto, Moe Kikuchi, Keisuke Ebisawa, Bojin Lin, Bei Ma, and Ken Morita
2. 発表標題 Interactions of phonon, electron, and photon in nitride semiconductors
3. 学会等名 Intensive Discussion on Growth of Nitride Semiconductors (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, Kensuke Oki, Tsubasa Yamakawa, Bojin Lin, Bei Ma, and Ken Morita
2. 発表標題 Statistics of excitonic energy states based on phonon-exciton-radiation model
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Optical absorption and emission in THz-mid infrared region of metal-semiconductor composites
3. 学会等名 Nano Science and Technology 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, Hironori Sakamoto, Tomoyoki Aoki, Hidenori Funabashi, and Ken Morita
2. 発表標題 Optical properties of metal-semiconductor composites in THz-mid infrared region
3. 学会等名 International Conference on Nanomaterials and Nanotechnology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Control of THz emission and absorption resonating with LO phonon energy by meal/semiconductor-composite materials
3. 学会等名 International Conference on Physics of Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊地 萌, 上原大輔, 馬 ベイ, 森田 健, 三宅秀人, 石谷善博
2. 発表標題 GaNの深い準位の直接光励起による発光特性の考察
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯 明川, 馬 ベイ, 森田 健, 上野耕平, 小林 篤, 藤岡洋, 石谷善博
2. 発表標題 濃度Si ドープGaNの深さ方向結晶性の赤外およびラマン分光評価
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大木 健輔, 野町 健太郎, 西川 智秀, 馬 ペイ, 森田 健, 石谷 善博
2. 発表標題 GaN, AlN, ZnOにおける励起子の非熱平衡解析
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山政裕, 菅野裕吾, 石谷善博, 北田貴弘, 森田健
2. 発表標題 小型フーリエ変換赤外分光装置の製作と測定法の確立
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯明川, 馬ペイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 赤外分光法によるGaNの高電子密度層の空間分布評価
3. 学会等名 テラヘルツ科学の最先端V
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤 直道, 瀧口 佳祐, 馬 ペイ, 森田 健, 飯田 大輔, 大川 和宏, 石谷 善博
2. 発表標題 ラマン散乱マッピングによるInGaNの局所フォノン場評価
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会名古屋国際会議場
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大木 健輔, 馬 ベイ, 森田 健, 石谷 善博
2. 発表標題 ワイドギャップ半導体における 励起子-フォノン系の非熱平衡解析
3. 学会等名 第2回フォノンエンジニアリング研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Oda
2. 発表標題 Migration Energy of a N Atom around Ga Vacancy in GaN
3. 学会等名 7th International Symposium on Growth of III-Nitrides (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Oda
2. 発表標題 Electronic Structures of a NGa-VN complex defect in GaN
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductor (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ihira and Masato Oda
2. 発表標題 Phonon modes Analysis of AlN/InN Superlattice
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductor (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryota Furuki, Masato Oda, and Yuzo Shinozuka
2. 発表標題 Electronic structure of $(\text{ZnO})_{1-x}(\text{InN})_x$ alloys calculated using IQB theory
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小田将人
2. 発表標題 GaN中のGa欠陥移動の機構
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 居平吉弘, 小田将人
2. 発表標題 AlN/InN半導体超格子のフォオンモード解析
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古木凌太, 小田将人, 篠塚雄三
2. 発表標題 $(\text{ZnO})_{1-x}(\text{InN})_x$ 混晶半導体の電子状態の理論
3. 学会等名 ワイドギャップ半導体光・電子デバイス162委員会第110回研究会・特別公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Statistics of excitonic energy states based on phonon-exciton-radiation model
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Optical absorption and emission in THz-mid infrared region of metal-semiconductor composites
3. 学会等名 Nano ST 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kentaro Nomachi, Ma Bei, Ken Morita, and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Introduction of biexciton processes into exciton dynamics simulation for GaN based on the phononic-excitonic-radiative model
3. 学会等名 International Workshop on UV materials and devices (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Sakamoto Hironori Sakamoto, Bei Ma, Ken Morita and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Interface phonon polariton propagation and LO phonon-resonant absorption of infrared light in AlN/metal-composites
3. 学会等名 The 12th International Conference on Nitride Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Kensuke Oki, Kentaro Nomachi, Bei Ma, Ken Morita, and Yoshihiro Ishitani
2 . 発表標題 Theoretical calculation of rate coefficients, densities, and decay time of excitons and free carriers in GaN
3 . 学会等名 The 12th International Conference on Nitride Semiconductors ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Bei Ma, Yoshihiro Ishitani
2 . 発表標題 Simulation of carrier-exciton-phonon energy transportation in GaN
3 . 学会等名 The 12th International Conference on Nitride Semiconductors ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 E. Takeuchi, H. Sakamoto, B. Ma, K. Morita, and Y. Ishitani
2 . 発表標題 Dielectric interaction of infrared light and electron-phonon coupling system in metal/semiconductor composites
3 . 学会等名 Compound Semiconductor Week ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Ishitani, H. Sakamoto, B. Ma, and K. Morita
2 . 発表標題 Photonic function based on longitudinal optical phonon modes of semiconductors: infrared absorption control of composite materials and destructive quantum interferences
3 . 学会等名 EMN Optoelectronics ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuzo Shinozuka
2. 発表標題 General Trends in Electronic Structures of III-V and II-VI Alloys Based on the Interacting-Quasi-Band Theory
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Nakano, M. Oda, and Y. Shinozuka
2. 発表標題 First-principles Calculation of Electronic States of Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3. 学会等名 International Conference of Defects in Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Oda
2. 発表標題 Effects of Surface Substituents on Electronic Structures of a
3. 学会等名 9th International Conference on Materials for Advanced Technologies
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Takeshi, M. Oda, and Y. Shinozuka
2. 発表標題 Electron-phonon coupling at a Ga vacancy in GaN
3. 学会等名 9th International Conference on Materials for Advanced Technologies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Oda
2. 発表標題 Electronic Structures of a Cerasome Surface Model
3. 学会等名 Symposium on Surface Science & Nanotechnology -Kansai (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石谷善博, 大木健輔, 野町健太郎, 馬ベイ, 森田健
2. 発表標題 フォノンプロセスを考慮した励起子ダイナミクス解析 (PXRモデル)
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大木健輔, 野町健太郎, 西川智秀, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 GaN, AlN, ZnOにおける励起子の非熱平衡解析
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本裕則, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 半導体/金属ストライプ構造における電気双極子形成に伴う誘電関数変化
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 青木伴晋, 花田昂樹, 坂本裕則, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 GaAs/Auストライプ構造を用いたLOフォノン共鳴の赤外光輻射
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ichirota Takazawa, Yoshihiro Ishitani, Ken Morita
2. 発表標題 Monte-Carlo simulation of time- and spatial-dynamics for electron spins in GaAs under the high-power THz pulse
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石谷善博, 大木健輔, 野町健太郎, 馬ベイ, 森田健
2. 発表標題 ワイドギャップ半導体キャリア・フォノンダイナミクス
3. 学会等名 第13回励起ナノプロセス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石谷 善博、馬 ベイ、大木 健輔、坂本 裕則、森田 健
2. 発表標題 窒化物半導体における電子 フォノン相互作用と結晶性
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 庄司凌, 上原大侑, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博, 塩島謙次
2. 発表標題 p型GaNにおける深い準位を介した発光特性の解析
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本 裕則、馬 ベイ、森田 健、石谷 善博
2. 発表標題 AlN 薄膜を用いたLOフォノン共鳴電気双極子形成および表面ポラリトン伝搬
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大隅 勇汰、森田 健、石谷 善博
2. 発表標題 FDTD法を用いたテラヘルツパルス発生のシミュレーション
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬ベイ, 石谷善博
2. 発表標題 フォノンによるGaN励起子ダイナミクス過程への影響
3. 学会等名 第9回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本裕則, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 AlN/金属ストライプ構造における表面、界面ポラリトンモード観測
3. 学会等名 第9回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 篠塚 雄三
2. 発表標題 化合物半導体電子状態の混晶化による変容
3. 学会等名 第13回励起ナノプロセス研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古木 凌太、小田 将人、篠塚 雄三
2. 発表標題 (ZnO) <sub>x</sub> (InN) <sub>1-x</sub> 混晶半導体の電子状態の理論
3. 学会等名 応用物理学会2018年春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, Bei Ma, Kensuke Okim Hironori Sakamoto, and Ken Morita
2. 発表標題 Phononic phenomenon in carrier dynamics and interaction with radiation in III-nitride materials
3. 学会等名 Third Intensive Discussion on Crystal Growth of Nitride Semiconductors (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, Hironori Sakamoto, Eito Takeuchi, Bei Ma, and Ken Morita
2. 発表標題 Phonon Engineering of Semiconductors in THz frequency region
3. 学会等名 International Conference on Science and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hla Myo Tun, Ryo Shouji, Bei Ma, Ken Morita, Kenji Shiojima
2. 発表標題 Electronic transition dynamics of deep levels in a p-GaN film analysed by time resolved PL measurements using two excitation laser beams
3. 学会等名 International Conference on Science and Engineering (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yoshihiro Ishitani, K. Takeuchi, T. Iwahori, K. Oki, K. Nomachi, B. Ma, K. Morita, H. Miyake, and K. Hiramatsu
2. 発表標題 Exciton dynamics and stability of GaN in non-thermal equilibrium state by the analysis taking into account the higher-order exciton states
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Seiconductors 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Bei Ma and Yoshihiro Ishitani
2. 発表標題 Simulation of carrier-exciton-phonon dynamics in GaN in non-equilibrium state
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Seiconductors 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 坂本裕則, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 AIN/金属ストライプ構造のラマン散乱スペクトルにおけるA1-E1選択則の崩れに関する検討
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松本大, 馬ベイ, 森田健, 福井一俊, 木村真一, 飯塚拓也
2. 発表標題 磁場下赤外反射分光によるInN電子有効質量の解析
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大木 健輔, 野町健太郎, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 GaNにおける励起子及び自由キャリアの密度とレート係数の理論計算
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野町健太郎, 大木健輔, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 GaNにおける定常状態励起子分子準位間遷移過程理論計算
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野町健太郎, 岩堀友洋, 大木健輔, 馬ベイ, 森田健, 石谷善博
2. 発表標題 GaNにおける励起子・励起子分子準位間遷移過程の理論計算
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石谷善博
2. 発表標題 Carrier dynamics and related electronic band properties of InN films
3. 学会等名 第77回秋季応用物理学会学術講演会優秀論文賞受賞記念講演(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 馬ベイ, 三宅 秀人, 平松 和政, 石谷 善博
2. 発表標題 フォノンの吸放出による電子・励起子系エネルギーの励起過程
3. 学会等名 第77回秋季応用物理学会学術講演会優秀論文賞受賞記念講演
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岸 彩香, 小田 将人, 篠塚 雄三
2. 発表標題 窒化物混晶半導体のIQB理論による電子状態計算
3. 学会等名 第27回 光物性研究会
4. 発表年 2016年

## 〔図書〕 計2件

1. 著者名 Yuzo Shinozuka	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Jenny Stanford Publishing	5. 総ページ数 256
3. 書名 Electron-Lattice Interactions in Semiconductors	

1. 著者名 分担執筆 石谷善博	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS	5. 総ページ数 13(担当か所)
3. 書名 2020年度版 薄膜作製応用ハンドブック	

## 〔出願〕 計0件

## 〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 赤外光素子	発明者 石谷善博	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、第6829517号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

## 〔その他〕

千葉大学量子物性デバイス研究室 <a href="http://photonics.te.chiba-u.jp/index.html">http://photonics.te.chiba-u.jp/index.html</a> 特異構造の結晶科学 <a href="http://tokui.org/">http://tokui.org/</a>
--

## 6. 研究組織

	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
研究分担者	篠塚 雄三  (Shinozuka Yuzo)  (30144918)	和歌山大学・学内共同利用施設等・名誉教授   (14701)	
研究分担者	MA BEI  (Ma Bei)  (90718420)	千葉大学・大学院工学研究院・助教   (12501)	

	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
研究協力者	大木 健輔  (Oki Kensuke)  (00633968)	千葉大学・工学研究院・技術職員   (12501)	
研究協力者	小田 将人  (Oda Masato)  (70452539)	和歌山大学・システム工学科・助教   (14701)	
研究協力者	森田 健  (Morita Ken)  (30448344)	千葉大学・工学研究院・准教授   (12501)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
サウジアラビア	アブドラ王立科学技術大学			
ミャンマー	Yangon Technological University			