

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02729

研究課題名（和文）ハイブリッド伝熱制御による高効率熱電変換デバイスの創製

研究課題名（英文）Highly efficient thermoelectric device by hybrid thermal conduction engineering

研究代表者

野村 政宏（Nomura, Masahiro）

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：10466857

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：半導体薄膜中でのより高度な熱伝導制御技術の開発と、熱電変換デバイス応用に関する研究を行った。Si薄膜にフォニックナノ構造を形成し、ナノスケールで顕著になる熱フォノンの弾道性と波動的特性を積極的に利用することで、指向性熱流および固体集熱という新しい概念の提案と実証に成功した。熱電変換デバイス開発では、SOIウェハ上にナノインプリント技術を用いて1 cm角の広さでフォニックナノ構造を形成し、低熱伝導率化を図ることで熱電変換性能を向上させたデバイスを作製した。ナノ構造化により、パターンなしの薄膜に比べて10倍の発電量を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

独自の測定系を用いて熱フォニクス・フォノンエンジニアリングの物理探索を系統的に広く行い、独創的な研究によって多くの新しい知見を分野にもたらすとともに高度な熱制御技術を産み出したため、学術的に大きな意義を持つ研究であった。また、ナノ構造化による材料の熱電変換効率の向上を実証したうえで、産学連携体制の構築を行ってデバイス化を進めた。熱フォノン輸送制御という学術的に深いところから、熱電変換デバイス開発につながる意味で社会的にも有意義な研究であったと考える。本デバイスは、エネルギー自立型低消費電力デバイス用電源としてスマート化社会を支えるため、社会への大きな波及効果が期待できる。

研究成果の概要（英文）：We developed advanced thermal conduction control in semiconductor thin films and application to thermoelectric devices. Phononic nanostructures are designed and formed in Si thin films on an SOI wafer. We demonstrated directional heat flux and heat focusing for the first time. On the topic of the development of thermoelectric devices, we adopted nanoimprint technology to form phononic nanostructures in 1 cm square area at low-cost and high-through put. The nanostructuring enables lower thermal conductivity, which leads to a higher thermoelectric performance. As the result, we achieved a 10 times enhancement in the power generation density compared with an unpatterned thin film.

研究分野：量子融合エレクトロニクス

キーワード：熱電変換 エネルギーハーベスティング 熱伝導 フォノンエンジニアリング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

使われずに環境に漂う未利用熱を電気エネルギーに変換可能な熱電変換技術は、来るべき超スマート社会の実現に大きく貢献するエネルギー自立型センサーノードの実現に不可欠な技術である。熱電変換デバイスは高い分散性をもち可動部を持たないため、メンテナンスフリーという高い利便性を備えている。多数の魅力的な利点にもかかわらず、現在ニッチな産業・商品の利用に留まるのは、変換効率の低さと高環境負荷・希少材料 (Bi, Te, Pb など) の使用が問題となっているためである。名古屋大、九州工大、産総研や様々な企業が、変換効率の向上を目指して研究を行い、東京理科大などでシリサイド系材料、阪大で Si ナノ構造を、海外では SiGe などを用いた環境を意識した研究が行われている。図 2 に示すように、格子振動の量子 (フォノン) を表面・界面ナノ構造で散乱させる手法が 90 年代後半にブレークスルーをもたらしたが、その手法も成熟し伸び止まりを見せているため新しい手法の提案が期待されている。熱電変換材料の高効率化において、電気伝導率を損なわずに熱伝導率を可能な限り低減することが定石である。従来の熱伝導制御法がフォノン輸送を粒子的描像で完全に記述できる一方、近年注目され始めたのは制御対象としてこなかった波動的性質であり、MIT や Caltech が Nature 誌に論文を出すなど研究の注目度が上がってきている。申請者は、光子系のバンドエンジニアリングを格子系に適用し、熱電変換材料の高効率化に資するフォノン輸送制御法として確立する「熱フォノンクス」の研究を行っている。2015 年、長年挑戦的な物理的テーマであった熱フォノンの波動的性に基づいた熱伝導チューニングに世界で初めて成功し、伝熱制御技術を波動的領域に拡張する取り組みを進めている。この新しく開拓した物理を従来法に上乘せする次世代技術とも言えるハイブリッド伝熱制御技術を確立することは、伝熱工学に新しい方向性を与えると期待できる。

2. 研究の目的

本研究課題では、熱フォノンクスを学問の領域から実用的技術に昇華させることに挑戦した。高度に発展した光波制御技術を伝熱制御技術に応用し、伝熱工学に新たな展開をもたらすことをコンセプトとして研究を行った。具体的には、大きく分けて下記の 2 つに取り組んだ。

- A) フォノンナノ構造による熱伝導制御技術の確立
- B) ナノインプリント技術を用いたナノ構造を有する Si 熱電発電デバイスの開発

3. 研究の方法

シリコンナノ薄膜に形成したフォノンナノ構造の熱拡散率を測定することで、ナノ構造中に特有なフォノンの弾道的輸送特性や波動的性質に基づいた特異な熱伝導を観測した。シリコン薄膜に電子線描画装置、ドライエッチング装置などを用いてフォノンナノ構造を形成し、10 μm 程度の長さの両持梁構造を作製する。その中央に設けられたアルミ薄膜の反射率の温度依存性を利用することで、光学的に熱拡散をリアルタイムで測定することができる。目的 A では、様々なフォノンナノ構造における熱伝導制御をデザインし、この系を用いて実証実験を行った。目的 B では、ナノインプリント技術を用いて、1 cm 角に周期 300 nm の円孔をもつフォノンナノ構造を有するパターンを大面積作製した。目的 C では、B のナノ構造を用いて作製し、イオン注入、アニール、電極形成を経てプロトタイプを作製した。このデバイスをホットプレートの上に乗せて発電量を計測した。

4. 研究成果

A-1 フォノンナノ構造による熱伝導制御技術の確立

熱伝導制御技術の開発では、主に単結晶 Si に二次元フォノンナノ構造を形成し、熱フォノンの波動的性および弾道的輸送特性を顕在化させ、特徴的な熱伝導の物理探求と制御技術開発を行った。一連の成果は熱フォノンクス・フォノンエンジニアリング分野に多くの新たな知見と技術をもたらしたため、研究目的は達成されたと言える。

A1: 波動的性を利用した熱伝導制御

熱フォノンが有する波動的性に基づいた熱伝導制御は、コンセプトは長年存在するが実証が難しい挑戦的課題である。Si 薄膜に二次元フォノンナノ構造および短距離秩序を系統的に乱した構造を作製し、熱拡散率を比較した。波動的性が顕在化する低温で、秩序乱れの大きさによって熱伝導が制御できることを実証した。昇温によってコヒーレンスが失われ、効果が徐々に消失する様子も観測した。熱フォノンクス研究におけるマイルストーン的成果と位置付けられる。

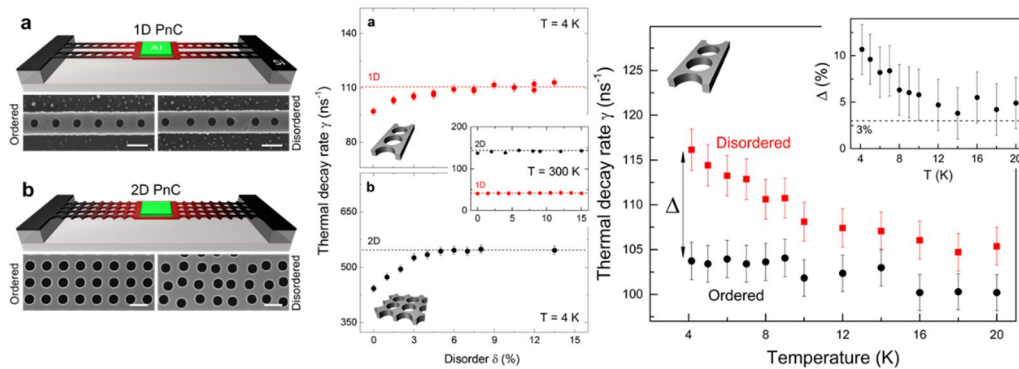


図1. (左)フォノニック結晶の模式図とSEM像。(中)熱拡散時間の円孔位置ずれ量依存性。波動性が顕著となる4 Kでは、完全結晶に近いほど熱伝導が抑制される。(右)完全結晶とアモルファス構造の差異の温度依存性。

A2: 弾道性を利用した熱伝導制御

A2-1: 指向性熱流の実現

モンテカルロ計算から、フォノンの弾道的輸送特性により整列した円孔に沿って熱流に指向性が付与できることがわかった(図2左)。そこで、図2(中)のようにシリコン薄膜 PnC の出口にナノワイヤー構造が結合した構造と半周期シフトさせて結合しない構造を作製して熱散逸時間を測定した。その結果4 Kでは15%、室温においても6%の熱散逸時間の差を観測した。これは、整列した円孔が熱流に指向性を与えたことを示しており、新しい熱制御技術を提案・実証した。

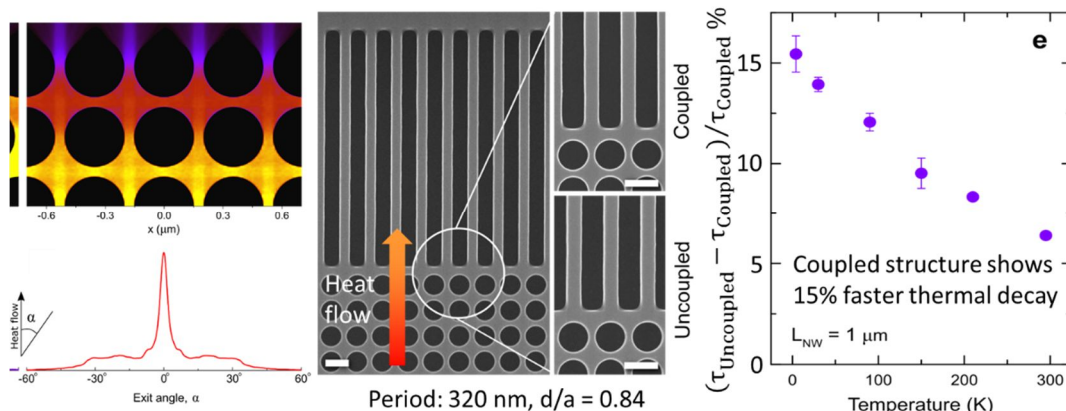


図2. (左)モンテカルロ計算によるフォノニック結晶中のフォノン輸送計算。スリットの方方向に沿ったフォノンパスが顕著に存在する。(中)フォノニック結晶とナノワイヤー構造の結合構造のSEM像。(右)熱散逸時間の差の温度依存性。

A2-2: 集熱の実現

ナノ構造を放射状に配置してレンズのような働きを持たせ、固体において熱を一点に集中させる、集熱を実現した。図3(左)のように焦点となる一点から放射状に円孔を配置することで、レンズのような構造を作製した。集熱の実証実験には、焦点位置とそこから右にずらした位置に熱の逃げ道となるスリットを設けた構造を複数用意し、熱散逸時間を計測した。スリットが焦点位置にあるときに最も熱散逸が早く、スリットが焦点位置からずれるにしたがい、熱散逸が遅くなることが観測され、世界で初めて固体中の集熱に成功した。

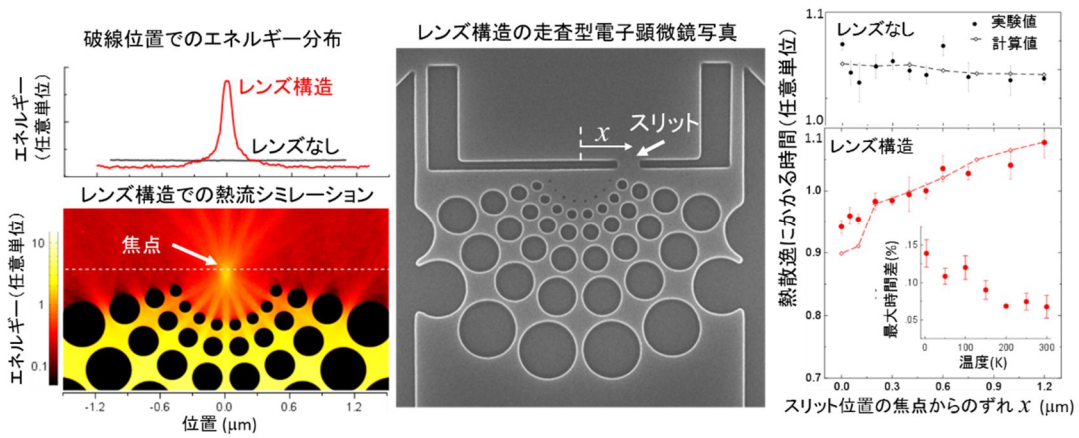


図3. 固体集熱の実証実験。(左) 集熱を示唆するシミュレーション結果。(中) 熱レンズ構造と熱拡散時間を決定するスリットの結合構造。(右) 熱の逃げ道になるスリットを焦点から系統的にずらして配置した構造における熱散逸時間 (4 K)。

A2-3: phonon Levy flight によるナノワイヤー中の特異な熱伝導の物理

単結晶 Si ナノワイヤーおよび図4に示すような corrugated ナノワイヤーを作製し、熱伝導特性を測定した。corrugated ナノワイヤーがより強い指向性を与えることが実験的に証明され、シミュレーションも実験結果と整合した。弾道の輸送特性によりナノワイヤー中で Levy flight のような熱フォノン輸送が生じていることを示した。

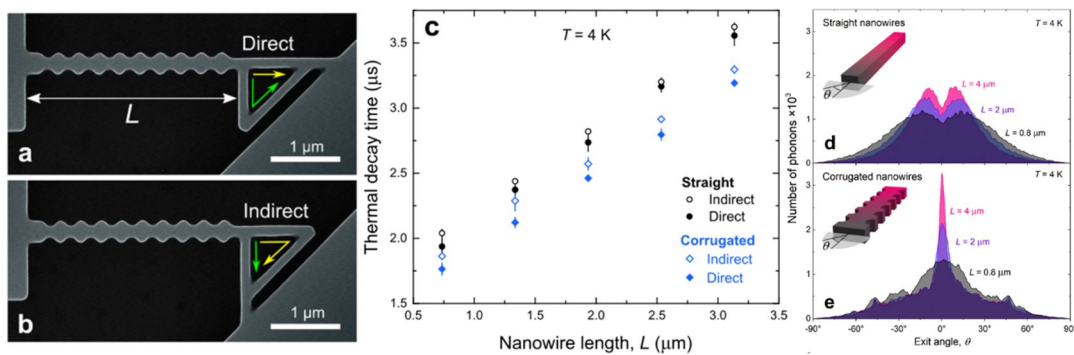


図4. (左) corrugated Si ナノワイヤーの SEM 像。(中) ひだなしのナノワイヤーと corrugated ナノワイヤーについての direct-indirect 構造間の熱緩和時間の差。(右) 両構造からのフォノン出射角度分布。

B: ナノインプリント技術を用いたナノ構造を有する Si 熱電発電デバイスの開発

多結晶 Si にフォノン結晶を形成することで低熱伝導率化し、かつ電気伝導率の低下を抑えた薄膜 Si 熱電変換材料の開発を行った。図5に示すように n 型のユニレグ構造を作製し、ハニカム格子状のパターンを形成した。熱電材料にかかる温度差が 4 倍程度となり、発電量が 10 倍に増大することが実証され、本手法の有効性が示されたことで目的は達成された。ZT 値は最適化によって目標であった 0.1 程度を達成している。一方で、デバイス構造の工夫で熱電材料にかかる温度差は 1 桁以上の増加を見込めるため、今後、デバイス構造の改良を加えることで 2~3 桁の発電量の増加を達成できるよう産学連携体制でデバイス構造作製技術の開発を進めていく。

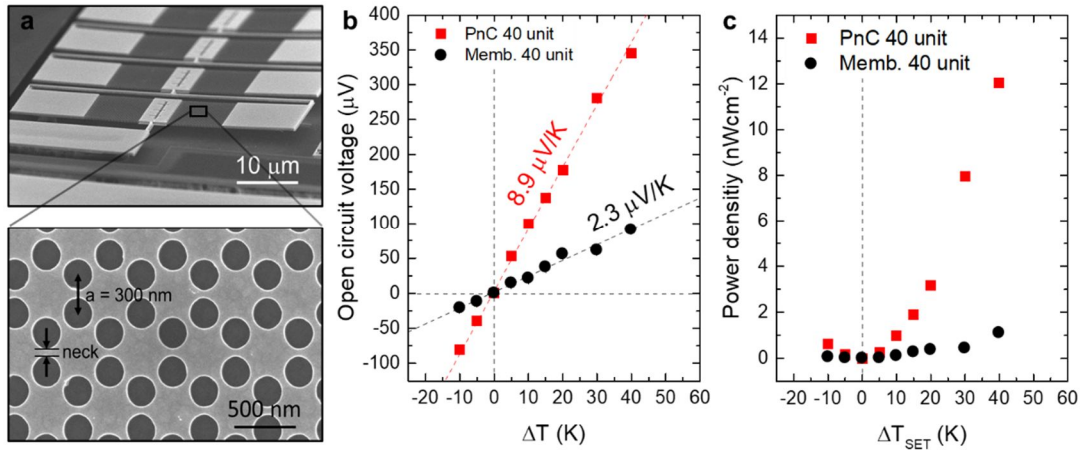


図 5. (a) ナノ構造を有する多結晶 Si 熱電変換デバイスの SEM 像。(b, c) 試作デバイスの開放電圧および発電パワー密度。フォノン結晶の形成により、1 桁の発電パワー密度の増加が確認され、有効性が実証された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 George Anthony, Yanagisawa Ryoto, Anufriev Roman, He Jinghan, Yoshie Naoko, Tsujii Naohito, Guo Quansheng, Mori Takao, Volz Sebastian, Nomura Masahiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Thermoelectric Enhancement of Silicon Membranes by Ultrathin Amorphous Films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 12027 ~ 12031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.8b21003	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 Gluchko Sergei, Anufriev Roman, Yanagisawa Ryoto, Volz Sebastian, Nomura Masahiro	4. 巻 114
2. 論文標題 On the reduction and rectification of thermal conduction using phononic crystals with pacman-shaped holes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 023102 ~ 023102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5079931	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 R. Anufriev and M. Nomura	4. 巻 9
2. 論文標題 Coherent Thermal Conduction in Silicon Nanowires with Periodic Wings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3390/nano9020142	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. Nomura, J. Shiomi, T. Shiga, and R. Anufriev	4. 巻 57
2. 論文標題 Thermal phonon engineering by tailored nanostructures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 80101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.57.080101	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. Anufriev, S. Gluchko, S. Volz, and M. Nomura	4. 巻 12
2. 論文標題 Quasi-ballistic heat conduction due to levy phonon flights in silicon nanowires	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 11928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.8b07597	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 R. Anufriev and M. Nomura	4. 巻 19
2. 論文標題 Phonon and heat transport control using pillar-based phononic crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/14686996.2018.1542524	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 J. Maire, R. Anufriev, T. Hori, J. Shiomi, S. Volz, and M. Nomura	4. 巻 8
2. 論文標題 Thermal conductivity reduction in silicon fishbone nanowires	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 4452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41598-018-22509-0	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 Maire Jeremie, Anufriev Roman, Hori Takuma, Shiomi Junichiro, Volz Sebastian, Nomura Masahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Thermal conductivity reduction in silicon fishbone nanowires	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41598-018-22509-0	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 該当する

1. 著者名 野村政宏	4. 巻 14
2. 論文標題 フォノンエンジニアリングに基づいたナノ構造化シリコン薄膜熱電材料の開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本熱電学会誌	6. 最初と最後の頁 12~16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Anufriev R., Yanagisawa R., Nomura M.	4. 巻 9
2. 論文標題 Aluminium nanopillars reduce thermal conductivity of silicon nanobeams	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 15083~15088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7NR05114J	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 Maire Jeremie, Anufriev Roman, Yanagisawa Ryoto, Ramiere Aymeric, Volz Sebastian, Nomura Masahiro	4. 巻 3
2. 論文標題 Heat conduction tuning by wave nature of phonons	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 e1700027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.1700027	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 該当する

1. 著者名 Anufriev Roman, Ramiere Aymeric, Maire Jeremie, Nomura Masahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Heat guiding and focusing using ballistic phonon transport in phononic nanostructures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 15505~15505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/ncomms15505	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 Anufriev Roman、Nomura Masahiro	4. 巻 95
2. 論文標題 Heat conduction engineering in pillar-based phononic crystals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 155432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.155432	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50件 (うち招待講演 17件 / うち国際学会 38件)

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Advanced heat flux control by phononic nanostructures
3. 学会等名 LIMMS-Next PV Joint Energy Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Anufriev, S. Gluchko, S. Volz, and M. Nomura
2. 発表標題 Quasi-Ballistic Heat Conduction due to Levy Phonon Flights in Silicon Nanowires
3. 学会等名 LIMMS-Next PV Joint Energy Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Gluchko, R. Anufriev, R. Yanagisawa, S. Volz, M. Nomura
2. 発表標題 Phonon transport in silicon phononic crystals with pacman holes
3. 学会等名 LIMMS-Next PV Joint Energy Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Yanagisawa and M. Nomura
2 . 発表標題 Planar-type silicon thermoelectric generator with phononic crystal nanostructures
3 . 学会等名 LIMMS-Next PV Joint Energy Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Gluchko, R. Anufriev, R. Yanagisawa, S. Volz, and M. Nomura
2 . 発表標題 Phonon transport in silicon phononic crystals with pacman holes
3 . 学会等名 Nanoscale and Microscale Heat Transfer VI (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Anufriev, S. Gluchko, S. Vola, and M. Nomura
2 . 発表標題 Quasi-ballistic heat conduction due to Levy phonon flights in silicon nanowires up to room temperature
3 . 学会等名 Nanoscale and Microscale Heat Transfer VI (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Yanagisawa, and M. Nomura
2 . 発表標題 Power enhancement of silicon membrane-based thermoelectric energy harvester with tailored holey nanostructures
3 . 学会等名 PowerMEMS (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Advanced heat conduction engineering by phonon engineering and thermoelectric application
3. 学会等名 NAMIS Marathon Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Nanostructured Si film thermoelectrics
3. 学会等名 European Advanced Materials Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Advanced heat transfer control in Si membrane by phononic nanostructures
3. 学会等名 The 5th Micro & Nanoscale Heat Transfer and Energy Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Anufriev, A. Ramiere, J. Maire and M. Nomura
2. 発表標題 Necking effects control thermal conductivity of phononic membranes
3. 学会等名 IHTC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Nomura
2 . 発表標題 Heat conduction control in Si membrane by phononic nanostructures
3 . 学会等名 IEEE Nano 2018 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Gluchko, R. Anufriev, R. Yanagisawa, S. Volz, and M Nomura
2 . 発表標題 Heat Conduction by Long-range Electromagnetic Surface Waves in Submicron Dielectric Films
3 . 学会等名 PIERS 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Gluchko and M. Nomura
2 . 発表標題 Heat transport in silicon phononic crystals with pacman holes
3 . 学会等名 1st Nano and Energy mini-Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Yanagisawa, and M. Nomura
2 . 発表標題 Phonon engineering with nanostructured silicon membrane for thermoelectric application
3 . 学会等名 1st Nano and Energy mini-Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 A. George, R. Yanagisawa, and M. Nomura
2. 発表標題 Power Enhancement of Si Membrane-based Thermoelectric Generator by Aluminium Ultrathin Layer Deposition
3. 学会等名 37th International and European Conference on Thermoelectrics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Anufriev, R. Yanagisawa, and M. Nomura
2. 発表標題 Surface engineering of nanobeams and nanomembranes for silicon-based thermoelectrics
3. 学会等名 Collaboratie Conference on Materials Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nomura, A. George, R. Yanagisawa, and S. Volz
2. 発表標題 Enhancement of Thermoelectric Performance of Si Membrane by Al Silicide Nanodots
3. 学会等名 CSW2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村 政宏, 柳澤 亮人, Paul Oliver
2. 発表標題 フォノンエンジニアリングによるシリコン薄膜熱電発電デバイス開発
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤 亮人, Ruther Patrick, Paul Oliver, 野村 政宏
2. 発表標題 ナノインプリントによるシリコン薄膜熱電ハーベスタの作製と性能評価
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 柳澤 亮人, Ruther Patrick, Paul Oliver, 野村 政宏
2. 発表標題 ナノ構造化によるシリコン薄膜のZT増強と平面型熱電デバイス開発
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 野村 政宏
2. 発表標題 Si 表面・界面エンジニアリングによるフォノンおよび熱輸送制御とその応用
3. 学会等名 日本表面真空学会中部支部研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村 政宏
2. 発表標題 ナノ構造化によるシリコン薄膜のフォノン輸送制御
3. 学会等名 応用物理学会シリコンテクノロジー分科会第212回研究集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村 政宏
2. 発表標題 フォノン結晶を用いたウェハ型シリコン熱電デバイスの開発
3. 学会等名 大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム2018ナノ理工学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村 政宏
2. 発表標題 ナノ構造による高度な伝熱制御と熱電発電応用
3. 学会等名 第51回野依フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村 政宏
2. 発表標題 熱フォノニクスの学理創出と高効率熱電変換への応用
3. 学会等名 日本熱電学会第23回研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Yanagisawa, N. Tsujii, O. Paul, T. Mori, and M. Nomura
2. 発表標題 Importance of grain size for nanostructured poly-Si thermoelectric material
3. 学会等名 The 17th International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Application (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Thin Si thermoelectric material by phonon engineering
3. 学会等名 IUMRS-ICA2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Physics of Nanoscale Heat Transfer and Applications
3. 学会等名 The 9th International Electronics Cooling Technology Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nomura
2. 発表標題 Thermophononic crystals
3. 学会等名 Wave Phenomena and Phonon Thermal Transport Scientific School (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nomura, R. Anufriev, A. Ramiere, J. Maire, and R. Yanagisawa
2. 発表標題 heat flux engineering in Si membrane by phononic nanostructures
3. 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Nomura, R. Anufriev, A. Ramiere, J. Maire, and R. Yanagisawa
2 . 発表標題 Heat flux engineering in Si membrane by phononic nanostructures
3 . 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Anufriev and M. Nomura
2 . 発表標題 Coherent control of the phonon density of states using phononic nanostructures
3 . 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Yanagisawa, N. Tsujii, T. Mori, and M. Nomura
2 . 発表標題 Si Phononic Crystal Membrane with ZT = 0.1 at 295 K
3 . 学会等名 International Conference on Thermoelectrics (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Nomura, J. Maire, R. Yanagisawa, A. Ramiere, and R. Anufriev
2 . 発表標題 Heat conduction control by phonon band engineering
3 . 学会等名 EDISON20 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Anufriev, A. Ramiere, R. Yanagisawa, J. Maire, and M. Nomura
2 . 発表標題 Creating and focusing directional heat fluxes using phononic nanostructures
3 . 学会等名 EDISON20 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 J. Maire, R. Anufriev, and M. Nomura
2 . 発表標題 Ballistic Phonon Transport in Si Nanowires
3 . 学会等名 PHONONICS2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Nomura
2 . 発表標題 Heat transfer control by Si phononic nanostructures
3 . 学会等名 PHONONICS2017 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Anufriev, A. Ramiere, J. Maire, and M. Nomura
2 . 発表標題 Nanoscale Heat Guiding and Focusing Using Phononic Crystal Nanostructures
3 . 学会等名 PHONONICS2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Anufriev, and M. Nomura
2. 発表標題 Thermal Conductance of Hole- and Pillar-Based Phononic Crystals at Low Temperatures
3. 学会等名 PHONONICS2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nomura, A. Ramiere, J. Maire, and R. Anufriev
2. 発表標題 Heat focusing using directional phonon transport in nanostructured Si membrane
3. 学会等名 CSW2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Maire, R. Anufriev, R. Yanagisawa, A. Ramiere, S. Volz, and M. Nomura
2. 発表標題 Heat Conduction Tuning Based on the Wave Nature of Phonons
3. 学会等名 2017 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Maire, R. Anufriev, and M. Nomura
2. 発表標題 Ballistic Phonon Transport in Si Nanowires
3. 学会等名 2017 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Anufriev, and M. Nomura
2 . 発表標題 Coherent Control of Thermal Conductance in Hole- and Pillar-Based Phononic Crystals
3 . 学会等名 2017 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Nomura, J. Nakagawa, K. Sawano, J. Maire, R. Anufriev, S. Volz
2 . 発表標題 Thermal Phonon MFP Spectrum Probing Using Phononic Crystals
3 . 学会等名 2017 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Anufriev, A. Ramiere, J. Maire, and M. Nomura
2 . 発表標題 Thermal Phonon MFP Spectrum Probing Using Phononic Crystals
3 . 学会等名 2017 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Anufriev, R. Yanagisawa, and M. Nomura
2 . 発表標題 Aluminium nanopillars reduce thermal conductivity of silicon nanobeams
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 M. Nomura, A. George, and R. Yanagisawa
2. 発表標題 Enhanced Performance of Si Membrane-based Thermoelectric Generator by Al Ultrathin Layer Deposition
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 岡本 昂, 柳澤 亮人, アラム マハフーズ, 澤野 憲太郎, 野村 政宏
2. 発表標題 SiGeナノワイヤーにおける弾道的熱輸送
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 柳澤 亮人, 辻井 直人, Paul Oliver, 森 孝雄, 野村 政宏
2. 発表標題 多結晶シリコン薄膜フォノンニックナノ構造における熱伝導率のアニール時間依存性
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

野村研究室ホームページ
<http://www.nlab.iis.u-tokyo.ac.jp/>
 野村研究室ホームページ
<http://www.nlab.iis.u-tokyo.ac.jp/index.html>

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
--	---------------------------	-----------------------	----