

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H03558

研究課題名(和文)ヘテロエピタキシャル成長プラットフォーム実現に関する基礎的検討

研究課題名(英文)Basic research for realization of heteroepitaxial growth platform

研究代表者

成塚 重弥(Naritsuka, Shigeya)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：80282680

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、基板として手に入らない材料の無転位テンプレートを提供するために、ヘテロエピタキシャル成長における優れた転位低減化技術であるマイクロチャンネルエピタキシーの改善をおこなった。改善のポイントの一つは、グラフェンマスクの利用であり、もう一つは、マイクロチャンネルを透過する転位の低減のためにリモートエピタキシーを利用することである。その結果、グラフェンマスクの利用に成功し、グラフェンマスクのもつ、成長原料の分解促進効果、結晶情報伝達効果を検出し、従来技術を凌ぐ基盤技術の導出に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はヘテロエピタキシャル成長の転位低減化において、従来のマイクロチャンネルエピタキシーの限界を打ち破る可能性を提供した。チャンネル部を透過する転位の減少、降温過程における基板と成長層の熱膨張係数差に起因する応力の低減効果を含む。ヘテロエピタキシャル成長の転位が大きく低減されることで、光電子集積回路等の革新的なデバイスの実現が加速され、情報化社会の推進を図る上での大きなブレークスルーとなる。

研究成果の概要(英文)：In this study, Microchannel Epitaxy, which is a superior technique for dislocation reduction in highly-mismatched heteroepitaxy, is improved to obtain dislocation-free template substrate of the material that is hard to be supplied as a bulk substrate. The points of the research are the followings; one is the usage of graphene mask, and the other is the employment of remote-epitaxy for the reduction of dislocations, which transfer through the microchannel to the epitaxial layer. Consequently, we have succeeded in the superior utilization of graphene mask and the foundation of an innovative technique in which the graphene mask is used not only to enhance the decomposition rate of the source materials but also suppressing the transfer probability of the defect information of the substrate to the epitaxial layer.

研究分野：結晶工学、電子材料、ナノ材料

キーワード：電気・電子材料 化学ビームエピタキシー 転位低減化 マイクロチャンネルエピタキシー 窒化ガリウム グラフェンマスク マイクロプラズマ リモートエピタキシー

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。

1. 研究開始当初の背景

格子不整合の大きなヘテロエピタキシャル成長は古くから結晶成長学において重要な研究課題の一つであった。我々は、成長層の転位低減のため、マイクロチャンネルエピタキシー(MCE)を従来から研究してきた¹⁾。MCEでは、成長基板を覆うマスクにマイクロチャンネルと呼ばれる細い開口を作製し、マイクロチャンネルを種として横方向に薄く成長をおこなう。その結果、マイクロチャンネルを通して基板の結晶情報が成長層に伝わるが、基板を覆うマスクによって成長層への転位の伝播は防がれ、横方向成長領域が無転位になる。我々はすでにMCEにより、a面GaNの無転位領域、Si基板上のGaAs、InPの無転位領域の成長に成功している²⁻⁵⁾。

我々はグラフェンマスクを用いたGaAsの分子線成長(MBE)による選択成長についても調べている。グラフェンマスクは縦方向の結合を持たないため、選択成長可能温度を従来のSiO₂マスクの場合にくらべ、およそ30℃低下させることが可能である⁶⁾。さらに、多層グラフェンマスクを使用すれば、グラフェン層間での滑りにより応力が緩和され、基板と成長層との熱膨張差により成長温度から室温への降温過程で発生する応力ならびに転位の発生を抑制できる。一方、GaNのMCEに使用する化学ビームエピタキシー(CBE)は、成長選択性は高いが、成長の駆動力が小さいので、初期成長が場合によっては島状成長となり歩留り上の問題を引き起こす。窒素マイクロプラズマによる成長前処理を用いれば、初期成長の平坦性が大幅に向上することがわかっている⁷⁾。この処理により、MCEの初期成長の島状化を抑えれば、マイクロチャンネル部の成長層側面の直線性が大幅に向上し、横方向成長の歩留りが格段に向上する。本研究の成果は、成長層の面積化に欠くことの出来ない重要な技術となる。

2. 研究の目的

本研究で提案する「ヘテロエピタキシャル成長のプラットフォーム」では、バルク成長では実現が難しい材料の基板を、ヘテロエピタキシャル成長技術を用い「無転位」のテンプレート基板として提供することを目的とする。そのため、ヘテロエピタキシャル成長における優れた転位低減化技術であるマイクロチャンネルエピタキシー(MCE)をベースとし、以下の要素技術を開発し、それら技術を組み合わせることで目的に到達することを考えた。

- (1) マイクロプラズマによる成長前処理技術、
- (2) グラフェンをマスク材料として活用する技術、
- (3) リモートエピタキシーを用いたマイクロチャンネルを透過する転位の低減技術。(初期に予定したワンジッパーモードの研究から目的を難易度は高いが重要性の高いものに変更した。)

3. 研究の方法

本研究課題では以下に示す中心的な3つの課題技術に関して研究を推進した。

- (1) マイクロプラズマによる成長前処理技術の開発
CBEを用いたMCEの歩留り、再現性を向上させるため、マイクロプラズマによる成長前処理法を低角入射マイクロチャンネルエピタキシー(LAIMCE)に応用した。LAIMCEの歩留り、再現性を向上させるためには、成長初期の島状成長を抑制し、マイクロチャンネルでの結晶成長をスムーズに直線的におこなう必要がある。そのため、CBE装置の準備室にマイクロプラズマ装置を組み込み、真空一環プロセスでプラズマ処理後すぐに基板を成長室に運びLAIMCEをおこなった。
- (2) グラフェンをマスク材料として活用する技術の開発
研究初期にグラフェンのCVD成長ならびにマイクロチャンネルの作製に関する予備実験をおこなった。グラフェンの作製は銅基板を用いたアルコールCVD成長により、成長後にグラフェンを転写する方式を用いる。グラフェンマスクの加工は、初年度の予算で購入したRIE装置用い、フォトリソグラフィにて作製したレジストパターンを用いグラフェンをエッチングした。グラフェンマスクは、上下方向の結合を持たないため成長選択性も高く、グラフェン層間の滑りによる応力緩和効果も期待出来る。しかし、グラフェンマスクの選択成長マスクとしての実績はまだほとんど報告されていない。以上に加え、最終的なグラフェンデバイスの量産性の観点から、転写プロセスを用いない、絶縁基板上へのグラフェンの直接成長技術が重要である。よって、銅基板を用いたCVD成長と平行に、グラフェンの直接成長技術に関して研究を進めた。直接成長技術の手法としては、析出成長法と減圧CVD成長法の双方に関して研究をおこなった。
- (3) リモートエピタキシーを用いたマイクロチャンネルを透過する転位の低減技術の開発
大幅に転位を低減するためには、マイクロチャンネル部を通り抜ける転位を低減させることが必須である。そのため、研究の後半部では、MITのキムらが提案したりモートエピタキシー⁸⁾を用いてチャンネル部を通過する転位の低減を目指した。

4. 研究成果

- (1) マイクロプラズマによる成長前処理技術の開発^{7,9,10)}
図1に示す様にマイクロプラズマ装置をCBE装置の基板導入室に設置した。マイクロプラズマ装置は100μm程度に近接した穴空き電極から構成され、比較的小さいスペースへの設置に対応できる。その結果、プラズマ処理後、基板を大気にさらすことなく成長室に導入することが可能となった。従来は、CBE装置の外部でマイクロプラズマ処理をおこなっており、CBE装置に基板を導入するまでに基板が大気にさらされ、表面が再度酸化してしまうので、プラズマ処理の効

果が安定せずそのバラツキが問題となっていた。

図 2 に、マイクロプラズマ処理による GaN 表面処理効果の窒素圧力依存性を示す。図より処理圧力が下がるほどプラズマ処理の効果が顕著になることが分かる。図 2 の (a)、(b)、(c) は処理を施した GaN 表面の AFM 像を示す。処理圧力が (a) 1.0×10^5 Pa 時は表面ステップがバンチングしダブルステップ構造を示すが、処理圧力が (b) 8.6×10^3 Pa、(c) 6.2×10^2 Pa と低下するにつれ、表面エッチングが進み最終的にシングルステップ構造をもつ表面に変わっている。(d)、(e)、(f) はそれぞれの圧力で処理をおこなったマイクロチャンネルへの GaN の初期選択成長の様子を示す SEM 像である。(d) 1.0×10^5 Pa の時は、成長層表面が荒れており、穴も所々にあいている。このことは、表面処理がしっかりおこなわれておらず、自然酸化膜が残り GaN 層の成長を阻害したことを物語っている。(e) 8.6×10^3 Pa の時も、まだ表面は平坦で無く島状成長がつながった痕跡を示す成長溝が数多く観察された。一方、(f) 6.2×10^2 Pa では、平坦な GaN 層がチャンネル部で成長しており、前処理効果がしっかり得られ自然酸化膜が除去され、最初から良好な GaN の成長が可能となったことがわかる。このことは、圧力が低下するほど、他分子との衝突の確率が低くなり、プラズマ種の到達距離が長くなり、基板をより効果的に処理できたためと考えられる。

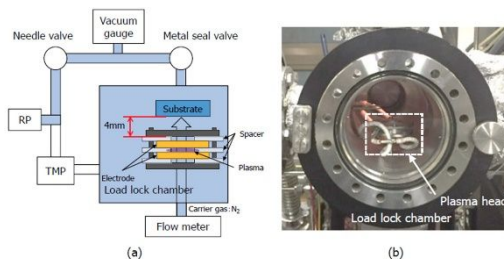


図 1 . CBE 基板導入室に設置されたマイクロプラズマ装置

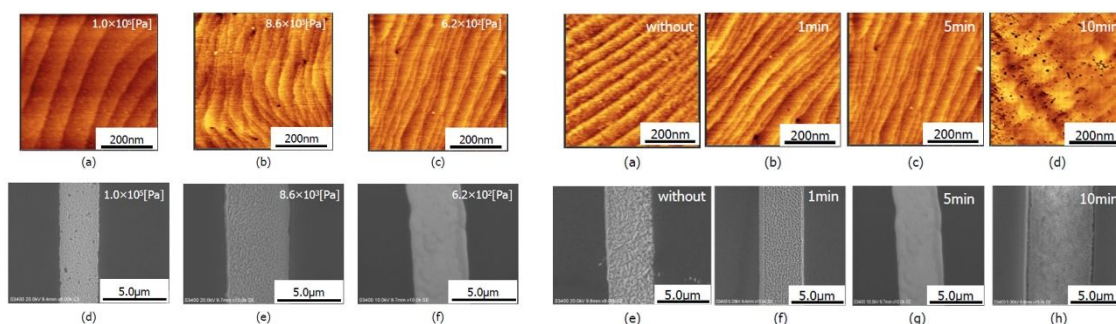


図 2 . GaN マイクロチャンネルに与えるマイクロプラズマ処理効果
処理圧力依存性

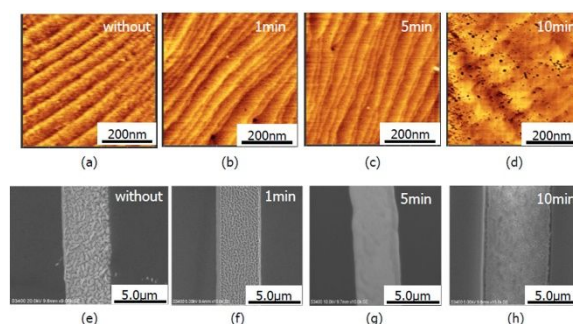


図 3 . GaN マイクロチャンネルに与えるマイクロプラズマ処理効果
処理時間依存性

プラズマにふれると変色するプラズマシートを用い、プラズマの到達距離を測定した結果、圧力が大気圧である 1.0×10^5 Pa から 6.2×10^2 Pa へ減少することで、プラズマの到達距離が 5mm から 20mm 程度まで増加することがわかった¹⁰⁾。一方、図 3 に 6.2×10^2 Pa と処理圧力一定のもと、処理時間を変化させた時の基板表面の変化を示す。AFM 像とマイクロチャンネル部における GaN 層の初期成長を観察した SEM 像を示す。図より処理時間が 5min の時が最適であり、それ以上処理をおこなうと基板上にピットのようなものが現れ、GaN 成長層の表面も荒れたものになった。

SIMS を用いて成長層界面に残留した酸素濃度を調べたところ、処理なしの場合は、 9.7×10^{14} atoms/cm² 程度 (1.7 原子層相当分) の酸素が成長界面に残留していることが観察された¹⁰⁾。窒素圧力 6.2×10^2 Pa で処理した場合は、成長界面の酸素濃度は 2.6×10^{13} atoms/cm² (0.045 原子層相当分) と大きく減少しており、マイクロプラズマの酸化物除去効果が確かめられた。

以上の様にマイクロプラズマ処理は基板表面の自然酸化膜の除去に威力を発揮し、処理条件を最適化することで自然酸化膜を良く除去することが可能であり、チャンネル部の初期成長が大幅に改善されることがわかった。このことは、マイクロプラズマ処理によりチャンネル部の GaN 表面が清浄化され、最初から良好な層状成長が可能となり、歩留りの高いマイクロチャンネルエピタキシーが可能となることを意味する。

(2) グラフェンをマスク材料として活用する手法の開発

グラフェンをマスク材料として LEIMCE をおこなった。研究内容を グラフェン層の成長、グラフェンのパターン化、グラフェンマスクを用いた GaN の LAIMCE という項目に分けて説明する。

グラフェンの成長

本研究課題では、銅箔上にアルコール CVD したグラフェンを GaN テンプレート基板上に転写しマスクとして使用した。しかしながら、転写プロセスは熟練を要する作業であり大量生産に向いていないこと、転写したグラフェンの特性が転写時のダメージ、汚染等により大幅に劣化するという問題があるので、将来的に転写プロセスを用いず済む様、グラフェンの直接成長法に関しても研究した。

銅箔上のグラフェン CVD 成長では、電解研磨により平坦性を向上した銅箔を用いることで、再現性の良いほぼ単層のグラフェンを安定して生成出来るようになった。転写したグラフェンをマスクとして使用するため重要な転写後の PMMA 残渣除去に関しては、マスクパターンの作製法

の項目で説明する。

一方、析出成長によるグラフェンの成長に関しては、W もしくは Ti のキャップ層を用いることで、Ni 触媒から析出するグラフェンの析出方向を再現性良く、基板と Ni 触媒との界面に制御することに成功した¹¹⁾。加えて、あらかじめキャップ層を所望の形状にパターン化しておけば、界面に析出するグラフェンがそのパターン通りに制御できることも発見した。この効果はグラフェンの素子応用の観点からも興味深いものと考えられる。生成したグラフェンの品質に関しては、熱処理温度を 900 程度の高温にすると、大幅に向上するのであるが、一方、Ni 触媒を結晶化する、熱処理終了後の降温速度を例えば 10 /min 程度とゆっくりとすることでも、品質が向上することがわかった¹²⁾。また、両テクニックを組み合わせることで、熱処理温度 700 程度でも品質の良いグラフェンが成長出来ることがわかった。さらに、析出成長のメカニズムを解明するため、放射光施設（スプリング 8）を用いた析出成長その場 X 線回折測定をおこなった。スプリング 8 の高輝度 X 線源を用いると多層グラフェン（グラファイト）構造の回折ピークを観察することが可能となり、その場観察により、熱処理中のグラフェン成長の挙動をとらえることに成功した。例えば、結晶化した Ni 触媒を用いると昇温時に生成する低品質のグラフェン生成を抑制できるので、グラフェンの高品質化が進むことや¹²⁾、析出成長法によるグラフェンの生成は、降温時ばかりでなく熱処理時にも生じていることなど¹³⁾、興味深い観察がなされた。また、析出成長の低温化に向けた炭素原料の検討もおこない、ナノダイヤモンドを炭素原料として使用することで、Ni 箔を用いた析出成長法で、250 程度の低温でグラフェンが合成された。

減圧 CVD によるサファイア上へのグラフェンの直接成長に関しては、従来は c 面サファイア基板が主に用いられていたが、我々は基板の面方位を変え r 面サファイア基板に注目しグラフェン成長に与える影響を検討した^{14,15)}。その結果、r 面サファイア基板表面は触媒効果を持ち、高品質なグラフェンがより低温で面内均一性も良く成長できることを発見した。r 面サファイア基板を用いることで成長温度 1100 - 1200 程度で高品質で均一な単層グラフェンが得られるようになった。図 4 に本手法で成長した 2 インチサファイア基板上での均一性の良い単層グラフェンを示す。

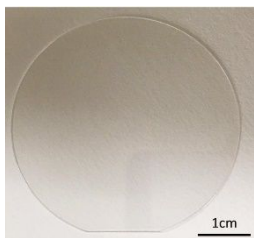


図 4 . 2 インチ r 面サファイア上に減圧 CVD 成長したグラフェン

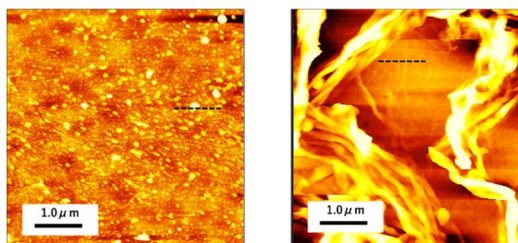


図 5 . PMMA 残渣の処理
(a)処理前、(b)処理後

グラフェンのパターン化

最初に、エッチングマスクとして使用するフォトレジストのエッチングレートを調べた。圧力 230mTorr、プラズマ出力 75W の RIE 処理では、エッチングレートは 94nm/min であった。圧力 100mT、75W、3 分間の RIE 処理ではレートは 136nm/min となり 44% 増加した。一方、後者の条件によると、グラフェン膜もがきれいにエッチング除去されることが、ラマン測定からも確かめられた。また、転写後のグラフェン上には、PMMA の残渣が図 5a に示す様に白い粒状に多数存在した。この除去は容易でない作業であったが、最終的にレジスト剥離液で短時間処理することにより、図 5b に示すように良好に除去できることが判明した。

グラフェンマスクを用いた GaN の LAIMCE

以上で説明したマスク作製プロセスを用いて作製したグラフェンマスクを使用し GaN の LAIMCE をおこなった。グラフェンマスクとしては、転写回数を 1 回ならびに 2 回の場合に対してマスクを作製しグラフェンの層数の変化が与える影響も調べた。一方、参照用サンプルとしては、従来の SiO₂ マスクを用いたサンプルも用意した。LAIMCE 条件としては、成長時間 9 時間、/ 15、成長温度 860 とした。LAIMCE 成長後の SEM 像を図 6 に示す。一回転写グラフェンマスクの場合は、斜め方向に伸びる形状をした島状成長がマスク上にも現れている。2 回転写グラフェンマスクならび SiO₂ マスクの場合は選択成長が良好におこなわれマスク上での GaN の成長が完全に抑制されたことがわかる。一方、断面 SEM 像からは、すべての場合に良好な横方向成長がおこなわれたことがわかる。表 1 にそれぞれのマスクを使用した場合の成長膜厚、横方向成長幅、成長層横縦比をまとめた。2 回転写グラフェンマスクは SiO₂ マスクを使用した場合と膜厚、横方向成長幅もほとんど似た値を示し、横縦比も 3 と同様のものが得られた。一方、一回転写グラフェンマスクを使用した場合は異なる傾向を示し、成長膜厚が 300nm と薄く、さらに横方向成長幅も 2μm と大きい値を示し、横縦比は 6 以上と大きく改善された。また、2 回転写グラフェンマスクの場合は選択成長性も優れていることから、マスク上での TMG の分解が十分に抑制され、SiO₂ マスクの場合とほとんど同じ成長モードを示したことが考えられる。一方、一回転写グラフェンマスクの場合はマスク上に島状成長が観察されることから成長モードが大きく異なることが予想される。島状成長の原因として、グラフェンマスクに穴があき GaN テンプレート基板が覗き、GaN が成長し島状になった恐れもあるので、ラマン散乱測定法を用いてこれらの島の側

にグラフェンが存在するかを調べたところ、いずれの島の下にもグラフェンが存在することが確かめられた。グラフェンの層厚が1層と薄い場合は、基板表面の影響がグラフェンを透過して上に伝わる可能性が報告されている⁸⁾。よって、我々の1回転写グラフェンの場合も基板の影響が上に伝達し、TMGの分解が促進されたことが予想される。その結果、マスク上のGa原子密度が上昇し、それがマスク上を拡散し横方向成長に寄与したことが考えられる。一方、2回転写グラフェンマスクならびにSiO₂マスクの場合には、マスク上でのTMGの分解反応が抑制されるので、気相拡散により原料が成長層上により多く輸送され成長層の膜厚が厚くなったことが考えられる。また、図6から分かる様にマスク上の島状成長の形状を観察すると、結晶方位がそれぞれ揃っているようにも見え、基板の結晶情報がグラフェンマスクを通して、これらの島状成長にリモートエピタキシー的に伝達したことが考えられる。以上の様にグラフェンを透過して基板の結晶情報が伝わったことを仮定すると、今回の実験結果が矛盾無く説明出来る。

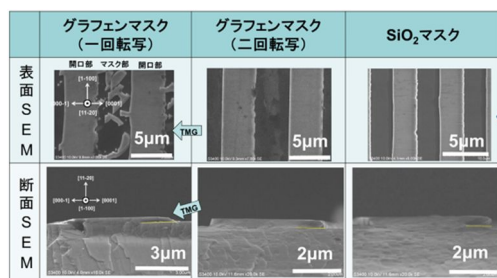


表1. グラフェンマスクを用いた GaN LAMCE の横縦比

マスク材料	膜厚 (nm)	横方向成長幅 (μm)	成長層横縦比
1 回転写グラフェン	300	2.00	6.67
2 回転写グラフェン	360	1.20	3.33
SiO ₂	370	1.14	3.08

図6. グラフェンマスクを用いた GaN LAMCE

(3) リモートエピタキシーを用いたマイクロチャンネルを透過する転位低減技術の開発

リモートエピタキシーでは、結晶情報はグラフェンを透過するが、転位情報の伝達は制限される可能性がある。もし、転位情報の伝達をグラフェンで遮ることが出来れば、従来は不可能と考えていたマイクロチャンネルを通過する転位の低減も可能となる。このことは、マイクロチャンネルエピタキシーによる転位密度の大幅な低減につながる。そこで、マイクロチャンネル部は単層グラフェン、マスク部は SiO₂ を使用したダブルマスク構造を作製し、マイクロチャンネル部に GaN 層を成長し転位低減効果を調べた。

グラフェンを1層転写したマイクロチャンネル部に GaN を成長させるためには、Rf-MBE と CBE の両方を用いたハイブリッドエピタキシーを用いた。グラフェン層は上下に結合を持たず GaN の核形成が起こりにくいので、成長の過飽和度が高く出来る Rf-MBE を用いて GaN の初期成長をおこない、引き続き CBE を用いて GaN 層の平坦成長をおこなった。その結果、マイクロチャンネル部が平坦に埋った GaN 成長層を得ることに成功した。マイクロチャンネル部をよく観察すると、いくつかの成長島が合体した構造が判別した。カソードルミネッセンス(CL)観察によると、島状構造の結合部には欠陥に起因する暗い境界が観察されたが、それぞれの島状構造の内部のダークスポットの密度は低く、テンプレート基板より、転位の数が減少した可能性が示唆される。しかし、現状では結晶改善の明確な判定は難しく、今後のさらなる研究が必要と考える。

< 引用文献 >

- 1) MCE に関する総合的な研究報告は、例えば、成塚重弥、応用物理 78 (2009) 422-426.
- 2) C-H Lin et al., Appl. Phys. Exp. 5 (2012) 045501.
- 3) Y.S.Chang, S.Naritsuka and T.Nishinaga, J. Cryst. Growth 174 (1997) 630-634.
- 4) Y.S.Chang, S.Naritsuka and T.Nishinaga, J.Crystal Growth, 192 (1998) 18-22.
- 5) S.Naritsuka and T.Nishinaga, Jpn. J. Appl. Phys., 34 (1995) L1432-1435.
- 6) Y. Hirota, T. Maruyama, S. Naritsuka et al., 17th ICCGE, Warsaw, Poland, 11th-16th Aug., (2013) G10/Mo115.
- 7) Y. Suzuki, et al., IWN2014, Wrocław, Poland, 24-29 Aug. (2014).
- 8) Y. Kim, et al., nature 544 (2017) 340.
- 9) Y. Suzuki, Y. Kusakabe, S. Uchiyama, T. Maruyama, S. Naritsuka, and K. Shimizu, Jpn. J. Appl. Phys., 55 (2016) 081002-1-5.
- 10) Y. Kusakabe, H. Sugiyama, S. Takenaka, Y. Suzuki, T. Maruyama, S. Naritsuka, and Kazuo Shimizu, Jpn. J. Appl. Phys., 57 (2018) 085501 1-6.
- 11) J. Yamada, Y. Ueda, T. Maruyama, and S. Naritsuka, Jpn. J. Appl. Phys., 55 (2016) 100302-1-4.
- 12) J. Yamada, Y. Ueda, T. Maruyama, and S. Naritsuka, J. Cryst. Growth, 投稿中
- 13) S. Naritsuka, J. Yamada, Y. Ueda, and T. Maruyama, J. Cryst. Growth, 投稿中
- 14) Y. Ueda, J. Yamada, K. Fujiwara, D. Yamamoto, T. Maruyama, and S. Naritsuka, Jpn. J. Appl. Phys., 58 (2019) SAAE04.
- 15) Y. Ueda, J. Yamada, T. Ono, T. Maruyama, and S. Naritsuka, Appl. Phys. Lett., 115, (2019) 013103.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamada Jumpei, Ueda Yuki, Maruyama Takahiro, Naritsuka Shigeya	4. 巻 534
2. 論文標題 Precipitation of multilayer graphene directly on gallium nitride template using Tungsten capping layer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 125493 ~ 125493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2020.125493	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 Ueda Yuki, Yamada Jumpei, Ono Taishi, Maruyama Takahiro, Naritsuka Shigeya	4. 巻 115
2. 論文標題 Crystal orientation effects of sapphire substrate on graphene direct growth by metal catalyst-free low-pressure CVD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 013103 ~ 013103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5098806	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 Yamada Jumpei, Usami Shigeyoshi, Ueda Yuki, Honda Yoshio, Amano Hiroshi, Maruyama Takahiro, Naritsuka Shigeya	4. 巻 58
2. 論文標題 Transfer-free fabrication of a graphene transparent electrode on a GaN-based light-emitting diode using the direct precipitation method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 040904-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aafe70	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 Ueda Yuki, Yamada Jumpei, Fujiwara Kyosuke, Yamamoto Daichi, Maruyama Takahiro, Naritsuka Shigeya	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of growth pressure on graphene direct growth on r-plane and c-plane sapphires by lowpressure CVD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SAAE04-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aaec86	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 Kambayashi Daisuke, Mizuno Yosuke, Takakura Hiroyuki, Maruyama Takahiro, Naritsuka Shigeya	4. 巻 496-497
2. 論文標題 Mesa orientation dependence of lateral growth of GaN microchannel epitaxy by electric liquidphase epitaxy using a mesa-shaped substrate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 74-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2018.04.011	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 Kusakabe Yasuhiro, Sugiyama Hayata, Takenaka Shun, Suzuki Yohei, Maruyama Takahiro, Naritsuka Shigeya, Shimizu Kazuo	4. 巻 57
2. 論文標題 Low-pressure N2 microplasma treatment for substrate surface cleaning prior to GaN selective growth	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 085501-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.085501	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 Maruyama Takahiro, Yamashita Yutaka, Saida Takahiro, Tanaka Shin-ichiro, Naritsuka Shigeya	4. 巻 468
2. 論文標題 Liquid-phase growth of few-layered graphene on sapphire substrates using SiC micropowder source	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 175 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2016.11.053	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 Shigeya Naritsuka	4. 巻 62
2. 論文標題 Microchannel epitaxy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials	6. 最初と最後の頁 302-316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pcrysgrow.2016.04.016	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 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka	4. 巻 55
2. 論文標題 Direct growth of multilayer graphene by precipitation method using W capping layer	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 100302-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.100302	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 Daisuke Kambayashi, Hiroyuki Takakura, Masafumi Tomita, Muneki Iwakawa, Yosuke Mizuno, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka	4. 巻 55
2. 論文標題 Lateral growth of GaN by liquid phase electroepitaxy using mesa-shaped substrate	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 105502-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.105502	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 Yohei Suzuki, Yasuhiro Kusakabe, Shota Uchiyama, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka, and Kazuo Shimizu	4. 巻 55
2. 論文標題 Effect of N2 microplasma treatment on initial growth of GaN by metal-organic molecular beam epitaxy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 081002-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.081002	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 Masafumi Tomita, Yosuke Mizuno, Hiroyuki Takakura, Daisuke Kambayashi, Shigeya Naritsuka, and Takahiro Maruyama	4. 巻 440
2. 論文標題 Experimental determination of dependence of vertical growth rate on surface supersaturation in GaAs(001) microchannel epitaxy and growth optimization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Cryst. Growth	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2016.01.030	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 Mizuno Y., Tomita M., Takakura H., Iwakawa M., Kambayashi D., Maruyama T., Naritsuka S.	4. 巻 452
2. 論文標題 Experimental study of growth mechanism of GaAs microchannel epitaxy ? Study of pinning effect of Si-doping	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 240 ~ 243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2016.05.004	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 Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka, and Kenta Amemiya	4. 巻 119
2. 論文標題 In Situ High-Temperature NEXAFS Study on Carbon Nanotube and Graphene Formation by Thermal Decomposition of SiC	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 26698-26705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.5b05854	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 Jumpei Yamada, Manabu Suzuki, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka	4. 巻 1786
2. 論文標題 Precipitation of high-quality multilayer-graphene using Al2O3 barrier and Au cap layers	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 MRS Online Proceedings Library	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/opl.2015.766	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 K. Shimizu, S. Kaneta, M. Blajan, T. Onodera, and A. Konno	4. 巻 9
2. 論文標題 Improved performance of film dye sensitized solar cell using atmospheric pressure microplasma	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, (I.J.PEST)	6. 最初と最後の頁 44-50
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 Coolis Pieter, Sainz-Garcia Elisa, Geyter Nathalie De, Nikiforov Anton, Blajan Marius, Shimizu Kazuo, Alba-El?as Fernando, Leys Christophe, Morent Rino	4. 巻 12
2. 論文標題 Influence of DBD Inlet Geometry on the Homogeneity of Plasma-Polymerized Acrylic Acid Films: The Use of a Microplasma-Electrode Inlet Configuration	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Plasma Processes and Polymers	6. 最初と最後の頁 1153 ~ 1163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ppap.201500007	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109件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 33件)

1. 発表者名 山田 純平、上田 悠貴、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 Direct precipitation growth of multi-layer graphene using W capping layer -Dependence of growth atmosphere-
3. 学会等名 第58回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田 悠貴、山田 純平、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 a面サファイア上のグラフェンのCVD成長メカニズムの検討
3. 学会等名 第58回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 純平、上田 悠貴、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 放射光X線を用いたグラフェン析出成長過程のその場観察 - Ni触媒結晶化の効果 -
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 上田 悠貴、山田 純平、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 減圧CVDによるa面サファイア基板上でのグラフェン直接成長 ----- 成長圧力依存性 -----
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 中島 諒人、櫻尾 達也、伊藤 翼、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 分子線成長によるNi薄膜の配向性に与える成長温度の効果 ”、第67回応用物理学会春季学術講演会
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 櫻尾 達也、中島 諒人、山田 純平、上田 悠貴、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 ナノダイヤモンドを用いた多層グラフェンの直接析出成長の低温化に関する検討
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 藤井 高志、毛利 真一郎、荒木 努、上田 悠貴、成塚 重弥、岩本 敏志
2. 発表標題 THz分光解析によるグラフェンのバックグラウンド誘電率の推定
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 高橋 和也、福田 承生、藤井 高志、川又 透、杉山 和正、成塚 重弥
2. 発表標題 抵抗加熱式CZ法による直径6インチ金属Ni単結晶作成
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 Y. Ueda, J. Yamada, T. Maruyama, S. Naritsuka
2. 発表標題 Improvement of CVD direct growth of graphene using crystal orientation effects of sapphire substrate
3. 学会等名 International Symposium on Advanced Nanocarbon Materials ~Science, Technology and Application ~ (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成塚重弥, 神林大介, 丸山隆浩
2. 発表標題 流速支援液相成長を用いたGaNの成長メカニズムの検討
3. 学会等名 第48回結晶成長国内会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島諒人, 櫻尾達也, 山田純平, 上田悠貴, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 サファイア基板上でのNi薄膜の熱処理結晶化
3. 学会等名 第48回結晶成長国内会議
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Taishi Ono, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2 . 発表標題 Low-temperature direct growth of graphene on r-plane sapphire using Cu vapor catalyst by CVD
3 . 学会等名 19th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Maruyama, S. Sawada, T. Saida, S. Naritsuka
2 . 発表標題 LIQUID-PHASE GROWTH OF FEW-LAYERED GRAPHENE ON SAPPHIRE SUBSTRATES USING GA MELT
3 . 学会等名 19th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka
2 . 発表標題 Precipitation of multilayer graphene directly on gallium nitride template using W capping layer
3 . 学会等名 19th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shigeya Naritsuka, Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Asato Nakashima, Tatsuya Kashio, and Takahiro Maruyama
2 . 発表標題 X-ray in situ observation of graphene precipitating directly on sapphire substrate
3 . 学会等名 38th Electronic Materials Symposium
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 悠貴、山田 純平、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 減圧CVDによる2インチr面サファイア基板上の単層グラフェンの直接成長
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 藤井 高志、毛利 真一郎、荒木 努、上田 悠貴、成塚 重弥、岩本 敏志
2. 発表標題 電極を用いないサファイア上グラフェンの電気特性測定
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 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 In situ XRD measurement of precipitation of multilayer graphene
3. 学会等名 第57回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 悠貴、山田 純平、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 2インチr面サファイア上の高均一単層グラフェンのCVD成長
3. 学会等名 第57回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻尾 達也, 中島 諒人, 山本 大地, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 ナノダイヤモンドを用いた析出法によるSiO ₂ /Si基板上への多層グラフェンの直接成長 ~ 降温速度依存性 ~
3. 学会等名 第57回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島諒人, 櫻尾達也, 山田純平, 上田悠貴, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 c面サファイア基板上Ni薄膜の熱処理結晶化のX線回折測定による評価
3. 学会等名 第42回 結晶成長討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻尾 達也, 中島 諒人, 山本 大地, 上田 悠貴, 山田 純平, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 ナノダイヤモンドを用いた析出法によるSiO ₂ /Si基板上への多層グラフェンの直接成長 ~ 降温速度依存性 ~
3. 学会等名 第42回 結晶成長討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丹羽和希, 上田悠貴, 山田純平, 佐々井耕平, 成塚重弥, 丸山隆浩
2. 発表標題 GaNのリモートエピタキシーに関するトライアル
3. 学会等名 第42回 結晶成長討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Taishi Ono, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Growth temperature dependence of low-pressure CVD graphene directly grown on r-plane sapphire
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Graphene direct growth on sapphire
3. 学会等名 International Symposium & School on Crystal Growth Fundamentals (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 悠貴, 山田 純平, 小野 大志, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 Cu蒸気触媒を用いた減圧CVDによるr面サファイア上のグラフェン直接成長 --- 成長温度依存性 ---
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 2018年

1. 発表者名 成塚 重弥, 中島 諒人, 山田 純平, 上田 悠貴, 丸山 隆浩
2. 発表標題 c面サファイア基板上Ni薄膜の熱処理結晶化のX線回折測定による評価
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 2018年

1. 発表者名 藤井 高志, 毛利 真一郎, 荒木 努, 上田 悠貴, 成塚 重弥, 岩本 敏志
2. 発表標題 サファイア上グラフェンの抵抗率の非接触・非破壊計測
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 2018年

1. 発表者名 竹中 駿, 加藤大輔, 佐々井耕平, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 グラフェンマスクを用いたa面GaN低角入射マイクロチャンネルエピタキシーの薄膜化に関する検討
3. 学会等名 第47回結晶成長国内会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤原亨介, 山本大地, 上田悠貴, 山田純平, 伊藤幹人, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 グラフェンマスクを用いた電解めっきによる銅のリモートエピに関する検討
3. 学会等名 第47回結晶成長国内会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成塚重弥, 山田純平, 上田悠貴, 竹中 駿
2. 発表標題 その場X線回折測定を用いたグラフェン析出成長メカニズムの検討
3. 学会等名 新学術領域研究「3D活性サイト科学」第8回成果発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junpei Yamada, Yuki Ueda, Shun Takenaka, Takahiro Maruyama and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 In situ synchrotron X-ray diffraction study of direct precipitation of multilayer graphene
3. 学会等名 37th Electronic Materials Symposium (EMS-37)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成塚 重弥、神林 大介
2. 発表標題 大気圧流速支援液相成長法によるGaNの成長
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 大地、山田 純平、上田 悠貴、藤原 亨介、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 ナノダイヤモンドを用いた多層グラフェンのSiO ₂ /Si基板上への直接析出成長 加熱温度依存
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 悠貴、山田 純平、小野 大志、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 r面サファイア上無触媒減圧CVDグラフェン直接成長における成長温度依存性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 悠貴, 山田 純平, 小野 大志, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 減圧CVDによるグラフェンの直接成長 --- サファイア表面の結晶方位の影響 ---
3. 学会等名 第55回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井 高志, 左右田 航平, 毛利 真一郎, 荒木 努, 上田 悠貴, 成塚 重弥, 岩本 敏志
2. 発表標題 テラヘルツ時間領域分光法を用いたグラフェンの散乱時間と電気特性測定
3. 学会等名 第55回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 純平, 上田 悠貴, 竹中 駿, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 In situ synchrotron X-ray diffraction study of precipitation of multilayer graphene from Ni catalyst
3. 学会等名 第55回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 大地, 山田 純平, 上田 悠貴, 藤原 亨介, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 ナノダイヤモンドを用いた多層グラフェンのSiO ₂ /Si基板上への直接析出成長
3. 学会等名 第10回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuya Okada, Seigo Ogawa, Takayuki Fujii, Takahiro Saida, Shigeya Naritsuka and Takahiro Maruyama
2. 発表標題 Understanding of Optical Phenomenon in Atomically Thin Two-dimensional Material and its Heterostructures for Novel Application
3. 学会等名 ISPlasma2018/IC-PLANTS2018, Meijo University, Nagoya, Japan, March 4-9 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Growth pressure dependence of graphene direct growth on r-plane sapphire by low-pressure CVD
3. 学会等名 ISPlasma2018/IC-PLANTS2018, Meijo University, Nagoya, Japan, March 4-9 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Daichi Yamamoto, Kyosuke Fujiwara, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Study of Nucleation of Graphene in Direct Precipitation Method
3. 学会等名 2017 MRS Fall Meeting & Exhibit, Hynes Convention Center, Sheraton Boston Hotel, Boston (USA), November 26-December 1 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigeya Naritsuka, Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Daich Yamamoto, Kyosuke Fujiwara, Takahiro Maruyama, Hayato Goto, and Yusuke Wakabayashi
2. 発表標題 Study of direct precipitation mechanism of graphene on sapphire using X-ray diffraction
3. 学会等名 Swedish-Japanese Workshop on Nano-Structure Science by Novel Light Sources, Lund, Sweden, October 2-3 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Maruyama, R. Ghosh, Y. Iwashige, S. Ogawa, T. Saida, S. Naritsuka, S. Iijima
2. 発表標題 Fabrication of Single-Walled Carbon nanotube/Graphene Hybrid Structure using Alcohol Catalytic Chemical Vapor Deposition
3. 学会等名 The International Nanotech & NanoScience Conference and Exhibition (Nanotech France 2017), Paris, France, June 28-30 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上田 悠貴、山田 純平、藤原 亨介、山本 大地、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 減圧CVDによるr面サファイア上でのグラフェンの直接成長--- 3-Hexyne分圧依存性 ---
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学西早稲田キャンパス、東京、3月17日-20日
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 純平、上田 悠貴、山本 大地、藤原 亨介、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 窒化ガリウムテンプレート基板上への多層グラフェンの直接析出成長
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学西早稲田キャンパス、東京、3月17日-20日
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田悠貴, 山田純平, 藤原亨介, 山本大地, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 c面およびr面サファイア上のグラフェンCVD成長メカニズムの検討
3. 学会等名 第46回結晶成長国内会議、ホテルコンコルド浜松、静岡、2017年11月27日～11月29日
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤原亨介, 山本大地, 山田純平, 上田悠貴, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 パルスメッキによるグラフェン上銅薄膜の作製
3. 学会等名 第46回結晶成長国内会議、ホテルコンコルド浜松、静岡、2017年11月27日～11月29日
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kyosuke Fujiwara ¹ , Daichi Yamamoto, Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Pulsed current-mode plating of smooth thin copper layer on graphene for fabrication of copper-graphene composite
3. 学会等名 36th Electronic Materials Symposium (EMS-36), Nagahama Royal Hotel, Shiga, Nov. 8-10
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daichi Yamamoto, Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Kyosuke Fujiwara
2. 発表標題 Dependence on the annealing temperature on precipitation growth of multilayer graphene using nano diamond as a carbon source
3. 学会等名 36th Electronic Materials Symposium (EMS-36), Nagahama Royal Hotel, Shiga, Nov. 8-10
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shun Takenaka, Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Usage of graphene mask for expanding lateral-growth in GaN low angle incidence microchannel epitaxy
3. 学会等名 36th Electronic Materials Symposium (EMS-36), Nagahama Royal Hotel, Shiga, Nov. 8-10
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤原亭介, 山本大地, 山田純平, 上田悠貴, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 Study of condition of copper plating on graphene
3. 学会等名 第53回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 京都大学宇治キャンパス, 9月13日-15日
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Daichi Yamamoto, Kyosuke Fujiwara, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Direct precipitation growth of multilayer graphene using Ni-Au catalyst
3. 学会等名 第53回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 京都大学宇治キャンパス, 9月13日-15日
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田純平, 上田悠貴, 山本大地, 藤原亭介, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 Wキャップ層を用いたグラフェン直接析出法におけるAuボトム層の効果
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡国際会議場・福岡国際センター・福岡サンパレスホテル, 9月5日-8日
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上田悠貴, 山田純平, 藤原亭介, 山本大地, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 a面およびc面サファイア基板上への無触媒CVDによるグラフェンの直接成長 --- 成長温度依存性 ---
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡国際会議場・福岡国際センター・福岡サンパレスホテル, 9月5日-8日
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Low-Temperature Direct-Growth of Multilayer Graphene by Precipitation Method Using Crystallized Ni Catalyst
3. 学会等名 Materials Research Society Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuhiro Kusakabe, Takahiro Maruyama and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Improvement of GaN Regrowth by MOMBE using Low Pressure Nitrogen Microplasma
3. 学会等名 International Workshop on Nitrides Semiconductors 2016 (IWN2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka, Shigeyoshi Usami, Yoshio Honda and Hiroshi Amano
2. 発表標題 Direct Growth of Multilayer Graphene as Transparent Electrode on GaN-Based Light Emitting Diode
3. 学会等名 International Workshop on Nitrides Semiconductors 2016 (IWN2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuhiro Kusakabe, Yuichi Nagatsu, Shogo Suzuki, Takahiro Maruyama, Kazuo Shimizu, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Improvement of reproducibility of GaN LAIMCE by MOMBE using a low-pressure microplasma treatment
3. 学会等名 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 Daisuke Kambayashi, Yosuke Mizuno, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2 . 発表標題 Effect of NH ₃ flow rate on Microchannel Epitaxy of GaN by Liquid Phase Electroepitaxy using mesa shaped GaN template substrate
3 . 学会等名 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2 . 発表標題 Improvement of crystalline quality of directly grown multilayer graphene by precipitation method using crystallized Ni catalyst
3 . 学会等名 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2 . 発表標題 Influence of growth temperature on nucleation during non-catalytic CVD of graphene on sapphire substrate
3 . 学会等名 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. Maruyama, Y. Yamashita, T. Saida, S. Naritsuka, T. Maruyama
2 . 発表標題 Liquid phase growth of few-layer graphene on sapphire substrates using Ga melts
3 . 学会等名 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Microchannel epitaxy
3. 学会等名 16th International Summer School on Crystal Growth (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuhiro Kusakabe, Yuichi Nagatsu, Shogo Suzuki, Takahiro Maruyama, Kazuo Shimizu, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Improvement of reproducibility of GaN LAIMCE by MOMBIE using low-pressure microplasma treatment
3. 学会等名 16th International Summer School on Crystal Growth (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Influence of growth temperature on nucleation during non-catalytic CVD of graphene on sapphire substrate
3. 学会等名 16th International Summer School on Crystal Growth (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto, Takahiro Maruyama, Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Improvement of crystalline quality of directly grown multilayer graphene by precipitation method using crystallized Ni catalyst
3. 学会等名 16th International Summer School on Crystal Growth (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Growth temperature dependence of non-catalytic CVD growth of graphene on sapphire substrate
3. 学会等名 58th Electronic Materials Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 上田 悠貴, 山田 純平, 藤原 亨介, 山本 大地, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 u/Ni触媒を用いた良好な均一性を有する多層グラフェンのCVD成長
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 山田 純平, 上田 悠貴, 山本 大地, 藤原 亨介, 丸山 隆浩, 成塚 重弥
2. 発表標題 Wキャップ層を用いた直接析出法における低温でのグラフェン核形成に関する検討
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 成塚重弥, 上田悠貴, 山田純平, 藤原亨介, 山本大地, 丸山隆浩
2. 発表標題 u-Ni触媒を用いた減圧CVDによる多層グラフェンの均一性向上
3. 学会等名 新学術領域研究「3D活性サイト科学」第5回成果発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上田悠貴 , 山田純平 , 藤原亨介, 山本大地, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 Au-Ni触媒CVDによる高い均一性を有する多層グラフェン成長に関する研究
3. 学会等名 第52回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 日下部 安宏、丸山 隆浩、清水 一男、成塚 重弥
2. 発表標題 その場減圧窒素マイクロプラズマ処理によるMOMBE GaN成長再現性の向上
3. 学会等名 第77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 山田 純平、上田 悠貴、藤原 亨介、山本 大地、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 結晶化Niを用いた析出法における多層グラフェンの低温直接成長
3. 学会等名 第77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 上田 悠貴、山田 純平、藤原 亨介、山本 大地、丸山 隆浩、成塚 重弥
2. 発表標題 無触媒2段階CVD成長によるサファイア基板上への高品質グラフェンの直接成長
3. 学会等名 第77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 Shigeya Naritsuka, Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto and Takahiro Maruyama
2. 発表標題 Influence of growth temperature on nucleation during non-catalytic alcohol CVD of graphene on sapphire substrate
3. 学会等名 新学術領域研究「3D活性サイト科学」第4回成果発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shigeya Naritsuka, Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto and Takahiro Maruyama
2. 発表標題 Improvement of crystalline quality of directly grown multilayer graphene by precipitation method using slow cooling and crystalized Ni catalyst
3. 学会等名 新学術領域研究「3D活性サイト科学」第4回成果発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto, Takahiro Maruyama and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Two-step growth of graphene directly grown on sapphire substrate by non-catalytic alcohol CVD
3. 学会等名 第51回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Kyosuke Fujiwara, Daichi Yamamoto, Takahiro Maruyama and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Effect of crystallization of Ni catalyst on low-temperature direct-precipitation of multilayer graphene
3. 学会等名 第51回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 上田悠貴, 山田純平, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 Investigation of growth mechanism on non-catalytic CVD growth of graphene on sapphire substrate
3. 学会等名 35th Electronic Materials Symposium (EMS-35)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山田純平, 上田悠貴, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 Study of direct growth of mechanism of multilayer graphene by precipitation method using W capping layer
3. 学会等名 35th Electronic Materials Symposium (EMS-35)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Junpei Yamada, Itsuka Uchibori, Masashi Horibe, Shinichi Matsuda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 CVD-growth of highly-uniform multilayer graphene using Au/Ni catalyst
3. 学会等名 8th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuhiro Kusakabe, Yuichi Nagatsu, Shogo Suzuki, Shigeya Naritsuka, Takahiro Maruyama, and Kazuo Sshimizu
2. 発表標題 Low-pressure microplasma treatment of GaN surface for improvement of reproducibility of micro-scale growth
3. 学会等名 8th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Junpei Yamada, Manabu Suzuki, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Precipitation of high-quality multilayer-graphene using Al ₂ O ₃ barrier and Au cap layers
3. 学会等名 Materials Research Society Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Daisuke Kambayashi, Muneki Iwakawa, Yosuke Mizuno, Yuko Shiraki, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Microchannel Epitaxy of GaN Layer using Mesa-shaped Substrate by Liquid Phase Electroepitaxy, Mesa Orientation Dependence
3. 学会等名 6th International Symposium on Growth of III-Nitrides (ISGN-6) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Muneki Iwakawa, Daisuke Kambayashi, Yosuke Mizuno, Hiroyuki Takakura, Masafumi Tomita, Takahiro Maruyama and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Microchannel epitaxy of GaN by liquid phase electroepitaxy using mesa-shaped substrate
3. 学会等名 International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-11) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yosuke Mizuno, Masahumi Tomita, Hiroyuki Takakura, Muneki Iwakawa, Daisuke Kambayashi, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Experimental study of growth mechanism of GaAs microchannel epitaxy
3. 学会等名 20th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-20) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Manabu Suzuki, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Precipitation of high-quality multilayer graphene using alumina barrier and Au capping layers
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on the Science and Application of Nanotubes (NT15) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Manabu Suzuki, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Nucleation control of multilayer graphene by precipitation method using diffusion barrier and two-step annealing
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on the Science and Application of Nanotubes (NT15) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 山田純平, 上田悠貴, 丸山隆浩, 成塚重弥
2. 発表標題 Wキャップ層を用いた析出法により直接成長した多層グラフェンの結晶性向上に関する検討
3. 学会等名 第63回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 上田 悠貴 , 山田 純平 , 内堀 樹, 堀部 真史 , 松田 晋一 , 丸山 隆浩 , 成塚 重弥
2. 発表標題 サファイア基板上へのグラフェン無触媒 CVDにおける成長時間依存性
3. 学会等名 第63回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 夏目 拓弥、村部 雅央、才田 隆広、成塚 重弥、丸山 隆浩
2. 発表標題 SiC 表面上のエピタキシャルグラフェン上へのBN 成長の検討
3. 学会等名 第63回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Jumpei Yamada, Yuki Ueda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Direct growth of μm order patterned multi-layer graphene by precipitation method using W capping layer
3. 学会等名 第50回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Ueda, Jumpei Yamada, Itsuki Uchibori, Masashi Horibe, Shinichi Matsuda, Takahiro Maruyama, and Shigeya Naritsuka
2. 発表標題 Study of non-catalytic CVD of graphene on sapphire substrate ----- Effect of growth temperature on nucleation -----
3. 学会等名 第50回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩川宗樹、神林大介、水野陽介、白木優子、丸山隆浩、成塚重弥
2. 発表標題 メサ加工基板を用いた電流制御型液相成長によるGaNのマイクロチャネルエピタキシー メサ膜厚の効果
3. 学会等名 第45回結晶成長国内会議
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 日下部安宏、成塚重弥、丸山隆弘、清水一男
2. 発表標題 MOMBEを用いたGaN再成長界面に与える窒素マイクロプラズマ処理の効果
3. 学会等名 第45回結晶成長国内会議
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 水野陽介、 富田将史、 神林大介、 高倉宏幸、 岩川宗樹、 白木優子、 丸山隆浩、 成塚重弥
2. 発表標題 GaAsマイクロチャンネルエピタキシーの法線方向成長速度に与える不純物の影響
3. 学会等名 第45回結晶成長国内会議
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 日坂部安宏
2. 発表標題 MOMBEによるa面GaNの低角入射マイクロチャンネルエピタキシー ---マスクエッジ上に発生する異常成長の抑制
3. 学会等名 第39回結晶成長討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 山田純平
2. 発表標題 Wキャップ層を用いた析出法における多層グラフェンの直接成長
3. 学会等名 第39回結晶成長討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 上田悠貴
2. 発表標題 Au/Ni触媒を用いた多層グラフェンCVD合成における成長温度依存
3. 学会等名 第39回結晶成長討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 岩川宗樹、神林大介、水野陽介、白木優子、丸山隆浩、成塚重弥
2. 発表標題 3Dプリンターを用いた流速支援GaN液相成長のポート設計
3. 学会等名 第76回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 山田純平、上田悠貴、丸山隆浩、成塚重弥
2. 発表標題 Wキャップ層を用いた析出法における多層グラフェンの直接成長
3. 学会等名 第76回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 上田 悠貴、山田 純平、内堀 樹、堀部 真史、松田 晋一、丸山 隆弘、成塚 重弥
2. 発表標題 Au/Ni 触媒を用いた CVD 法による高品質多層グラフェン合成のための水素流量の検討
3. 学会等名 第76回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 神林大介、岩川宗樹、水野陽介、白木優子、成塚重弥
2. 発表標題 メサ加工基板を用いたLPEE GaNマイクロチャンネルエピタキシー メサ方向依存性
3. 学会等名 第76回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 水野陽介、富田将史、神林大介、高倉宏幸、岩川宗樹、白木優子、丸山隆浩、成塚重弥
2. 発表標題 GaAsマイクロチャンネルエピタキシーの法線方向成長速度に与えるSiドーピングの効果
3. 学会等名 第76回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 日下部安宏、丸山隆浩、成塚重弥、清水一男、金田省吾
2. 発表標題 MOMBEによるa面GaNの低角入射マイクロチャンネルエピタキシー
3. 学会等名 第76回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 山田純平、鈴木学、上田悠貴、丸山隆浩、成塚重弥
2. 発表標題 Wキャップ層を用いた析出法における多層グラフェンの直接成長メカニズムの検討
3. 学会等名 第49回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 上田悠貴、山田純平、内堀樹、堀部真史、松田晋一、丸山隆浩、成塚重弥
2. 発表標題 Au/Ni触媒を用いた高均一な多層グラフェンCVD成長の成長温度依存
3. 学会等名 第49回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 N. Konagaya, M. Blajan, T. Onodera, A. Konno, and K. Shimizu
2. 発表標題 Improvement of conversion efficiency of dye-sensitized solar cells by surface modification using microplasma
3. 学会等名 Plasma and Electrostatics Technologies for Environmental Application, (PETEA 2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Shigeya Naritsuka et al. (Edited by S. Lourduoss, J. E. Bowers and C. Jaagadish)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Academic Press (An imprint of Elsevier)	5. 総ページ数 366 (Chap.4 pp.139-161)
3. 書名 Semicon. & Semimetal v.101 Future Directions in Silicon Photonics	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 グラフェン基板、及びこの製造方法	発明者 成塚重弥、山田純平	権利者 名城大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-073383	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 グラフェン基板の製造方法	発明者 成塚重弥、上田悠貴	権利者 名城大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-091589	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 導電体、及び導電体の製造方法	発明者 成塚重弥、山田純平、藤原亨介	権利者 名城大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-174591	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

名城大学 成塚研究室 ホームページ
<https://www1.meijo-u.ac.jp/~narit/>

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	上山 智 (Kamiyama Satoshi) (10340291)	名城大学・理工学部・教授 (33919)	
研究 分担者	丸山 隆浩 (Maruyama Takahiro) (30282338)	名城大学・理工学部・教授 (33919)	
研究 分担者	清水 一男 (Shimizu Kazuo) (90282681)	静岡大学・イノベーション社会連携推進機構・准教授 (13801)	