

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	超高密度大気圧熱プラズマジェットを用いた半導体単結晶薄膜成長と大面積電子デバイス応用
研究機関・ 部局・職名	広島大学・大学院先端物質科学研究科・教授
氏名	東 清一郎

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受け た額	利息等収入 額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	121,000,000	121,000,000	0	121,000,000	121,000,000	0	0
間接経費	36,300,000	36,300,000	0	36,300,000	36,300,000	0	0
合計	157,300,000	157,300,000	0	157,300,000	157,300,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	2,575,857	29,312,272	45,583,518	9,170,340	86,641,987
旅費	334,060	2,846,636	2,928,700	2,559,556	8,668,952
謝金・人件費等	0	7,431,521	8,624,816	5,203,366	21,259,703
その他	132,480	1,266,533	1,424,737	1,605,608	4,429,358
直接経費計	3,042,397	40,856,962	58,561,771	18,538,870	121,000,000
間接経費計	0	17,040,000	13,705,200	5,554,800	36,300,000
合計	3,042,397	57,896,962	72,266,971	24,093,670	157,300,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性 能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
X線光電子分光装置制御システム	(スウェーデン国)VG SCIENTA AB 社 ESCA300 PC アップグレード	1	4,200,000	4,200,000	2011/6/27	広島大学
高圧水蒸気チャンバー	型式: DST-100HPS-TI 仕様: 材質: Ti製 ヒーター: マントルヒーター 使用温度: MAX260° C	1	2,226,000	2,226,000	2011/7/14	広島大学
高速度カメラ IDT社製	MOTIONXTRA NR4S3 モノクロタイプ	1	3,970,050	3,970,050	2011/11/22	広島大学
汎用ファイバ型温度計	FTK-R220A-10B11	1	512,190	512,190	2011/10/28	広島大学
スクリーン印刷機	HP-320	1	519,750	519,750	2011/9/26	広島大学
ライフタイム測定器	WCT-120	1	2,887,500	2,887,500	2012/1/13	広島大学
リニアアクチュエータ	GLM20AP-L-1100-A- J-X-C-H-N-X-N- 0047450	1	546,000	546,000	2012/1/30	広島大学
ウエハ回転ユニット	ローツエ株式会社製 BMZ1-HU001-401	1	1,029,000	1,029,000	2011/12/9	広島大学
ホットプレート(高温ヒーター)	温度調整計BOX等付 属	1	1,323,000	1,323,000	2012/6/8	広島大学
結晶方位解析システム	日本電子(株)製 JSM- 7100F	1	36,540,000	36,540,000	2012/10/26	広島大学
ガス検知警報装置(消耗品)	ガスセンサー仕様変更 他	1	626,062	626,062	2013/3/19	広島大学
角度可変型水平多重反射装置 (ATRMax II Base Assy JASCO600V)	(米国)Pike(パイク)社製 198-2463	1	603,179	603,179	2013/12/24	広島大学
8インチSOI基盤 Tsoi/box=80nm/40(消耗品)	製作者: 仏Soitec社 Soitec Smart Cut SOI	1	651,000	651,000	2013/8/2	広島大学
スピコーター	ミササ株式会社製(構 成内訳別紙のとおり)	1	705,600	705,600	2013/8/30	広島大学

5. 研究成果の概要

大気圧熱プラズマジェット照射によるシリコン薄膜の結晶成長過程を、高速度カメラを用いて可視化に成功すると共に、新たな結晶成長メカニズムを明らかにした。チャンネル部を細線に分割したTFTでは平均移動度 $303 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ で均一性よくトランジスタを作製可能であり、CMOSシフトレジスタを設計・製作したところ、5Vの低電源電圧で50MHzの動作に成功した。

単結晶薄膜の異種基板への転写技術を開発し、デバイス作製プロセス技術を確立することで、ガラス基板上で $1226 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、PET上のTFTは $609 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の高い電界効果移動度を有する単結晶シリコン薄膜トランジスタの動作に成功し、本研究提案の転写技術がフレキシブルエレクトロニクス of 飛躍的發展に貢献しうることを実証した。

大気圧熱プラズマジェット照射法を工夫することによって、熱応力によるSiCウエハ破損を回避しつつ、表面を $1800^\circ\text{C}$ まで加熱することに成功した。p型不純物としてアルミニウムを室温イオン注入したSiCウエハをプラズマジェット熱処理し、Al/Ni積層電極によりオーミック接触を形成することで、 $0.013 \Omega \text{ cm}$ の低抵抗率を達成した。

課題番号

GRO74

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
研究成果報告書**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	超高密度大気圧熱プラズマジェットを用いた半導体単結晶薄膜成長と大面積電子デバイス応用
	Single crystalline growth of semiconductor using ultra-high-density atmospheric pressure plasma jet and its application to large-area electronic device fabrication
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	広島大学・大学院先端物質科学研究科・教授
	Professor, Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University
氏名 (下段英語表記)	東 清一郎
	Seiichiro Higashi

**研究成果の概要**

(和文): 大気圧下で発生したプラズマジェットを用いた瞬間加熱によるガラス基板上のシリコン薄膜の溶融・結晶化過程を高速度カメラで捉えることに成功し、特有の間欠的結晶成長のメカニズムを明らかにした。結晶成長制御により局所的に単結晶を成長し、これを用いて作製した高性能トランジスタにより 5V の低電圧で 50MHz のデジタル回路動作に成功した。更に水のメニスカス力を利用した新しい薄膜転写技術を開発し、プラスチック基板上で移動度  $600 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  を超える単結晶シリコン薄膜トランジスタの動作に成功した。

(英文): Zone melting and crystal growth from the molten silicon induced by atmospheric plasma jet annealing have been successfully observed by high-speed camera, and the mechanism of an unique growth has been clarified. On the basis of growth control, single-crystals are formed locally and high-performance thin-film transistors (TFTs) have enabled operation of a digital circuit at the clock frequency of 50MHz under supply voltage of 5V. In addition, a novel layer transfer technique using meniscus force has been developed, and we have succeeded the operation of single-crystalline silicon TFTs with a mobility higher than  $600 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ .

## 様式21

1. 執行金額 157,300,000 円  
(うち、直接経費 121,000,000 円、間接経費 36,300,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

### 3. 研究目的

現在生産されている太陽電池の 80%以上を占める結晶シリコン系太陽電池用ウエハは多結晶インゴットからダイヤモンドコートワイヤーで切出す手法で製造されており、切削に伴う切り屑の発生とウエハ厚さ低減に限界があるためシリコン結晶を無駄に使用している。また、FPD 用途の TFT 製造ではレーザー結晶化に要するエネルギーの大部分が捨てられている。これらの課題を克服するために本研究ではそのブレークスルーを超高密度大気圧熱プラズマジェット (TPJ) によるシリコン系薄膜単結晶成長の実現に求め、ナノメートルからマイクロメートル厚の薄膜を単結晶化するための結晶成長制御技術の確立を目的とする。

### 4. 研究計画・方法

本研究では超高密度化した TPJ 照射熱処理による融液からの高速結晶成長技術を開発し、一万度以上の高温ガス流を用いる TPJ 加熱の特徴を生かすことで、ナノメートルからマイクロメートル厚のシリコン薄膜単結晶成長技術を確立することを目的とする。具体的には、厚さ 10 nm 以下のナノ薄膜に高速横成長技術を適用することで固液界面通過時のフィルタリング効果を誘起する手法、パターンや局所熱伝導制御技術を利用する手法、成長速度や界面エネルギー制御する手法、等を用いることによって、非晶質基板上で面方位制御されたナノメートル厚単結晶シリコン成長を達成する。作製したシリコン単結晶ナノ薄膜を用いてトランジスタを作製し、低閾値電圧、低リーク電流、高移動度のデバイス実現に挑戦する。具体的には単結晶ウエハを用いて作製する MOSFET と同等の高性能を目標とする。作製したナノ～マイクロメートル厚単結晶薄膜アイランドをウエットエッチングと劈開という簡便な手法を用いてフレキシブル基板へ転写する技術開発に取り組む。これにより、フレキシブル基板上への単結晶薄膜形成技術を確立し、更に太陽電池試作により本提案の有効性を実証する。

上記計画に加えて、TPJ 照射熱処理技術を実用化につなげる展開、新規応用展開に取り組む。具体的には量産適用可能な TPJ 装置作製を目指して民間企業等と密接な連携を推進する。工程スループットやランニングコストを含めた実用レベルの製造装置の提案を行う。また、応用分野の拡大を図るために、酸化や窒化といった反応性を付加した反応性 TPJ による酸化物薄膜熱処理技術や、SiC 熱処理技術といったパワーエレクトロニクスへの展開の可能性について探索する。

5. 研究成果・波及効果

本研究の成果を、以下に項目ごとに記す。

① 大気圧プラズマジェット照射によるシリコン薄膜の結晶成長過程の解明

本研究が目指す薄膜トランジスタや太陽電池と言った電子デバイスの高性能化には高品質シリコン結晶成長技術の確立が最重要課題である。結晶成長過程の基礎的理解を得るために、高速度カメラを用いて 100 万分の 1 秒の時間領域で液体シリコンから結晶が成長する様子を明瞭な動画で捉える事に成功した (図 1)。大気圧プラズマ照射により融けたシリコン (黒い楕円形の部分) が移動していくと共に、後方で大きな結晶が成長している。一方、液体シリコンの前方では、アモルファス (非晶質) シリコンが解けずに結晶に変化する固相結晶化 (SPC) が生じており、更にこれまで見出されていなかった新たな結晶成長過程 (Leading Wave Crystallization : LWC) 領域がある事も明らかになった。LWC は薄い熔融層が瞬間的に横方向へ伝播する間欠的な結晶成長であり、潜熱の放出がトリガーとなって生じる現象であることを定量的なモデルと共に明らかにした。(雑誌論文 [4, 8]、会議発表 [37] 他 7 件)

マイクロ秒時間領域での結晶成長メカニズムの理解に基づき、線状のアモルファスシリコン膜に結晶成長を適用する事で局所的に単結晶を成長できる事が明らかになった。(雑誌論文 [5]、会議発表 [9] 他 9 件)

② 大気圧プラズマジェット結晶化による単結晶成長と薄膜トランジスタ応用

この高品質結晶を用いた薄膜トランジスタは電界効果移動度  $477 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  という極

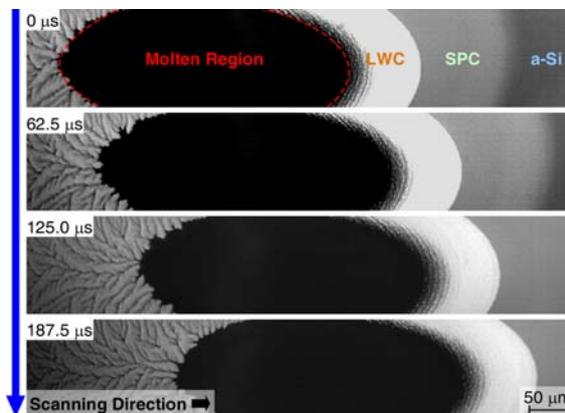


図 1. 液体シリコンから結晶が成長する様子を世界で初めてとらえた映像の一例。黒い液体シリコン部が右方に移動し、後方でこれを追いかけるように大きな結晶が成長する様ははっきりと観察できる。

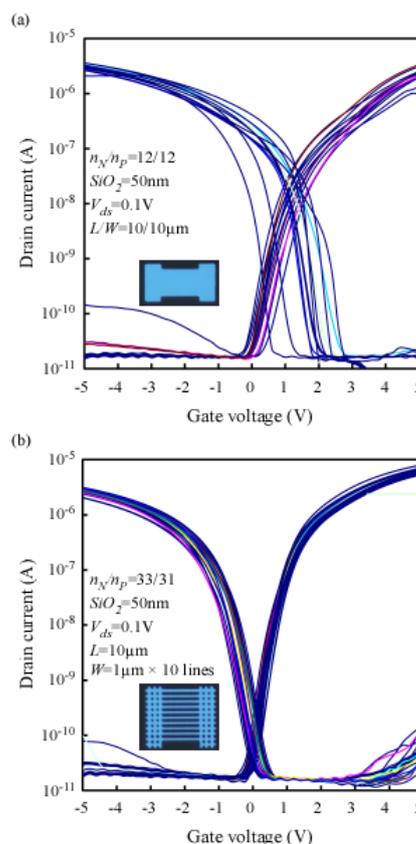


図 2. 細線化チャネルパターンへのμ-TPJ 結晶化により大幅にバラつきを低減したトランジスタの  $I_d$ - $V_g$  特性。これにより CMOS 回路の 5V 駆動が可能となった。

## 様式21

めて高い性能を示し、プラズマ結晶化法で世界最高値を達成する事に成功した。ポーラスシリコン層上で同様の結晶成長を行う事で、結晶面方位が(100)に制御されたシリコン薄膜を得られる事も実験的に明らかになった。

細線パターンにより位置制御された単結晶シリコン薄膜を用いて  $520 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  の高移動度トランジスタの作製に成功し、単結晶ウエハを用いて作製する MOSFET と同等の高性能を達成した。更に、図2に示すようにチャンネル領域を細線化した TFT では、チャンネル領域のランダム粒界排除によりデバイス間の特性バラつきが大幅に抑制される事を見出し(表I参照)、5Vの低電源電圧で50MHzの動作に成功した(図3)。非分割チャンネルの平均電界効果移動度  $196 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  に対して分割型では  $303 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  と大幅に高移動度化可能であるため、分割によるエリアロスの問題が無いことも実験的に検証できた。

(雑誌論文[3]、会議発表[34]他5件)

表 I. 従来パターンと細線化チャンネルパターンにより作製したトランジスタの特性バラつき

		$V_{th}$ [V]	$\mu_{FE}$ [ $\text{cm}^2/\text{Vs}$ ]	$S$ [mV/dec]
(a)	NMOS	$3.3 \pm 0.3$	$196 \pm 67$	$354 \pm 88$
	PMOS	$-1.1 \pm 0.9$	$88 \pm 20$	$237 \pm 47$
(b)	NMOS	$1.8 \pm 0.1$	$303 \pm 24$	$240 \pm 17$
	PMOS	$-1.8 \pm 0.2$	$98 \pm 7$	$285 \pm 17$

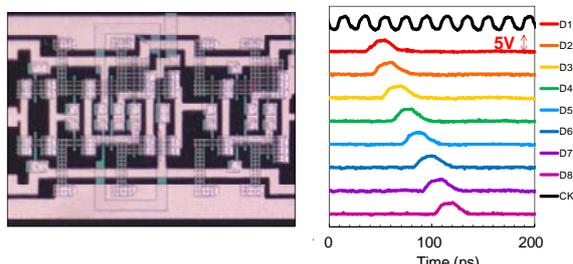


図3. 大気圧熱プラズマジェット結晶化分割チャンネルを用いて作製した CMOS シフトレジスタ回路の写真(左)と回路動作信号(右)。

### ③ 大気圧プラズマジェットによる SiC 結晶中の不純物活性化

TPJ の新規応用展開として SiC ウエハにイオン注入した不純物の活性化を提案し、アドバイザーとしてサポイン事業に参画する事で実用化への取組みを開始した。これまでに、TPJ により SiC ウエハを  $1830^\circ\text{C}$  まで加熱することに成功し、As をイオン注入した n+領域で、接合深さ $\sim 17\text{nm}$ 、シート抵抗  $289 \Omega$ 、Al をイオン注入した p+領域で、接合深さ $\sim 40\text{nm}$ 、シート抵抗  $8.0\text{k} \Omega$  の結果を得ており、TPJ により不純物活性化が可能である事を実証した。同事業を通して、TPJ 発生するプラズマヘッドの量産化試作を開始し、試作機を民間企業が開発した。(会議発表[4]他9件)

### ④ 薄膜転写技術によるフレキシブル基板上への単結晶シリコン薄膜形成と TFT 応用

高結晶性シリコンを耐熱性の低いガラスやプラスチック上に形成する手法として転写技術を着想し、中空保持したアモルファスシリコン膜に近赤外半導体レーザー照射する事で転写と同時に結晶化させる技術を開発した。この方法で作製したトランジスタは  $405 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  の高い電界効果移動度を示し、提案手法がトランジスタ作製プロセスに適用可能である事を実証した。転写技術の更なる低温化を達成するために、レーザーに代えて水のメニスカス力を利用するという新しい発想に基づく技術開発をおこなった。転写元基板として SOI ウエハを利用した単結晶薄膜中空構造を作製し、これをプラスチック (PET) 基

板に転写する事によって、120°Cのプロセス温度で PET 基板の上に単結晶シリコン薄膜を形成する事に成功した (図 4)。これまでに厚さ 2.2 $\mu\text{m}$  までの単結晶シリコン転写が可能である事を実験的に確認済みである。

水のメニスカス力により単結晶シリコン薄膜 (SOI 層) を異種基板へ転写する技術をトランジスタ作製に応用するプロセス開発をおこなった。転写前に SOI ウエハ上でチャンネルパターン形成、ソース・ドレイン領域形成、熱酸化を行う事により高性能トランジスタ作製上のキーとなる高温プロセスを行い、ガラスあるいはプラスチック (PET) 基板へ転写後は低温でデバイス作製するプロセスを構築した。中空 SOI 層構造を作製した状態でコンフォーマルな熱酸化膜を形成することで、良好な MOS 界面とともに転写先基板からの不純物混入ブロック層を形成する独特なプロセスが成立することを明らかにした。この結果、ガラス基板上および PET 基板上で単結晶シリコン薄膜トランジスタの動作に成功した。右図に伝達特性を示す PET 上の TFT は  $609\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  の高い電界効果移動度を示し、本研究提案の転写技術がフレキシブルエレクトロニクスの飛躍的發展に貢献しうることを実証した。同様のプロセスにより厚膜シリコンをプラスチック上に転写し、太陽光発電セル作製可能であることも実験的に実証した。(雑誌論文 [6, 7, 9, 10, 12]、会議発表 [89] 他 34 件)

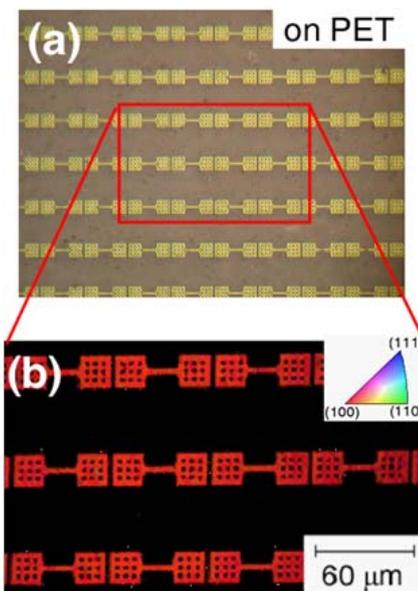


図 4. 水のメニスカス力を利用して PET 基板の上に転写した単結晶シリコン薄膜の光学顕微鏡写真 (a) と電子後方散乱回折パターンマップ (b)。完全に (100) 配向したシリコン膜を 120°C のプロセス温度で形成することに成功した。

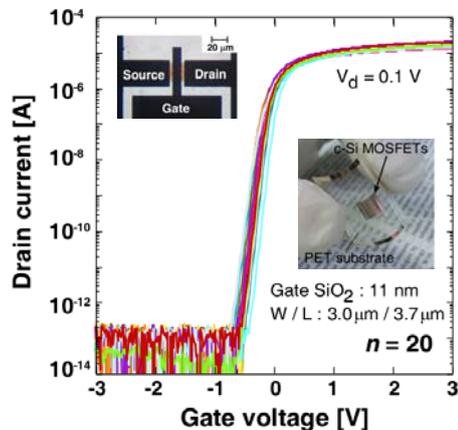


図 5. 本研究で開発した転写技術により PET 基板上に作製した単結晶シリコン薄膜トランジスタの伝達特性。

## 6. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み－査読有り) 計 12 件
計 12 件	<p>[1] <u>S. Higashi</u>, S. Hayashi, Y. Hiroshige, Y. Nishida, H. Murakami, and S. Miyazaki, “Application of Thermal Plasma Jet Irradiation to Crystallization and Gate Insulator Improvement for High-Performance Thin-Film Transistor Fabrication,” Jpn. J. Appl. Phys., <b>50</b> (3), (2011) 03CB10.</p> <p>[2] K. Matsumoto, A. Ohta, S. Miyazaki, and <u>S. Higashi</u>, “Activation of As Atoms in Ultrashallow Junction during Milli- and Microsecond Annealing Induced by Thermal-Plasma-Jet Irradiation,” Jpn. J. Appl. Phys. <b>50</b> (2011) 04DA07.</p> <p>[3] Y. Fujita, S. Hayashi, and <u>S. Higashi</u>, “Fabrication of High-Performance Thin-Film Transistors on Glass Substrate by Atmospheric Pressure Micro-Thermal-Plasma-Jet-Induced Lateral Crystallization Technique”, Jpn. J. Appl. Phys. <b>51</b> (2012) 02BH05.</p> <p>[4] S. Hayashi, Y. Fujita, T. Kamikura, K. Sakaike, M. Akazawa, M. Ikeda, H. Hanafusa, and <u>S. Higashi</u>, “Direct observation of grain growth from molten silicon formed by micro-thermal-plasma-jet irradiation,” Appl. Phys. Letters., <b>101</b> (2012) 172111.</p> <p>[5] Y. Fujita, S. Hayashi, K. Sakaike, and <u>S. Higashi</u>, “Grain Growth Control during Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation Using Amorphous Si Strips and Slit Masks,” ECS Trans., <b>50</b> (2012) 29.</p> <p>[6] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, M. Akazawa, M. Ikeda and S. Higashi, “Layer Transfer and Simultaneous Crystallization of Amorphous Si Films with Mid-Air Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation,” ECS Trans., <b>50</b> (2012) 43.</p> <p>[7] Y. Kobayashi, K. Sakaike, S. Nakamura, M. Ikeda, A. Ohta, and <u>S. Higashi</u>, “Layer Transfer and Simultaneous Activation of Phosphorous Atoms in Silicon Films by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation,” Mat. Res. Soc. Symp. Proc., <b>1426</b> (2012) 275.</p> <p>[8] S. Hayashi, Y. Fujita, T. Kamikura, K. Sakaike, M. Akazawa, M. Ikeda, and <u>S. Higashi</u>, “Leading Wave Crystallization Induced by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation of Amorphous Silicon Films,” Jpn. J. Appl. Phys., <b>52</b> (2013) 05EE02-1.</p> <p>[9] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, S. Hayashi, M. Akazawa, S. Morisaki, M. Ikeda, and <u>S. Higashi</u>, “Layer Transfer and Simultaneous Crystallization Technique for Amorphous Si Films with Midair Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation and Its Application to Thin-Film Transistor Fabricatio,” Jpn. J. Appl. Phys., <b>52</b> (2013) 05EC01-1.</p> <p>[10] K. Sakaike, M. Akazawa, S. Nakamura and <u>S. Higashi</u>, “Fabricating metal-oxide-semiconductor field-effect transistors on a polyethyleneterephthalate substrate by applying low-temperature layer transfer of a single-crystalline silicon layer by meniscus force,” Appl. Phys. Lett., <b>103</b> (2013) 233510-1.</p> <p>[11] S. Hayashi, S. Morisaki, T. Kamikura, S. Yamamoto, K. Sakaike, M. Akazawa, and <u>S. Higashi</u>, “Investigation of silicon grain structure and electrical characteristics of TFTs fabricated using different crystallized silicon films by atmospheric pressure micro-thermal-plasma-jet irradiation,” Jpn. J. Appl. Phys., <b>53</b> (2014) 03DG02-1.</p> <p>[12] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, M. Akazawa, and <u>S. Higashi</u>, “A technique for local area transfer and simultaneous crystallization of amorphous silicon layer with midair cavity by irradiation with near-infrared semiconductor diode laser,” Jpn. J. Appl. Phys., <b>53</b> (2014) 040303-1.</p>
	(掲載済み－査読無し) 計 0 件
	(未掲載) 計 0 件

会議発表	専門家向け 計 119 件
計 119 件	<p>[1] Y. Nishida, S. Hayashi, K. Matsumoto, and <u>S. Higashi</u>, "Improvement in Electrical Stress Endurance of Low-Temperature Deposited SiO<sub>2</sub> Films by Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet Annealing," <i>4<sup>th</sup> Int. Conf. Plasma Nanotechnology and Science (IC-PLANTS 2011) (Takayama, Japan, Mar. 10-12, 2011)</i> P-46.</p> <p>[2] K. Makihara, N. Morisawa, M. Ikeda, K. Matsumoto, M. Yamane, <u>S. Higashi</u>, and S. Miyazaki, "Electrical Charging Characteristics of Pt-Nanodots Floating Gate in MOS Capacitors," <i>4<sup>th</sup> Int. Conf. Plasma Nanotechnology and Science (IC-PLANTS 2011) (Takayama, Japan, Mar. 10-12, 2011)</i> P-36.</p> <p>[3] S. Hayashi, M. Ikeda, Y. Nishida, R. Matsubara, and <u>S. Higashi</u>, "Fabrication of High performance TFTs Using Micro-Thermal-Plasma-Jet Crystallized Strip Amorphous Silicon Films," <i>7<sup>th</sup> Int. Thin-Film Transistor Conference (ITC 2011) (Cambridge, UK, Mar. 3-4, 2011)</i> p.37.</p> <p>[4] R. Ashihara, T. Okada, M. Ikeda, S. Hayashi, and <u>S. Higashi</u>, "In-Situ Measurement of Temperature Variation in SiC Wafer during Millisecond Rapid Thermal Annealing Induced by Thermal Jet Irradiation," <i>5<sup>th</sup> International Conference on PLASMA-Nano Technology &amp; Science (IC-PLANTS2012), (Freude,Inuyama International Sightseeing Center, Aichi, Japan, Mar. 9-10,2012),</i> P-33.</p> <p>[5] M. Akazawa, Y. Zhou, K. Sakaike and <u>S. Higashi</u>, "Crystallization of Amorphous Silicon films by molten Silicon contacting method using piezo actuator," <i>8<sup>th</sup> International Thin-Film Transistor Conference (ITC-2012), (Lisbon, Portugal, Jan.30-31,2012),</i> 94.</p> <p>[6] K. Sakaike, Y. Kobayashi, R. Matsubara, M. Ikeda and S. Higashi, "In-situ observation of phase transformation of amorphous Si films and simultaneous transfer induced by near-infrared semiconductor diode laser irradiation," <i>8<sup>th</sup> International Thin-Film Transistor Conference (ITC-2012), (Lisbon, Portugal, Jan.30-31,2012),</i> 96.</p> <p>[7] K. Sakaike, Y. Kobayashi, M. Akazawa and S. Higashi, "Crystallization of Amorphous Si Films and Simultaneous Transfer Technique Induced by Near-infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation," <i>21<sup>st</sup> Int. Photovoltaic Sci. Eng. Conf. (PVSEC-21), (Fukuoka, Japan, Nov. 28 - Dec. 2, 2011),</i> 3D-2P-10.</p> <p>[8] R. Ashihara, T. Okada, Y. Nishida, and <u>S. Higashi</u>, "Development of Noncontact Measurement of SiC Wafer Temperature during Millisecond Rapid Annealing Induced by Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet Irradiation," <i>Proc.33<sup>rd</sup> International Symposium on Dry Process (DPS2011), (Kyoto,Japan,Nov. 10-11,2011),</i> 157.</p> <p>[9] Y. Fujita, S. Hayashi, H. Murakami, and <u>S. Higashi</u>, "High Speed Lateral Crystallization of Amorphous Silicon Films on Glass" <i>2011 Int. Conf. Solid State Dev. Mat. (SSDM 2011), (Nagoya, Japan, Sep. 28-30, 2011),</i> M-8-2.</p> <p>[10] R. Matsubara, S. Hayashi, and <u>S. Higashi</u>, "Crystallization of Amorphous Silicon Films on Porous Silicon by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation," <i>24<sup>th</sup> International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS24), (Nara, Japan, Aug. 21-26, 2011),</i> 120.</p> <p>[11] M. Akazawa, K. Makihara, T. Matsumoto, and <u>S. Higashi</u>, "Development of Silicon Microliquid Processing Using Piezo Actuator," <i>2011 Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit, (San Francisco, USA, Apr. 25-29, 2011),</i></p>

	<p>A13.2.</p> <p>[12] <u>S. Higashi</u>, S. Hayashi, Y. Nishida and R. Matsubara, “Fabrication of High Performance TFTs by Atmospheric Pressure Micro-thermal-plasma-jet Induced Lateral Crystallization Technique,” <i>2011 Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit, (San Francisco, USA, Apr. 25-29, 2011)</i>, A22.2.</p> <p>[13] 林 将平, 松原良平, 池田弥央, 東清一郎, “ポーラスシリコン層を用いたマイクロ熱プラズマジェット照射結晶成長における面方位制御” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-B8-19 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[14] 赤澤宗樹, 周 袁, 酒池耕平, 東清一郎, “ピエゾアクチュエータを用いた Si 融液の高速タッピングによるアモルファス Si 膜の結晶化” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17a-A6-11 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[15] 林 将平, 上倉敬弘, 藤田悠二, 池田弥央, 酒池耕平, 東清一郎, “マイクロ熱プラズマジェット照射による Si 融液からの結晶成長の高時間分解能観察” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-A6-1 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[16] 藤田悠二, 林 将平, 村上秀樹, 東清一郎, “アモルファス Si 細線及びスリットマスクを用いたマイクロ熱プラズマジェット照射高速横方向成長による結晶成長制御” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-A6-2 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[17] 田中敬介, 岡田竜弥, 林 将平, 芦原龍平, 東清一郎, “熱プラズマジェット照射ミリ秒熱処理におけるガラス基板の非接触温度測定及びクラック発生条件の解明” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-A6-3 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[18] 小林義崇, 酒池耕平, 中村将吾, 東清一郎, “近赤外半導体レーザ光照射による P ドープ a-Si 膜の不純物活性化と同時転写技術” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-A6-4 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[19] 芦原龍平, 池田弥央, 林 将平, 酒池耕平, 東清一郎, “大気圧熱プラズマジェット照射による SiC ウェハの急速熱処理” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 18p-A8-6 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[20] 酒池耕平, 小林義崇, 中村将吾, 赤澤宗樹, 池田弥央, 東清一郎, “近赤外半導体レーザ光照射による Si 膜の転写メカニズムの解明” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-B6-2 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[21] 中村将吾, 酒池耕平, 小林義崇, 東清一郎, “近赤外半導体レーザ光照射によるポーラスシリコンへの a-Si 膜の転写と結晶成長制御” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-B6-3 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012 年 3 月 15 日-18 日).</p> <p>[22] 小柳俊貴, 西田悠亮, 林 将平, 池田弥央, 東清一郎, “大気圧熱プラズマジェット照射及び高圧水蒸気熱処理による低温堆積 SiO<sub>2</sub> 膜及び Si/SiO<sub>2</sub> 界面の改善” 平成 24 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会,</p>
--	---

	<p>17a-B6-5 (東京、新宿、早稲田大学 早稲田キャンパス、2012年3月15日-18日).</p> <p>[23] 藤田悠二, 東清一郎, “マイクロ熱プラズマジェット照射高速横方向結晶化における Si スリットマスクを用いた結晶成長位置制御” 4P03(p. 29-p. 31) (2011. 11. 4-11. 5、薄膜材料デバイス研究会 (第8回研究集会、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール) .</p> <p>[24] 松原良平, 酒池耕平, 林将平, 東 清一郎, “近赤外半導体レーザー照射によるポーラスシリコン層転写技術の開発” 4P05 ( p. 32-p. 35) (2011. 11. 4-11. 5、薄膜材料デバイス研究会 (第8回研究集会、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール) .</p> <p>[25] 芦原龍平, 岡田竜弥, 西田悠亮, 東清一郎, “大気圧プラズマジェット照射ミリ秒熱処理における SiC ウェハの非接触温度測定技術の開発” 4P21(p. 59-p. 60) (2011. 11. 4-11. 5、薄膜材料デバイス研究会 (第8回研究集会、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール) .</p> <p>[26] 酒池耕平, 小林義崇, 松原良平, 東清一郎, “近赤外半導体レーザー光照射による a-Si 膜の結晶化と同時転写技術” 5003(p. 148-p. 151) (2011. 11. 4-11. 5、薄膜材料デバイス研究会 (第8回研究集会、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール) .</p> <p>[27] 赤澤 宗樹、周 袁、東 清一郎, “ピエゾアクチュエータを利用した Si 融液接触法による a-Si 膜の結晶化” 5P02(p. 163- p .165) (2011. 11. 4-11. 5、薄膜材料デバイス研究会 (第8回研究集会、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール) .</p> <p>[28] 西田悠亮、東 清一郎, “大気圧熱プラズマジェット照射による低温堆積 SiO<sub>2</sub> 膜の化学結合状態改善” 5P18(p. 188-p. 190) (2011. 11. 4-11. 5、薄膜材料デバイス研究会 (第8回研究集会、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール) .</p> <p>[29] 東 清一郎, “DC アーク放電大気圧プラズマジェットによる半導体薄膜結晶成長” 2011 年度秋季第 72 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 29 p-ZN-4 (2011. 8. 29-9. 2、山形大学小白川キャンパス) .</p> <p>[30] 酒池耕平, 松原良平, 小林義崇, 東清一郎, “近赤外半導体レーザー光照射による a-Si 膜の結晶化と同時転写技術” 2011 年度秋季第 72 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 1p-M-6 (2011. 8. 29-9. 2、山形大学小白川キャンパス) .</p> <p>[31] 芦原龍平, 岡田竜弥, 西田悠亮, 東清一郎, “大気圧プラズマジェット照射ミリ秒熱処理における SiC ウェハの非接触温度測定技術の開発” 2011 年度秋季第 72 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 31a-ZB-2 (2011. 8. 29-9. 2、山形大学小白川キャンパス) .</p> <p>[32] 藤田悠二, 東清一郎, “マイクロ熱プラズマジェット照射高速横方向結晶化における Si スリットマスクを用いた結晶成長位置制御” 2011 年度秋季第 72 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 1p-M-3 (2011. 8. 29-9. 2、山形大学小白川キャンパス) .</p> <p>[33] 赤澤 宗樹、周 袁、酒池 耕平、藤田 悠二、東 清一郎 “ピエゾアクチュエータを利用したシリコン融液接触法によるアモルファスシリコン膜の結晶化” 応用物理学会 中・四国支部 2011 年度 支部学術講演会, Fp1-3 (鳥取、鳥取大学、2011年7月30日).</p> <p>[34] S. Morisaki, S. Hayashi, Y. Fujita, and S. Higashi, “Grain Growth Control by Micro Thermal Plasma Jet Irradiation to Amorphous Silicon Strips and</p>
--	--

	<p>Improvement in Characteristic Variability of Thin Film Transistors,” <i>Proc. 30<sup>th</sup> Symp. Plasma Processing (SPP-30)</i>, (Hamamatsu, Japan, Jun. 21-23, 2013), 99.</p> <p>[35] R. Ashihara, H. Hanafusa, H. Murakami, S. Hayashi, and <u>S. Higashi</u>, “Rapid Thermal Annealing of SiC Wafer by Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet Irradiation,” <i>Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2012)</i>, (Tokyo, Japan, Nov.15-16, 2012), 147.</p> <p>[36] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, S. Hayashi, M. Akazawa, and <u>S. Higashi</u>, “Layer Transfer and Simultaneous Crystallization of Amorphous Si Films with Mid-Air Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation and Its Application to Thin-Film Transistor Fabrication,” <i>Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2012)</i>, (Tokyo, Japan, Nov.15-16, 2012), 113.</p> <p>[37] S. Hayashi, Y. Fujita, T. Kamikura, K. Sakaike, M. Akazawa, and <u>S. Higashi</u>, “A Physical Model for Leading Wave Crystallization Induced by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Amorphous Silicon Films,” <i>Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2012)</i>, (Tokyo, Japan, Nov.15-16, 2012), 23.</p> <p>[38] S. Nakamura, K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Hayashi, and <u>S. Higashi</u>, “Transfer of amorphous silicon films on mid-air structure to porous silicon and epitaxial growth induced by near-infrared semiconductor diode laser irradiation,” <i>Abs. 22<sup>nd</sup> Int. Photovoltaic Sci. Eng. Conf. (PVSEC-22)</i>, (Hangzhou, China, 5-9 Nov. 2012) 2-O-26.</p> <p>[39] Y. Fujita, S. Hayashi, K. Sakaike, and <u>S. Higashi</u>, “Grain Growth Control during Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation Using AmorphousSi Strips and Slit Masks,” <i>Joint Int. Meeting 222nd Electrochem. Soc. (ECS) Meeting and 2012 Fall Meeting Electrochem. Soc. Jpn. (PRiME 2012) Abs.</i>, (Honolulu, Hawaii, USA, Oct. 7-12, 2012) #3059.</p> <p>[40] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, M. Akazawa, and <u>S. Higashi</u>, “Investigation of Transfer Mechanism of Si Film with Mid-Air Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation,” <i>Joint Int. Meeting 222nd Electrochem. Soc. (ECS) Meeting and 2012 Fall Meeting Electrochem. Soc. Jpn. (PRiME 2012) Abs.</i>, (Honolulu, Hawaii, USA, Oct. 7-12, 2012) #3064</p> <p>[41] S. Hayashi, Y. Fujita, T. Kamikura, K. Sakaike, M. Ikeda, H. Hanafusa and <u>S. Higashi</u>, “Leading Wave Crystallization from Fast Moving Molten Zone Formed by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Amorphous Silicon Films,” <i>Ext.Abs.2012 Int.Conf. Solid State Dev. Mat. (SSDM2012)</i>, (Kyoto, Japan, Sept.25-27, 2012) 1047.</p> <p>[42] M. Akazawa, Y. Zhou, K. Sakaike, S. Hayashi, H. Hanafusa, <u>S. Higashi</u>, “Crystallization of Amorphous Silicon Films by High-Frequency Tapping of Molten Silicon Using PiezoActuator,” <i>THE NINETEENTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON ACTIVE-MATRIX FLATPANEL DISPLAYS AND DEVICES — TFT Technologies and FPD Materials — (AM-FPD’12)</i>, (Kyoto, Japan, July 4-6, 2012) 215.</p> <p>[43] S. Hayashi, R. Matsubara, Y. Fujita, M. Ikeda, K. Sakaike, and <u>S. Higashi</u>, “Control of Crystal Growth Orientation by Micro-Thermal-Plasma-Jet Induced Melting and Solidification of Silicon Films on Porous Silicon Underlayer,” <i>THE NINETEENTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON ACTIVE-MATRIX FLATPANEL DISPLAYS AND DEVICES — TFT Technologies and FPD Materials — (AM-FPD’12)</i>, (Kyoto, Japan, July 4-6, 2012) 219.</p> <p>[44] S. Koyanagi, S. Hayashi, T. Mizuno, K. Sakaike, H. Hanafusa, <u>S. Higashi</u>, “Improvement of Low-Temperature-Deposited SiO<sub>2</sub> and Si/SiO<sub>2</sub> interface Properties by Thermal-Plasma-Jet Annealing and Heat Treatment in High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor,” <i>2012 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD2012)</i>, (Naha, Japan,</p>
--	---

	<p>June 27 – 29, 2012) 95.</p> <p>[45] [Invited] <u>S. Higashi</u>, “Application of Atmospheric Pressure Micro-Thermal-Plasma-Jet to Ultra Rapid Thermal Annealing for Semiconductor Device Fabrication,” <i>12<sup>th</sup> Int. Workshop Junction Technol. (IWJT2012)</i>, (Shanghai, China, May 14 - 15, 2012) 206.</p> <p>[46] Y. Kobayashi, K. Sakaike, M. Ikeda, and <u>S. Higashi</u>, “Activation of Phosphorus Atoms in Amorphous Si Films and Simultaneous Layer Transfer Technique by Near-infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation,” <i>2012 Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit (2012MRS Spring meeting and Exhibit)</i>, (San Francisco, U.S.A., Apr. 9-13, 2012) A6.9.</p> <p>[47] [Invited] S. Higashi, “Rapid Thermal Annealing by Atmospheric Pressure Micro-thermal-Plasma-jet and Its Application to Thin Film Transistor Fabrication –Crystallization, Doping, and Reliability Improvement,” <i>2012 Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit (2012MRS Spring meeting and Exhibit)</i>, (San Francisco, U.S.A., Apr. 9-13, 2012) A9.1.</p> <p>[48] 小林義崇、酒池耕平、中村将吾、赤澤宗樹、東清一郎、“近赤外半導体レーザ光照射による P ドープ Si 膜の局所転写と不純物活性化”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 28a-G6-8 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[49] 上倉敬弘、林将平、森崎誠司、藤田悠二、赤澤宗樹、東清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Ge 膜の Leading Wave Crystallization”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 28p-G6-11 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[50] 藤田悠二、林将平、森崎誠司、上倉敬弘、山本将悟、東清一郎、“マイクロ熱プラズマジェット照射高速横方向結晶化における a-Si 細線及びスリットマスクを用いた結晶位置制御”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 28p-G6-12 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[51] 山本将悟、藤田悠二、林将平、森崎誠司、上倉敬弘、赤澤宗樹、村上秀樹、東清一郎、“ナノメートル幅アモルファスシリコン細線を用いたマイクロ熱プラズマジェット照射高速横方向結晶化における結晶成長制御”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 28p-G6-13 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[52] 林将平、藤田悠二、森崎誠司、上倉敬弘、赤澤宗樹、酒池耕平、東清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Si 膜の超高速結晶成長”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 29p-B8-7 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[53] 森崎誠司、林将平、藤田悠二、東清一郎、“a-Si 細線を用いた大気圧マイクロプラズマジェット結晶成長制御による TFT 特性ばらつきの改善および 5V 電源電圧での CMOS 回路動作”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 28p-G6-14 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[54] 酒池耕平、小林義崇、中村将吾、林将平、赤澤宗樹、森崎誠司、東清一郎、“近赤外半導体レーザ光照射による中空構造 a-Si 膜の局所転写同時結晶化”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 29a-A3-5 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p> <p>[55] 芦原龍平、花房宏明、村上秀樹、林将平、小柳俊貴、丸山佳祐、東清一郎、“大気圧熱プラズマジェット照射による SiC ウェハ中不純物の短時間活性化”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 29p-PB4-11 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学)。</p>
--	---

- [56] 花房宏明、芦原龍平、丸山佳祐、水野翼、林将平、村上秀樹、東清一郎、“P 添加アモルファス Si 結晶化層を介した金属と SiC のコンタクト特性”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 29p-PB4-18 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学).
- [57] 小柳俊貴、林将平、水野翼、池田弥央、花房宏明、東清一郎、“低温堆積 SiNx/SiO<sub>2</sub> 二層膜による結晶シリコン表面パッシベーション”、第 60 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 29a-A4-7 (2013. 3. 27-30、神奈川工科大学).
- [58] 田中敬介、林将平、岡田竜弥、藤田悠二、上倉敬弘、東清一郎、“熱プラズマジェット照射によるガラス基板上 a-Si 膜の結晶化における残留応力とクラック発生の調査”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、2P01(p. 66-p. 68) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [59] 酒池 耕平、小林 義崇、中村 将吾、林 将平、赤澤 宗樹、東 清一郎、“近赤外半導体レーザ照射による Si 膜の転写メカニズムの解明と転写 Si 膜の電気特性および欠陥密度評価”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、2P07(p. 77-p. 80) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [60] 中村 将吾、酒池 耕平、小林 義崇、林 将平、花房 宏明、東 清一郎、“近赤外半導体レーザ照射によるポーラスシリコン上への Si 膜の転写及び面方位制御”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、2P09(p. 81-p. 83) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [61] 上倉 敬弘、林 将平、藤田 悠二、赤澤 宗樹、村上 秀樹、東 清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェットを用いた a-Ge 膜結晶化における結晶成長観察”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、2P11(p. 84-p. 86) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [62] 水野 翼、林 将平、花房 宏明、小柳 俊貴、池田 弥央、小林 義崇、藤田 悠二、村上 秀樹、東 清一郎、“誘導結合型プラズマ化学気相堆積法を用いた高品質 a-Si:H パッシベーション膜の形成”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、2P19(p. 97-p. 99) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [63] 林 将平、藤田 悠二、上倉 敬弘、酒池 耕平、赤澤 宗樹、東 清一郎、“結晶化 大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Si 膜結晶化メカニズムの解明”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、3004(p. 154-p. 157) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [64] 赤澤 宗、周 袁、酒池 耕平、林 将平、池田 弥央、花房 宏明、東 清一郎、“キャリアガス搬送 Si パウダーへのレーザ照射による結晶 Si の形成”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、3P02(p. 161-p. 163) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [65] 藤田 悠二、林 将平、上倉 敬弘、酒池 耕平、赤澤 宗樹、村上 秀樹、東 清一郎、“アモルファスシリコン細線及びスリットマスクを用いたマイクロ熱プラズマジェット結晶化における結晶成長制御及び TFT 応用”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、3P06(p. 168-p. 171) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).
- [66] 小林 義崇、酒池 耕平、中村 将吾、大田 晃生、東 清一郎、“近赤外半導体レーザ照射による P ドープ a-Si 膜の転写と同時活性化技術”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、3P08(p. 172-p. 175) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館).

	<p>[67] 芦原 龍平、花房 宏明、村上 秀樹、林 将平、東 清一郎、“大気圧熱プラズマジェット照射による SiC ウェハの急速熱処理”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、3P10(p. 176-p. 177) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館)。</p> <p>[68] 小柳俊貴、林将平、水野翼、花房宏明、東清一郎、“大気圧熱プラズマジェット照射及び高圧水蒸気熱処理による低温堆積 SiO<sub>2</sub>/Si 界面の改質及び少数キャリアライフタイムの向上”、薄膜材料デバイス研究会 第 9 回研究集会、3P20(p. 190-p. 193) (2012. 11. 2-11. 3、なら 100 年会館)。</p> <p>[69] 中村将吾、酒池耕平、小林義崇、林 将平、花房宏明、東清一郎、“近赤外半導体レーザ光照射によるポーラスシリコン上への a-Si 膜の転写と結晶成長制御(II)”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 14a-F6-11 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[70] 水野 翼、林 将平、小柳俊貴、花房宏明、池田弥央、小林義崇、藤田悠二、村上秀樹、東清一郎、“誘導結合型プラズマ化学気相堆積法を用いた a-Si:H 膜による結晶シリコン表面パッシベーション”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 12a-F6-6 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[71] 赤澤宗樹、周 袁、酒池耕平、林 将平、池田弥央、花房宏明、東清一郎、“キャリアガス搬送シリコンパウダーへのレーザ照射による結晶 Si の形成”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 12a-F5-4 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[72] 酒池耕平、小林義崇、中村将吾、林 将平、赤澤宗樹、池田弥央、花房宏明、東清一郎、“近赤外半導体レーザ光照射による転写 Si 膜の電気特性及び欠陥密度評価”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 14a-F6-10 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[73] 田中敬介、林 将平、藤田悠二、岡田竜弥、東清一郎、“ガラス基板上 a-Si 膜の熱プラズマジェット結晶化におけるクラック発生と残留応力”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 12a-F5-5 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[74] 藤田悠二、林 将平、上倉敬弘、東清一郎、“マイクロ熱プラズマジェット照射高速横方向結晶化におけるスリットマスクを用いた Si 結晶成長制御”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 12a-F5-6 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[75] 林 将平、藤田悠二、上倉敬弘、池田弥央、花房宏明、東清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Si 膜の Leading Wave Crystallization”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 12a-F5-7 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[76] 上倉敬弘、林 将平、藤田悠二、赤澤宗樹、村上秀樹、東清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Ge 膜結晶化過程の直接観察”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 12a-F5-8 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[77] 花房宏明、酒池耕平、小林義崇、中村将吾、林 将平、村上秀樹、東清一郎、“アモルファス Si 層を介した金属と Ge のコンタクト特性”、第 73 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 13a-F5-11 (2012. 9. 11-14、愛媛大学・松山大学)。</p> <p>[78] 林 将平、松原 良平、藤田 悠二、池田 弥央、東 清一郎、“マイク</p>
--	---

ロ熱プラズマジェット照射によるポーラスシリコン層上 Si 膜のエピタキシャル成長”、電子情報通信学会技術研究報告・シリコン材料・デバイス研究会 [SDM] 4 月度研究会、Vol.112 No.18 pp63-66 (2012.04.27-04.28、沖縄県青年会館)。

[79] 藤田 悠二, 林 将平, 東 清一郎, “マイクロ熱プラズマジェット結晶化におけるアモルファスシリコン細線及びスリットマスクを用いた結晶成長制御”、電子情報通信学会技術研究報告・シリコン材料・デバイス研究会 [SDM] 4 月度研究会、Vol.112 No.18 pp67-70 (2012.04.27-04.28、沖縄県青年会館)。

[80] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, S. Hayashi, M. Akazawa, S. Morisaki, and S. Higashi, “Development of Silicon Layer Transfer Technique Using Mid-air Structure for Thin Film Transistor Fabrication,” *Abs. 2013 Mat. Res. Soc. Spring Meeting, (San Francisco, U.S.A. Apr. 1-5, 2013)*, A19.05.

[81] T. Kamikura, S. Hayashi, S. Morisaki, Y. Fujita, M. Akazawa, and S. Higashi, “Explosive Crystallization of Amorphous Germanium Films Induced by Atmospheric Pressure Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation,” *The 8<sup>th</sup> International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ICSI-8) and the 6<sup>th</sup> International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-VI) (ICSI-8 / ISCSI-VI), (Fukuoka, Japan, Jun.2-6, 2013)*, 157.

[82] **[Invited]** S. Higashi, S. Hayashi, S. Morisaki, and Y. Fujita, “Growth Control of Crystalline Silicon during Microsecond Phase Transformation and Its Application to Thin-Film Transistor Fabrication,” *2013 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD2013), (Seoul, Korea, Jun. 26 - 28, 2013)*, 265.

[83] S. Hayashi, Y. Fujita, S. Morisaki, T. Kamikura, S. Yamamoto, M. Akazawa, and S. Higashi, “Grain Growth Control by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Amorphous Silicon Strips through Slit Masks and Its Application to High-Performance Thin-Film Transistors,” *Proc.AM-FPD 13,(Kyoto, Japan, Jul. 2-5, 2013)*, 113.

[84] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, M. Akazawa, S. Hayashi, S. Morisaki, M. Ikeda, and S. Higashi, “Local Area Transfer and Simultaneous Crystallization of Amorphous Si Films with Midair Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation,” *Abs. 25<sup>th</sup> Int. Conf. Amorphous and Nano-crystalline Semiconductors (ICANS25),(Toronto,Canada, Aug.18-23,2013)*, 40.

[85] K. Maruyama, H. Hanafusa, R. Ashihara, S. Koyanagi, S. Hayashi, H. Murakami, and S. Higashi, “Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet annealing for 4H-SiC and Aluminium Activation,” *Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2013), (Jeju, Korea, Aug. 29-30, 2013)*, 109.

[86] S. Hayashi, S. Morisaki, T. Kamikura, S. Yamamoto, K. Sakaike, M. Akazawa, and S. Higashi, “Grain Growth Control during Leading Wave Crystallization Induced by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Amorphous Silicon Films,” *Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2013), (Jeju, Korea, Aug.29-30,2013)*, 43.

[87] S. Nakamura, K. Sakaike, M. Akazawa, T. Fukunaga, S. Hayashi, and S. Higashi, “Large Area Transfer of Silicon Films with Midair Cavity Using Meniscus Force,” *Tech. Dig. 23<sup>rd</sup> Int. Photovoltaic Sci. Eng. Conf., (PVSEC-23), (Taipei, Taiwan, Oct.28-Nov.1 2013)*, 1-O-33.

[88] **[Invited]** S. Higashi, K. Sakaike, S. Hayashi, S. Morisaki, M. Akazawa, S. Nakamura, T. Fukunaga, “Low-Temperature Formation of Single-Crystalline Silicon on Glass and Plastic Substrates and Its Application to MOSFET Fabrication,” *Proc. 20<sup>th</sup> Int. Display Workshops (IDW'13),(Sapporo, Japan, Dec.*

	<p>4-6,2013) , AMD1-3, pp. 258-261.</p> <p>[89] M. Akazawa, K. Sakaike, S. Nakamura, T. Fukunaga, S. Hayashi, S. Morisaki, <u>S. Higashi</u>, “Local Transfer of Single-Crystalline Silicon (100) Layer by Meniscus Force and Its Application to High-Performance MOSFET Fabrication on Glass Substrate,” <i>2013 IEEE Int. Electron Dev. Meeting (IEDM2013)</i>, (Washington D.C., U.S.A. Dec. 9-11, 2013), 39.</p> <p>[90] S. Morisaki, S. Hayashi, T. Kamikura, S. Yamamoto, and <u>S. Higashi</u>, “Fabrication of Short Channel Thin Film Transistors by Channel Doping and Micro Thermal Plasma Jet Crystallization and Their Application to High Frequency Operation of CMOS Circuits,” <i>Abs.10<sup>th</sup> Int. Thin-Film Transistor Conf. (ITC2014)</i>, (Delft, Netherlands, Jan.23-24, 2014), 15.</p> <p>[91] K. Tanaka, S. Hayashi, T. Kamikura, T. Mizuno, and <u>S. Higashi</u>, “Investigation on Crack Generation Mechanism and Reduction of Cracks Using Buffer Layer in Thermal-Plasma-Jet Crystallization of Amorphous Silicon Films on Glass Substrate,” <i>8<sup>th</sup> Int. Conf. Reactive Plasmas 31<sup>st</sup> Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31)</i>, (Fukuoka, Japan, Feb. 4-7, 2014), 7A-AM-O3.</p> <p>[92] 林将平、藤田悠二、森崎誠司、上倉敬弘、山本将悟、<u>東清一郎</u>、“マイクロ熱プラズマジェット結晶化 Si TFT におけるチャンネル結晶状態及び電気特性評価 ”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19a-P5-7 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[93] 上倉敬弘、林将平、森崎誠司、山本将悟、<u>東清一郎</u>、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Ge 膜の高速横方向結晶化 ”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-B4-7 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[94] 丸山佳祐、花房宏明、村上秀樹、林将平、<u>東清一郎</u>、“4H-SiC への大気圧熱プラズマジェット照射による Al の活性化”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 17a-B3-3 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[95] 中村将吾、酒池耕平、赤澤宗樹、福永貴司、林将平、<u>東清一郎</u>、“メニスカス力による中空構造シリコン膜の大面积転写 ”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 18a-A4-3 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[96] 福永貴司、酒池耕平、中村将吾、赤澤宗樹、<u>東清一郎</u>、“メニスカス力を利用した中空構造微小 Si 膜の局所転写 ”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 18a-A4-4 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[97] 林将平、森崎誠司、上倉敬弘、山本将悟、酒池耕平、赤澤宗樹、<u>東清一郎</u>、“マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Si 膜の Leading Wave Crystallization における結晶位置制御及び TFT の電気特性評価”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-B4-1 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[98] 森崎誠司、林将平、上倉敬弘、山本将悟、赤澤宗樹、酒池耕平、<u>東清一郎</u>、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット結晶化を用いた微細薄膜トランジスタの特性評価”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-B4-2 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス)。</p> <p>[99] 酒池耕平、中村将吾、赤澤宗樹、福永貴司、森崎誠司、林将平、<u>東清一郎</u>、“メニスカス力を利用した中空構造シリコン膜の低温転写 ”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-B4-11 (2013.9.16-20、同志社大</p>
--	--

	<p>学 京田辺キャンパス).</p> <p>[100] 赤澤宗樹、酒池耕平、中村将吾、福永貴司、林将平、森崎誠司、東清一郎、“メニスカス力による熱酸化された中空構造シリコン膜の局所転写”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-B4-12 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス).</p> <p>[101] 田中敬介、林将平、上倉敬弘、東清一郎、“ガラス基板上 a-Si 膜の熱プラズマジェット結晶化における中間緩衝層によるクラック抑制メカニズムの調査”、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-B4-3 (2013.9.16-20、同志社大学 京田辺キャンパス).</p> <p>[102] 赤澤 宗樹、酒池 耕平、中村 将吾、東 清一郎、“メニスカス力を利用した熱酸化された中空構造 SOI 層の局所転写”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P05 (pp. 194-196) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[103] 中村 将吾、酒池 耕平、赤澤 宗樹、東 清一郎、“メニスカス力を利用した大面積中空構造 SOI 層の低温転写”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P06 (pp. 197-199) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[104] 酒池 耕平、赤澤 宗樹、中村 将吾、東 清一郎、“メニスカス力を利用した中空構造シリコン膜の低温局所転写”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P07 (pp. 200-203) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[105] 田中敬介、林将平、上倉敬弘、水野翼、東清一郎、“ガラス基板上 a-Si 膜の急速熱処理結晶化における中間緩衝層が残留応力に及ぼす影響”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P04 (pp. 191-193) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[106] 上倉敬弘、林将平、森崎誠司、山本将悟、赤澤宗樹、東清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Ge 膜の Leading Wave Crystallization 及び高速横方向結晶化”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P02 (pp. 183-186) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[107] 山本将悟、林将平、森崎誠司、上倉敬弘、東清一郎、“ナノメートル幅アモルファスシリコン細線を用いたマイクロ熱プラズマジェット結晶化における結晶粒界制御”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P09 (pp. 208-211) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[108] 林 将平、森崎 誠司、上倉 敬弘、山本 将悟、酒池 耕平、赤澤 宗樹、東 清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による異なる結晶化 Si 膜の結晶構造及び TFT 電気特性の調査”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、02P10 (pp. 212-215) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[109] 森崎誠司、林将平、上倉敬弘、山本将悟、酒池耕平、赤澤宗樹、東清一郎、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット結晶化 Si 膜を用いた薄膜トランジスタの微細化および CMOS 回路の高速駆動”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、31R11 (pp. 64-67) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール).</p> <p>[110] 丸山 佳祐、花房 宏明、村上 秀樹、林 将平、東 清一郎、“大気圧</p>
--	---

	<p>熱プラズマジェット照射急速熱処理による 4H-SiC 中 Al 活性化”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、01P08 (pp. 137-138) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール)。</p> <p>[111] 水野 翼、林 将平、池田 弥央、花房 宏明、<u>東 清一郎</u>、“リモート誘導結合型プラズマ化学気相堆積法を用いた低温堆積 SiN<sub>x</sub>/SiO<sub>2</sub> 積層膜による結晶シリコン表面パッシベーション”、薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会、31P03 (pp. 33-35) (2013.10.31-11.2、龍谷大学 アバンティ響都 (きょうと) ホール)。</p> <p>[112] 中村将吾、酒池耕平、赤澤宗樹、<u>東清一郎</u>、“メニスカス力による中空構造 SOI 層の低温大面積転写”、第 5 回薄膜太陽電池セミナー、P1-5 (2013.11.14-11.15、名古屋大学 野依記念学術交流館)。</p> <p>[113] 水野 翼、林 将平、池田 弥央、花房 宏明、<u>東 清一郎</u>、“低温堆積 SiN<sub>x</sub>/SiO<sub>2</sub> 積層膜を用いた結晶シリコン表面パッシベーションによる少数キャリアライフタイムの向上”、第 5 回薄膜太陽電池セミナー、P1-6 (2013.11.14-11.15、名古屋大学 野依記念学術交流館)。</p> <p>[114] 酒池耕平、赤澤宗樹、中村将吾、<u>東清一郎</u>、“フレキシブル基板上での単結晶シリコン MOSFET の作製”、第 61 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 19a-D2-11 (2014.3.17-20、青山学院大学 相模原キャンパス)。</p> <p>[115] 中村将吾、酒池耕平、赤澤宗樹、<u>東清一郎</u>、“メニスカス力による大面積転写技術を用いて形成された PET 基板上単結晶シリコン膜の密着性改善”、第 61 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19a-D2-10 (2014.3.17-20、青山学院大学 相模原キャンパス)。</p> <p>[116] 赤澤宗樹、酒池耕平、中村将吾、<u>東清一郎</u>、“メニスカス力を用いた局所転写によるガラス基板上高性能 n チャンネル Si MOSFET の作製”、第 61 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19a-E14-8 (2014.3.17-20、青山学院大学 相模原キャンパス)。</p> <p>[117] 田中敬介、林将平、<u>東清一郎</u>、“熱プラズマジェット照射ミリ秒熱処理における表面緻密化モデルを用いたガラス基板の反り解析”、第 61 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19a-E14-6 (2014.3.17-20、青山学院大学 相模原キャンパス)。</p> <p>[118] 森崎誠司、林将平、上倉敬弘、山本将悟、山根雅人、中谷太一、<u>東清一郎</u>、“大気圧マイクロ熱プラズマジェット結晶化による従来構造および細線構造 TFT の特性評価”、第 61 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19a-E14-7 (2014.3.17-20、青山学院大学 相模原キャンパス)。</p> <p>[119] 林将平、森崎誠司、上倉敬弘、山本将悟、中谷太一、<u>東清一郎</u>、“a-Si 細線のマイクロ熱プラズマジェット結晶化における結晶成長観察”、第 61 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 19p-PG3-18 (2014.3.17-20、青山学院大学 相模原キャンパス)。</p> <p>一般向け 計 0 件</p>
<p>図 書 計 1 件</p>	<p>「大気圧プラズマの技術とプロセス開発」沖野 晃俊監修、<u>東 清一郎</u> 他 40 名、シーエムシー出版 “熱プラズマジェットを用いた超急速熱処理と半導体プロセス応用 “(第 II 編第 3 章分担執筆) (2011 年 8 月 25 日)</p>

様式21

<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計 2 件</p>	<p>(取得済み) 計 2 件</p> <p>1. 温度測定装置及びこれを利用した熱処理装置、温度測定方法、発明者：東清一郎、出願人：広島大学、特許第 4742279 号、2011.5.20.登録</p> <p>2. TEMPERATURE MEASURING DEVICE, THERMAL TREATMENT DEVICE USING THE SAME, TEMPERATURE MEASURING METHOD、発明者：東 清一郎、出願人：広島大学、United States Patent 8419272、2013.4.16 登録</p> <p>(出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>広島大学 大学院先端物質科学研究科 量子半導体工学研究室 <a href="http://www.semicon.hiroshima-u.ac.jp/">http://www.semicon.hiroshima-u.ac.jp/</a></p>
<p>国民との科 学・技術対 話の実施状 況</p>	<p>[1] 広島大学 学術講演会「NEXT 明日を拓く科学—最先端・次世代研究開発支援プログラム」2012年3月20日 実施 広島大学東千田町キャンパス、一般の方対象、15名 講演内容「大気圧プラズマを用いたグリーンテクノロジー」</p> <p>[2] 広島大学 学術講演会「NEXT 明日を拓く科学—最先端・次世代研究開発支援プログラム」2012年11月3日実施講演内容「大気圧プラズマを用いたグリーンイノベーション」広島大学東広島キャンパス 社会科学研究所・157講義室 一般の方対象、38名 内容：1万度を超える高温熱プラズマジェットを大気圧下で発生させ、これを瞬間的に半導体に照射する事で1000分の1秒以下の極短時間で表面を1000℃以上に加熱する新技術の開発に世界で初めて成功しました。我々はこの技術を利用して、高い変換効率を有する結晶シリコン太陽電池の新たな製造技術を確立し、再生可能エネルギーの利用拡大に貢献する事を目指して研究を行っています。</p> <p>[3] 広島大学 学術講演会「NEXT 明日を拓く科学—最先端・次世代研究開発支援プログラム」2014年3月7日 講演内容「プラスチック上に集積回路や太陽電池をつくる」広島大学東広島キャンパス中央図書館ライブラリーホール、一般の方対象、45名 内容：コンピュータやスマートフォンなどの最先端電子機器の頭脳は集積回路で、シリコンという半導体の単結晶を使って造られている。太陽電池もシリコン結晶を使って発電している。我々はペットボトルにも使われている安価なプラスチック（PET:ポリエチレンテレフタレート）上に単結晶シリコンを作る新しい技術を開発し、トランジスタおよび太陽電池の動作に成功した。その新たな技術内容を分かりやすく説明する。</p>
<p>新聞・一般 雑誌等掲載 計 1 件</p>	<p>中国新聞、2012(H24)年 3 月 13 日掲載 (28)「格安太陽電池に道筋」</p>
<p>その他</p>	<p>[1] 酒池耕平 (D2 学生) 薄膜材料デバイス研究会第 8 回研究集会, (2011 年 11 月, 京都) “近赤外半導体レーザー光照射による a-Si 膜の結晶化と同時転写技術” において Best Paper Award 受賞</p> <p>[2] 2012(H24)年 4 月 14 日 (土) 『知りため! プラス』 9:55~11:25 テレビ新広島 (TSS) 超高温ガスで作る新しい太陽光電池の製造方法について</p>

7. その他特記事項