

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560292

研究課題名（和文） マイクロ波フリーキャリア吸収法による非熱平衡プロセス処理起因欠陥とその制御の研究

研究課題名（英文） Observation of defects induced by non thermal equilibrium processes and their control used by microwave absorption of free carriers

研究代表者

鮫島 俊之 (SAMESHIMA TOSHIYUKI)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：30271597

研究成果の概要（和文）：635nm, 980nm 二波長連続光照射誘起キャリア濃度及び少数キャリアライフタイム  $\tau_{\text{eff}}$  測定装置及び、多周期パルス光照射誘起キャリアライフタイム測定装置を開発した。これら装置を用いてプラズマ、レーザ照射、試料カットにおける  $\tau_{\text{eff}}$  の低下現象を解析し表面再結合欠陥の増大を明らかにした。また、高圧水蒸気熱処理、電子レンジ及びアモルファスシリコン成膜による欠陥低減効果を確認した。

研究成果の概要（英文）：Equipments for measuring carrier density and minority carrier effective lifetime  $\tau_{\text{eff}}$  induced by illumination with continuous and multiply-periodic pulses at 635 and 980 nm were developed. Decreases in  $\tau_{\text{eff}}$  in the cases of plasma, laser heating treatment, and substrate cutting were observed using the equipments. Their analysis conclude marked increases in marked increase in the surface recombination velocity. Moreover, high pressure H<sub>2</sub>O vapor heat treatment, microwave oven heating and amorphous silicon formation decreased the density of carrier recombination defects.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

キーワード：作製・評価技術・マイクロ波フリーキャリア吸収・少数キャリア実効ライフタイム・高圧水蒸気熱処理・パッシベーション・酸素プラズマ酸化膜・AlO<sub>x</sub> 薄膜

## 1. 研究開始当初の背景

イオン注入、レーザ加熱、プラズマ処理はこれまで半導体プロセス技術に広く用いられている。これらは処理熱量を抑え低コストでデバイス製造を行う上で有力な手段である。pn 接合を利用したソーラーセルは太陽光を

直接電力に変換する重要な素子として全世界で多くの研究がなされている。現在発電効率の向上のための高品質材料の開発及び製造コスト低減が重要な研究課題である。上記非熱平衡プロセスは熱用量が小さく製造の低コスト化を実現する有力な手段である。し

かし、非熱平衡プロセスは半導体基板に対して短時間、高エネルギーのダメージを与えるために欠陥の発生は不可避であった。特に少数キャリアはプロセスダメージの影響を敏感に受けると予想されるが、これまで精度のよい定量的評価技術の開発はなされていなかった。また発生した欠陥の低減にはポストアニールが広く用いられている。低コスト技術の確立にはできる限り低温短時間の欠陥低減処理を実現する必要があるが、ポストアニールの物理的作用の解明は未だなされていない状態であった。

## 2. 研究の目的

本研究は、イオン注入、レーザ短時間加熱、プラズマ処理の非熱平衡プロセスによる光誘起キャリア再結合欠陥発生の挙動を、マイクロ波フリーキャリア吸収法を用いて精密に測定解析することを目的としたものである。少数キャリア再結合はソーラーセル等光エネルギー変換デバイスの性能を決定する重要な因子である。低温低コスト製造に有力である上記非熱平衡プロセス時に発生する欠陥の態様を明らかにする。そして発生した欠陥の低減技術を開発し、非熱平衡プロセス技術のデバイス製造への適用の指針を確立して、半導体学術分野に寄与することを目的とする。このために、(1) 間歇的マイクロ波並びに多波長光照射によるマイクロ波フリーキャリア吸収測定装置を開発し、少数キャリアライフタイム  $\tau_{eff}$  の高精度測定を実現する。(2) イオン注入、ns~ms の短時間レーザ照射、及びプラズマ処理の非熱平衡処理を施したときシリコン基板中の  $\tau_{eff}$  劣化を詳細に測定評価する。そしてライフタイムの低下領域を明らかにし、 $\tau_{eff}$  低下要因欠陥の発生メカニズムを解明する。(3) 水蒸気熱処理等ポストアニール技術を駆使して非熱平衡処理がもたらした  $\tau_{eff}$  低下要因欠陥の低減を実現して、非熱平衡処理の最適適用条件を定量的に確立する。以上3点を本研究期間内の目標とした。

## 3. 研究の方法

神奈川大学と協同で図1に示すスケジュールの研究実施体制を取った。

### 22年度

- (1) [装置開発] 担当：鮫島（農工大）  
 $\tau_{eff}$  を精密に測定するための周期的パルス照射型マイクロ波フリーキャリア吸収測定装置作製
- (2) [イオン注入] 担当：水野（神奈川大）  
単結晶及び多結晶シリコン基板にイオン注入を行い、結晶性等評価を行う。
- (3) [レーザ加熱] 担当：鮫島・蓮見（農工大）  
シリコン基板に短時間レーザ加熱を行い、熱ストレスを加えた試料を作成する。

(4) [ $\tau_{eff}$ 測定及び解析] 担当：鮫島（農工大）  
作製した装置を用いて試料の  $\tau_{eff}$  を精密に測定して再結合欠陥発生を調査する。

(5) [電気特性評価] 担当：水野（神奈川大）  
MOS キャパシタを作成し、C-V 測定によりシリコン界面の電気的特性を調査する。

### 23年度

(6) [装置開発] 担当：鮫島（農工大）  
シリコン基板の欠陥深さ分布の計測を可能にするために多波長光照射マイクロ波フリーキャリア測定装置を作成する。

(7) [レーザ加熱] 担当：鮫島・蓮見（農工大）  
シリコン基板に短時間レーザ加熱を行い、熱ストレスを加えた試料を作成する。

(8) [イオン注入] 担当：水野（神奈川大）  
単結晶及び多結晶シリコン基板にイオン注入を行い、結晶性等評価を行う。

(9) [電気特性評価] 担当：水野（神奈川大）  
MOS キャパシタを作成し、C-V 測定によりシリコン界面の電気的特性を調査する。

(10) [プラズマ処理] 担当：蓮見（農工大）  
プラズマ処理を様々な条件で処理した試料の作成を行う。

(11) [ポストアニール] 担当：鮫島（農工大）  
非熱平衡処理により低下した  $\tau_{eff}$  の回復を目指した水蒸気熱処理を温度、圧力等種種の条件で施す。

(12) [ $\tau_{eff}$ 測定及び解析] 担当：鮫島（農工大）

レーザ熱処理等処理を施した試料及びポストアニール試料の  $\tau_{eff}$  を精密に測定し、少数キャリアライフタイム低下及び低下領域深さを詳細に調べる。

### 24年度

(13) [レーザ加熱] 担当：鮫島・蓮見（農工大）  
シリコン基板に短時間レーザ加熱を行い、熱ストレスを加えた試料を作成する。

(14) [プラズマ処理] 担当：蓮見（農工大）  
プラズマ処理を様々な条件で処理した試料の作成を行う。

(15) [ポストアニール] 担当：鮫島（農工大）  
非熱平衡処理により低下した  $\tau_{eff}$  の回

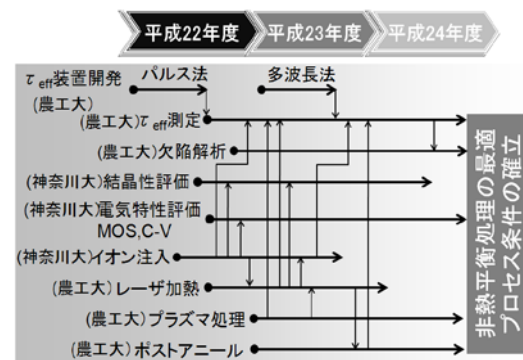


図1 研究スケジュール

復を目指した水蒸気熱処理を温度、圧力等種類の条件で施す。

(16) [電気特性評価] 担当：水野（神奈川大）  
MOS キャパシタを作成し、C-V 測定によりシリコン界面の電気的特性を調査する。

(17) [ $\tau_{\text{eff}}$  測定及び解析] 担当：鮫島（農工大）

レーザ熱処理等処理を施した試料及びポストアニール試料の  $\tau_{\text{eff}}$  を精密に測定し、少数キャリアライフタイム低下及び低下領域深さを詳細に調べる。

(18) 総括 鮫島・水野（農工大・神奈川大）  
最終年度は3つの非熱平衡プロセスの少数キャリアライフタイムに与える効果を定量化し、数値解析理論解析を駆使し、ライフタイム低減メカニズムの解明を行う。

#### 4. 研究成果

##### 22 年度

(1) 研究計画にのっとり周期的パルス光照射誘起キャリアによるマイクロ波吸収測定装置を開発した。そしてキャリア再結合とキャリア拡散モデルを用いた少数キャリアライフタイム  $\tau_{\text{eff}}$  を算出する理論を構築した。本装置と理論によって、光照射強度によらず、 $\tau_{\text{eff}}$  を高精度に計測することが可能となった。さらに、光誘起キャリアを消滅させるキャリア再結合サイトの空間的分布を計測する手法を開発した。

(2) アルゴンプラズマをシリコン表面に 2~5 分間の短時間暴露した時の  $\tau_{\text{eff}}$  の変化を (1) で開発した手法で計測した。その結果 100W 程度の低パワープラズマの短時間照射により  $\tau_{\text{eff}}$  は  $1\mu\text{s}$  オーダーに低下することが分かった。プラズマ暴露されたシリコン表面には極めて高密度のキャリア再結合サイトが生成されることが明らかになった。プラズマ照射後水蒸気雰囲気中での熱処理を施した結果  $\tau_{\text{eff}}$  は 1ms と初期の値を回復し、プラズマ照射によって形成された再結合サイトを水蒸気熱処理によって消去できることが分かった。

(3) 酸素プラズマをシリコン表面に照射し、しかる後に水蒸気雰囲気中での熱処理を施すことによって薄い酸化膜形成によるパッシベーション手法を見出した。 $\tau_{\text{eff}}$  はベアシリコンの  $1\mu\text{s}$  オーダーから  $400\mu\text{s}$  に増大した。さらに C-V 測定でも  $10^{11}\text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$  の界面準位密度が確認できた。

(4) シリコンに基板に短時間のレーザ加熱処理を施した結果  $\tau_{\text{eff}}$  が大きく低下する現象を見出した。レーザ加熱による熱ストレスに起因するキャリア再結合サイトの生成が初めて明らかになった。

(5) (1) で開発した手法を用いてシリコン基板の薄い熱酸化膜パッシベーションの検討を行った。そして新規 MIS 型ソーラーセルを

開発した。

##### 23 年度

(6) 23 年度研究計画にのっとり図 2 にしめす多波長光照射誘起キャリアによるマイクロ波吸収システムを構築した。前年度までに開発した装置に 635nm と 980nm のレーザ光源を取り付けて多波長光源による少数キャリアライフタイム  $\tau_{\text{eff}}$  を測定するシステムを完成した。さらに駆動ステージを導入して最大 8 インチサイズのシリコン基板全体の  $\tau_{\text{eff}}$  分布を測定するシステムを構築した。

シリコンは 635nm 光の侵入長が  $2.7\mu\text{m}$  と小さいのに対して 980nm の場合には  $123\mu\text{m}$  と大きい侵入長を持ち、基板奥深くでキャリアが発生する。光侵入長の違いはキャリアの発生場所の違いを生み、シリコン中欠陥の量と分布の解析が可能になる。本目的のために光侵入長によるキャリアの発生、及びキャリア拡散と消滅挙動を有限要素プログラム化した数値解析プログラムを開発した。本プログラムを用いることにより、多波長光照射マイクロ波吸収データで得た  $\tau_{\text{eff}}$  を解析してシリコンバルクライフタイム及び表面再結合速度の算定が可能になった。

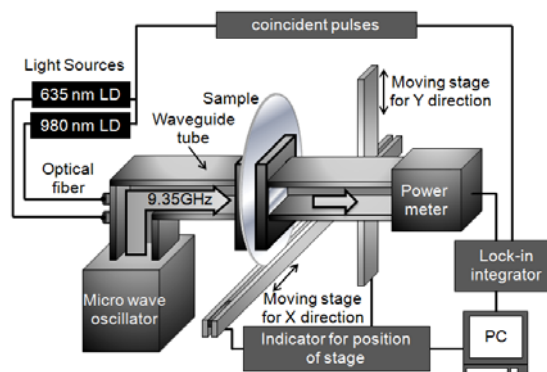


図 2 635, 980nm 二波長光誘起キャリア濃度及び少数キャリア再結合速度測定装置概念図

(7) 本手法の検証として、n 型ベアシリコン、両面に熱酸化膜付き n 型シリコン基板、ベアシリコンの場合、635nm 光照射  $\tau_{\text{eff}}$  は約  $1\mu\text{s}$  と小さかったが、980nm の光照射では  $\tau_{\text{eff}}$  が  $10\mu\text{s}$  と大きくなった。これは 980nm 光照射で、基板奥深くで発生したキャリアがシリコン表面で拡散して消滅することを示している。即ちシリコン結晶バルクは欠陥少なく良質であり、シリコン表面に高密度の再結合欠陥が局在することが明らかになった。これに対し、両面熱酸化膜付きシリコン基板は約 2ms と  $\tau_{\text{eff}}$  が大きく、且つ 635nm と 980nm の光照射の場合で殆ど同じ結果となった。この結果はシリコン表面が熱酸化により良好にパッシベーションされ、キャリア消滅が結晶表面のみに支配されない事を確認した。

(8) 上記実験的実証に加えて、635 及び 980nm 光照射で得られる  $\tau_{eff}$  の関係を理論的に解明した。図 3 に示すように、基板厚  $500\mu\text{m}$ 、バルクライフタイムが  $100\text{ms}$ 、試料裏面の再結合速度を  $8\text{cm/s}$  に固定したとき、光照射表面再結合速度を  $8\text{cm/s}$  に固定したとき、光照射表面の再結合速度が小さい場合、 $\tau_{eff}$  は大きく、 $\tau_{eff} > 700\mu\text{s}$  の時に 635 及び 980nm の両光照射のとき、 $\tau_{eff}$  は同じ値をとった。これに対し、表面再結合速度が大きくなると  $\tau_{eff}$  は小さくなるが、 $\tau_{eff} < 100\mu\text{s}$  のとき、635 に比べ 980nm の  $\tau_{eff}$  の低下度は顕著に小さくなることが分かった。光侵入長が大きく、試料深くに発生したキャリアが表面に達する拡散時間の間キャリアは生存するからである。

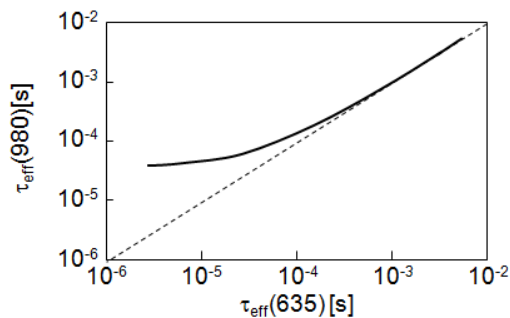


図 3 基板厚  $500\mu\text{m}$ 、バルクライフタイム  $100\text{ms}$ 、試料裏面の再結合速度を  $8\text{cm/s}$  に固定した時、光照射表面の表面再結合速度を変えた時の 635 及び 980nm 光照射時の  $\tau_{eff}$  の関係

24 年度

(1) 図 4 に示すように、アルゴンプラズマをシリコン表面に 2~5 分間の短時間暴露して低下した  $\tau_{eff}$  を、市販の電子レンジを用いた 1~2 分の加熱により初期値近くまで増大できることが分かった。基板内のフリーキャリアによるマイクロ波吸収自発熱効果により、プラズマ誘起欠陥を有効に低減できる事が分かった。

(2) シリコン基板をカットした時、カット端に発生する再結合欠陥による  $\tau_{eff}$  の低下を詳細に調べた。その結果、図 5 に示すように、 $500\mu\text{m}$  基板の場合、カット端から横方向に  $1\text{cm}$  に渡って  $\tau_{eff}$  の低下が観測された。再結合欠陥に向かって横方向に少数キャリアの拡散が誘発され、少数キャリア濃度がカット端に近づくにつれて小さくなることが分かった。

(3) アモルファスシリコン薄膜をシリコン表面に形成することで  $\tau_{eff}$  が大きく増大する現象を調べた。シリコンペア表面を僅かに自然酸化した後アモルファスシリコン薄膜を形成することで  $\tau_{eff}$  の向上が観測された。また、アモルファスシリコン薄膜に光照射した

ときにライフタイムが向上することが分かった。光照射によって発生したホールがアモルファスシリコン薄膜内にトラップされて電界効果パッシベーションを誘発したと考えられる。

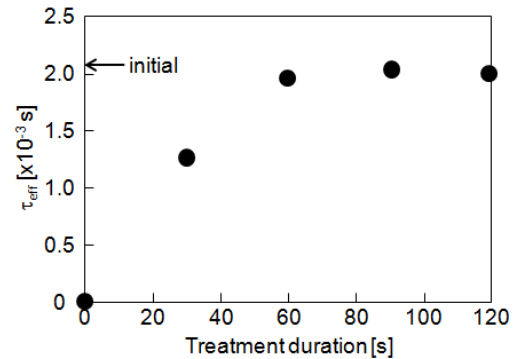


図 4 基板厚  $500\mu\text{m}$  熱酸化膜付き基板に Ar プラズマ照射により  $\tau_{eff}$  が低下した試料を、700W 電子レンジで加熱したときの  $\tau_{eff}$  の変化

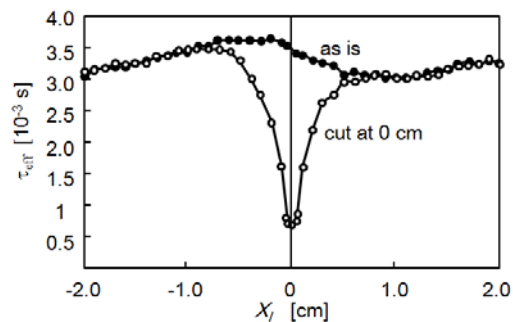


図 5  $500\mu\text{m}$  熱酸化膜付き 4 インチ n 型基板中央を機械的にカットしたときの  $\tau_{eff}$  の空間的变化

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① T. Sameshima, Investigation of Silicon Surface Passivation by Microwave Annealing, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 52, 2013, 11801  
DOI: 10.7567/JJAP.52.011801
- ② T. Sameshima, Minority Carrier Annihilation in Lateral Direction Caused by Recombination Defects, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 52, 2013, 41303  
DOI: 10.7567/JJAP.52.041303
- ③ T. Sameshima, Infrared semiconductor laser irradiation used for crystallization of silicon thin films,



- Journal of Non-Crystalline Solids, 査読有, Vol. 358, 2012, 2162-2165  
DOI: 0.1016/j.jnoncrysol.2011.12.030
- ④ J. Takenezawa, Heat Treatment of Amorphous Silicon p-i-n Solar Cells with High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor, Journal of Non-Crystalline Solids, 査読有, Vol. 358, 2012, 2285-2288  
DOI: 0.1016/j.jnoncrysol.2012.01.057
- ⑤ T. Sameshima, K. Betsuin, T. Mizuno and N. Sano, Minority Carrier Lifetime Behavior in Crystalline Silicon in Rapid Laser Heating, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 51, 2012, 03CA04  
DOI: 10.1143/JJAP.51.03CA04
- ⑥ T. Sameshima, T. Nagao, M. Hasumi, A. Shuku, E. Takahashi, Surface Passivation of Crystalline Silicon by Combination of Amorphous Silicon Deposition with High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor Heat Treatment, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 51, 2012, 03CA06  
DOI: 10.1143/JJAP.51.03CA06
- ⑦ T. Sameshima, Y. Kanda, M. Hasumi, J. Tatemichi, Y. Inouchi, M. Naito, Laser Induced Formation of Buried Void Layer in Silicon, J. Laser Micro/Nanoengineering, 査読有, Vol. 7, 2012, 93-96  
DOI: 10.2961/jlmm.2012.01.0018
- ⑧ T. Sameshima, T. Nagao, S. Yoshidomi, K. Kogure, and M. Hasumi, Minority Carrier Lifetime Measurements by Photo-Induced Carrier Microwave Absorption Method, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 50, 2011, 03CA02  
DOI: 10.1143/JJAP.50.03CA02
- ⑨ M. Hasumi, J. Takenezawa, T. Nagao, and T. Sameshima, Characterization of Plasma-Irradiated SiO<sub>2</sub>/Si Interface Properties by Photoinduced-Carrier Microwave Absorption Method, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 50, 2011, 03CA03  
DOI: 10.1143/JJAP.50.03CA03
- ⑩ T. SAMESHIMA, K. KOGURE, M. HASUMI, Crystalline Silicon Solar Cells with Two Different Metals, Jpn. J. Appl. Phys, 査読有, Vol. 49, 2010, 110205  
DOI: 10.1143/JJAP.49.110205
- [学会発表] (計 20 件)
- ① T. Sameshima, Passivation of Silicon Surface by Laser Rapid Heating, (発表確定) 2013 年 7 月 23~26 日, Laser Precision Microfabrication, 朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター (新潟)
- ② J. Furukawa, Minority Carrier Annihilation Property for Crystalline Silicon Surfaces, 2012 年 7 月 4~6 日, Active Matrix Flat Panel Displays, 龍谷大学アバンティ響都ホール (京都市)
- ③ T. Sameshima, Minority Carrier Lifetime Measurements by Multiple Wavelength Light Induced Carrier Microwave Absorption Method, 2012 年 7 月 4~6 日, Active Matrix Flat Panel Displays, 龍谷大学アバンティ響都ホール (京都市)
- ④ T. Sameshima, Increase in Minority Carrier Lifetime Measured by Microwave Irradiation Method, 2012 年 7 月 4~6 日, Active Matrix Flat Panel Displays, 龍谷大学アバンティ響都ホール (京都市)
- ⑤ Y. Nagatomi, Formation of Aluminum Oxide Films on Silicon Surface by Aluminum Evaporation in Oxygen Gas Atmosphere, Materials Research Society, 2012 年 4 月 9~13 日, San Francisco, モスコウエストコンベンションセンター (USA)
- ⑥ T. Sameshima, Decrease in Minority Carrier Lifetime of Crystalline Silicon Caused by Rapid Heating, Materials Research Society, 2012 年 4 月 9~13 日, San Francisco, モスコウエストコンベンションセンター (USA)
- ⑦ H. Abe, Passivation of Silicon Surfaces by Formation of Thin Silicon Oxide Films Formed by Combination of Induction-Coupled Remote Oxygen Plasma with High Pressure H<sub>2</sub>O Vapor Heat Treatment, 2012 年 4 月 9~13 日, San Francisco, モスコウエストコンベンションセンター (USA)
- ⑧ J. Takenezawa, M. Hasumi, and T. Sameshima, High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor Heat Treatment Used to Improve Polycrystalline Solar Cell Characteristics, The Eighteenth International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices, 2011 年 7 月 11~13 日, 龍谷大学アバンティ響都ホール (京都市)
- ⑨ K. Betsuin, Y. Kanda, W. Kato, S. Yoshidomi, M. Hasumi, T. Sameshima, N. Sano, and T. Mizuno, Change in Minority Carrier Lifetime Caused by Rapid Laser Heating, The Eighteenth International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices, 2011 年 7 月 11~13 日, 龍谷大学アバンティ響都ホール (京都市)
- ⑩ T. Nagao, M. Hasumi, T. Sameshima, and

- Y. Andoh, Surface Passivation of Crystalline Silicon by Amorphous Silicon Deposition Followed by High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor Heat Treatment, The Eighteenth International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices, 2011年7月11~13日, 龍谷大学アバンティ響都ホール(京都市)
- ⑪ T. Nagao, T. Sameshima, Y. Andoh, A. Shuku and E. Takahashi, Surface Passivation of Crystalline Silicon by Micro Crystalline Silicon Deposition Followed by High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor Heat Treatment, 8<sup>th</sup> Thin Film Materials & Devices Meeting, 2011年11月4~5日, 龍谷大学アバンティ響都ホール(京都市)
- ⑫ Y. Kanda, T. Sameshima, M. Hasumi, J. Tatemichi, Y. Inouchi, and M. Naito, Laser Induced Formation of Buried Void Layer in Silicon, The 12<sup>th</sup> International Symposium on Laser Precision Microfabrication, 2011年6月7~10日, かがわ国際会議場・サンポート高松(高松市)
- ⑬ T. Sameshima, K. Kogure, and M. Hasumi, Crystalline Silicon Solar Cells With Two Different Metals, Proc in 7<sup>th</sup> Thin Film Materials & Devices Meeting, 2010年11月5日~6日, 百年会館(奈良)
- ⑭ S. Yoshidomi, M. Hasumi and T. Sameshima, Oxygen Plasma Followed by High-Pressure H<sub>2</sub>O Vapor Heat Treatment Used for Passivation of Silicon Surfaces, Proc in 7<sup>th</sup> Thin Film Materials & Devices Meeting, 2010年11月5日~6日, 百年会館(奈良)
- ⑮ T. Nagao, S. Yoshidomi, M. Hasumi, T. Sameshima and T. Mizuno, Minority Carrier Lifetime Measurement by Photo-Induced Carrier Microwave Absorption Method, Proc in 7<sup>th</sup> Thin Film Materials & Devices Meeting, 2010年11月5日~6日, 百年会館(奈良)
- ⑯ T. Sameshima, Polycrystalline Silicon Thin Film Transistors, 218<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting, 2010年10月10日~15日, Riviera Hotel, Las Vegas (USA)
- ⑰ J. Takenezawa, M. Hasumi, T. Sameshima, T. Koida, T. Kaneko, M. Karasawa and M. Kondo, Stacked Solar Cells using Transparent and Conductive Adhesive, International Conference on Solid State Devices and Materials, 2010年9月22~24日, 東京大学本郷キャンパス(東京)

- ⑱ T. Sameshima, K. Kogure and M. Hasumi, Crystalline Silicon Solar Cells Used with Al and Au Metals, International Conference on Solid State Devices and Materials, 2010年9月22~24日, 東京大学本郷キャンパス(東京)
- ⑲ M. Hasumi, J. Takenezawa, T. Nagao and T. Sameshima, Characterization of Plasma Irradiated Properties by Photo Induced Carrier Microwave Absorption Method, 2010 The Seventeenth International Workshop on Active Matrix Flat Panel Displays, 2010年7月5日~7日, 東京工業大学デジタル多目的ホール(東京)
- ⑳ M. Hasumi, J. Takenezawa, T. Nagao, Y. Kanda and T. Sameshima, HIGH PRESSURE H<sub>2</sub>O VAPOR HEAT TREATMENT FOR IMPROVEMENT IN PASSIVATION LAYERS OF CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS, RENEWABLE ENERGY 2010, 2010年6月27日~7月2日, パシフィコ横浜(神奈川)

[産業財産権]

○出願状況(計2件)

名称: 光誘起キャリアライフタイム測定装置及び光誘起キャリアライフタイム測定方法  
発明者: 鮫島俊之  
権利者: 国立大学法人東京農工大学  
種類: 特許  
番号: 特願2011-276215  
出願年月日: 23年12月16日  
国内外の別: 国内

名称: 半導体基板の処理方法  
発明者: 鮫島俊之  
権利者: 国立大学法人東京農工大学  
種類: 特許  
番号: 特願2012-034288  
出願年月日: 24年2月20日  
国内外の別: 国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鮫島 俊之 (SAMESHIMA TOSHIYUKI)  
東京農工大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号: 30271597

### (2) 研究分担者

水野 智久 (MIZUNO TOMOHISA)  
神奈川大学・理学部・教授  
研究者番号: 60386810

### (3) 連携研究者

蓮見 真彦 (HASUMI MASAHIKO)  
東京農工大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号: 60261153