

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5636760号
(P5636760)

(45) 発行日 平成26年12月10日(2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日(2014.10.31)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 31/18 (2006.01) H O 1 L 31/04 4 6 0

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2010-140655 (P2010-140655)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成22年6月21日(2010.6.21)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2012-4489 (P2012-4489A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成24年1月5日(2012.1.5)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成25年4月1日(2013.4.1)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行
		(74) 代理人	100111246
			弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコンウエハ、半導体装置、シリコンウエハの製造方法および半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チョクラルスキー法によって形成したn型単結晶シリコンインゴットをワイヤソーで切断して得られた結晶シリコンの表面を前記結晶シリコンの片側の表面につき5 μm以上25 μm以下だけエッチングすることにより得られたシリコンウエハであって、

表面に10 μm以上150 μm以下の幅のファセットを有し、

前記シリコンウエハの表面に形成されたファセットの90%以上が、幅10 μm以上150 μm以下であって、深さが0.1 μm以上10 μm以下である、シリコンウエハ。

【請求項2】

前記ワイヤソーは、ピアノ線の外周面にダイヤモンド砥粒を固着したものである、請求項1に記載のシリコンウエハ。

【請求項3】

請求項1または2に記載のシリコンウエハと、
前記シリコンウエハの前記ファセットを有する前記表面に設けられた電極と、を備えた、半導体装置。

【請求項4】

チョクラルスキー法によって形成したn型単結晶シリコンインゴットをワイヤソーで切断して結晶シリコンを形成する工程と、

前記結晶シリコンの表面を水酸化ナトリウム濃度が20質量%以上35質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液でエッチングする工程と、を含み、

10

20

前記エッチングする工程における前記結晶シリコンのエッチング量は、前記結晶シリコンの片側の表面につき $5 \mu\text{m}$ 以上 $25 \mu\text{m}$ 以下であるシリコンウエハの製造方法であって

前記シリコンウエハの表面に形成されたファセットの 90% 以上が、幅 $10 \mu\text{m}$ 以上 $150 \mu\text{m}$ 以下であって、深さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下である、シリコンウエハの製造方法。

【請求項 5】

前記ワイヤソーは、ピアノ線の外周面にダイヤモンド砥粒を固着したものである、請求項 4 に記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項 6】

チョクラルスキー法によって形成した n 型単結晶シリコンインゴットをワイヤソーで切断して結晶シリコンを形成する工程と、

前記結晶シリコンの表面を水酸化ナトリウム濃度が 20% 以上 35% 以下の水酸化ナトリウム水溶液でエッチングすることによって、表面に $10 \mu\text{m}$ 以上 $150 \mu\text{m}$ 以下の幅のファセットを有するシリコンウエハを形成する工程と、

前記ファセットを有する前記シリコンウエハの前記表面に電極を形成する工程と、を含み、

前記シリコンウエハを形成する工程における前記結晶シリコンのエッチング量は、前記結晶シリコンの片側の表面につき $5 \mu\text{m}$ 以上 $25 \mu\text{m}$ 以下であって、

前記シリコンウエハの表面に形成されたファセットの 90% 以上が、幅 $10 \mu\text{m}$ 以上 $150 \mu\text{m}$ 以下であって、深さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下である、半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記ワイヤソーは、ピアノ線の外周面にダイヤモンド砥粒を固着したものである、請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコンウエハ、半導体装置、シリコンウエハの製造方法および半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、エネルギー資源の枯渇の問題や大気中の CO_2 の増加のような地球環境問題などからクリーンなエネルギーの開発が望まれており、半導体装置の中でも特に太陽電池セルを用いた太陽光発電が新しいエネルギー源として開発、実用化され、発展の道を歩んでいる。

【0003】

太陽電池セルは、従来から、たとえば単結晶または多結晶のシリコンウエハの受光面にシリコンウエハの導電型と反対の導電型となる不純物を拡散することによって p n 接合を形成し、シリコンウエハの受光面と受光面の反対側の裏面にそれぞれ電極を形成して製造された両面電極型太陽電池セルが主流となっている。また、両面電極型太陽電池セルにおいては、シリコンウエハの裏面にシリコンウエハと同じ導電型の不純物を高濃度で拡散することによって、裏面電界効果による高出力化を図ることも一般的となっている。

【0004】

また、半導体基板の受光面に電極を形成せず、裏面のみに電極を形成した裏面電極型太陽電池セルについても研究開発が進められている（たとえば、特許文献 1 参照）。

【0005】

以下、図 26 (a) ~ 図 26 (f) の模式的断面図を参照して、従来の裏面電極型太陽電池セルの製造方法の一例について説明する。

【0006】

まず、図 26 (a) に示すように、マスキングペースト 102 を n 型または p 型の導電

10

20

30

40

50

型を有する半導体基板 101 の受光面側の全面にスクリーン印刷して乾燥させた後に、半導体基板 101 の裏面側には部分的に開口部 114 を設けてマスクングペースト 102 をスクリーン印刷する。

【0007】

次に、図 26 (b) に示すように、半導体基板 101 の裏面の開口部 114 から n 型ドーパント 104 を拡散させることにより、n 型ドーパント拡散領域 103 が形成される。

【0008】

その後、半導体基板 101 の受光面側および裏面側のマスクングペースト 102 をすべて除去し、再度、図 26 (c) に示すように、マスクングペースト 102 を半導体基板 101 の受光面側の全面にスクリーン印刷して乾燥させた後に、半導体基板 101 の裏面側に部分的に開口部 115 を設けてマスクングペースト 102 をスクリーン印刷する。

10

【0009】

次に、図 26 (d) に示すように、半導体基板 101 の裏面の開口部 115 から p 型ドーパント 106 を拡散させることにより、p 型ドーパント拡散領域 105 が形成される。

【0010】

次に、図 26 (e) に示すように、半導体基板 101 の受光面側の表面をテクスチャエッチングすることによってテクスチャ構造 108 を形成した後に、テクスチャ構造 108 上に反射防止膜 109 を形成するとともに、半導体基板 101 の裏面側にパッシベーション膜 107 を形成する。

【0011】

20

その後、図 26 (f) に示すように、半導体基板 101 の裏面のパッシベーション膜 107 に n 型ドーパント拡散領域 103 および p 型ドーパント拡散領域 105 のそれぞれの表面を露出させる開口部を設けた後に、当該開口部を通して、n 型ドーパント拡散領域 103 に接触する n 型用電極 112 を形成するとともに、p 型ドーパント拡散領域 105 に接触する p 型用電極 113 を形成する。以上により、従来の裏面電極型太陽電池セルが作製される。

【0012】

また、非特許文献 1 には、アルカリ濃度が 51.9%、48.0%、35.0%、10.0% の NaOH 水溶液を円筒容器に入れて 65 に設定した後に 2 インチのシリコンウエハを浸漬させて 20 分及び 30 分のエッチングを行なうことが記載されている。

30

【0013】

また、非特許文献 1 には、48.0% NaOH で 20 分間、51.9% NaOH で 30 分間、共に 65 でシリコンウエハをエッチングし、表面粗度を測定した結果、表面粗度は、48.0% エッチング品で 0.354 μm、51.9% エッチング品で 0.216 μm であって、51.9% エッチング品の方が良好なエッチング状態であり、より高濃度のアルカリの方がエッチング状態が良いことも記載されている。

【0014】

なお、結晶シリコンを用いる電子デバイスの分野（特に LSI）では機械的研磨にてシリコンウエハの表面の平滑性を向上させる手法が一般的であるが、太陽電池の技術分野では、高スループットおよび低コスト化のため、非特許文献 1 に記載されているようなケミカルエッチングを用いることが主流となっている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献 1】特開 2007 - 49079 号公報

【非特許文献】

【0016】

【非特許文献 1】西村 康雄、「高濃度水酸化ナトリウム水溶液に関する考察」、東亜合成グループ研究年報、T R E N D 2006、第 9 号、第 8 ~ 第 12 頁

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

シリコンウエハを用いて良好な特性の裏面電極型太陽電池セルを安定して作製するためには、電極との接触抵抗をなるべく低減することができ、シリコンウエハの表面と電極との界面でのキャリアの再結合を防止できるようなシリコンウエハの表面の平滑化を行なうことが有効である。さらに、マスキングペーストの印刷精度を向上させることも有効である。

【0018】

背景技術でも述べたようなケミカルエッチングによるシリコンウエハの表面の平滑化は、エッチング量を増やすことでシリコンウエハの表面の平滑性を向上させることが容易であることはよく知られている。

10

【0019】

その一方で、高スループットおよび低コスト化のため、裏面電極型太陽電池セルのシリコンウエハの薄型化が求められており、スライス直後の結晶シリコンの厚みは年々薄くなりつつある。このような状況下において、エッチング量を増やすことはシリコンウエハの機械的強度および変換効率の低下を招くという問題がある。

【0020】

このような問題は、裏面電極型太陽電池セルだけの問題ではなく、両面電極型太陽電池セルなどの太陽電池セルを含む半導体装置全体の問題でもある。

【0021】

20

上記の事情に鑑みて、本発明の目的は、エッチング量を抑えつつシリコンウエハの表面の平滑性を向上させることにより、良好な特性を有する半導体装置を安定して製造することができるシリコンウエハ、半導体装置、シリコンウエハの製造方法および半導体装置の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0022】

本発明は、チョクラルスキー法によって形成したn型単結晶シリコンインゴットをワイヤソーで切断して得られた結晶シリコンの表面を結晶シリコンの片側の表面につき5 μ m以上25 μ m以下だけエッチングすることにより得られたシリコンウエハであって、表面に10 μ m以上150 μ m以下の幅のファセットを有し、シリコンウエハの表面に形成されたファセットの90%以上が、幅10 μ m以上150 μ m以下であって、深さが0.1 μ m以上10 μ m以下であるシリコンウエハである。

30

【0023】

ここで、本発明のシリコンウエハにおいて、ワイヤソーは、ピアノ線の外周面にダイヤモンド砥粒を固着したものであることが好ましい。

【0024】

また、本発明は、上記のシリコンウエハと、シリコンウエハのファセットを有する表面に設けられた電極と、を備えた、半導体装置である。

【0025】

40

また、本発明は、チョクラルスキー法によって形成したn型単結晶シリコンインゴットをワイヤソーで切断して結晶シリコンを形成する工程と、結晶シリコンの表面を水酸化ナトリウム濃度が20質量%以上35質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液でエッチングする工程と、を含み、エッチングする工程における結晶シリコンのエッチング量は、結晶シリコンの片側の表面につき5 μ m以上25 μ m以下であるシリコンウエハの製造方法であって、シリコンウエハの表面に形成されたファセットの90%以上が、幅10 μ m以上150 μ m以下であって、深さが0.1 μ m以上10 μ m以下であるシリコンウエハの製造方法である。

【0026】

ここで、本発明のシリコンウエハの製造方法において、ワイヤソーは、ピアノ線の外周面にダイヤモンド砥粒を固着したものであることが好ましい。

50

【0027】

さらに、本発明は、チョクラルスキー法によって形成したn型単結晶シリコンインゴットをワイヤソーで切断して結晶シリコンを形成する工程と、結晶シリコンの表面を水酸化ナトリウム濃度が20質量%以上35質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液でエッチングすることによって、表面に10 μ m以上150 μ m以下の幅のファセットを有するシリコンウエハを形成する工程と、ファセットを有するシリコンウエハの表面に電極を形成する工程と、を含み、シリコンウエハを形成する工程における結晶シリコンのエッチング量は、結晶シリコンの片側の表面につき5 μ m以上25 μ m以下であって、シリコンウエハの表面に形成されたファセットの90%以上が、幅10 μ m以上150 μ m以下であって、深さが0.1 μ m以上10 μ m以下である半導体装置の製造方法である。

10

【0028】

ここで、本発明の半導体装置の製造方法において、ワイヤソーは、ピアノ線の外周面にダイヤモンド砥粒を固着したものであることが好ましい。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、エッチング量を抑えつつシリコンウエハの表面の平滑性を向上させることにより、良好な特性を有する半導体装置を安定して製造することができるシリコンウエハ、半導体装置、シリコンウエハの製造方法および半導体装置の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0030】

【図1】シリコン結晶インゴットを切断して結晶シリコンを形成する工程の一例を図解する模式的な斜視図である。

【図2】結晶シリコンが形成される工程の一例を図解する模式的な斜視図である。

【図3】図1に示すワイヤソーの一例の模式的な断面図である。

【図4】ワイヤソーでシリコン結晶インゴットが切断されることによって得られた結晶シリコンの一例の模式的な断面図である。

【図5】図4に示す結晶シリコンの表面の一部の一例の模式的な拡大断面図である。

【図6】結晶シリコンの表面がエッチングされることにより形成されたシリコンウエハの一例の模式的な断面図である。

30

【図7】図6に示すシリコンウエハの表面の一部の一例の模式的な拡大断面図である。

【図8】シリコンウエハの表面のファセットの一例の模式的な拡大断面図である。

【図9】シリコンウエハの表面のファセットの他の一例の模式的な拡大断面図である。

【図10】シリコンウエハの表面のファセットのさらに他の一例の模式的な拡大断面図である。

【図11】(a)はシリコンウエハの表面にマスクングペーストを設置する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図12】(a)はシリコンウエハの裏面にn型ドーパント拡散領域を形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

40

【図13】(a)はシリコンウエハの表面にマスクングペーストを設置する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図14】(a)はシリコンウエハの裏面にp型ドーパント拡散領域を形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図15】(a)はシリコンウエハの裏面のn型ドーパント拡散領域およびp型ドーパント拡散領域を露出させる工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

50

【図16】(a)はシリコンウエハの裏面にパッシベーション膜を形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図17】(a)はシリコンウエハの受光面にテクスチャ構造を形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図18】(a)はシリコンウエハのテクスチャ構造上に反射防止膜を形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図19】(a)はシリコンウエハの裏面のパッシベーション膜にコンタクトホールを形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

10

【図20】(a)はn型用電極およびp型用電極を形成する工程の一例を図解する模式的な断面図であり、(b)は(a)をシリコンウエハの裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【図21】実施例で用いられたワイヤソーの拡大写真である。

【図22】図21に示すワイヤソーによる切断後のn型単結晶シリコンの表面の一例の顕微鏡写真である。

【図23】(a)は実施例のシリコンウエハの表面の一部の顕微鏡写真であり、(b)は(a)の実施例のシリコンウエハの表面のレーザ顕微鏡による凹凸の測定結果である。

20

【図24】(a)は比較例1のシリコンウエハの表面の一部の顕微鏡写真であり、(b)は(a)の比較例1のシリコンウエハの表面のレーザ顕微鏡による凹凸の測定結果である。

【図25】(a)は比較例2のシリコンウエハの表面の一部の顕微鏡写真であり、(b)は(a)の比較例2のシリコンウエハの表面のレーザ顕微鏡による凹凸の測定結果である。

【図26】(a)~(f)は、従来の裏面電極型太陽電池セルの製造方法の一例について図解する模式的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

30

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本発明の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。

【0032】

<シリコンウエハの製造方法>

シリコン結晶インゴットを切断して結晶シリコンを形成する工程の一例として、図1の模式的斜視図に示すように、シリコン結晶インゴット50をワイヤソー53で切断する工程を行なう。

【0033】

図1に示すように、ワイヤソー53は、所定の間隔をあけて配置されたガイドローラ51, 52の間に巻き掛けられている。その結果、ワイヤソー53は、それぞれのガイドローラ51, 52において、ガイドローラ51, 52の長手方向に沿って、所定の間隔をあけて複数箇所出張られた状態となる。この状態で、ガイドローラ51, 52が正転・逆転を繰り返すことによって、ワイヤソー53が矢印55の方向に往復走行を行なうことになる。

40

【0034】

ワイヤソー53が矢印55の方向に往復走行をしている状態で、シリコン結晶インゴット50を矢印54の方向に移動させる。そして、シリコン結晶インゴット50を往復走行をしているワイヤソー53に押し付けることによって、たとえば図2の模式的斜視図に示すように、シリコン結晶インゴット50が複数箇所切断されて、複数枚の板状の結晶シリコン11が形成される。

50

【 0 0 3 5 】

図 3 に、図 1 に示すワイヤソー 5 3 の一例の模式的な断面図を示す。ここで、ワイヤソー 5 3 は、芯線 5 3 a と、芯線 5 3 a の外周面にボンド材（図示せず）で固着された砥粒 5 3 b と、を含んでいる。芯線 5 3 a としては、たとえばピアノ線などを用いることができる。砥粒 5 3 b としてはたとえばダイヤモンド砥粒などを用いることができ、ボンド材としてはたとえば芯線 5 3 a の外表面にめっきされたニッケルなどを用いることができる。

【 0 0 3 6 】

シリコン結晶インゴット 5 0 としては、たとえば、チョクラルスキー法または鑄造法によって作製された単結晶シリコンインゴットまたは多結晶シリコンインゴットなどが用いられる。なお、シリコン結晶インゴット 5 0 は、n 型または p 型のドーパントがドーパされることによって、n 型または p 型の導電型を有していてもよい。

10

【 0 0 3 7 】

図 4 に、ワイヤソー 5 3 でシリコン結晶インゴット 5 0 が切断されることによって得られた結晶シリコン 1 1 の一例の模式的な断面図を示す。ここで、結晶シリコン 1 1 の表面には、上記のワイヤソー 5 3 を用いたシリコン結晶インゴット 5 0 の切断によってスライダダメージ 1 a が生じている。

【 0 0 3 8 】

図 5 に、図 4 に示す結晶シリコン 1 1 の表面の一部の一例の模式的な拡大断面図を示す。図 5 に示すように、結晶シリコン 1 1 の表面には大きなうねり（以下「ソーマーク」という）6 1 が形成されている。

20

【 0 0 3 9 】

ソーマーク 6 1 は、ワイヤソー 5 3 を用いたシリコン結晶インゴット 5 0 の切断に起因して形成される。すなわち、図 1 に示すように、結晶シリコン 1 1 は、往復走行するワイヤソー 5 3 にシリコン結晶インゴット 5 0 を押し付けて切断することにより得られるが、ワイヤソー 5 3 の走行方向 5 5 が切り替わるたびにワイヤソー 5 3 が一時停止して線速が落ちる。これにより、ワイヤソー 5 3 に対するシリコン結晶インゴット 5 0 の移動方向（矢印 5 4 の方向）に沿ってワイヤソー 5 3 によるシリコン結晶インゴット 5 0 への切り込み深さが異なるため、それが大きなうねりであるソーマーク 6 1 として結晶シリコン 1 1 の表面に現れる。

30

【 0 0 4 0 】

次に、結晶シリコン 1 1 の表面をエッチングする工程を行なう。これにより、図 4 に示す結晶シリコン 1 1 の表面のスライダダメージ 1 a を除去することができるとともに、結晶シリコン 1 1 の表面にクレター状の窪み（ファセット）を形成することができる。

【 0 0 4 1 】

結晶シリコン 1 1 の表面をエッチングする工程は、結晶シリコン 1 1 の表面を水酸化ナトリウム濃度が 2 0 質量%以上 3 5 質量%以下、好ましくは 2 4 質量%以上 3 2 質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面につき 5 μ m 以上 2 5 μ m 以下の厚さのエッチング量だけエッチングすることにより行なわれる。これは、本発明者が鋭意検討した結果、水酸化ナトリウム濃度が 2 0 質量%以上 3 5 質量%以下、好ましくは 2 4 質量%以上 3 2 質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の表面をエッチングした場合には、結晶シリコン 1 1 の片側の表面につき 5 μ m 以上 2 5 μ m 以下の厚さだけエッチングすると、水酸化ナトリウム濃度が 3 5 質量%よりも高い水酸化ナトリウム水溶液で同じ厚さだけエッチングした場合よりもはるかにシリコンウエハ表面の平滑性を向上させることができることを見出したことによるものである。たとえば、水酸化ナトリウム濃度が 3 0 質量%の水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面につき 1 3 μ m の厚さのエッチングを行なった場合には、水酸化ナトリウム濃度が 4 8 質量%の水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面につき 3 0 μ m 程度の厚さのエッチング量である従来のエッチングと同等以上のシリコンウエハの表面の平滑性を達成することができる。これにより、平滑性が向上したシリコンウエハの表面と電極との

40

50

接触面積を増加させることによりシリコンウエハの表面と電極との接触抵抗およびシリコンウエハの表面と電極との界面でのキャリアの再結合を低減することができるとともに、平滑性が向上したシリコンウエハの表面に印刷したマスキングペーストの印刷精度を向上させることによって、シャント抵抗を向上させ、逆方向飽和電流を低減することができる。さらに、エッチング量を抑えることによりシリコンウエハの機械的強度およびそのシリコンウエハを用いて製造された太陽電池セルの変換効率の低下を抑えることができる。そのため、本実施の形態のエッチングによれば、良好な特性を有する半導体装置を安定して製造することができるシリコンウエハを製造することが可能となる。

【 0 0 4 2 】

ここで、結晶シリコン 1 1 の片側の表面のエッチング量（エッチング深さ）は、 $5 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $5 \mu\text{m}$ 以上 $15 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。結晶シリコン 1 1 の片側の表面のエッチング量が $5 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 以下である場合、特に $5 \mu\text{m}$ 以上 $15 \mu\text{m}$ 以下である場合には、結晶シリコン 1 1 の片側の表面のエッチング量をさらに抑えながらシリコンウエハの表面の平滑性を向上させることができる傾向が大きくなる。

10

【 0 0 4 3 】

なお、結晶シリコン 1 1 の表面のエッチング量は、当該エッチングによる結晶シリコン 1 1 の片側の表面の結晶シリコン 1 1 の厚さ方向における厚みの減少量（ μm ）を意味する。

【 0 0 4 4 】

<シリコンウエハ>

図 6 に上記のように結晶シリコン 1 1 の表面がエッチングされることにより形成されたシリコンウエハの一例の模式的な断面図を示し、図 7 に図 6 に示すシリコンウエハ 1 の表面の一部の一例の模式的な拡大断面図を示す。

20

【 0 0 4 5 】

図 6 に示すように、シリコンウエハ 1 の表面にはスライスダメージは最早存在していないが、図 7 に示すように上記濃度の水酸化ナトリウム水溶液のエッチングに起因して形成されたファセット 6 2 が形成されている。なお、シリコンウエハ 1 の表面には、ワイヤソー 5 3 の砥粒 5 3 b によって形成された砥粒痕なども形成され得るが、図 7 においては、説明の便宜上、その記載を省略している。

30

【 0 0 4 6 】

図 8 に、図 7 に示すファセット 6 2 の一例の模式的な拡大断面図を示す。水酸化ナトリウム濃度が 2 0 質量% 以上 3 5 質量% 以下、好ましくは 2 4 質量% 以上 3 2 質量% 以下の水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面につき $5 \mu\text{m}$ 以上 $25 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以上 $15 \mu\text{m}$ 以下の厚さだけエッチングされてシリコンウエハ 1 の表面に形成されたファセット 6 2 の幅は $10 \mu\text{m}$ 以上 $150 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $20 \mu\text{m}$ 以上 $150 \mu\text{m}$ 以下であって、ファセット 6 2 の深さは $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる。たとえば、水酸化ナトリウム濃度が 3 0 質量% である水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面を $13 \mu\text{m}$ だけエッチングすることによって得られるシリコンウエハの表面のファセット 6 2 の幅はたとえば

40

【 0 0 4 7 】

一方、図 9 の模式的な拡大断面図に示すように、水酸化ナトリウム濃度が 3 5 質量% よりも大きい水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面につき $5 \mu\text{m}$ 以上 $25 \mu\text{m}$ 以下だけエッチングされたシリコンウエハ 1 の表面に形成されたファセット 6 3 の幅は、水酸化ナトリウム濃度が 2 0 質量% 以上 3 5 質量% 以下の水酸化ナトリウム水溶液で同じエッチング量だけエッチングした場合よりも非常に狭小となり、ファセット 6 3 の深さは $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下となる。たとえば、水酸化ナトリウム濃度が 4 8 質量% である水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン 1 1 の片側の表面を $13 \mu\text{m}$ だけエッチングすることによって得られるシリコンウエハの表面のファセット 6 3 の幅はたとえば図 9

50

に示すように $3\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下となる。

【0048】

さらに、図10の模式的拡大断面図に示すように、水酸化ナトリウム濃度が20質量%未満の水酸化ナトリウム水溶液で結晶シリコン11の片側の表面につき $5\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下だけエッチングされたシリコンウエハ1の表面に形成されたファセット64の内部にはピラミッド状の突起物65が形成される。

【0049】

このように、水酸化ナトリウム濃度が20質量%以上35質量%以下、好ましくは24質量%以上32質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液で $5\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下の厚さだけエッチングして形成された $10\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $20\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 以下の幅と $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下の深さとを有するファセット62を有するシリコンウエハ1の表面はその他の場合と比べてなだらかな表面となる。このようななだらかな表面に電極を形成した場合には、図9に示すようなファセット63の幅が狭くなだらかな表面、および図10に示すようなファセット64の内部に突起物65が形成されてなだらかな表面に電極を形成した場合と比べて、シリコンウエハと電極との接触抵抗およびシリコンウエハの表面と電極との界面でのキャリアの再結合を低減できるのは明らかである。また、このようななだらかな表面にマスクングペーストを印刷した場合には、図9に示すようなファセット63の幅が狭くなだらかな表面および図10に示すようなファセット64の内部に突起物65が形成されてなだらかな表面にマスクングペーストを印刷した場合と比べてマスクングペーストの印刷精度が向上することは明らかである。そのため、水酸化ナトリウム濃度が20質量%以上35質量%以下、好ましくは24質量%以上32質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液で $5\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下の厚さだけエッチングして形成されたシリコンウエハ1を用いた場合には、良好な特性を有する半導体装置を安定して製造することができる。

【0050】

シリコンウエハ1の表面に形成されたファセット62の90%以上が、幅 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $20\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 以下であって、深さ $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下のファセット62であることが好ましい。この場合には、シリコンウエハ1の表面がさらになだらかになって良好な特性を有する半導体装置を安定して製造することができる傾向が大きくなる。

【0051】

<半導体装置の製造方法>

以下、図11～図20を参照して、本発明の半導体装置の製造方法の一例である実施の形態の裏面電極型太陽電池セルの製造方法について説明する。

【0052】

まず、図11(a)の模式的断面図および図11(b)の模式的平面図に示すように、上記のエッチングにより幅広のファセット62を有するように作製されたn型またはp型のシリコンウエハ1の受光面側の表面(受光面)の全面にマスクングペースト2を設置するとともにシリコンウエハ1の裏面側の表面(裏面)に開口部14を設けるようにしてマスクングペースト2を帯状に設置する。なお、図11(b)は、図11(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。また、上記のエッチングは、水酸化ナトリウム濃度が20質量%以上35質量%以下、好ましくは24質量%以上32質量%以下の水酸化ナトリウム水溶液を用いて片側の表面につき $5\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下の厚さだけエッチングすることにより行なわれており、当該エッチングはシリコンウエハ1の受光面および裏面のそれぞれに対して行なわれている。

【0053】

マスクングペースト2としては、たとえば、溶剤、増粘剤、ならびに酸化シリコン前駆

10

20

30

40

50

体および/または酸化チタン前駆体を含むものなどを用いることができる。また、マスキングペースト2としては、増粘剤を含まないものも用いることができる。

【0054】

溶剤としては、たとえば、エチレングリコール、メチルセロソルブ、メチルセロソルブアセテート、エチルセロソルブ、ジエチルセロソルブ、セロソルブアセテート、エチレングリコールモノフェニルエーテル、メトキシエタノール、エチレングリコールモノアセテート、エチレングリコールジアセテート、ジエチレングリコール、ジエチレングリコールモノメチルエーテル、ジエチレングリコールモノエチルエーテルアセテート、ジエチレングリコールモノブチルエーテル、ジエチレングリコールモノブチルエーテルアセテート、ジエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールメチルエチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールアセテート、トリエチルグリコール、トリエチレングリコールモノメチルエーテル、トリエチレングリコールモノエチルエーテル、テトラエチレングリコール、液体ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、プロピレングリコールモノメチルエーテル、プロピレングリコールモノエチルエーテル、プロピレングリコールモノブチルエーテル、1-ブトキシエトキシプロパノール、ジプロピルグリコール、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル、ジプロピレングリコールモノエチルエーテル、トリプロピレングリコールモノメチルエーテル、ポリプロピレングリコール、トリメチレングリコール、ブタンジオール、1,5-ペンタンジオール、ヘキシレングリコール、グリセリン、グリセリルアセテート、グリセリンジアセテート、グリセリルトリアセテート、トリメチロールプロピン、1,2,6-ヘキサントリオール、1,2-プロパンジオール、1,5-ペンタンジオール、オクタジオール、1,2-ブタンジオール、1,4-ブタンジオール、1,3-ブタンジオール、ジオキサソ、トリオキサソ、テトラヒドロフラン、テトラヒドロピラン、メチラール、ジエチルアセタール、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、ジエチルケトン、アセトニルアセトン、ジアセトンアルコール、ギ酸メチル、ギ酸エチル、ギ酸プロピル、酢酸メチル、酢酸エチルを単独でまたは2種以上併用して用いることができる。

【0055】

増粘剤としては、エチルセルロース、ポリビニルピロリドンまたは双方の混合物を用いることが望ましいが、様々な品質および特性のベントナイト、様々な極性溶剤混合物用の一般に無機のレオロジー添加剤、ニトロセルロースおよびその他のセルロース化合物、デンプン、ゼラチン、アルギン酸、高分散性非晶質ケイ酸(Aerosil(登録商標))、ポリビニルブチラール(Mowital(登録商標))、ナトリウムカルボキシメチルセルロース(vivistar)、熱可塑性ポリアミド樹脂(Eurelon(登録商標))、有機ヒマシ油誘導体(Thixin R(登録商標))、ジアミド・ワックス(Thixatrol plus(登録商標))、膨潤ポリアクリル酸塩(Rheolate(登録商標))、ポリエーテル尿素-ポリウレタン、ポリエーテル-ポリオールなどを用いることもできる。

【0056】

酸化シリコン前駆体としては、たとえば、TEOS(テトラエチルオルソシリケート)のような一般式 $R^{1'}_nSi(OR^1)_{4-n}$ ($R^{1'}$ はメチル、エチルまたはフェニルを示し、 R^1 はメチル、エチル、 n -プロピルまたは i -プロピルを示し、 n は0、1または2を示す。)で示される物質を用いることができる。

【0057】

酸化チタン前駆体には、たとえば、 $Ti(OH)_4$ のほか、TPT(テトライソプロポキシチタン)のような $R^{2'}_nTi(OR^2)_{4-n}$ で示される物質($R^{2'}$ はメチル、エチルまたはフェニルを示し、 R^2 はメチル、エチル、 n -プロピルまたは i -プロピルを示し、 n は0、1または2を示す。)であり、その他、 $TiCl_4$ 、 TiF_4 および $TiOSO_4$ なども含まれる。

【0058】

増粘剤を用いる場合には、増粘剤としては、たとえば、ヒマシ油、ベントナイト、ニト

10

20

30

40

50

ロセルローズ、エチルセルローズ、ポリビニルピロリドン、デンプン、ゼラチン、アルギン酸、非晶質ケイ酸、ポリビニルブチラール、ナトリウムカルボキシメチルセルローズ、ポリアミド樹脂、有機ヒマシ油誘導体、ジアミド・ワックス、膨潤ポリアクリル酸塩、ポリエーテル尿素-ポリウレタン、ポリエーテル-ポリオールなどを単独でまたは2種以上を併用して用いることができる。

【0059】

マスキングペースト2の設置方法は、特に限定されず、たとえば従来から公知の塗布方法などを用いることができる。

【0060】

その後、シリコンウエハ1の受光面および裏面にそれぞれ設置されたマスキングペースト2を乾燥させる。

【0061】

マスキングペースト2の乾燥方法としては、たとえばマスキングペースト2の設置後のシリコンウエハ1をオープン内に設置し、たとえば300程度の温度でたとえば数十分間の時間マスキングペースト2を加熱することにより行なうことができる。

【0062】

そして、上記のようにして乾燥させた後のマスキングペースト2を焼成することによって、マスキングペースト2を固化させる。マスキングペースト2の焼成は、たとえば800以上1000以下の温度でたとえば10分以上60分間以下の時間マスキングペースト2を加熱することにより行なうことができる。

【0063】

次に、図12(a)の模式的断面図および図12(b)の模式的平面図に示すように、n型ドーパント含有ガス4を流すことによって、シリコンウエハ1の裏面側の開口部14から露出しているシリコンウエハ1の裏面にn型ドーパントを拡散させてn型ドーパント拡散領域3を帯状に形成する。なお、n型ドーパント含有ガス4としては、たとえばn型ドーパントであるリンを含む $POCl_3$ などを用いることができる。また、n型ドーパント拡散領域3は、シリコンウエハ1よりもn型ドーパント濃度が高い領域である。また、図12(b)は、図12(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【0064】

その後、シリコンウエハ1の受光面および裏面のそれぞれのマスキングペースト2を一旦すべて除去する。マスキングペースト2の除去は、たとえば、マスキングペースト2が設置されたシリコンウエハ1をフッ酸水溶液中に浸漬させることなどにより行なうことができる。

【0065】

次に、図13(a)の模式的断面図および図13(b)の模式的平面図に示すように、シリコンウエハ1の受光面側の表面(受光面)の全面にマスキングペースト2を設置するとともに、シリコンウエハ1の裏面側の表面(裏面)に開口部15を設けるようにしてマスキングペースト2を設置する。開口部15は開口部14とは異なる箇所形成される。なお、図13(b)は、図13(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【0066】

そして、シリコンウエハ1の受光面および裏面にそれぞれ塗布されたマスキングペースト2を乾燥させた後に、マスキングペースト2を焼成することによって、マスキングペースト2を固化させる。

【0067】

次に、図14(a)の模式的断面図および図14(b)の模式的平面図に示すように、p型ドーパント含有ガス6を流すことによって、シリコンウエハ1の裏面側の開口部15から露出しているシリコンウエハ1の裏面にp型ドーパントを拡散させてp型ドーパント拡散領域5を帯状に形成する。なお、p型ドーパント含有ガス6としては、たとえばp型

10

20

30

40

50

ドーパントであるボロンを含む BBr_3 などを用いることができる。また、p型ドーパント拡散領域5は、シリコンウエハ1よりもp型ドーパント濃度が高い領域である。また、図14(b)は、図14(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【0068】

次に、図15(a)の模式的断面図および図15(b)の模式的平面図に示すように、シリコンウエハ1の受光面および裏面のそれぞれのマスクングペースト2をすべて除去する。これにより、シリコンウエハ1の受光面全面および裏面全面が露出して、帯状のn型ドーパント拡散領域3および帯状のp型ドーパント拡散領域5をそれぞれ露出させることができる。なお、図15(b)は、図15(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

10

【0069】

次に、図16(a)の模式的断面図および図16(b)の模式的平面図に示すように、シリコンウエハ1の裏面上にパッシベーション膜7を形成する。パッシベーション膜7としては、たとえば、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層体などを用いることができる。パッシベーション膜7は、たとえば、プラズマCVD法などにより形成することができる。なお、図16(b)は、図16(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

【0070】

次に、図17(a)の模式的断面図および図17(b)の模式的平面図に示すように、シリコンウエハ1のパッシベーション膜7が形成されている側と反対側となる受光面をテクスチャエッチングすることによってテクスチャ構造8を形成する。テクスチャ構造8を形成するためのテクスチャエッチングは、シリコンウエハ1の裏面に形成されたパッシベーション膜7をエッチングマスクとして用いることによって行なうことができる。なお、テクスチャエッチングは、たとえば水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムなどのアルカリ水溶液にイソプロピルアルコールを添加した液をたとえば70℃以上80℃以下に加熱したエッチング液を用いてシリコンウエハ1の受光面をエッチングすることによって行なうことができる。

20

【0071】

次に、図18(a)の模式的断面図および図18(b)の模式的平面図に示すように、シリコンウエハ1のテクスチャ構造8上に反射防止膜9を形成する。反射防止膜9としては、たとえば、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層体などを用いることができる。反射防止膜9は、たとえば、プラズマCVD法などにより形成することができる。なお、図18(b)は、図18(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

30

【0072】

次に、図19(a)の模式的断面図および図19(b)の模式的平面図に示すように、パッシベーション膜7の一部を除去することによってコンタクトホール10およびコンタクトホール11を形成して、コンタクトホール10からn型ドーパント拡散領域3の一部を露出させるとともに、コンタクトホール11からp型ドーパント拡散領域5の一部を露出させる。なお、図19(b)は、図19(a)をシリコンウエハ1の裏面側から見たときの模式的な平面図である。

40

【0073】

コンタクトホール10, 11は、たとえば、パッシベーション膜7上にフォトリソグラフィ技術を用いてコンタクトホール10, 11のそれぞれの形成箇所に対応する部分に開口部を有するレジストパターンを形成した後に、レジストパターンの開口部からパッシベーション膜7をエッチングにより除去する方法などにより形成することができる。

【0074】

次に、図20(a)の模式的断面図および図20(b)の模式的平面図に示すように、コンタクトホール10を通してn型ドーパント拡散領域3に電氣的に接続されるn型用電

50

極 1 2 を形成するとともに、コンタクトホール 1 1 を通して p 型ドーパント拡散領域 5 に電氣的に接続される p 型用電極 1 3 を形成する。ここで、n 型用電極 1 2 および p 型用電極 1 3 としては、たとえば、銀などの金属からなる電極を用いることができる。以上により、裏面電極型太陽電池セルを作製することができる。

【 0 0 7 5 】

< 半導体装置 >

以上のように作製された裏面電極型太陽電池セルにおいては、図 2 0 (a) に示すように、幅広のファセット 6 2 を有するシリコンウエハ 1 のなだらかな裏面に n 型用電極 1 2 および p 型用電極 1 3 がそれぞれ形成されており、シリコンウエハ 1 の裏面と、n 型用電極 1 2 および p 型用電極 1 3 のそれぞれとの接触面積を増加させることができるため、シリコンウエハ 1 と電極 (n 型用電極 1 2 , p 型用電極 1 3) との接触抵抗およびシリコンウエハの表面と電極との界面でのキャリアの再結合を低減することができる。また、シリコンウエハ 1 の裏面の凹凸に起因してマスキングペースト 2 の印刷パターンが乱れることが少ないため、マスキングペースト 2 の印刷精度を向上させることができる。さらには、従来よりもエッチング量が抑えられてシリコンウエハ 1 が形成されているため、シリコンウエハ 1 の機械的強度および裏面電極型太陽電池セルの変換効率の低下を抑えることができる。そのため、上記のようにして作製された裏面電極型太陽電池セルにおいては、良好な特性を有する裏面電極型太陽電池セルを安定して製造することができる。

10

【 0 0 7 6 】

また、本発明は、裏面電極型太陽電池セルに適用することに限定されるものではなく、あらゆる構成の半導体装置に適用することもできる。

20

【 実施例 】

【 0 0 7 7 】

< シリコンウエハの作製と評価 >

まず、チョクラルスキー法によって形成した n 型単結晶シリコンインゴットを、往復走行を行なっているワイヤソー (図 2 1 の拡大写真に示す形状を有する) に押し付けて切断した。これにより、1 辺がそれぞれ 1 2 6 mm の擬似正方形の受光面および裏面を有するとともに厚さが 2 0 0 μm の板状の n 型単結晶シリコンを複数枚形成した。ここで、図 2 1 に示されるワイヤソーは、断面直径 1 2 0 μm のピアノ線の外周面にめっきされたニッケルで粒径 3 0 μm 以下のダイヤモンド砥粒を固着して作製したものをを用いた。

30

【 0 0 7 8 】

図 2 2 に上記のワイヤソーによる切断後の n 型単結晶シリコンの表面の一例の顕微鏡写真を示す。図 2 2 に示すように、n 型単結晶シリコンの表面にはワイヤソーの走行方向に沿って形成された溝状の砥粒痕 (図 2 2 の縦筋) が形成されていることが確認された。

【 0 0 7 9 】

次に、上記のようにして形成した n 型単結晶シリコンの表面を水酸化ナトリウム濃度が 3 0 質量 % の水酸化ナトリウム水溶液で片側の表面のエッチング量が 1 3 μm (両方の表面のエッチング量を合わせて 2 6 μm 、エッチング後の n 型単結晶シリコンの厚みが 1 7 4 μm) となるようにエッチングした。これにより、表面のスライスダメージが除去されるとともに、表面に幅広のファセットを有するシリコンウエハ (以下、「実施例のシリコンウエハ」という。) が形成された。

40

【 0 0 8 0 】

図 2 3 (a) に、上記のようにして作製された実施例のシリコンウエハの表面の一部の顕微鏡写真を示し、図 2 3 (b) に図 2 3 (a) の実施例のシリコンウエハの表面のレーザ顕微鏡による凹凸の測定結果を示す。図 2 3 (a) および図 2 3 (b) に示すように、実施例のシリコンウエハの表面はなだらかであることが確認された。また、実施例のシリコンウエハの表面に形成されたファセットの 9 0 % が、幅 2 0 μm 以上 6 0 μm 以下であって、深さ 0 . 1 μm 以上 1 0 μm 以下のファセットであった。

【 0 0 8 1 】

また、比較として、厚さが 2 3 4 μm の板状の n 型単結晶シリコンの表面を水酸化ナト

50

リウム濃度が4.8質量%の水酸化ナトリウム水溶液で片側の表面のエッチング量が30 μm（両方の表面のエッチング量を合わせて60 μm、エッチング後のn型単結晶シリコンの厚みが174 μm）となるようにエッチングしたこと以外は実施例と同様にしてシリコンウエハ（以下、「比較例1のシリコンウエハ」という。）を作製するとともに、n型単結晶シリコンの表面を水酸化ナトリウム濃度が1.8質量%の水酸化ナトリウム水溶液で片側の表面のエッチング量が13 μmとなるようにエッチングしたこと以外は実施例と同様にしてシリコンウエハ（以下、「比較例2のシリコンウエハ」という。）をそれぞれ作製した。図24（a）および図25（a）に、それぞれ、比較例1のシリコンウエハの表面の一部の顕微鏡写真および比較例2のシリコンウエハの表面の一部の顕微鏡写真を示す。また、図24（b）に、図24（a）の比較例1のシリコンウエハの表面のレーザ顕微鏡による凹凸の測定結果を示し、図25（b）に、図25（a）の比較例2のシリコンウエハの表面のレーザ顕微鏡による凹凸の測定結果を示す。

10

【0082】

図24（a）および図24（b）に示すように、比較例1のシリコンウエハの表面は、実施例のシリコンウエハの表面と比べてなだらかではないことが確認された。また、図25（a）および図25（b）に示すように、比較例2のシリコンウエハの表面にはピラミッド状の突起物（図25（a）に示す黒い斑点）が確認された。

【0083】

なお、水酸化ナトリウム濃度をそれぞれ2.0質量%、2.4質量%、3.2質量%および3.5質量%としたこと以外は実施例のシリコンウエハと同様にして作製したシリコンウエハの表面についても実施例のシリコンウエハと同様の表面を有することが確認された。

20

【0084】

また、片側の表面のエッチング量をそれぞれ5 μm、15 μm、20 μmおよび25 μmとしたこと以外は実施例のシリコンウエハと同様にして作製したシリコンウエハの表面については、水酸化ナトリウム濃度が4.8質量%の水酸化ナトリウム水溶液で片側の表面のエッチング量をそれぞれ5 μm、15 μm、20 μmおよび25 μmとしたこと以外は実施例のシリコンウエハと同様にして作製したシリコンウエハの表面と比較して、同じエッチング量にてそれぞれファセットサイズが大きくなっていることを確認した。

【0085】

<裏面電極型太陽電池セルの作製と評価>

30

実施例のシリコンウエハ、比較例1のシリコンウエハおよび比較例2のシリコンウエハを用いて、それぞれ、実施例の裏面電極型太陽電池セル、比較例1の裏面電極型太陽電池セルおよび比較例2の裏面電極型太陽電池セルを作製した。

【0086】

具体的には、まず、実施例のシリコンウエハ、比較例1のシリコンウエハおよび比較例2のシリコンウエハのそれぞれの一方の表面全面にマスクングペーストを印刷するとともに、その反対側の表面に開口部を複数有するように帯状のマスクングペーストを印刷した。

【0087】

次に、マスクングペーストの印刷後のそれぞれのシリコンウエハをオープン内に設置して加熱することによりマスクングペーストを乾燥させた。

40

【0088】

次に、上記のようにして乾燥させた後のマスクングペーストを加熱して焼成することによってマスクングペーストを固化させた。

【0089】

次に、マスクングペーストを固化させた後のそれぞれのシリコンウエハに POCl_3 を流すことによって、それぞれのシリコンウエハの上記開口部にリンを拡散させてn型ドーパント拡散領域を形成した。

【0090】

次に、それぞれのシリコンウエハをフッ酸水溶液中に浸漬させることによりそれぞれの

50

シリコンウエハのマスクングペーストをすべて除去した。

【0091】

次に、それぞれのシリコンウエハのn型ドーパント拡散領域形成側の表面にn型ドーパント拡散領域と平行な帯状に露出してなる開口部を複数有するようにマスクングペーストを印刷した。ここで、マスクングペーストは、n型ドーパント拡散領域とは異なる領域が開口部から露出するように印刷された。

【0092】

また、それぞれのシリコンウエハのn型ドーパント拡散領域形成側とは反対側の表面全面にもマスクングペーストを設置した。

【0093】

そして、それぞれのシリコンウエハをオープン内に設置して加熱することによりマスクングペーストを乾燥させ、その後、マスクングペーストを加熱して焼成することによってマスクングペーストを固化させた。

【0094】

次に、それぞれのシリコンウエハに BBr_3 を流すことによって、それぞれのシリコンウエハの上記開口部にボロンを拡散させてp型ドーパント拡散領域を形成した。

【0095】

次に、それぞれのシリコンウエハをフッ酸水溶液中に浸漬させることによりそれぞれのシリコンウエハのマスクングペーストをすべて除去した。

【0096】

次に、それぞれのシリコンウエハのn型ドーパント拡散領域およびp型ドーパント拡散領域の形成側の表面全面にプラズマCVD法により窒化シリコン膜からなるパッシベーション膜を形成した。

【0097】

次に、それぞれのシリコンウエハのパッシベーション膜形成側とは反対側の表面をテクスチャエッチングすることによってテクスチャ構造を形成した。ここで、テクスチャエッチングは、水酸化ナトリウム濃度が3体積%の水酸化ナトリウム水溶液にイソプロピルアルコールを添加した70 ~ 80のエッチング液を用いて行なった。

【0098】

次に、それぞれのシリコンウエハのテクスチャ構造上にプラズマCVD法により窒化シリコン膜からなる反射防止膜を形成した。

【0099】

次に、それぞれのシリコンウエハのパッシベーション膜の一部を帯状に除去することによって、コンタクトホールを形成し、n型ドーパント拡散領域およびp型ドーパント拡散領域のそれぞれの一部を露出させた。

【0100】

その後、それぞれのシリコンウエハのコンタクトホールを埋めるようにして市販の銀ペーストを塗布し、乾燥させ、加熱することによって銀ペーストを焼成し、n型ドーパント拡散領域およびp型ドーパント拡散領域にそれぞれ接する銀電極を形成した。以上により、実施例、比較例1および比較例2のシリコンウエハから、それぞれ、実施例、比較例1および比較例2の裏面電極型太陽電池セルが作製された。

【0101】

そして、実施例、比較例1および比較例2のそれぞれの裏面電極型太陽電池セルに、ソーラシミュレータを用いて擬似太陽光を照射し、電流 - 電圧 (I-V) 特性を測定して、短絡電流密度、開放電圧、F.F. (Fill Factor) および変換効率を測定した。その結果を表1に示す。なお、表1においては、実施例の裏面電極型太陽電池セルの短絡電流密度、開放電圧、F.F. および変換効率の値をそれぞれ100としたときの比較例1および比較例2の裏面電極型太陽電池セルの短絡電流密度、開放電圧、F.F. および変換効率の値がそれぞれ相対値で表わされている。

【0102】

10

20

30

40

50

【表 1】

	短絡電流 密度	開放 電圧	F.F.	変換効率	片側エッチング量 [μm]
実施例	100	100	100	100	13
比較例 1	99	101	100	100	30
比較例 2	95	90	90	77	13

【0103】

表 1 に示すように、実施例の裏面電極型太陽電池セルは、比較例 1 の裏面電極型太陽電池セルと比べて、片側の表面のエッチング量を半分程度にしてシリコンウエハを作製した場合でも、同等程度の良い特性を安定して得ることができることが確認された。

10

【0104】

また、表 1 に示すように、実施例の裏面電極型太陽電池セルは、比較例 2 の裏面電極型太陽電池セルと比べて、良い特性を安定して得ることができることが確認された。

【0105】

これは、実施例の裏面電極型太陽電池セルにおいては、シリコンウエハのなだらかな表面が少ないエッチング量で実現され、そのなだらかな表面に銀電極が形成されたことにより、シリコンウエハの表面と銀電極との接触面積が増加して、シリコンウエハの表面と銀電極との接触抵抗およびシリコンウエハの表面と銀電極との界面でのキャリアの再結合を低減できたこと、また、シリコンウエハの裏面の凹凸に起因してマスキングペーストの印刷パターンの乱れが低減され、マスキングペーストの印刷精度を向上させることができたためと考えられる。

20

【産業上の利用可能性】

【0106】

本発明は、シリコンウエハ、半導体装置、シリコンウエハの製造方法および半導体装置の製造方法に利用することができ、特に裏面電極型太陽電池セル用のシリコンウエハとその製造、裏面電極型太陽電池セルとその製造に好適に利用することができる。

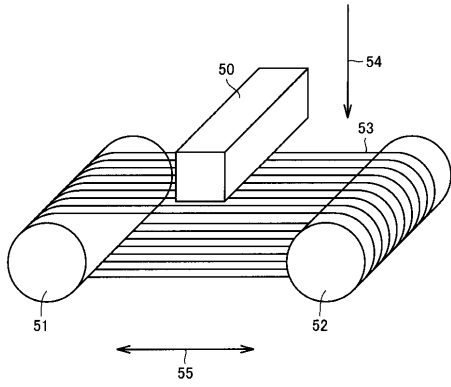
【符号の説明】

【0107】

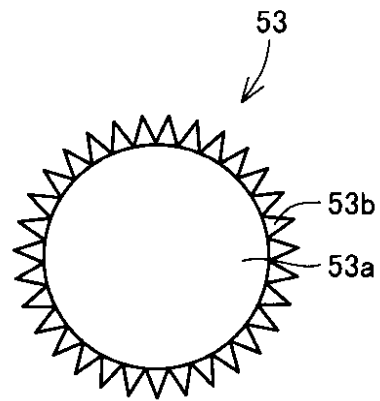
1, 101 半導体基板、1a スライスダメージ、2, 102 マスキングペースト、3, 103 n型ドーパント拡散領域、4, 104 n型ドーパント含有ガス、5, 105 p型ドーパント拡散領域、6, 106 p型ドーパント含有ガス、7, 107 パッシベーション膜、8, 108 テクスチャ構造、9, 109 反射防止膜、10, 110 コンタクトホール、12, 112 n型用電極、13, 113 p型用電極、14, 114, 115 開口部、50 半導体結晶インゴット、51, 52 ガイドローラ、53 ワイヤソー、53a 芯線、53b 砥粒、54, 55 矢印、61 ソーマーク、62, 63, 64 ファセット、65 突起物。

30

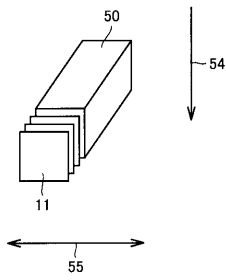
【図1】



【図3】



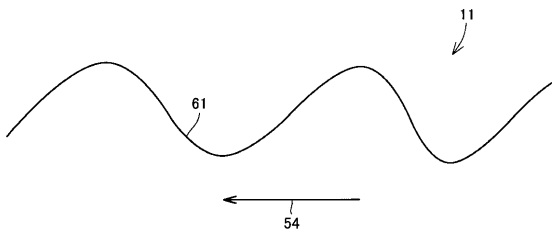
【図2】



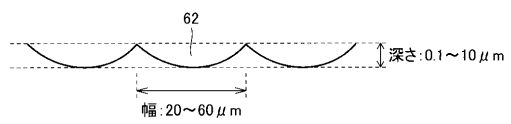
【図4】



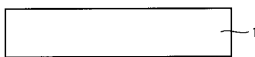
【図5】



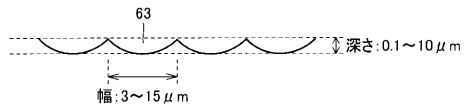
【図8】



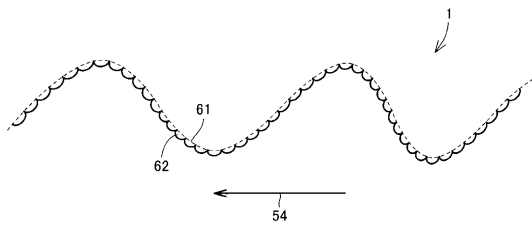
【図6】



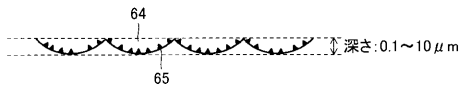
【図9】



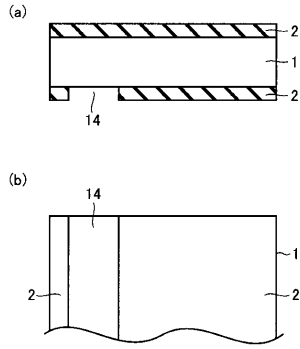
【図7】



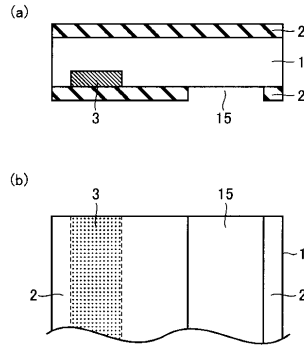
【図10】



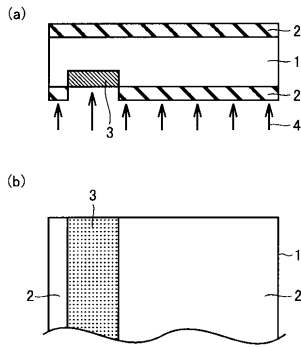
【 1 1 】



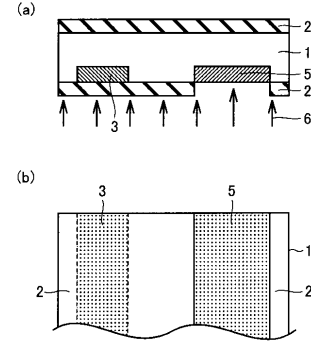
【 1 3 】



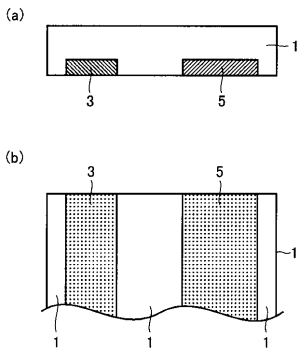
【 1 2 】



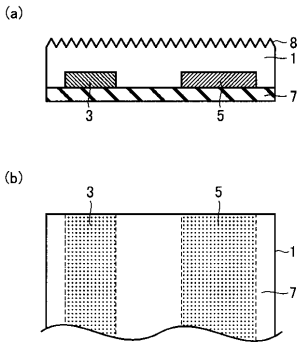
【 1 4 】



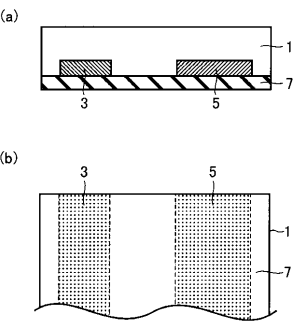
【 1 5 】



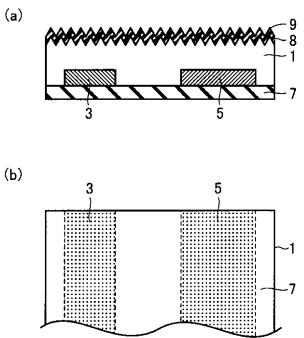
【 1 7 】



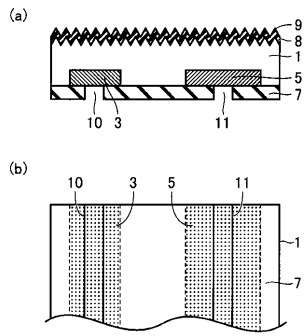
【 1 6 】



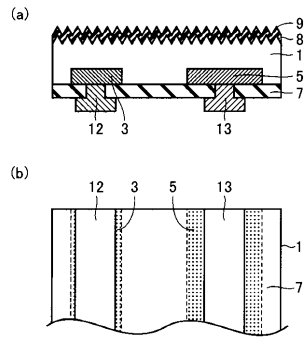
【 1 8 】



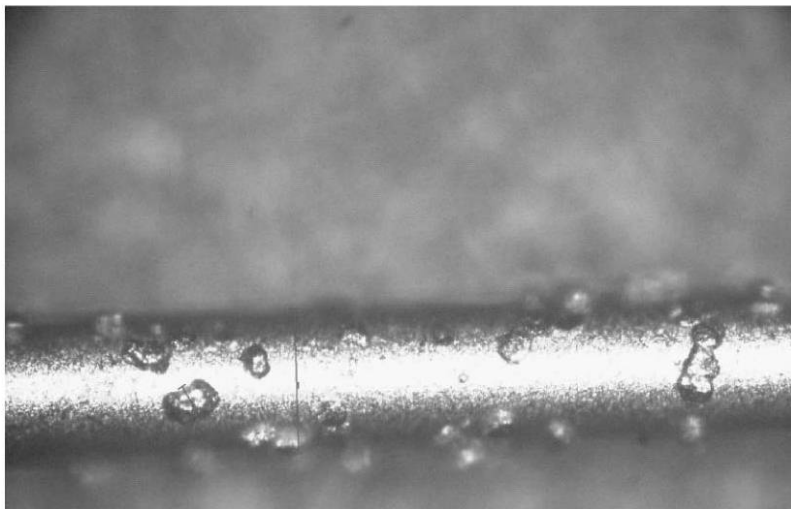
【 図 19 】



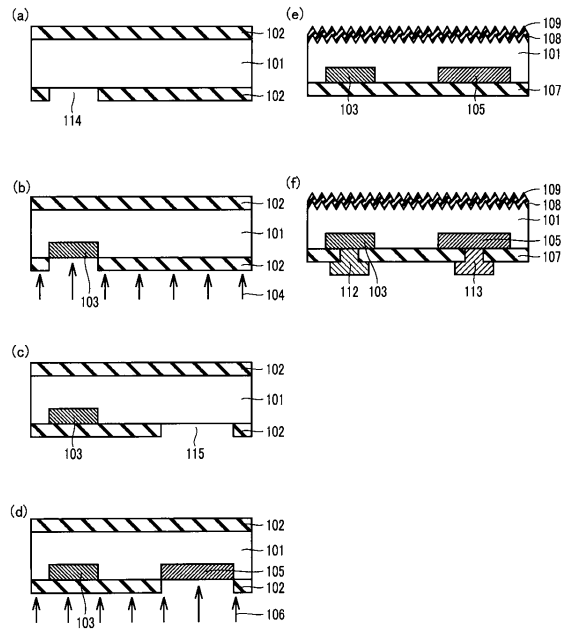
【 図 20 】



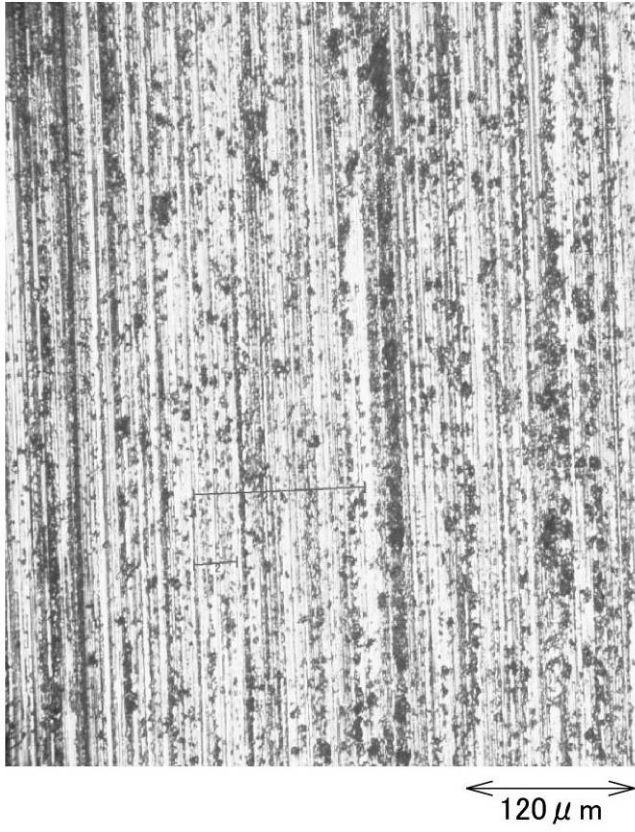
【 図 21 】



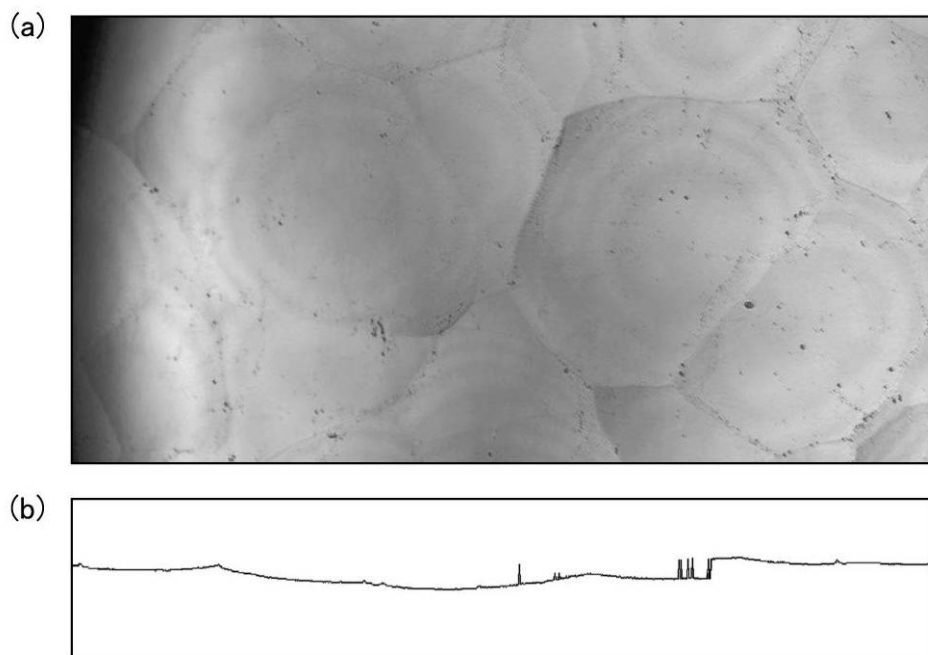
【 図 26 】



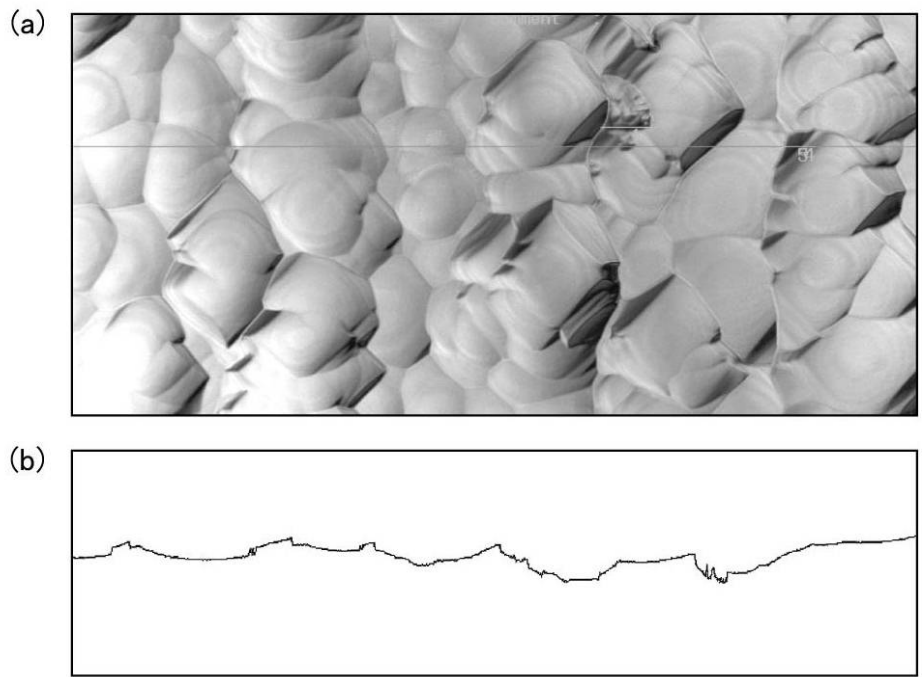
【 図 2 2 】



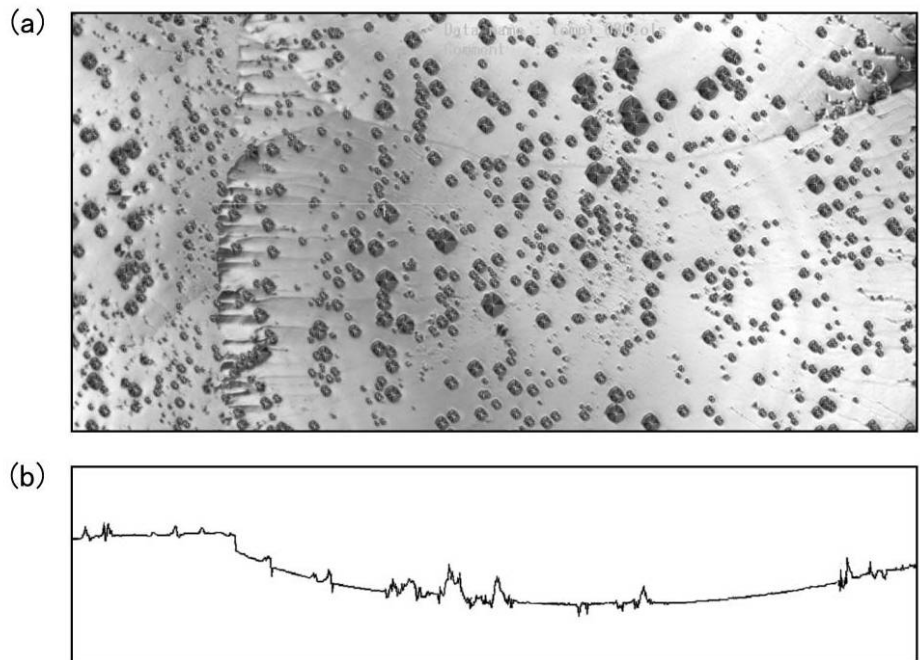
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 高木 明英

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

(72)発明者 中村 昌次

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

(72)発明者 西野 光俊

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

(72)発明者 大竹 保年

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開2003-197932(JP,A)

特開平08-335711(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/04 - 31/078