

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-270243

(P2008-270243A)

(43) 公開日 平成20年11月6日(2008.11.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 8 A	
HO 1 L 29/78 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 3 A	
HO 1 L 29/739 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 5 A	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-106841 (P2007-106841)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成19年4月16日 (2007. 4. 16)	(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
		(74) 代理人	100081422 弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100100479 弁理士 竹内 三喜夫
		(72) 発明者	中島 優 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		(72) 発明者	竹野 祥瑞 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

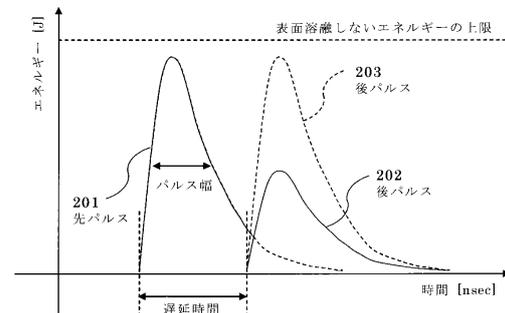
(54) 【発明の名称】 半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】比較的に簡単な手法で、不純物が深く注入された半導体層であっても効率的に活性化できる半導体デバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】半導体デバイスの製造方法は、半導体層に不純物を注入する工程と、該半導体層に向けてレーザ照射を行って、不純物が注入された層を活性化する工程とを含み、レーザ照射工程において、波長400nm~600nm、パルス幅150nsec~250nsecのパルスをそれぞれ発生する2台のレーザ発振器を使用して、先パルスの照射に続いて所定の遅延時間後に後パルスの照射を行うようにし、先パルスのエネルギー密度は後パルスのエネルギー密度より大きく、先パルス照射時の照射領域の最高表面温度が後パルス照射時の照射領域の最高表面温度とが実質的に等しくなるように、各パルスのエネルギー密度および遅延時間を設定する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体層に不純物を注入する工程と、
 該半導体層に向けてレーザ照射を行って、不純物が注入された層を活性化する工程と、
 を含む半導体デバイスの製造方法であって、

レーザ照射工程において、波長 400 nm ~ 600 nm、パルス幅 150 nsec ~ 250 nsec のパルスをそれぞれ発生する 2 台のレーザ発振器を使用して、先パルスの照射に続いて所定の遅延時間後に後パルスの照射を行うようにし、

先パルスのエネルギー密度は、後パルスのエネルギー密度より大きく、

先パルス照射時の照射領域の最高表面温度が後パルス照射時の照射領域の最高表面温度とが実質的に等しくなるように、各パルスのエネルギー密度および遅延時間を設定していることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

10

【請求項 2】

先パルスのエネルギー密度は、照射領域の表面を溶融しないように設定することを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 3】

先パルスのエネルギー密度は、2.0 ~ 4.0 J/cm² の範囲に設定することを特徴とする請求項 2 記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 4】

先パルス照射後、照射領域の表面温度が活性化に必要な温度を下回らないように、後パルスの遅延時間を設定することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの製造方法に関し、特に、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) などのパワーデバイスにおいて、不純物が注入された半導体層をレーザ照射によって活性化する手法に関する。

【背景技術】

【0002】

電力用スイッチングデバイスで使われている IGBT は、近年、特性向上を目的としてウエハ厚の薄厚化が主流となっている。薄厚 IGBT のウエハ裏面に設けられる不純物層は、ウエハ厚を薄くした後にウエハ裏面に n 型と p 型の不純物を注入し、熱処理を加えることで形成される。この熱処理には、ウエハ表面に影響を及ぼさずウエハ裏面のみを高温に加熱できるレーザアニールや RTA (Rapid Thermal Annealing) などの活性化アニールが用いられている。

30

【0003】

下記特許文献 1 (特開 2005 - 223301 号) は、半導体素子の pn 連続層を短時間で安定に活性化すると同時に、高い活性化率を実現するために、照射エネルギー分布を略矩形化した同一の照射エネルギー密度である複数のパルスレーザ照射装置を用い、照射エリアごとに、この複数のパルスを連続的にオーバーラップさせ、p 型不純物層と n 型不純物層とが連続して形成された pn 連続層を照射する半導体装置の製造方法が提案されている。

40

【0004】

下記特許文献 2 (特開 2004 - 39984 号) は、半導体基板上に濃度分布が最大となる深さが異なる 2 つの不純物を注入した後、基板上に第 1 のパルスレーザを照射し、主として深さの浅い不純物層を活性化する工程と、第 1 のパルスレーザよりもパルス幅が長くパルスエネルギー密度が低い第 2 のパルスレーザを基板上に照射し、主として濃度分布が最大となる深さが深い不純物層を活性化する工程を有する半導体装置の製造方法が提案されている。

50

【 0 0 0 5 】

下記特許文献 3 (特開平 9 - 6 3 9 7 4 号) は、半導体基板に対して照射強度の強いレーザー光を照射した直後に、所定の遅延時間をもって上記レーザー光より弱い照射強度のレーザー光の照射を所定回数繰り返すことで、照射領域の表面あれの発生を防ぎながら半導体基板に対して深いドーピング層を高速で形成する方法が提案されている。

【 0 0 0 6 】

下記特許文献 4 (特許第 3 1 0 5 4 8 8 号) は、レーザー発振器とレーザー増幅器を直列配置し、レーザー発振器のトリガーパルスとレーザー増幅器のトリガーパルスのタイミングを調整することによって、2つの連続パルス光を発生する手法が提案されている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 2 3 3 0 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 3 9 9 8 4 号公報

【特許文献 3】特開平 9 - 6 3 9 7 4 号公報

【特許文献 4】特許第 3 1 0 5 4 8 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

特許文献 1 では、半値幅が長いパルス幅のパルスレーザー光を不純物層に照射した場合と同様の効果を得るために、所定のマスクを用いて形成した矩形パルスをオーバーラップさせながら連続的に照射している。そのため、高精度マスクと正確な光学調整が必要になり、装置コストが増加する。

【 0 0 0 9 】

特許文献 2 では、2つの不純物層それぞれについてパルス幅とエネルギー密度が異なるシングルパルスレーザー光を照射して活性化を行うので、深い領域に注入された不純物を十分に活性化するための加熱時間が得られない。

【 0 0 1 0 】

特許文献 3 は、先に、パルス幅 3 4 n s、照射強度 2 . 4 J / c m ² の K r F エキシマレーザー光を照射し、その後、パルス幅 2 3 n s、照射強度 0 . 5 J / c m ² の K r F エキシマレーザー光を照射することによって、ドーピング層を形成している。先のパルスでは非常に短時間で高エネルギーのレーザー照射を実施しているために、照射エリア表面が溶融し、結晶欠陥が発生する。また、パルス幅が短く、加熱時間が短いので、深く注入された不純物を十分に活性化できない。

【 0 0 1 1 】

特許文献 4 は、レーザー発振器とレーザー増幅器の組合せを利用して2つの連続パルス光を発生させているため、各パルスの発生条件が相互に依存し、パルスの幅や強度を独立に設定することが困難である。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、比較的簡単な手法で、不純物が深く注入された半導体層であっても効率的に活性化できる半導体デバイスの製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

上記目的を達成するために、本発明に係る半導体デバイスの製造方法は、半導体層に不純物を注入する工程と、

該半導体層に向けてレーザー照射を行って、不純物が注入された層を活性化する工程とを含み、

レーザー照射工程において、波長 4 0 0 n m ~ 6 0 0 n m、パルス幅 1 5 0 n s e c ~ 2 5 0 n s e c のパルスをそれぞれ発生する 2 台のレーザー発振器を使用して、先パルスの照射に続いて所定の遅延時間後に後パルスの照射を行うようにし、

先パルスのエネルギー密度は、後パルスのエネルギー密度より大きく、

先パルス照射時の照射領域の最高表面温度が後パルス照射時の照射領域の最高表面温度

10

20

30

40

50

とが実質的に等しくなるように、各パルスのエネルギー密度および遅延時間を設定していることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、先パルス照射時の照射領域の最高表面温度が後パルス照射時の照射領域の最高表面温度とが実質的に等しくなるように、各パルスのエネルギー密度および遅延時間を設定することによって、深く注入された不純物層を効率よく活性化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

10

実施の形態1.

図1は、本発明が適用可能な半導体デバイスの一例を示す断面図である。ここでは、半導体デバイスとしてIGBTを例示するが、本発明は、一般のバイポーラ半導体デバイスに適用可能である。

【0016】

図1に示す半導体デバイスは、FZ(Floating Zone)ウエハなど、n型シリコンからなる基板100の表面側には、p型ベース領域101、n型エミッタ領域102、ゲート絶縁膜103、ポリシリコンからなるゲート104を含むトランジスタが形成されている。各ゲート104の上には、個々のゲート電極105が形成され、さらに、層間絶縁膜(不図示)を介してエミッタ電極106が形成され、n型エミッタ領域102とオーミック接

20

【0017】

一方、基板100の裏面側には、n⁺型バッファ層107と、p⁺型コレクタ層108が形成され、さらに、表面側に位置するp⁺型コレクタ層108とオーミック接触するようにコレクタ電極109が形成されている。

【0018】

次に、この半導体デバイスの製造方法について説明する。まず最初に、FZ(Floating Zone)ウエハ等のn型シリコン基板100の表面側に、トランジスタを形成する。即ち、基板100へp型不純物を導入することによって、p型ベース領域101を形成し、さらにマスクを用いてn型不純物を局所的に導入することによって、n型エミッタ領域102

30

【0019】

続いて、n型シリコン基板100の裏面を研削して、ウエハの厚みを薄くし、そして、研削面にウェットエッチング処理などを施して、面荒れを取り除く。そして、ウエハ裏面側から、リン(P)などのn型不純物と、ボロン(B)などのp型不純物を注入した後、熱処理を行って、注入した不純物を活性化することにより、n⁺型バッファ層107とp⁺型コレクタ層108を形成する。

40

【0020】

この熱処理には、ウエハ裏面側からパルスレーザー光を照射して、不純物を注入した深さのみを高温加熱可能なパルスレーザーアニール法を用いる。最後に、p⁺型コレクタ層108とオーミック接触するようにコレクタ電極109を形成する。

【0021】

本発明に係るレーザー照射工程では、レーザービームの大きさが等しい2台のレーザー発振器を使用し、ウエハ裏面の活性化すべき同一の照射領域に向けて先パルスを照射し、続いて、所定の遅延時間後に後パルスを照射している。

50

【 0 0 2 2 】

図 2 は、先パルスおよび後パルスの波形の一例を示すグラフである。縦軸は、パルスのエネルギー (J) であり、横軸は時間 (n s e c) である。先パルス 2 0 1 および後パルス 2 0 2 は、波長 4 0 0 n m ~ 6 0 0 n m のレーザパルスであり、両者の波長は同一でもよく、異なってもよい。また、先パルス 2 0 1 および後パルス 2 0 2 のパルス幅は、1 5 0 n s e c ~ 2 5 0 n s e c の範囲に設定しており、両者のパルス幅は同一でもよく、異なってもよい。

【 0 0 2 3 】

ウエハに照射するパルスのエネルギー密度 (単位面積当たりのエネルギー : J / c m ²) は、(先パルス 2 0 1 のエネルギー密度) > (後パルス 2 0 2 のエネルギー密度) に設定し、さらに、先パルス 2 0 1 照射時の照射領域の最高表面温度が、後パルス 2 0 2 照射時の照射領域の最高表面温度とが実質的に等しくなるように、各パルスのエネルギー密度および遅延時間を設定している。

10

【 0 0 2 4 】

先パルス 2 0 1 のエネルギー密度は、ウエハの溶融と再結晶による結晶欠陥の発生を防止するため、照射領域の表面を溶融しないように設定することが好ましい。

【 0 0 2 5 】

また、照射領域の温度が、活性化に必要な 9 0 0 以上、かつ S i の融点 (1 4 1 6) 以下となるように、先パルス 2 0 1 のエネルギー密度を 2 . 0 ~ 4 . 0 J / c m ² の範囲に設定することがより好ましい。これにより照射領域の表面を溶融させず、深く注入された不純物を十分に活性化可能な高温での加熱を実現できる。

20

【 0 0 2 6 】

また、先パルス 2 0 1 の照射後、照射領域の表面温度が活性化に必要な温度を下回らないように、後パルス 2 0 2 の遅延時間を設定することが好ましい。これにより結晶欠陥の発生を低減しつつ、長時間連続して十分に活性化が得られる高温加熱を実現できる。

【 0 0 2 7 】

図 3 と図 4 は、図 2 に示す先パルスおよび後パルスを照射したときの照射領域の最表面温度の時間推移の一例を示すグラフである。ここで使用した先パルスおよび後パルスは、いずれも波長 5 2 7 n m 、パルス幅 1 5 0 n s e c である。

【 0 0 2 8 】

まず図 3 を参照して、先パルス 2 0 1 のエネルギー密度を 2 . 0 J / c m ² 、後パルス 2 0 2 のエネルギー密度を 0 . 7 5 J / c m ² にそれぞれ設定し、さらに、両者とも照射時の照射領域の最高表面温度が等しくなるように、後パルス 2 0 2 の遅延時間を調整している。このときの上昇温度の時間推移をカーブ 3 0 1 で示しており、先パルス 2 0 1 照射時の極大点および後パルス 2 0 2 照射時の極大点は、表面溶融温度 T m p より低く、最高表面温度 T m a x にほぼ一致している。また、先パルス 2 0 1 の照射と後パルス 2 0 2 の照射の間で、カーブ 3 0 1 の極小点は、活性化に必要な温度 T a c t を下回っていない。

30

【 0 0 2 9 】

一方、カーブ 3 0 2 は、カーブ 3 0 1 の遅延時間と同じであるが、先パルス 2 0 1 および後パルス 2 0 2 のエネルギー密度をともに 1 . 2 J / c m ² に設定した場合の上昇温度の時間推移を示す。この場合、先パルス 2 0 1 の照射だけでは、照射領域の最表面温度は、活性化に必要な温度 T a c t に到達することができず、後パルス 2 0 2 の追加照射によって、ようやく活性化に必要な温度 T a c t に到達していることが判る。その結果、熱処理時間が短くなってしまい、不純物を十分に活性化することができない。

40

【 0 0 3 0 】

さらに、カーブ 3 0 3 は、カーブ 3 0 1 の遅延時間と同じであるが、先パルス 2 0 1 および後パルス 2 0 2 のエネルギー密度をともに 2 . 0 J / c m ² に設定した場合の上昇温度の時間推移を示す。この場合、先パルス 2 0 1 の照射時は、カーブ 3 0 1 と同様な温度上昇を示すが、後パルス 2 0 2 の追加照射により、照射領域の最表面温度は、表面溶融温度 T m p を超えてしまうことが判る。その結果、ウエハの溶融と再結晶に起因して、照射

50

領域において高密度の結晶欠陥が発生してしまう。

【0031】

次に、図4を参照して、カーブ401は、図3のカーブ301と同じ照射条件、即ち、先パルスのエネルギー密度を 2.0 J/cm^2 、後パルスのエネルギー密度を 0.75 J/cm^2 にそれぞれ設定し、さらに、両者とも照射時の照射領域の最高表面温度が等しくなるように、後パルスの遅延時間を調整した場合の上昇温度の時間推移を示す。

【0032】

一方、カーブ402は、カーブ401の先パルスおよび後パルスのエネルギー密度と同じであるが、後パルスの遅延時間をカーブ401よりも長く設定している。この場合、先パルスの照射と後パルスの照射の間で、カーブ402の極小点は、活性化に必要な温度 T_{act} を下回ってしまう。その結果、熱処理時間が短くなってしまい、不純物を十分に活性化することができない。さらに、照射領域の温度変化が大きくなり、急激な温度加熱を繰り返し行うことになるので、結晶欠陥が発生しやすくなる。

10

【0033】

このように本発明に係るレーザ照射工程では、カーブ301, 401に示すように、照射領域の最表面温度を表面溶融温度 T_{mp} 未満に抑えながら、活性化に必要な温度 T_{act} での長時間アニールが可能である。そのため、照射領域を溶融させることなく、深く注入された不純物を十分に活性化することができる。

【0034】

図5は、 n 型シリコンからなるサンプル基板の表面からリンのみを注入した後、上記の各種照射条件でレーザ照射を行ったときの活性化プロファイルの一例を示すグラフである。縦軸はリン不純物濃度(対数表示： cm^{-3})であり、横軸は表面からの深さ(リニア表示： μm)である。

20

【0035】

カーブ501は、カーブ301, 401に対応した活性化プロファイルを示し、深い領域に注入された不純物の活性化が進んでいることが判る。

【0036】

一方、カーブ502は、カーブ302に対応した活性化プロファイルを示し、深い領域に注入された不純物の活性化が不十分であることが判る。

【0037】

カーブ503は、カーブ303に対応した活性化プロファイルを示し、深い領域に注入された不純物の活性化についてはカーブ501と同様に充分になされているが、上述したように、溶融と再結晶に起因して高密度の結晶欠陥が発生する。

30

【0038】

このように、不純物が注入された半導体層にレーザ照射を実施する場合、本発明を適用することによって、照射領域を溶融させることなく、深い領域まで注入された不純物を活性化することが可能である。また、レーザ発振器のパルス波形をそのまま用い、各パルスのエネルギー密度を調整して照射することができるため、余分な光学装置を必要とせず、装置コストを抑制できる。

【0039】

なお、本明細書では、リン単層のみを活性化する場合を例示したが、2つのパルスのエネルギー密度と遅延時間を適正化すれば、リンとボロンを注入した後にレーザ照射してもよいし、あるいは、リン注入後に1回目のレーザ照射を行い、続いて、ボロン注入後に2回目のレーザ照射を行うようにしてもよい。

40

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明が適用可能な半導体デバイスの一例を示す断面図である。

【図2】先パルスおよび後パルスの波形の一例を示すグラフである。

【図3】図2に示す先パルスおよび後パルスを照射したときの照射領域の最表面温度の時間推移の一例を示すグラフである。

50

【図4】図2に示す先パルスおよび後パルスを照射したときの照射領域の最表面温度の時間推移の一例を示すグラフである。

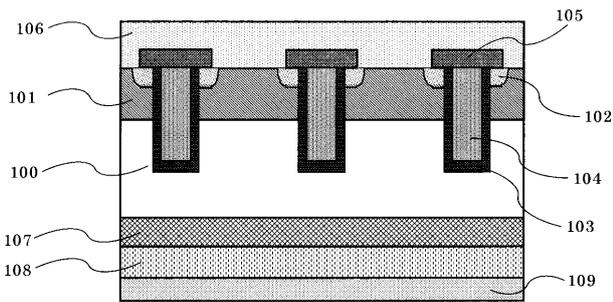
【図5】レーザ照射を行ったときの活性化プロファイルの一例を示すグラフである。

【符号の説明】

【0041】

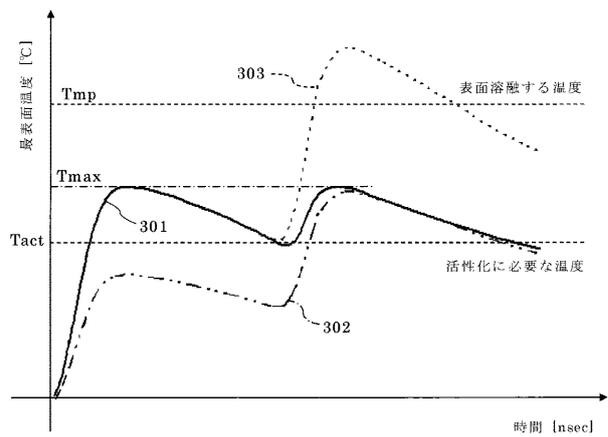
- 100 基板、 101 p型ベース領域、 102 n型エミッタ領域、
- 103 ゲート絶縁膜、 104 ゲート、 105 ゲート電極、
- 106 エミッタ電極、 107 n⁺型バッファ層、 108 p⁺型コレクタ層、
- 109 コレクタ電極。

【図1】

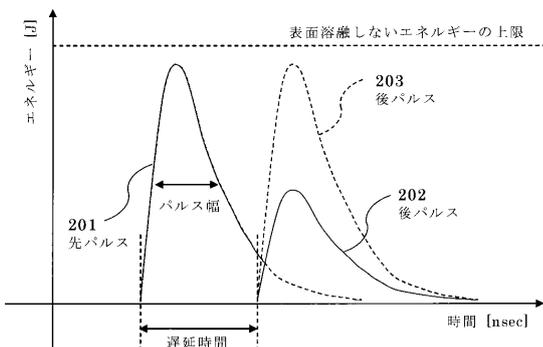


- 100: 基板
- 101: p型ベース領域
- 102: n型エミッタ領域
- 103: ゲート絶縁膜
- 104: ゲート
- 105: ゲート電極
- 106: エミッタ電極
- 107: n⁺型バッファ層
- 108: p⁺型コレクタ層
- 109: コレクタ電極

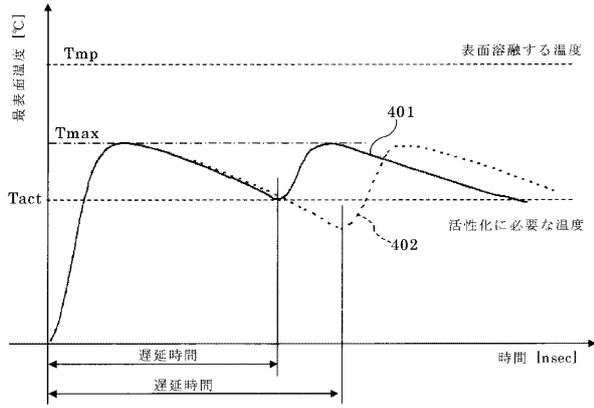
【図3】



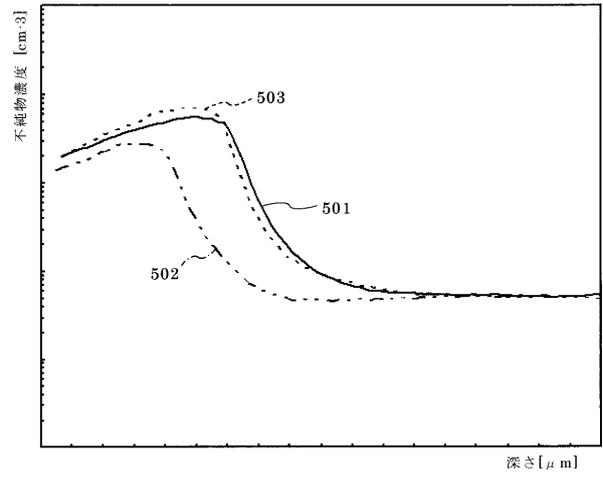
【図2】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 小野山 歩
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内