

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4245294号
(P4245294)

(45) 発行日 平成21年3月25日(2009.3.25)

(24) 登録日 平成21年1月16日(2009.1.16)

(51) Int.Cl.

F 1

HO1L 21/822	(2006.01)	HO1L 27/04	V
HO1L 27/04	(2006.01)	HO1L 21/22	E
HO1L 21/22	(2006.01)	HO1L 21/22	501L
HO1L 21/268	(2006.01)	HO1L 21/268	E

請求項の数 30 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2001-503218 (P2001-503218)
(86) (22) 出願日	平成12年6月13日 (2000.6.13)
(65) 公表番号	特表2003-502841 (P2003-502841A)
(43) 公表日	平成15年1月21日 (2003.1.21)
(86) 國際出願番号	PCT/CA2000/000715
(87) 國際公開番号	W02000/077836
(87) 國際公開日	平成12年12月21日 (2000.12.21)
審査請求日	平成16年4月26日 (2004.4.26)
(31) 優先権主張番号	09/332,059
(32) 優先日	平成11年6月14日 (1999.6.14)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	508181618 カデカ マイクロサーフィット、エルエル シー
	アメリカ合衆国 コロラド 80537, ラブランド、サウス グラント アベ ニュー 1215
(74) 代理人	100078282 弁理士 山本 秀策
(74) 代理人	100062409 弁理士 安村 高明
(74) 代理人	100113413 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体集積デバイスのインピーダンスをチューニングする方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体集積デバイスのインピーダンスを、第1のドーパント濃度を有する第1の領域から前記第1の領域よりも低いドーパント濃度を有する直接隣接する第2の領域へのドーパントの制御された拡散によって反復的、選択的かつ正確にチューニングする方法であって、

前記第1の領域および前記第2の領域の各々の一部分にまたがる選択されたエリアへ、集束される加熱源を導くステップと、

前記集束される加熱源からの加熱パルスを前記選択されたエリアに印加するステップであって、前記加熱パルスが前記選択されたエリアを溶融して前記第1の領域から前記第2の領域へのドーパントの制御された拡散を可能にする、ステップと、

溶融した前記選択されたエリアを固化させるステップであって、固化した前記選択されたエリアがこの段階で前記第1の領域および前記第2の領域のドーパント濃度の中間にあらドーパント濃度を有する第3の領域になる、ステップと、

前記半導体集積デバイスのインピーダンスを測定して、前記インピーダンスが必要とされるものより高いか低いかを判定するステップと、

前記インピーダンスが必要とされるものよりも高い場合は、

前記集束される加熱源を前記第3の領域に隣接する第1の領域の一部分に導き、前記第1の領域の前記部分に加熱パルスを印加するステップであって、前記加熱パルスが前記第1の領域の前記部分を溶融し、さらに、隣接する前記第3の領域を溶融して、前記第1

の領域の溶融した前記部分から、溶融した前記第3の領域への追加ドーパントの制御された拡散を可能にし、溶融した前記エリアを固化させる、ステップと、

前記インピーダンスが必要とされるものより低い場合は、

前記集束される加熱源を前記第3の領域に隣接する第2の領域の一部分に導き、前記第2の領域の前記部分に加熱パルスを印加するステップであって、前記加熱パルスが前記第2の領域の前記部分を溶融し、さらに、隣接する前記第3の領域を溶融して、前記第3の領域から前記第2の領域の溶融した前記部分へのドーパントの制御された拡散を可能にし、溶融した前記エリアを固化させる、ステップと

前記半導体集積デバイスの所望のインピーダンスが得られるまで反復的ステップを繰り返すステップと

を包含する、方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、前記加熱パルスの各々の印加の後、前記半導体集積デバイスのインピーダンスが決定され、必要な場合には、いずれか1つの領域から他の領域へ拡散するドーパントの量をさらに正確に制御できるように、その後の加熱パルスの特性が前記その後の加熱パルスの印加の前に調整される、方法。

【請求項3】

請求項2に記載の方法であって、各加熱パルスの持続時間が1.0ピコ秒から10マイクロ秒までの間である、方法。

【請求項4】

請求項2に記載の方法であって、各加熱パルスの持続時間が1.0フェムト秒から1.0ミリ秒までの間である、方法。

【請求項5】

請求項2に記載の方法であって、前記加熱パルスの特性は、

前記加熱パルスの持続時間と、

前記加熱パルスのパワーと、

前記加熱パルスのスポット直径と、

前記加熱パルスの印加の位置決めおよび角度と

を含む、方法。

【請求項6】

請求項5に記載の方法であって、前記集束される加熱源がレーザおよび電子ビームを含むグループから選択される、方法。

【請求項7】

請求項1に記載の方法であって、前記半導体集積デバイスは、シリコン、ガリウム砒素、シリコン-ゲルマニウム、周期律表のIII-V族およびII-VI族から選ばれた化合物、並びに、IV-IV族合金を有する化合物を含むグループから選択される物質を有する基板を備える、方法。

【請求項8】

請求項1に記載の方法であって、前記ドーパントは、ホウ素、リン、アルミニウム、アンチモン、砒素、ガリウム、インジウム、リチウム、タリウムおよびビスマスを含むグループから選択される、方法。

【請求項9】

請求項1に記載の方法であって、前記加熱パルスのエネルギーが十分に低く前記半導体集積デバイスの上層を損傷することが回避される、方法。

【請求項10】

請求項1に記載の方法であって、ドープされた領域がすべて同じ平面にあるように構成および配置されている、方法。

【請求項11】

半導体コンポーネントの予め選択された領域の相対的ドーパントプロファイルを反復的に制御して変更する方法であって、前記半導体コンポーネントは、異なるドーパント濃度

10

20

30

40

50

の 2 つの隣接するドープされた領域を備え、前記方法は、

a) 異なるドーパント濃度を有する第 1 のドープされた領域および第 2 のドープされた領域の各々の一部分を含む予め選択されたエリアへチューニングサイクルを印加することであって、前記チューニングサイクルは、

i) 前記予め選択されたエリアを溶融し、前記予め選択されたエリアのドーパントプロファイルを変更するのに十分な予め定められたパルス持続期間の間、集束される加熱源から、予め定められた加熱パルスを導くことと、前記パルスに引き続いて、溶融した前記予め選択されたエリアを変更されたドーパントプロファイルで固化するのを可能にすることとを含む加熱 / 冷却処理のステップと、

ii) 前記加熱 / 冷却処理に引き続く前記半導体コンポーネントの前記相対的ドーパントプロファイルを決定するステップと、

iii) 予め定められた相対的ドーパントプロファイルと、前記ステップ ii) から得られた前記相対的ドーパントプロファイルを比較するステップとを含む、ことと、

b) 前記予め定められた相対的ドーパントプロファイルが達成されるまで、前記チューニングサイクルを 1 回またはさらなる付加回数だけ繰り返すこととを含む、方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の方法であって、前記ステップ iii) の比較結果に基づいて前記予め定められた相対的ドーパントプロファイルが達成されていないと判定される場合に、前記ステップ b) において、前記予め定められた加熱パルスの 1 つまたはさらなる特性が前記予め定められた加熱パルスの印加の前に調整される、方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の方法であって、各加熱パルスの持続時間が 1.0 ピコ秒から 10 マイクロ秒までの間である、方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 に記載の方法であって、各加熱パルスの持続時間が 1.0 フェムト秒から 1.0 ミリ秒までの間である、方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 に記載の方法であって、前記加熱パルスの特性は、
前記加熱パルスの持続時間と、
前記加熱パルスのパワーと、
前記加熱パルスのスポット直径と、
前記加熱パルスの印加の位置決めおよび角度と
を含む、方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 1 に記載の方法であって、前記集束される加熱源がレーザおよび電子ビームを含むグループから選択される、方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 1 に記載の方法であって、前記半導体コンポーネントは、シリコン、ガリウム砒素、シリコン - ゲルマニウム、周期律表の III - V 族および II - VI 族から選ばれた化合物、並びに、IV - IV 族合金を有する化合物を含むグループから選択される物質を有する基板を備える、方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 1 に記載の方法であって、ドーパントは、ホウ素、リン、アルミニウム、アンチモン、砒素、ガリウム、インジウム、リチウム、タリウムおよびビスマスを含むグループから選択される、方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 1 に記載の方法であって、前記第 1 のドープされた領域と前記第 2 のドープされた領域とが同じ水平面にあるように構成および配置されている、方法。

【請求項 2 0】

10

20

30

40

50

請求項 1 1 に記載の方法であって、前記半導体コンポーネントの製造後に第 1 の加熱パルスの印加の前にイオン打ち込みステップが必要とされない、方法。

【請求項 2 1】

半導体コンポーネントのインピーダンスを反復的に制御して変更する方法であって、前記半導体コンポーネントは、異なるドーパント濃度の 2 つの隣接するドープされた領域を備え、前記方法は、

a) 異なるドーパント濃度を有する第 1 のドープされた領域および第 2 のドープされた領域の各々の一部分を含む予め選択されたエリアへチューニングサイクルを印加することであって、前記チューニングサイクルは、

i) 前記予め選択されたエリアを溶融し、前記予め選択されたエリアのドーパントプロファイルを変更するのに十分な予め定められたパルス持続期間の間、集束される加熱源から、予め定められた加熱パルスを導くことと、前記パルスに引き続いて、溶融した前記予め選択されたエリアを変更されたドーパントプロファイルで固化するのを可能にすることとを含む加熱 / 冷却処理のステップと、

ii) 前記加熱 / 冷却処理に引き続く前記半導体コンポーネントの前記インピーダンスを決定するステップと、

iii) 予め定められたインピーダンスと、前記ステップ ii) から得られた前記インピーダンスを比較するステップとを含む、ことと、

b) 前記予め定められたインピーダンスが達成されるまで、前記チューニングサイクルを 1 回またはさらなる付加回数だけ繰り返すこととを含む、方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 に記載の方法であって、前記ステップ iii) の比較結果に基づいて前記予め定められたインピーダンスが達成されていないと判定される場合に、前記ステップ b) において、前記予め定められた加熱パルスの 1 つまたはさらなる特性が前記予め定められた加熱パルスの印加の前に調整される、方法。

【請求項 2 3】

請求項 2 1 に記載の方法であって、各加熱パルスの持続時間が 1.0 ピコ秒から 10 マイクロ秒までの間である、方法。

【請求項 2 4】

請求項 2 1 に記載の方法であって、各加熱パルスの持続時間が 1.0 フェムト秒から 1.0 ミリ秒までの間である、方法。

【請求項 2 5】

請求項 2 2 に記載の方法であって、前記加熱パルスの特性は、
前記加熱パルスの持続時間と、
前記加熱パルスのパワーと、
前記加熱パルスのスポット直径と、
前記加熱パルスの印加の位置決めおよび角度と
を含む、方法。

【請求項 2 6】

請求項 2 1 に記載の方法であって、前記集束される加熱源がレーザおよび電子ビームを含むグループから選択される、方法。

【請求項 2 7】

請求項 2 1 に記載の方法であって、前記半導体コンポーネントは、シリコン、ガリウム砒素、シリコン - ゲルマニウム、周期律表の III - V 族および II - VI 族から選ばれた化合物、並びに、IV - IV 族合金を有する化合物を含むグループから選択される物質を有する基板を備える、方法。

【請求項 2 8】

請求項 2 1 に記載の方法であって、ドーパントは、ホウ素、リン、アルミニウム、アンチモン、砒素、ガリウム、インジウム、リチウム、タリウムおよびビスマスを含むグル

10

20

30

40

50

プから選択される、方法。

【請求項 29】

請求項 21 に記載の方法であって、前記第 1 のドープされた領域と前記第 2 のドープされた領域とが同じ水平面にあるように構成および配置されている、方法。

【請求項 30】

請求項 21 に記載の方法であって、前記半導体コンポーネントの製造後に第 1 の加熱パルスの印加の前にイオン打ち込みステップが必要とされない、方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は半導体集積デバイスの分野に関し、特に、集束される加熱源を用いて半導体集積デバイスのインピーダンスを反復的および選択的にチューニングする（すなわち、変更および変化させる）方法および装置に関する。さらに詳しくは、本発明は、集束される加熱源、例えば、レーザの溶融作用によって 1 つ以上の隣接する高ドーパント濃度の領域からドーパントを制御しながら拡散させ低ドーパント濃度領域におけるドーパントプロファイル（dopant profile）を変更する（すなわち、ドーパント濃度を増加させる）ことにより、半導体集積デバイスのインピーダンスを選択的にチューニングする方法に関する。

10

【0002】

半導体集積デバイスの分野におけるレーザの利用は、いわゆる当業者には公知であり、例えば、Raffle et al. に対する米国特許第 4,636,404 号、Chapman et al. に対する米国特許第 5,087,589 号、および、Raffle et al. に対する米国特許第 4,585,490 号などが知られている。しかしながら、この分野において、レーザは、主としていろいろなコンポーネントの間でリンクを形成し、大きなランダムアクセスメモリーおよび複雑な VLSI 回路において冗長性を用いて欠陥を回避し、そして、回路の再構成または修復を行うために用いられてきた。例えば、米国特許第 4,636,404 号は、レーザを用いて、回路で側方に分離されている金属コンポーネントの間のギャップに導電性の低抵抗の架橋を形成する。米国特許第 5,087,589 号は、回路にイオン打ち込みを行った後に選択的な垂直導電リンク領域を形成することを開示している。さらに、米国特許第 5,585,490 号は、垂直に分離された金属層において、レーザパルスにリンク点をさらして結合させ垂直リンクを形成する方法に関する。したがって、集積回路に関連した当業者によるレーザの利用は、主として導電性のリンクやパスを、以前は何も存在していなかったところに作り出すことに向かっている。米国特許第 5,618,741 号および日本国特開昭 59-229838 号公報もまたレーザを利用した露光について記載している。

20

30

【0003】

従来の技術は、金属コネクタの間に導電性のリンクを作り出すための高強度のレーザパルスを発生できるレーザの利用を開示している。高出力のレーザパルスの加熱作用で、金属線を分離している酸化シリコン（または他の絶縁体）に破断やひび割れが生じる。レーザパルスの加熱作用はさらに、コネクタの金属の一部を溶融させ、溶けた金属が絶縁体のひび割れやクラックにしみこんで 2 つのコネクタの間でリンクを形成する。したがって、上記の特許で開示された方法は強力な単一レーザパルスの印加を必要とする。この単一レーザパルスの印加後は、それ以上レーザパルスは印加されない。したがって、これらの特許は低抵抗のリンクの形成に、すなわちレーザで拡散できるリンクの形成にのみ関するものであり、与えられたデバイスにおいてインピーダンスを正確に変更することにはいかなる意味でも関わっていない。

40

【0004】

しかし、レーザを用いて半導体集積デバイスのインピーダンスまたは抵抗を変化させることは当業者には公知である。この方法は、半導体集積デバイスのレーザトリミングと呼ばれることがある、シリコンクロム（silicon chromide）、シリコンセシウム（cesium silicides）、窒化タンタル（tantalum nitride）或いはニクロム（nichrome）などの材料で製造される抵抗性の薄膜構造を有する半導体デバイスに対してよく行われる。必要なまた

50

は所望の抵抗値を実現するために行われる半導体集積デバイスのトリミングは、この抵抗性の薄膜の一部をレーザで融除（すなわち、蒸発(evaporation)または焼き切り(burning off)）することによって達成される。言い換えると、レーザを用いて抵抗性の薄膜構造の一部を蒸発させ、残った抵抗性薄膜の量の変化によって半導体集積デバイスの抵抗値に変化が生じる。

【0005】

この方法には、いくつかの欠点および問題がある。この方法の主な問題の1つは、レーザ融除後の抵抗性薄膜の最終的な抵抗値が、薄膜の材料、レーザ融除によって除去された（すなわち、蒸発した）物質の量、および融除された部分のパタンまたは形、に依存するということである。したがって、もし、大きな抵抗の変化が必要な場合は、大きな面積を融除する必要があるが、集積回路が非常に小さなスケールのものである場合、それは不可能であろう。このように、従来のレーザ融除法は、一般に、回路が設計され製作された後で必要になる抵抗またはインピーダンスの変更に関して柔軟性に欠けている。レーザ融除法の別の大きな問題点は、融除後のトリミングされたデバイスの抵抗値が一定にとどまっていること、時間と共に変化することである。この抵抗性薄膜の抵抗値の時間による変化は、抵抗のドリフトとも呼ばれることがあります、レーザで融除された部分の長期的な焼き鈍し効果による可能性がある。この長期的な焼き鈍し、または“エイジング”、効果は、薄膜微結晶のサイズがゆっくりと減少することから生じ、時間と共に薄膜の抵抗値をはつきりと増大させる可能性がある。この変化は、集積回路特性の時間による劣化を生じ、特性の小さな変化さえも許容されない分野においては極めて望ましくないものである。

10

【0006】

レーザトリミングのもう1つの問題は、薄膜の融除（または、蒸発）自体がまわりの集積回路に損傷を生じる可能性があるということである。例えば、蒸発プロセスからの残余物質（すなわち、融除された或いは蒸発した物質）が回路の隣接コンポーネントに飛び散ってそれらを損傷する可能性がある。さらに、抵抗性薄膜の蒸発に必要なレーザ出力が、場合によって、隣接する回路エレメントに熱損傷を生じ、その結果その半導体集積デバイスに予期しない望ましくない機能不全を引き起こすかもしれない。

20

【0007】

さらに、集積回路の標準的な製造プロセスには薄膜製造ステップが含まれていないことがある。したがって、抵抗性薄膜を製造するためには余分な蒸着ステップが必要になり、集積回路のコストと複雑さを増大させることになる。さらに、場合によっては、抵抗性薄膜を周囲の化学的な汚染から保護するために、レーザトリミングプロセスの後でパッシバーション層を回路に蒸着することが必要になる。この新たなステップは、製造プロセスの追加を必要とし、したがって、それに対応するコストの増加を生じる。

30

【0008】

集積回路の抵抗器をトリミングするための公知の方法または従来のレーザ融除法のさらに別の大きな問題点は、この融除法をうまく実行するためには薄膜抵抗器自体のサイズが比較的大きい必要があるということである。実際、製造許容公差やその他の制約のために、薄膜のサイズはレーザによって実際に融除されるエリアよりもずっと大きくなければならない。レーザで融除されるエリアを囲むこの無駄なエリアは、集積回路のアーキテクチャーの効率を大きく低下させる。余分なシリコンのために不必要的コストがかかるというだけでなく、大きな寸法が制約になり、特に高周波集積回路エレメントにとっては重大な制約になる。小型化が半導体産業にとって非常に重要になり、メーカーとユーザーがますます小さな高密度のデバイスを要求するようになるにつれて、集積回路の抵抗をトリミングするためのレーザ融除法は、不可能ではないとしても、非経済的で非実際的なものになってくる。

40

【0009】

最後に、集積された抵抗器の抵抗を変更するための公知のレーザ融除法のもう1つの問題点は、従来のレーザトリミング法は薄膜の抵抗値を増加させることしかできないということ、言い換えると、この方法は抵抗器の抵抗値を増加させるという一方向にしか働くこと

50

ができないということである。公知のレーザ融除法は、集積された抵抗器の抵抗を下げることができず、したがって、もし、トリミングの過程でオーバートリミングが起こり、得られた抵抗値が要求される用途に対して高すぎる場合も、これを逆転させて抵抗を下げるよう にトリミングする手段は何もない。したがって、ある回路のオーバートリミングは回路全体をスクラップにしてしまう。さらに、半導体集積デバイスのインピーダンスを変更するための、すなわち、増加または減少させるための、レーザその他の集束される加熱源の利用は、いわゆる当業者にはまだ知られていない。

【 0 0 1 0 】

したがって、本発明の目的は、集束される加熱源、例えば、集束されるレーザビームを用いて、半導体集積デバイスのインピーダンスを反復的および選択的にチューニングする方法および装置を提供することである。 10

【 0 0 1 1 】

また、集束される加熱源を用いて半導体集積デバイスのインピーダンスを反復的、選択的にチューニングする方法および装置であって、その方法が半導体集積デバイスの一部の融除または蒸発を含まないことを特徴とする方法および装置を提供することも本発明の目的である。

【 0 0 1 2 】

本発明の他の目的は、集束される加熱源からの一連の加熱パルスの溶融作用により低ドーパント濃度エリアに隣接する高ドーパント濃度エリアからのドーパントの制御された拡散を誘発し、それにより低ドーパント濃度エリアのドーパント分布プロファイルを正確に変更することによって半導体集積デバイスのインピーダンス値をチューニングする方法を提供することである。 20

【 0 0 1 3 】

本発明の他の目的は、シリコン (silicon)、ガリウム砒素 (gallium arsenide)、SiGe (シリコン - ゲルマニウム : Silicon-Germanium)、III - V 族半導体化合物およびII - VI 族半導体化合物を含む基板物質に製造される半導体集積デバイスのインピーダンス値を選択的にチューニングする方法を提供することである。

【 0 0 1 4 】

本発明のさらに他の目的は、半導体集積デバイスのインピーダンスを選択的に上向きチューニングおよび / または下向きチューニングする方法を提供することである。 30

【 0 0 1 5 】

本発明の他の目的は、低ドーパント濃度の領域によって分離された 2 つの高ドーパント濃度の領域を含み、この三つの領域が隣接している半導体集積デバイスをチューニングする方法を提供することである。

【 0 0 1 6 】

本発明のさらなる他の目的は、半導体集積デバイスの抵抗値をチューニングする方法であって、半導体集積デバイスの所望のまたは要求されるインピーダンス値に到達するように、加熱源を印加する毎に、加熱パルスの時間、加熱パルスの数、集束される加熱源の出力、集束される加熱源のスポット直径、集束される加熱源の位置および集束される加熱源の印加角度または配列を (必要に応じて) 再調整できることを特徴とする方法を提供することである。 40

【 0 0 1 7 】

本発明のさらに他の目的は、従来の CMOS またはバイポーラー製造プロセスによって製造される半導体集積デバイスの抵抗値を、製造ステップを追加することを必要とせずにチューニングする方法を提供することである。

【 0 0 1 8 】

本発明のまたさらに他の目的は、半導体集積デバイスの抵抗値をチューニングする方法であって、加熱パルスがデバイスの抵抗をチューニングするのに十分な出力を有しながらも、周りのデバイスのエレメントを損傷する可能性がなく、回路の時間的な安定性および信頼性を高めることを特徴とする方法を提供することである。 50

【0019】

本発明のさらに他の目的は、半導体集積デバイスの抵抗値をチューニングする方法であつて、半導体集積デバイスのサイズが従来のレーザトリミングに用いられる抵抗薄膜よりも小さいことを特徴とする方法を提供することである。

【0020】

したがつて、本発明は、一般的な形態によると、半導体集積デバイスのインピーダンスを、第1のドーパント濃度を有する第1の領域から前記第1の領域よりも低いドーパント濃度を有する直接隣接する第2の領域へのドーパントの制御された拡散によって反復的、選択的かつ正確にチューニングする方法であつて、

前記第1の領域および前記第2の領域の各々の一部分にまたがる選択されたエリアへ集束される加熱源を導くステップと、 10

前記集束される加熱源からの加熱パルスをそれに印加し、前記加熱パルスが前記選択されたエリアを溶融して前記第1の領域から前記第2の領域へのドーパントの制御された拡散を可能にするステップと、

前記溶融した選択されたエリアを固化させて、前記固化した選択されたエリアが今度は前記第1の領域および前記第2の領域のドーパント濃度の中間にあるドーパント濃度を有する第3の領域になるステップと、

前記半導体デバイスのインピーダンスを測定して、前記インピーダンスが必要とされるものより高いか低いかを判定するステップとを備え、

前記インピーダンスが必要とされるものよりも高い場合は、

前記集束される加熱源を前記第3の領域に隣接する第1の領域の一部分に導き、それに加熱パルスを印加し、 20

そこで、前記加熱パルスが前記第1の領域の前記部分を溶融し、さらに、前記隣接する第3の領域を溶融して、前記第1の領域の前記溶融した部分から前記溶融した第3の領域への追加ドーパントの制御された拡散を可能にし、且つ、前記溶融したエリアを固化させ、

前記インピーダンスが必要とされるものより低い場合は、

前記集束される加熱源を前記第3の領域に隣接する第2の領域の一部分に導き、それに加熱パルスを印加し、

そこで、前記加熱パルスが前記第2の領域の前記部分を溶融し、さらに前記隣接する第3の領域を溶融して、前記第3の領域から前記第2の領域の前記溶融した部分へのドーパントの制御された拡散を可能にし、且つ、前記溶融したエリアを固化させ、そして、 30

前記半導体集積デバイスの所望のインピーダンスが得られるまで反復的ステップを繰り返すことを特徴とする方法を提供する。

本発明のある実施の形態によれば、半導体コンポーネントの予め選択された領域の相対的ドーパントプロファイルを反復的に制御して変更する方法であつて、前記半導体コンポーネントは、異なるドーパント濃度の2つの隣接するドープされた領域を備え、前記方法は、

a) 異なるドーパント濃度を有する第1のドープされた領域および第2のドープされた領域の各々の一部分を含む予め選択されたエリアへチューニングサイクルを印加するステップであつて、前記チューニングサイクルは、 40

i) 予め定められたパルス持続期間が、前記予め選択されたエリアを溶融し、かつ、前記予め選択されたエリアの前記ドーパントプロファイルを変更するとともに前記パルスに引き続いて前記溶融され予め選択されたエリアを変更されたドーパントプロファイルで固化するのを可能にするのに十分となるように、集束される加熱源から、予め定められた加熱パルスを導く処理を備える加熱／冷却段階、

ii) 前記加熱／冷却処理に引き続く前記半導体コンポーネントの前記相対的ドーパントプロファイルを規定する段階、および、

iii) 予め定められた相対的ドーパントプロファイルで前記処理ii) から得られた前記相対的ドーパントプロファイルを比較する段階を備えるステップと、

10

20

30

40

50

b) 必要な場合には、前記予め定められた相対的ドーパントプロファイルが達成されるまで、前記チューニングサイクルを1回またはさらなる付加回数だけ繰り返すステップとを備えることを特徴とする方法が提供される。

本発明の他の形態によれば、半導体コンポーネントのインピーダンスを反復的に制御して変更する方法であって、前記半導体コンポーネントは、異なるドーパント濃度の2つの隣接するドープされた領域を備え、前記方法は、

a) 異なるドーパント濃度を有する第1のドープされた領域および第2のドープされた領域の各々の一部分を含む予め選択されたエリアへチューニングサイクルを印加するステップであって、前記チューニングサイクルは、

i) 予め定められたパルス持続期間が、前記予め選択されたエリアを溶融し、かつ、前記予め選択されたエリアの前記ドーパントプロファイルを変更するとともに前記パルスに引き続いて前記溶融され予め選択されたエリアを変更されたドーパントプロファイルで固化するのを可能にするのに十分となるように、集束される加熱源から、予め定められた加熱パルスを導く処理を備える加熱／冷却処理の段階、

ii) 前記加熱／冷却処理に引き続く前記半導体コンポーネントの前記インピーダンスを規定する段階、および、

iii) 予め定められた相対的ドーパントプロファイルで前記処理ii) から得られた前記インピーダンスを比較する段階を備えるステップと、

b) 必要な場合には、前記予め定められたインピーダンスが達成されるまで、前記チューニングサイクルを1回またはさらなる付加回数だけ繰り返すステップとを備えることを特徴とする方法が提供される。

【0021】

本発明の他の形態によると、第1のドープされた領域が第2および第3のドープされた領域を離隔して成る半導体集積デバイスのインピーダンスを前記第2および第3のドープされた領域から前記第1のドープされた領域へのドーパントの制御された拡散によって反復的かつ正確にチューニングする方法であって、

前記第1のドープされた領域の少なくとも一部分と前記第2および第3のドープされた領域の各々の少なくとも一部分を含む選択されたエリアに集束される加熱源を導くステップと、

前記選択されたエリアに少なくとも1つの加熱パルスを印加し、前記加熱パルスの各々によって前記第1のドープされた領域の前記部分と前記第2および第3のドープされた領域の各々の前記部分を溶融するステップと、

前記単数または複数の加熱パルスの各引き続く印加の間に前記溶融した部分を固化させるステップとを備え、前記溶融および固化の各サイクルが前記第2および第3のドープされた領域の前記部分から前記第1のドープされた領域の前記部分へのドーパントの制御された拡散を可能にしていることを特徴とする方法が提供される。

【0022】

本発明のある実施の形態によると、半導体集積デバイスのインピーダンスを、あるドーパント濃度（すなわち、高い濃度）を有する1つ以上のエリアから1つ以上のもっと低濃度のエリアへのドーパントの制御された拡散を引き起こす一連の連続ステップによってチューニング（すなわち、変更、変化、調整、増加、減少等）する方法が提供される。インピーダンスという表現は抵抗と容量の両方を含み、半導体集積デバイスのインピーダンスを変更するということは半導体集積デバイスの抵抗および／または容量を変更することであると理解される。制御された拡散という表現は、集束されるエネルギーが注意深く、計算され、測定されて半導体集積デバイスに印加され、その結果、制御されたおよび／または決定可能な量のドーパントがあるエリアからドーパント濃度がもっと低い隣接するエリアへ拡散され、2つの隣接エリアの間の（相対）ドーパント濃度に、そして結果としてインピーダンスに、変化が生じるということを意味するものと理解される。制御された拡散は、高出力レーザからの無差別パルス（すなわち、爆発的エネルギー）の印加から生じる最大の拡散と対置（すなわち、区別）される。したがって、本発明の制御された拡散は、従

10

20

30

40

50

来の技術が開示している方法で最大の拡散から区別される。したがって、本発明は、半導体集積デバイスのインピーダンスを、前記半導体集積デバイスの2つ(以上)の隣接エリアの相対ドーパント濃度に変化を生じさせることによって変更する方法を教示するものであり、この相対ドーパント濃度の変化はいくつかの引き続く反復的ステップによって遂行され、その各ステップは高いドーパント濃度の1つ以上のエリアから低いドーパント濃度の1つ以上のエリアへのドーパントの制御された拡散を生じさせる。半導体集積デバイスの1つ以上のエリアの局所ドーパント濃度をこのようにして選択的に変更することができる。

【0023】

本発明のある実施の形態によると、半導体デバイスをチューニングすることができるが、この表現(チューニングされるまたはチューニング)は半導体集積デバイスのインピーダンスを、増加であれ減少であれ、変更、調整、変化させることができるということを意味するものと理解される。さらに、チューニングの他に、本発明はまた半導体集積デバイスの微細チューニングを必要とすることがあるが、これはインピーダンスがいったん粗くチューニングされた後に微細にチューニングされる(すなわち、微細にまたは高精度で、調整される)ことを意味するものと理解される。微細チューニングは、この方法におけるはつきりした一連のステップが関わることも、単に正規のプロセスにおける1つの付加ステップに過ぎないこともある。本発明の一般的な形態によると、ここで開示される方法は、半導体集積デバイスが製造された後、前記第1回目の加熱パルスの印加の前にイオン打ち込みステップを必要としない。

10

【0024】

本発明のある実施の形態によると、半導体集積デバイスのチューニングは反復的に、すなわち、反復技法または方法を用いて、遂行される。ここで、反復的にまたは反復技法という表現は、継起する一連の操作が順次望ましい結果により近くなる結果を生むようなプロセス、活動または手順を意味するものと理解される。したがって、本発明の個々の実施の形態の目的は反復技法によって遂行され、集束される加熱源からの引き続くパルス(すなわち、1つ以上のパルス)の印加によって半導体集積デバイスの与えられた部分に必要なまたは望まれるドーパントプロファイルにますます近くなるドーパントプロファイルが順次得られる。例えば、第1回目のレーザ印加で必要なインピーダンス変化の80%が生じ、第2回目のレーザ印加で必要なインピーダンス変化の91%が生じ、第3回目のレーザ印加で必要なインピーダンス変化の98%が生じ、第4回目のレーザ印加で必要なインピーダンス変化の100%が生じることもある。しかし、必要なまたは所望のインピーダンス変化を達成するためにもっと多い回数のまたは少ない回数のレーザ印加が必要とされるのは言うまでもなく、また、必要なインピーダンス変化が1回か2回という少ない回数のレーザ印加で達成されることがあるということも理解されるであろう。

20

30

【0025】

本発明の一般的な実施の形態によると、半導体集積デバイスはいくつかのコンポーネントを含む。この中にはドーパント、例えばn型またはp型ドーパント、がドープされたエリアが含まれる。デバイスのいろいろなエリアのドーパント濃度は、その用途および応用によって異なり、例えば、与えられたドーパント濃度のエリアがあり、それに隣接してもっと高いまたはもっと低いドーパント濃度のエリアがある。したがって、ある実施の形態によると、あるドーパント濃度の第1のエリアと、それに隣接する(相対的に)低いドーパント濃度の第2のエリアがある。理解されるように、第1および第2のエリアのドーパント濃度の差は、各エリアの物理的および電気的な性質が異なるために十分なものであり、例えば、一方は電流を導くのに他方は導電性がない、或いは電流を導く相対的な能力に差がある。したがって、本発明は、半導体集積デバイスの隣接するエリアの相対的導電能力を前記エリアの相対的ドーパント濃度を変えることによって変化させる方法に向けられている。

40

【0026】

本発明のある特定の実施の形態によると、第1のドープされたエリアともっと低いドーパ

50

ント濃度を有する第2のドープされたエリアの間の相対的ドーパント濃度を変化させるために次のような反復的ステップが実行される。すなわち、集束される加熱源が選択されたエリアを標的にして向けられ、この選択されたエリアは第1のドープされたエリアの一部分、および第2のドープされたエリアの一部分、または全部を含む、すなわち、選択されたエリアは第1および第2のドープされたエリアの間の境界にまたがっている。理解されるように、この選択されたエリアは一般に丸く、第1および第2のドープされたエリアの間の境界に一様にまたがることも、そうでないこともある。選択されたエリアが標的に定められると、この選択されたエリアに集束される加熱源から第1回目の（加熱）パルスが印加され、この加熱パルスによって選択されたエリアが溶融する。理解されるであろうが、第1のドープされたエリアの部分および第2のドープされたエリアの部分で選択されたエリアの外側にある部分も加熱パルスの印加によって溶融することがある。

【0027】

第1回目の加熱パルスが印加されると、選択されたエリアが溶融される、すなわち、固体状態から液体状態に変えられる。選択されたエリアが溶融している時間は非常に短くても良い、すなわち、10フェムト秒～10マイクロ秒というオーダーの時間であってもよい。しかし、選択されたエリアが溶融しているこの非常に短い時間は、第1のエリアからもっと低いドーパント濃度の第2のエリアにドーパントが拡散（すなわち、移動）するのを許すのに十分である。高いドーパント濃度のエリアから低いドーパント濃度のエリアへのドーパントの拡散は周知の原理に従って起こる。したがって、（制御された）拡散は非常に速やかに起こり、選択されたエリアが溶融している短い時間の間にも、低いドーパント濃度のエリアのドーパント濃度に認められるほどの変化を生じるのに十分なドーパントが拡散する。

【0028】

上述のように、溶融したエリアが液体にとどまるのはほんの短い時間、すなわち、実質的に加熱パルスが印加されている時間と同じ長さの時間である。したがって、溶融した選択されたエリアが固化したときには、選択されたエリアのドーパントプロファイルは変化しており、第1のエリアのドーパント濃度とともに低いドーパント濃度の第2のエリアのドーパント濃度の中間の濃度になっているであろう。

【0029】

前述のステップが遂行されると、反復的なプロセスのその後のステップを行うことができる。例えば、次のステップは、第1回目の加熱パルスの印加の結果達成された半導体集積デバイスの新しいインピーダンスの決定、すなわち、テストを含むものになる。このテストは公知のまたは所望のどんな方法に従って行ってもよく、その結果は必要なまたは所望の最終結果と比較される。

【0030】

以前の反復的ステップの結果として到達した半導体集積デバイスのインピーダンス値により、また必要なまたは所望の最終インピーダンスにより、この方法の次の反復的ステップを行うことが必要になる。例えば、インピーダンスが十分に減少していない場合、インピーダンスをさらに減少させるために、集束される加熱源が選択されたエリアにさらに印加される。すなわち、次の（すなわち、第2回目の）集束される加熱源の印加によって、半導体集積デバイスの選択されたエリア（の全部、または一部）がさらに溶融され、上述のように、第1のエリアからもっと低いドーパント濃度の第2のエリアへのドーパントのさらなる拡散を生じる。

【0031】

溶融されたエリアがもう一度固化すると、反復的プロセスの次のステップは、得られたインピーダンスの再テスト、およびこの得られたインピーダンスと必要な所望の結果との比較である。得られたインピーダンスがまだ必要なまたは所望の値になっていない場合、上で述べたと同様なプロセスで次の反復ステップが実行される。

【0032】

理解されるように、本発明のある実施の形態によると、反復的プロセスは、その最も一般

10

20

30

40

50

的な形では、半導体集積デバイスの 2 つ（以上）の隣接し当接するエリアの相対的ドーパント濃度に変化を生じさせる加熱パルスの印加、前記加熱パルスの印加で得られるインピーダンスのテスト、そして、もし必要または望むなら、このステップ 1 および 2 の繰り返しを含む。さらに理解されるように、加熱パルスの印加の後で到達したインピーダンスの決定の後に、それ以後の単数または複数の加熱パルスの特性の一部または全部を変更すなわち調整することができる。変更できる加熱パルスの特性はいろいろであり、次の加熱パルスの印加でインピーダンスの変化をさらにどれほど達成する必要があるかによる。したがって、例えば、1 回の加熱パルスの印加後にインピーダンスが必要な結果の相当大きなパーセンテージに達したと判定された場合、次の集束される加熱パルスの特性を変えて、一例として、集束される加熱パルスの出力を減らすこともできる。さらに別の例として、加熱パルスの印加の長さを減らすこともできるし、加熱パルスのビームの直径を小さくすることもできるが、全てインピーダンスを必要とされている結果に近づくように行われる。さらに、加熱源を印加する場所をずらす（すなわち、別の選択されたエリアを用いる）こともできるし、さらに、加熱源を印加する角度を変える、すなわち、角度 90° の印加から変えることもできる。さらに、異なる加熱源を用いることもできる。変更された加熱パルスの印加後、半導体集積デバイスをさらにテストして、例えば、必要なまたは所望のインピーダンス変化の実質的に全部が達成されたと判断された場合、加熱パルスの特性をさらに変更することができる、すなわち、加熱パルスの出力を再びさらに減少させる、加熱パルスの印加の時間もさらに減らす、など。しかし、以後の加熱パルスの特性をその後の印加について増加させることもできる、すなわち、加熱パルスの出力の一部または全部、印加の長さ、スポット直径等を増加させることもできる。言い換えると、印加される加熱パルスは、すべてが同一でなくても良いが、インピーダンスが反復的に所望の最終値に近づけられるにつれて、集束される加熱源の特性は減少、または、低下するということが予見される。

【 0033 】

本発明のある実施の形態によると、例えば、2 つの高ドーパント濃度のエリアが低いドーパント濃度のエリアによって分離されて成る形態および配置の半導体集積デバイスが提供される。したがって、低いドーパント濃度のエリアが高いドーパント濃度の 2 つのエリアの間で絶縁体として働く。この形態では、低いドーパント濃度のエリアのドーパント濃度は十分に低く、そこを何も電流が流れないか、または極めて少量の電流しか流れないようなものである。或いは、2 つの高ドーパント濃度のエリアが低ドーパント濃度のエリアによって隔てられ、この低ドーパント濃度のエリアがある程度の（すなわち、最小の）電流がそこを流れることを可能にしてもよい。2 つの高ドーパント濃度のエリアの間に配置された低ドーパント濃度のエリアである程度の電流が流れるためには、この三つのエリアのドーパントのタイプが同一であることが、すなわち、すべて n 型、または、すべて p 型であることが必要なのは言うまでもない。この実施例によると、本発明の方法を用いてそのドーパント濃度を変更することができ、したがって、半導体集積デバイスの何らかの部分に予め存在するインピーダンスを増加または減少させることができる。したがって、本発明のある実施の形態によると、本発明の方法を用いて半導体集積デバイスのインピーダンスを変更して、（何も電流が流れないのでなく）ある程度の電流が流れることができるようにすることができる。また、この実施の形態の方法は、もっと少しの電流しか流れることができないようにインピーダンスを変更することを可能にする。さらに、この方法は、何も（または、ほとんど何も）電流が（すなわち、何もそれ以上の電流が）流れることができないように、インピーダンスを変更することを可能にする。

【 0034 】

弱く（すなわち、低濃度に）ドープされた領域で用いられるドーパント（単数または複数）のタイプは、強く（すなわち、高濃度に）ドープされた領域で用いられるドーパントのタイプと同じでなくてもよい。例えば、強くドープされた領域が p 型ドーパントを用いている場合、弱くドープされた領域は p 型または n 型のいずれであってもよく、逆も真である。弱くドープされた領域と強くドープされた領域が各々同じタイプのドーパントでド-

10

20

30

40

50

プされている場合、非常に低いドーパント濃度で、弱くドープされた領域はある程度の（すなわち、最小の）量の電流を流すことができることは言うまでもない。しかし、半導体集積デバイスはまた、あるタイプのドーパント（すなわち、n型ドーパント）でドープされた強くドープされた領域を含み、弱くドープされた領域は異なるタイプのドーパント（すなわち、p型ドーパント）でドープされることがあるということは言うまでもない。この実施の形態によると、高いドーパント濃度のエリア（単数または複数）から低いドーパント濃度のエリアへ拡散するドーパントの量が十分に多く、弱くドープされたエリアにおける異なるタイプのドーパントの存在に対抗して、弱くドープされたエリアを通って電流が流れるようにすることができる。高および低濃度のエリアにおけるドーパントの濃度レベルは相当にばらつきがある。例えば、ドーパント濃度は、 1 cm^3 あたり 10^{12} から 10^{20} 個原子まで変動する。弱くドープされたエリアのドーパント濃度の範囲は、例えば、 1 cm^3 あたり 10^{12} から 10^{16} 個原子までの間であり、高ドーパント濃度のエリアのドーパント濃度は、例えば、 1 cm^3 あたり 10^{16} から 10^{20} 個原子までの間である。弱くドープされた領域と強くドープされた領域という用語は、第2のドープされた領域よりもドーパント濃度がほんの少し高い第1のドープされた領域を排除することを意図していないことは理解されるであろう。本発明にしたがって用いられるドーパントは、ホウ素（boron）、リン（phosphorus）、アルミニウム（aluminium）、アンチモン（antimony）、砒素（arsenic）、ガリウム（gallium）、インジウム（indium）、リチウム（lithium）、タリウム（thallium）およびビスマス（bismuth）を備えるグループから選択される。ドーパントは、シリコン（silicon）、ガリウム砒素（gallium arsenide）、シリコン-ゲルマニウム（silicon-germanium）、周期律表のIII-V族およびII-VI族から選ばれた化合物、並びに、IV-IV族合金を有する化合物を備えるグループから選択される材料から成る基質にドープされる。

【0035】

本発明にしたがって用いられる集束される加熱源は、レーザおよび電子ビームを備えるグループから選択される。さらに、前記集束される加熱源の加熱パルスのエネルギーは十分低く、半導体集積デバイスの損傷を回避することができる。

【0036】

本発明の他の実施の形態によると、半導体集積デバイスのインピーダンスを、第1のドーパント濃度を有する第1の領域から前記第1の領域よりも低いドーパント濃度を有する直接隣接する第2の領域へのドーパントの制御された拡散によって反復的、選択的かつ正確にチューニングする方法であって、

前記第1の領域および前記第2の領域の各々の一部分にまたがる選択されたエリアへ集束される加熱源を導くステップと、

前記集束される加熱源からの加熱パルスをそれに印加し、前記加熱パルスが前記選択されたエリアを溶融して前記第1の領域から前記第2の領域へのドーパントの制御された拡散を可能にするステップと、

前記溶融した選択されたエリアを固化させて、前記固化した選択されたエリアが今度は前記第1の領域および前記第2の領域のドーパント濃度の中間に有するドーパント濃度を有する第3の領域になるステップと、

前記半導体デバイスのインピーダンスを測定して、前記インピーダンスが必要とされるものより高いか低いかを判定するステップとを備え、

前記インピーダンスが必要とされるものよりも高い場合は、

- 前記集束される加熱源を前記第3の領域に隣接する第1の領域の一部分に導き、それに加熱パルスを印加し、前記加熱パルスが前記第1の領域の前記部分を溶融し、さらに、前記隣接する第3の領域を溶融して、前記第1の領域の前記溶融した部分から前記溶融した第3の領域への追加ドーパントの制御された拡散を可能にするステップと、

- 前記溶融したエリアを固化させるステップと、

- 前記半導体集積デバイスの所望のインピーダンスが得られるまで反復的ステップを繰り返すステップとを備え、

10

20

30

40

50

前記インピーダンスが必要とされるものより低い場合は、

- 前記集束される加熱源を前記第3の領域に隣接する第2の領域の一部分に導き、それに加熱パルスを印加し、前記加熱パルスが前記第2の領域の前記部分を溶融し、さらに前記隣接する第3の領域を溶融して、前記第3の領域から前記第2の領域の前記溶融した部分へのドーパントの制御された拡散を可能にするステップと、
- 前記溶融したエリアを固化させるステップと、
- 前記半導体集積デバイスの所望のインピーダンスが得られるまで反復的ステップを繰り返すステップとを備える方法が提供される。

【0037】

本発明の他の実施の形態によると半導体集積デバイスのインピーダンスを選択的に上向きまたは下向きにチューニングする方法が提供される。例えば、第1および第2のドープされた領域が第3のドープされた領域によって隔てられて成る半導体集積デバイスにおいて、第3の領域は第1或いは第2のドープされた領域よりも低いドーパント濃度を有し、上述のような反復的ステップによって前記第3のドープされた領域のドーパント濃度に変化を引き起こすことができる。しかし、この第3のドープされた領域のドーパント濃度が必要とされていた値でないと決定された（すなわち、測定された）場合、すなわち、今度は高すぎる、1つ以上の多すぎる反復ステップが用いられたと決定された場合、これらの領域にわたるドーパントプロファイルは使用できない可能性がある。通常、前記第3の領域へのドーパントの多すぎる拡散は問題があるが、しかし、本発明のこの他の実施の形態によると、前記第3のドープされた領域のドーパント濃度を選択的に変更すなわち下げることができる。これは、集束される加熱源を第3のドープされた領域とそれに隣接するもっと低いドーパント濃度を有する領域の全部または一部にまたがる選択されたエリアに向か、加熱パルスをそれに印加することによって遂行される。したがって、加熱パルスは、第3のドープされた領域とそれに隣接するもっと低いドーパント濃度を有する領域の全部または一部を溶融させる。したがって、この溶融は、前記第3の領域から前記もっと低いドーパント濃度を有する領域へのドーパントの拡散を引き起こす。ドーパントの拡散は、したがって、前記第3の領域のドーパント濃度を下げるのに十分であり、それによって第1、第2、および第3の領域にわたって必要なドーパントプロファイルが達成される。この追加の反復ステップは、第3の領域で適切なドーパント濃度を達成するために何回でも行うことができる。理解されるように、この新たな実施の形態はしたがって、誤りを修正または矯正することを可能にすることによって、半導体集積デバイスのドーパント濃度の変更においてより大きな柔軟性を可能にするものである。

【0038】

本発明のさらに他の実施の形態によると、制御された選択的な反復的チューニングに適したチューニング可能な半導体集積デバイスであって、

第1のドープされた領域と、

第2のドープされた領域と、

前記第1または第2のドープされた領域のいずれのドーパント濃度よりも小さいドーパント濃度を有し、前記第3の領域が前記第1のドープされた領域および前記第2のドープされた領域の各々に隣接するように構成および配置された第3の領域と、

前記第1のドープされた領域および前記第2のドープされた領域の各々の少なくとも1つが前記第3の領域に突出して配置された突起とを備える半導体集積デバイスが提供される。

【0039】

本発明のさらに他の実施の形態によると、制御された選択的な反復的チューニングに適したチューニング可能な半導体集積デバイスであって、

第1および第2の主チューニングアームであって、該第1および第2の主チューニングアームのいずれのドーパント濃度よりも低いドーパント濃度の領域によって離隔されている前記第1および第2の主チューニングアームと、

第3および第4の二次チューニングアームであって、該第3および第4の二次チューニン

10

20

30

40

50

グアームのいずれのドーパント濃度よりも低いドーパント濃度の領域によって離隔されている前記第3および第4の二次チューニングアームとを備え、

前記第3の二次チューニングアームは前記第1の主チューニングアームに結合するように構成および配置され、前記第4の二次チューニングアームは前記第2の主チューニングアームに結合するように構成および配置されている半導体集積デバイスが提供される。

【0040】

以下の発明は、図面を参照した以下の詳細な記載からより理解されるであろう。

【0041】

図1は、本発明の一実施例に係る方法のあるステップを示すチューニング可能な半導体集積デバイスの断面図である。チューニング可能な半導体集積デバイス1はいろいろな層を含み、例えば基板2を含む。この基板2は、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素、シリコン-ゲルメニウム、または、周期律表のIII-V族やII-VI族からの元素、或いは、IV-IV族合金を含む化合物を備えるグループから選択された他の適当な半導体などの半導体物質を含む。チューニング可能な半導体集積デバイスは、図1で強くドープされた領域3および4として示される2つ以上の強くドープされた領域を含む。理解されるように、強くドープされた領域3および4は、十分な濃度のn型またはp型のドーパントのどちらかで強くドープされ、必要なまたは所望のプロファイルで、前記強くドープされた領域3および4が導電性をもつようになっている。例えば、ドーパントはリンであって、濃度は 1 cm^3 あたり 10^{16} から 10^{20} 個原子の間のオーダーである。この強くドープされた領域の厚さは、例えば0.25マイクロメーターであるが、与えられた製造プロセスの条件によってそれより大きいことも小さいこともある。さらに、強くドープされた領域の構成と配置も与えられた製造プロセスの条件による。

10

20

30

40

【0042】

チューニング可能な半導体集積デバイスは、さらに、強くドープされた領域3および4の中間に配置された弱くドープされた領域5を含む。弱くドープされた領域5は、強くドープされた領域3および4と同じドーパントでドープされていても、また、隣接する強くドープされた領域3および4に存在するものと異なるドーパントでドープされていることもある。弱くドープされた領域5は、強くドープされた領域3および4と隣接し、それに当接するように配置されている。弱くドープされた領域5におけるドーパントのタイプおよび濃度は、本発明の方法のステップを適用する前には強くドープされた領域3と4の間で何も電流が流れないようなもの、すなわち、弱くドープされた領域の電気抵抗が十分に高く、（全部ではないとしても大部分の）電流が強くドープされた領域3と4の間で流れるのが妨げられるようなものである。理解されるように、弱くドープされた領域のドーパントのタイプが強くドープされた領域のドーパントのタイプと異なる場合、デバイスは極性が反対になった2つのダイオードと同等であり、これは電流が流れることを許さない。また、領域3および4でも、領域5におけると同様に同じタイプのドーパントが用いられている場合、弱くドープされた領域5におけるドーパントの濃度レベルが、ある程度の電流が強くドープされた領域3と4の間で流れることができるようなものである、すなわち、弱くドープされた領域5の電気抵抗がそこを流れる電流をすべてストップするほど高くなっていることがある。この実施の形態によると、この方法のステップを用いて弱くドープされた領域の抵抗を必要に応じて変更、すなわち、下げたり上げたりすることができる。図1に示される形では、半導体集積デバイスは、窒化シリコンSi₃N₄などのパッシバーション層(passivation layer)7を含むものとして示されている。さらに、デバイスはまた、二酸化シリコンSiO₂などの酸化物層₆を含むものとして示されている。

30

【0043】

さらに、図1に示されるように、矢印8は半導体デバイス1への集束される加熱源パルスの印加方向を示す。理解されるであろうが、集束される加熱源は（図示しない）半導体集積デバイス1の上方に配置され、パルス8をデバイス1に印加する。理解されるように、パルス8およびデバイス1の寸法は、同じスケールではない。

【0044】

50

図2に示されるように、弱くドープされた領域5は、強くドープされた領域3と4のほぼ中間に、それらを隔てるように配置されている。弱くドープされた領域5は、強くドープされた領域3と4を隔てる別の領域（それ自身のドーパント濃度とその他の特性を有する）であっても、或いは、単に基板2の一部であってもよい。さらに、弱くドープされた領域5は、強くドープされた領域3と4の境界エッジ15と17がそれぞれ弱くドープされた領域5に直接接触するように構成および配置される。境界エッジ15と17は直線で、すなわち、1つの平面内に存在するように示されているが、前記境界エッジ15と17は曲線、或いは、傾斜等であってもよいことは言うまでもない。強くドープされた領域3と4の構成と配置、および、弱くドープされた領域5の構成と配置は、いくつかの異なる幾何形状を含む。例えば、図2は、強くドープされた領域3と4が各々が尖ったチップの形狀を有し、各チップの細い先端19と21がそれぞれ他方のチップに向いている。しかしながら、強くドープされた領域3と4の構成と配置、および、弱くドープされた領域5の構成と配置は、強くドープされた領域3と4から弱くドープされた領域5へ移動するドーパントをより良くコントロールできるようなものでなければならないので、領域3、4および5のそれぞれの形状は、別にいくつもの異なる形態があり得る。領域3、4および5のそれぞれの形状は、また、強くドープされた領域3と4の間のインピーダンスの変化をより良く制御できるように選ばれる。

【0045】

図3に目を向けると、図3には図1および図2に示されるようなチューニング可能な半導体集積デバイス1の断面図が示されている。集束される加熱パルス8（図1に示されている）が、弱くドープされた領域5の一部および強くドープされた領域3と4の隣接する部分、それぞれ19と21（点線で示されている），を溶融させている。溶融したエリアは溶融プール10と呼ばれる。図3に示される実施例では、強くドープされた領域3と4の一部分が溶融プール10に含まれることが示される。加熱パルス8（図1に示される）の印加後に溶融する強くドープされた領域3と4の範囲は、加熱パルスの特性、すなわち、パルスの出力、パルスの印加時間、パルスの直径等に依存する。例えば、加熱パルスの直径が強くドープされた領域3と4の一方または両方の一部を含むことも、或いは、集束される加熱源の直径は弱くドープされた領域5を十分包含するだけの広さしかないこともある。溶融プール10が長い時間溶融しているほど、強くドープされた領域3と4から弱くドープされた領域5へのドーパントの拡散も大きくなる。しかし、強くドープされた領域3と4から弱くドープされた領域5へ拡散するドーパントの量は、また、強くドープされた領域3と4のどれだけ多くが集束される加熱源8に捕らえられるかにもよる、すなわち、もし、強くドープされた領域3および/または4の大きな部分が溶融する場合、より多くのドーパントが拡散し、小さな部分しか溶融しない場合、少ないドーパントしか拡散しない。溶融プール10が溶融している時間の長さによるが、強くドープされた領域3から強くドープされた領域4へ溶融プール10を横切るドーパントプロファイルは一様でないであろう。

【0046】

図4に目を向けると、図4には図3に示された溶融プール10が固化した後のチューニング可能な半導体集積デバイス1の平面図が示される。理解されるように、（図3の）溶融プール10は今では領域30に変換しており、この領域30は中間のドーパント濃度を有する。すなわち、そのドーパント濃度は、強くドープされた領域3と4のドーパント濃度と弱くドープされた領域5のドーパント濃度の中間である。理解されるように、溶融プール10が溶融していた時間の間に、強くドープされた領域3と強くドープされた領域4からある程度の量のドーパントが弱くドープされた領域5へ拡散することができたので、この溶融プール10が固化した後、中間の領域30は、強くドープされた領域3、強くドープされた領域4、または弱くドープされた領域5のどれとも異なるドーパント濃度を有するようになっている。見られるように、中間のドープされた領域30は形がほぼ円形であり、それは集束される加熱源が印加された図2の選択されたエリアの形をほぼ反映している。

10

20

30

40

50

【0047】

図5に目を向けると、図5には本発明のある実施の形態に係わる方法のさらに別のステップを示す図4のチューニング可能な半導体集積デバイスの平面図が示される。見られるように、中間のドープされた領域30に別の選択されたエリア13が重なっており、この選択されたエリア13に、図1に示されるような集束される加熱源8がさらに印加される。理解されるように、集束される加熱源8の印加によって中間のドープされた領域30の、全部ではないとしても、大部分が溶融し、さらに強くドープされた領域3と4の一部、および弱くドープされた領域5の一部も溶融する。この新しいラウンドの溶融で、強くドープされた領域3と4の今度溶融したエリアから中間のドープされた領域30への新たなドーパントの拡散が生じる。中間のドープされた領域30が固化した後、中間のドープされた領域30のドーパント濃度は、強くドープされた領域3、強くドープされた領域4、または、弱くドープされた領域5のドーパント濃度と異なり、さらに、前に図4に示した中間のドープされた領域30とも異なるドーパント濃度になっているであろう。

10

【0048】

理解されるように、図1から図5までに示された反復的方法のステップは、中間のドープされた領域30に必要なまたは所望の最終ドーパントプロファイルを達成するために必要なだけまたは望むだけ何回でも繰り返すことができる。もし、中間のドープされた領域30に高いドーパント濃度が必要な場合には、反復的ステップを何回か、例えば5～15回、最大量の制御された拡散が起こるように繰り返す。逆に、もし、低いドーパント濃度が中間のドープされた領域30で必要な場合には、図1から図5までに示された反復的ステップが、例えば、ほんの1回か2回行われるので、中間のドープされた領域30のインピーダンスは高く、ドーパント濃度は強くドープされた領域3および4のドーパント濃度と比較して低くなる。

20

【0049】

次に図6に目を向けると、図6には半導体集積デバイスのインピーダンスを選択的にチューニングする方法の別のステップの平面図が示されている。半導体集積デバイスのインピーダンスを選択的にチューニングするとは、適用の必要に応じてインピーダンスを増加させたり減少させることができるということを意味すると理解される。例えば、本発明のある実施の形態によって、半導体集積デバイスのインピーダンスが目標の数字を超えて減少した場合、インピーダンスを増加させて必要とされる値にそれを引き戻すことが可能である。例えば、図6は本発明によるこの特定の実施の形態を説明するものであり、インピーダンスが、1つの方向で変更された後（すなわち、半導体集積デバイスのインピーダンスを図1から図5までに示されたステップで減少させた後）、今度はその半導体集積デバイスのインピーダンスを増加させることができることが必要になった場合を示している。これは、図1から図5までに示された反復的方法の前のステップでインピーダンスを大きく下げ過ぎた結果であるかもしれない、すなわち、所望の最終インピーダンス値を行き過ぎてしまつて、今度はデバイスのインピーダンスを増加させることが必要になった場合である。

30

【0050】

図6に示される方法は、また、図1から図5までに示された方法の前のステップとは無関係に、半導体集積デバイスのインピーダンスを変更する（すなわち、増加させる）のにも用いられる。例えば、半導体集積デバイスがいったん使用を開始した後、そのデバイスを新しいまたは異なる応用に合わせて変更する必要があると判断された場合、図6に示された方法を用いてそのインピーダンスを増加させることができる。

40

【0051】

図6に示される半導体集積デバイスは、強くドープされた領域3および4および弱くドープされた領域5および2を含む。さらに、中間のドープされた領域30が強くドープされた領域3および4を離隔するように配置され、さらに前記強くドープされた領域3および4の各々に当接している。いずれにしても、中間のドープされた領域30のドーパント濃度は弱くドープされた領域5および2のドーパント濃度よりも高い。本発明のある特定の実施の形態によると、中間のドープされた領域30のインピーダンスを増加させること

50

が望ましいまたは必要である場合、それはドーパントが中間のドープされた領域 3 0 から弱くドープされた領域 2 または 5 へドーパントが拡散するのに必要な条件を作り出すことによって達成できる。中間のドープされた領域 3 0 からのドーパントの移動を遂行することによって、中間領域 3 0 の電流搬送能力を低下させて強くドープされた領域 3 と 4 の間のインピーダンスを増加させることができる。

【 0 0 5 2 】

したがって、本発明のこの特定の実施の形態を遂行するために、集束される熱源をこの半導体集積デバイスに導いて、前記集束される加熱源が中間のドープされた領域 3 0 の一部または全部、および弱くドープされた領域 5 または 2 のすぐ隣接する領域を覆うようにすることができる。前記領域が参考符号 3 5 で記された選択されたエリアである。こうして、理解されるように、(図 1 に示されるような)集束される加熱源 8 の印加によって選択されたエリア 3 5 の全部または一部の溶融が起こり、それには中間のドープされた領域 3 0 の一部または全部が含まれ、同時に弱くドープされた領域 2 (または 5) のすぐ隣接する領域の溶融も生じる。選択されたエリアが溶融しているこの時間の間に、中間のドープされた領域 3 0 に存在するドーパント (その濃度は弱くドープされた領域 2 におけるドーパントの濃度より高い) は、周知の良く理解されている拡散プロセスによって、中間のドープされた領域 3 0 から弱くドープされた領域 5 へ拡散する。その結果として、ドーパントが中間のドープされた領域 3 0 から弱くドープされた領域 5 へ正味で失われ、中間のドープされた領域 3 0 で電荷を運ぶために利用できるドーパントの数が減少する。本発明のこの特定の実施の形態によると、選択されたエリア 3 5 は強くドープされた領域 3 と 4 のどちらの部分も含まないことが好ましいことは理解されるであろう。

【 0 0 5 3 】

上述のようなステップが遂行され、中間のドープされた領域 3 0 から弱くドープされた領域 5 へドーパントの拡散が起こったら、半導体集積デバイスのインピーダンスをテストして中間のドープされた領域 3 0 から十分なドーパントの拡散が起こったかどうかを判定する。インピーダンスが必要なまたは所望の量だけ変化していないと判定されたら、上述の反復的ステップを繰り返して、さらにドーパントを中間のドープされた領域 3 0 から弱くドープされた領域 5 へ拡散させる。また、デバイスをテストした後、多すぎるドーパントが中間のドープされた領域 3 0 から弱くドープされた領域 5 へ拡散したと判定されたら、すなわち、半導体集積デバイスのインピーダンスが今度は高すぎて、前記インピーダンスを減らすことが望まれると判定された場合、図 1 から図 5 までに示されたステップを繰り返すことができる。

【 0 0 5 4 】

図 7 および図 8 に目を向けると、そこには本発明のチューニング可能な半導体集積デバイス 1 の他の実施の形態の平面図が示されている。特に、図 7 に示されるように、強くドープされた領域 3 と 4 は、それぞれ他方を指した切れき形態を有するものとして示されている。この形態によると、(図 1 に示されたような)集束される加熱源の印加の結果として発生する溶融プール 1 6 は、強くドープされた領域 3 および / または 4 のより大きな面積を包含し、したがって、強くドープされた領域 3 および 4 から弱くドープされた領域 5 へのドーパントのより速い、コントロールされた拡散が可能になっている。さらに、図 7 に示されるようなデバイスは、対称なドーパント分布特性を有するデバイスの形成が容易である。また、図 8 に見られるように、強くドープされた領域 3 が尖った矢印の形態を有し、強くドープされた領域 4 が切れき形態を有する半導体集積デバイスの他の形態が示されている。

【 0 0 5 5 】

図 9 に目を向けると、図 9 にはチューニング可能な半導体集積デバイス 1 の他の形態が示されている。本発明のこの実施の形態によると、デバイスは、第 1 の主チューニングアーム 5 0 , 第 2 の主チューニングアーム 5 1 , 第 3 の二次チューニングアーム 5 4 および第 4 の二次チューニングアーム 5 5 を含む。弱くドープされた領域 5 2 が第 1 および第 2 の主チューニングアーム 5 0 と 5 1 を離隔し、別の弱くドープされた領域 5 3 が第 3 および

10

20

30

40

50

第4の二次チューニングアーム54と55を離隔しており、弱くドープされた領域53と弱くドープされた領域52は異なるサイズおよび形態であってもよい。この特定の実施の形態では、弱くドープされた領域52のドーパント濃度と第1および第2の主チューニングアーム50と51のドーパント濃度の差は、電流が何もそこを流れないようなものである。さらに、弱くドープされた領域53のドーパント濃度と第3および第4の二次チューニングアーム54と55のドーパント濃度の差は、電流が何もそこを流れないようなものである。

【0056】

図9に示された図に見られるように、この特定の実施の形態は異なるサイズのチューニングアームを備え、したがって、異なる電流を流す能力を備えている。理解されるであろうが、主チューニングアーム50と51は粗いチューニングアームとして、第3と第4の二次チューニングアームは微細チューニングアームとして用いることができる。微細チューニングという表現は、（非常に）精密なインピーダンス変化をそれによって達成できるということを意味すると理解される。二次チューニングアーム54と55の他に1つ以上の別の二次チューニングアームの対（図示しない）を設けて、それぞれの追加二次チューニングアームによって半導体集積デバイスの精密チューニング能力を強化することもできるということは言うまでもない。このように、例えば、もし、半導体集積デバイスの大きなインピーダンス変更が必要な場合には、上で詳しく述べたように、集束される加熱源が領域59に印加される。主チューニングアーム50と51の強くドープされた領域からそれぞれドーパントが拡散する結果として、第1および第2の主チューニングアーム50と51の間のインピーダンスを上述のような反復的な方法によって変えることができる。こうして得られたインピーダンスをテストした後、半導体集積デバイスのインピーダンスをさらに調整することが必要であると判定された場合、加熱パルスをさらに領域52に、同じ加熱パルス特性（すなわち、出力、印加時間等）で、または異なる特性で、印加することができる。

【0057】

また、さらにレーザパルスを領域52に印加する代わりに、集束される熱源を領域58に印加するという選択もある。このパルスは、領域52に印加されるパルス（単数または複数）と同じ特性のものであっても、異なる特性のものであってもよい。第3および第4の二次チューニングアームは主チューニングアーム50および51よりもずっと小さいので、弱くドープされた領域58に拡散させることができるドーパントの量は小さく、より良くコントロールされた拡散が可能になる。第1および第2の主チューニングアーム50と51の間のインピーダンスの変化および第3および第4の二次チューニングアーム54と55の間のインピーダンスの変化を組み合わせた作用によって、半導体集積デバイスのインピーダンスに得られる全体的な変化がより精密にコントロールできるようになる。さらに見られるように、この半導体集積デバイスにはさらに直列の抵抗器59aと59bが含まれている。

【0058】

図10に示されているのは、図9に示された半導体集積デバイスの電気的な概略図である。参照数字60は主または粗チューニングアームを表し、参照数字61は微細チューニングアームを表している。参照数字63と64は、集積デバイスに追加して半導体集積デバイスのチューニング可能な部分の電圧を制限できる直列の集積抵抗器20と21を表しており、全部が高インピーダンスデバイスを得るために、デバイスが直線的な電流／電圧特性を示すようにしている。

【0059】

図11および図12に目を向けると、そこにはレーザなどの集束される加熱源を用いて半導体集積デバイスのインピーダンスを変更するための装置100の一般的な実施の形態が図示されている。集積回路110が位置決めテーブル101に載せられ、集束される加熱源103によって生成される加熱源105が印加される。加熱源105は光学レンズまたは磁場レンズ107を用いて集積回路110に集束され、加熱源105を正確に整列させ

10

20

30

40

50

るためにカメラとミラーのシステムによって観察できるようになっている。図12は、装置100をさらに詳しく示している。レーザ103がシャッター116に結合され、その各々がコンピュータ108として示される制御システムによって制御される。コンピュータ108には、位置決め装置101の制御メカニズム109も結合されている。装置100はさらにカメラ112と光源114を備えている。装置100の他のコンポーネントはビームスプリッタ113と選択ミラー120である。

【0060】

図13に目を向けると、図13には半導体集積デバイスで与えられた抵抗を得るために必要な印加の回数の例を示すチャートが示されている。チャートは、反復的ステップで変えることができる集束される加熱源のいろいろな特性のいくつかを示している。第1欄は、集束される加熱源の印加の回数を示し、第2欄は、集束される加熱源の出力をミリワットで表し、第3欄は、集束される加熱源の印加時間を（マイクロ秒で）表し、第4欄は、集束される加熱源の直径をマイクロメーターで示し、最後の欄はこの例の半導体集積デバイスで達成された抵抗値である。例えば、第1回の印加は、出力が1400ミリワットの集束される加熱源を用いて、1.4マイクロ秒印加され、集束されたビーム源の直径は4マイクロメーターである。得られた抵抗は188.9オームである。同一の特性を有する第2回目の印加が行われ、半導体集積デバイスの抵抗は148.6オームに減少した。第3回目の印加では、レーザ印加の出力は変わらなかったが、印加時間は1.4マイクロ秒から0.96マイクロ秒に短縮され、得られた抵抗は142.8オームであった。第4回目の印加では、レーザのパワーは変わらなかったが、印加時間は0.48マイクロ秒に短縮され、得られた抵抗は141.4オームに低下した。第5回目の印加では、パワーは200ミリワットに減らし、印加時間は0.48マイクロ秒のままで、抵抗値は140.1オームに低下した。最後に、第6回目の最後の印加では、集束される加熱源の特性は変わらないままで、抵抗は140.0オームに低下した。見られるように、本発明のこの実施の形態による最後の反復ではデバイスのインピーダンスに0.1オームの変化が生じたが、これはデバイスの非常に微細なチューニングであると考えることができる。

【0061】

図13に示された表から見られるように、本発明のある特定の実施例の反復的プロセスは、半導体集積デバイスの抵抗値を集束される加熱源からのいくつかのパルスの印加によって漸進的に低下させ、その際加熱パルスの特性は、最終の所望の結果に漸進的に近づく結果を得るために、必要に応じて変更された。

【0062】

図14に目を向けると、図14には低い抵抗値を有するチューニング可能な半導体集積デバイスの電流-電圧カーブが示されている。所望の精密なインピーダンス特性を持つ半導体集積デバイスを得るために、弱くドープされた領域5（図1から図5までに参照数字5で示された）へのドーパントの拡散の非常に精密な制御が必要である。例えば、低いまたは非常に低いインピーダンス（すなわち、抵抗）の半導体集積デバイスが必要な場合には、本発明の実施の形態による制御された拡散は、かなりの量のドーパントが強くドープされた領域3および4から弱くドープされた領域5へ拡散することを必要とする。この実施の形態による最終結果は、例えば、図1～図5に示されるように、強くドープされた領域3から、（前は弱く）ドープされていた領域5を通って、強くドープされた領域4まで、ほぼ一様なドーパント分布を生成することである。このような状況では、チューニングされた半導体集積デバイスの電圧/電流カーブは、図14に示されるような高い直線性を示す。

【0063】

また、応用によっては高いインピーダンス（すなわち、抵抗）のデバイスを必要とすることがあるが、これは、強くドープされた領域3および4から弱くドープされた領域5への少量のまたは最少量のドーパントの制御された拡散によって得られる。その結果、この実施の形態によると、強くドープされた領域3および4の間の弱くドープされた領域5において非一様なドーパント分布が生じる。半導体デバイスにおける非一様なドーピングは非

10

20

30

40

50

線形現象を生み出すことが知られている。このような状況では、チューニングされた半導体集積デバイスの電圧 / 電流カーブは、図 15 に示されるような強い非線形特性を示す。

【 0 0 6 4 】

この問題を解決して高インピーダンスデバイスを得るために、通常の直列集積抵抗器 20 および 21 を付け加え、図 16 に示されるように、半導体集積デバイスのチューニング可能な部分の電圧を制限し、それが図 15 の直線的な領域で動作するようにすることができる。

【 0 0 6 5 】

図 16 は、図 15 に示されるものと同様な半導体集積デバイスの電圧 - 電流カーブを示しているが、ここでは半導体集積デバイスはさらに直列抵抗器 59a と 59b を含んでいる。これが、この装置の直線的な電流 - 電圧カーブを生み出す効果がある。

10

【 0 0 6 6 】

本発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって規定される制限内でのどのような他の実施例をも包含する。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の一実施例に係る方法のあるステップを示すチューニング可能な半導体集積デバイスの断面図である。

【 図 2 】 図 1 に示されたチューニング可能な半導体集積デバイスの平面図である。

【 図 3 】 図 1 に示されたチューニング可能な半導体集積デバイスの断面図であって、図 1 の加熱パルスの印加後にこのチューニング可能な半導体集積デバイスの一部が溶融している様子が示されたものである。

20

【 図 4 】 図 3 のチューニング可能な半導体集積デバイスの溶融した部分が固化した後のこのチューニング可能な半導体集積デバイスの平面図である。

【 図 5 】 図 4 のチューニング可能な半導体集積デバイスの平面図であって、本発明の一実施例に係る方法のさらに別のステップを示すものである。

【 図 6 】 チューニング可能な半導体集積デバイスの平面図であって、本発明の一実施例に係る方法のさらに別のステップを示すものである。

【 図 7 】 本発明のチューニング可能な半導体集積デバイスの他の実施例を示す平面図である。

【 図 8 】 本発明のチューニング可能な半導体集積デバイスのさらに他の実施例を示す平面図である。

30

【 図 9 】 本発明のチューニング可能な半導体集積デバイスのまたさらに他の実施例を示す平面図である。

【 図 10 】 図 9 に示されたチューニング可能な半導体集積デバイスの電気的な概略図である。

【 図 11 】 チューニングプロセスに用いられるレーザシステムの概略図である。

【 図 12 】 図 11 に示されたレーザシステムの概略図をもっと完全に示す図である。

【 図 13 】 一実施例の反復回数および与えられたパルスの他のデータを示す表を示す図である。

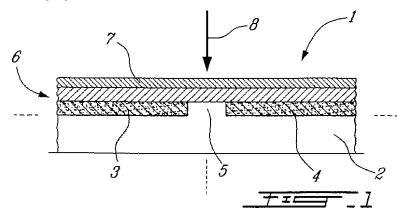
【 図 14 】 低い抵抗値を有するチューニング可能な半導体集積デバイスの典型的な電流 / 電圧カーブを示す図である。

40

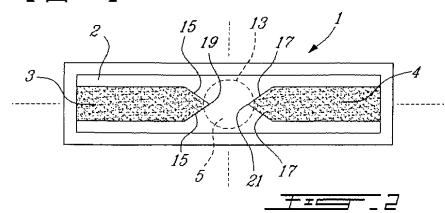
【 図 15 】 高い抵抗値を有するチューニング可能な半導体集積デバイスの典型的な電流 / 電圧カーブを示す図である。

【 図 16 】 直列抵抗器を用いたチューニング可能な半導体集積デバイスの典型的な電流 / 電圧カーブを示す図である。

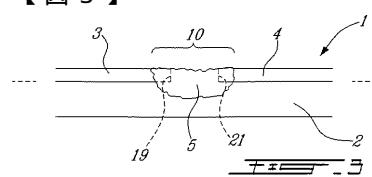
【図 1】



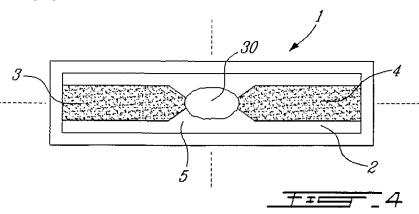
【図 2】



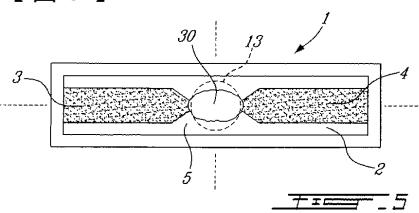
【図 3】



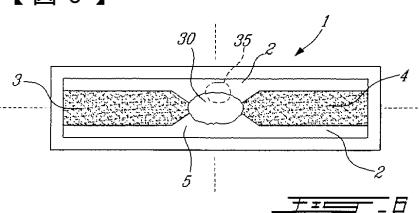
【図 4】



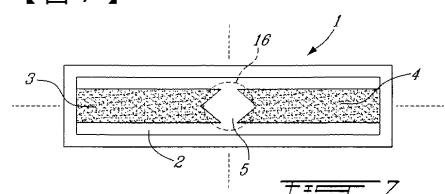
【図 5】



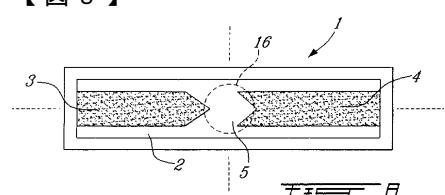
【図 6】



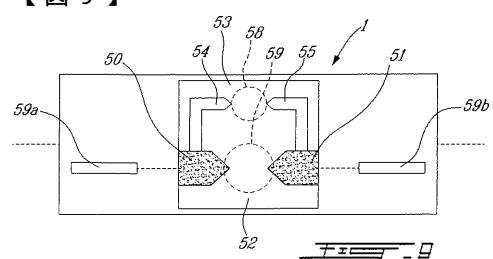
【図 7】



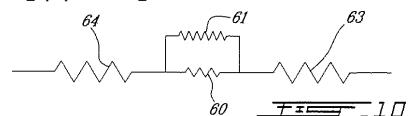
【図 8】



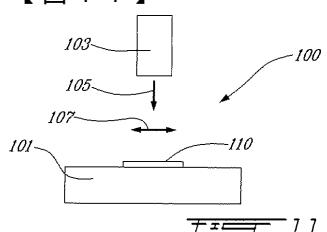
【図 9】



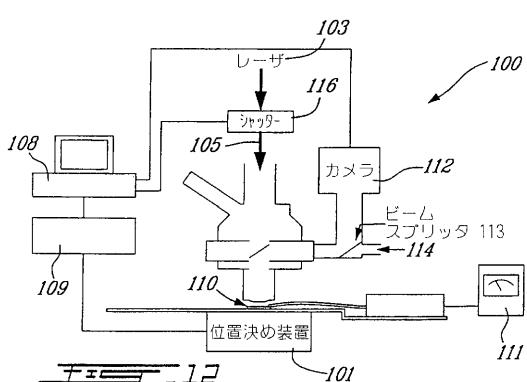
【図 10】



【図 11】



【図 12】

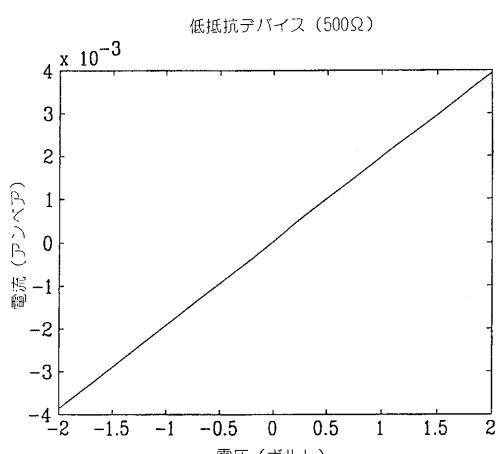


【図13】

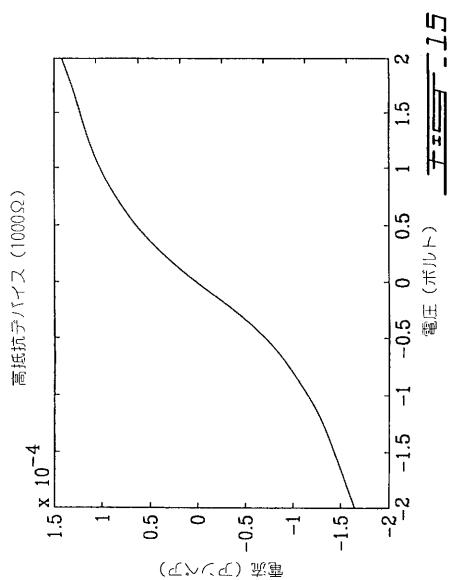
印加回数	パワー mW	印加 持続時間 (μ sec)	ビーム の直径 (μ m)	抵抗 (Ω)
1	1400	1,44	4	188,9
2	1400	1,44	4	148,6
3	1400	0,96	4	142,8
4	1400	0,48	4	141,4
5	200	0,48	4	140,1
6	200	0,48	4	140,0

図13

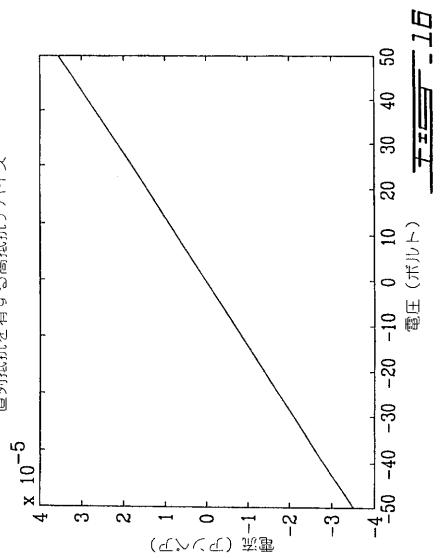
【図14】

図14

【図15】



【図16】

図16

フロントページの続き

(72)発明者 ガグノン , イプス

カナダ国 , ケベック エイチ2エム 2エス9 , モントリオール , エミール・フィリオン 161
3

(72)発明者 サバリア , イボン

カナダ国 , ケベック エイチ3エム 1ジェイ6 , モントリオール , シャーニー 2705

(72)発明者 ムニエール , ミッセル

カナダ国 , ケベック エイチ8ワイ 3エル2 , ピエールフォンズ , フェリックス マクラーナン
4949

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 特表平08-511380 (JP, A)

特開平06-013549 (JP, A)

特開平05-243499 (JP, A)

特開平03-289168 (JP, A)

特開昭59-229838 (JP, A)

特開昭56-033822 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H01L 21/822

H01L 21/22

H01L 21/268

H01L 27/04