

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5080456号

(P5080456)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日(2012.9.7)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/3205 (2006.01) HO 1 L 21/88 J  
 HO 1 L 23/522 (2006.01)  
 HO 1 L 21/768 (2006.01)

請求項の数 10 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2008-514107 (P2008-514107)	(73) 特許権者	507389646
(86) (22) 出願日	平成18年6月1日(2006.6.1)		フォルシュングフェアブント ベルリン
(65) 公表番号	特表2008-543072 (P2008-543072A)		エー. ファウ.
(43) 公表日	平成20年11月27日(2008.11.27)		ドイツ、12489 ベルリン、ルドヴェー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/062824		ーア ショセ 17
(87) 国際公開番号	W02006/128898	(74) 代理人	100069431
(87) 国際公開日	平成18年12月7日(2006.12.7)		弁理士 和田 成則
審査請求日	平成21年5月19日(2009.5.19)	(74) 代理人	100130410
(31) 優先権主張番号	102005026131.0		弁理士 秀原 裕二
(32) 優先日	平成17年6月1日(2005.6.1)	(72) 発明者	クリューガ、オラフ
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		ドイツ、12524 ベルリン、マルバン
(31) 優先権主張番号	102005042072.9		ヴェーク 132
(32) 優先日	平成17年8月31日(2005.8.31)	(72) 発明者	ヴェルフル、ヨアヒム
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		ドイツ、15738 ツァイテン、リュー
			ラリング 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウェハにおける垂直な電気コンタクト接続の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体デバイス製造のために、半導体ウェハ中に、前記半導体ウェハを貫通して前記半導体ウェハの表面から裏面に到る垂直電気コンタクトを作製する方法であって、

前記半導体ウェハの表面に保護レジストを塗布する第1のステップと、

前記保護レジストの前記垂直電気コネクトを作製すべき前記半導体ウェハ上のコンタクトパッドに対応する箇所に開口を設ける第2のステップと、

前記半導体ウェハの裏面から前記コンタクトパッドの中央を通るように貫通孔をレーザー穿孔する第3のステップと、

前記第3のステップの後に前記半導体ウェハを清浄化する第4のステップと、

前記半導体ウェハの裏面および前記第3のステップでレーザー穿孔した貫通孔の孔壁にめっきベース液を塗布する第5のステップと、

前記第5のステップで前記めっきベース液が塗布された前記半導体ウェハの裏面および前記貫通孔の孔壁に電気めっきにより金を塗布する第6のステップと、

前記第1のステップで塗布した保護レジストを除去する第7のステップと、

前記半導体ウェハの裏面の前記貫通孔の入口開口領域にはんだはじき層である濡れ防止層を設ける第8のステップと

を具備することを特徴とする方法。

【請求項2】

前記清浄化が緩衝フッ化水素酸により湿式化学的に行われることを特徴とする、請求項

10

20

1に記載の方法。

【請求項3】

前記濡れ防止層にチタンが使用されることを特徴とする、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

前記濡れ防止層がスパッタリングされることを特徴とする、請求項1から3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

前記濡れ防止層の塗布がシャドーマスクを用いて行われることを特徴とする、前記請求項1から4のいずれか1項に記載の方法。

10

【請求項6】

前記レーザー穿孔に紫外レーザーが使用されることを特徴とする、前記請求項1から5のいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】

前記めっきベース液の塗布が傾斜蒸着によって行われることを特徴とする、前記請求項1から6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

前記めっきベース液の塗布がスパッタリングによって行われることを特徴とする、請求項1から6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項9】

前記めっきベース液の塗布が化学的溶液成長によって行われることを特徴とする、請求項1から6のいずれか1項に記載の方法。

20

【請求項10】

前記レーザー穿孔のために、そのビーム径が作製すべき貫通孔の横断面より小さく、該ビームが該貫通孔の領域全体にわたって移動するレーザーを使用することを特徴とする、前記請求項1から9のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイス製造のために、半導体ウェハ中に、垂直な電気コンタクト接続（マイクロビア、*via: vertical interconnect access* = 垂直相互接続）、すなわち半導体ウェハを貫通してウェハ裏面に到るウェハ表面上のコンタクトを作製する方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

一段と進む電子デバイスの小型化により、周辺装置へのますますコンパクトな組み込みが要求されている。短い垂直接続は、電氣的接触の効率的な手段である。その上、高性能トランジスタにおける増幅の強化およびチップ単位の最大供給出力の引き上げには、表面のソース・コンタクトと裏面のアース電極の間に低インダクタンスの導電性結合を作製することが物理的理由から必要である。しかしこれは、技術的には必ずしも容易に実現できるものではない。

40

【0003】

電氣的に活性なGaN材料（窒化ガリウム）は、現在実際には単結晶ウェハ材料として利用できず、したがって、例えばSiCウェハ（炭化ケイ素）などの基板材料上でエピタキシャル成長させている。SiCは、非常に良好な熱伝導性と極めて高い化学的安定性および高い硬度に優れている。そのため、GaNトランジスタの裏面接触には、SiC製担体材料とその上に設けられるGaNエピタキシャル層を貫通穿孔する必要がある。構造化には、これまで実際には、特にその目的用に最適化された高性能プラズマ・エッチング反応器内での、反応性イオン・エッチングなどの乾式化学エッチングしか問題にされていない。しかし、SiCの典型的なプラズマ・エッチング速度は1μm/分と非常に低い。加

50



えて、プラズマ・エッチング技術の使用には、抵抗性エッチング・マスクの作製およびそのリソグラフィによる構造化が前提条件となる。

【0004】

レーザを使用することにより導電性の板にバイアの作製が可能であることは公知である。この技術では、特定の層間に電気接続を作成するために、銅層および誘電体層にレーザで開口をあけ、次いでそれをメタライズする。CO<sub>2</sub>レーザ、周波数通倍（グリーン）YAGレーザ、エキシマ・レーザおよびUV：YAGレーザに基づく様々なレーザ技術がある。

【0005】

上記バイアの作製については、例えば下記文献に記載されている。

— L. W. Burgess, 「Introducing Via-in-Pad Blind Via Technology to Any PCB Multilayer Fabricator」、IPC Printed Circuits Expo 1997、1997年3月9～13日、San Jose, CA、S15-2

— A. Cable, 「Improvements in High Speed Laser Microvia Formation Using Solid State Nd:YAG UV Lasers」、IPC Printed Circuits Expo 1997、1997年3月9～13日、San Jose, CA、S17-7

— M. D. Owen, 「Via drilling」、In: J. F. Ready, D. F. Farson (Edtrs.) : LIA Handbook of laser materials processing, Laser Institute of America, Magnolia Publishing (2001) 661-665

【0006】

半導体ウェハ中にマイクロバイアを作製するための、レーザ技術に基づく方法はこれまで知られていない。

【0007】

【非特許文献1】 L. W. Burgess, 「Introducing Via-in-Pad Blind Via Technology to Any PCB Multilayer Fabricator」、IPC Printed Circuits Expo 1997、1997年3月9～13日、San Jose, CA、S15-2

【0008】

【非特許文献2】 A. Cable, 「Improvements in High Speed Laser Microvia Formation Using Solid State Nd:YAG UV Lasers」、IPC Printed Circuits Expo 1997、1997年3月9～13日、San Jose, CA、S17-7

【0009】

【非特許文献3】 M. D. Owen, 「Via drilling」、In: J. F. Ready, D. F. Farson (Edtrs.) : LIA Handbook of laser materials processing, Laser Institute of America, Magnolia Publishing (2001) 661-665

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の課題は、炭化ケイ素、サファイアなどのような高い硬度と化学的安定性を有する材料からなる半導体ウェハ中にマイクロバイアを作製するための効果的な方法を提供することである。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

この課題は、本発明によれば請求項1に記載された特徴をもつ方法によって解決される。目的に合った実施形態は従属請求項の対象である。

## 【0012】

それによれば本方法は以下のステップを特徴とする。

- ー ウェハ表面に保護レジストを塗布する。
- ー ウェハ裏面と接続すべきコンタクトが塞がらないように、ウェハ表面の保護レジストを構造化する。
- ー ウェハ裏面から半導体基板、活性層および接続すべきウェハ表面上のコンタクトを貫通する貫通孔をコンタクト接続箇所にレーザ穿孔する。
- ー ウェハを清浄化する（破片除去）。
- ー ウェハ裏面およびレーザ穿孔した貫通孔にめっきベース液を塗布する。
- ー メタライズされたウェハ裏面および貫通孔に電気めっきにより金を塗布する。
- ー 保護レジストを除去する。
- ー ウェハ裏面の貫通孔の入口開口領域に濡れ防止層を設ける。

10

## 【0013】

SiCウェハの清浄化は、緩衝フッ化水素酸により湿式化学的に行うのが目的に適っている。

## 【0014】

濡れ防止層（脱湿潤層）にはスパッタリングできるチタンの使用が目的に適っている。濡れ防止層の塗布はシャドーマスクを用いて行うのが目的に適っている。

20

## 【0015】

レーザとしては紫外レーザが適しているが、波長355nmの周波数3倍化Nd:YAGレーザが好ましい。

## 【0016】

マイクロ・バイアスへのめっきベース液の塗布は多数の方法で行うことができる。傾斜蒸着、化学的溶液成長（無電流）が好ましく、あるいはスパッタリングも可能である。

## 【0017】

本発明の方法は、マイクロバイアが、硬質で化学的に不活性な基板材料中に消費時間を大幅に短縮して高い精度で作製できるという利点を有する。しかもエッチング・マスクは必要でなく、基板の薄化は行われない。

30

## 【0018】

本発明を、例示の実施形態に基づきより詳しく説明する。添付の概略図は、トランジスタ構造を備えるウェハおよび完成したマイクロバイアの横断面を示している。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0019】

ウェハは厚さ約250～400 $\mu$ mのSiC基板1からなり、その上に厚さ約2～3 $\mu$ mのAlGaN/GaN層スタック2がエピタキシャル成長されている。ウェハ表面側の層スタック2上にはトランジスタの接続コンタクト、すなわちドレイン・コンタクト、ゲート・コンタクトおよびソース・コンタクト3が設置されている。ソース・コンタクト3の電位をウェハの裏面（アース電極）に戻さなければならないが、これは、その孔壁5がメタライズされているマイクロバイア4を用いて行われ、それにより表面のソース・コンタクト3がウェハ裏面のアース電極と電氣的に接続される。

40

## 【0020】

以下では、本発明による方法の工程操作および得られる結果について記述する。加工済みの完成したGaNトランジスタまたはNMICは、ウェハ複合構造中にマイクロバイアを備える。まず、後続の工程ステップの際にウェハを保護するために、ウェハ表面に保護レジストが塗布される。第2ステップで、保護レジストが構造される、すなわち、その貫通穿孔すべきコンタクト・パッドに開口が設けられる。第3ステップで、貫通孔の出口開

50



口がウェハ表面上のトランジスタのソース・コンタクト3の中央を通るように、レーザによりウェハの裏面から穿孔される。続いて、穿孔ステップにおいて試料上に沈積した緩んだ粒子(破片)が、湿式化学的清浄化ステップで除去される。それには、緩衝フッ化水素酸中での超音波によるエッチングが適している。その後、めっきベース液が貫通孔に塗布される。同時に、ウェハ裏面に薄い金属層6が蒸着される。その際、試料は、孔壁5が完全に被覆されるように、傾斜位置に保持される。続いて、金属層6によって形成されるめっきベース層が、電気めっきにより厚さ約5 $\mu$ mの金属層7で補強される。このようにして、ウェハ側から緊密な金属層7を備える別の側への電氣的接続が作成される。

#### 【0021】

顕微鏡撮影により、貫通孔が接触パッドの中心を通っていることが証明される。レーザ穿孔の横断面から、孔壁5が完全にメタライズされていること、すなわち、金属層6/金属層7がウェハ裏面から接触パッドまで完全に被覆されていることがわかる。実現されるマイクロバイア4(中空リベット形バイア)の縦横比は4である。

#### 【0022】

後でウェハから製造されるデバイスをはんだ付けする際に、はんだがマイクロバイア4を通して噴水のように噴出し、はんだの飛沫および小球がデバイスの表面に沈積するのを防止しなければならない。そのために、裏面のバイア入口開口にチタンからなる濡れ防止層が塗布される。厚さ100nmの薄いチタン層が、既に存在する金属層7上にスパッタリングされ、これが、後ではんだがデバイス表面にまで噴水のように漏れ出るのを防止する。濡れ防止層は、シャドーマスクを用いて構造化されてウェハに施される。シャドーマスクは厚さ0.1mmの金属箔からなり、その中にレーザにより開口があげられる。金属箔中の開口のレイアウトはウェハ上のマイクロバイア4の配置に対応している。シャドーマスクの開口の直径は、ウェハ裏面のマイクロバイア4の入口径よりも少し大きいので、幅約40 $\mu$ mのチタン・リングがバイアの入口開口の周りに形成される。シャドーマスクおよびウェハの縁部に設けたそれぞれ4つの追加の貫通孔を用いて、両部品はダウエル・ピンにより互いに位置合わせされる、すなわち重ね合わされる。

#### 【0023】

後でウェハから製造されるデバイスをはんだ付けする際に、はんだがマイクロバイア4を通して噴水のように噴出し、はんだの飛沫および小球がデバイスの表面に沈積するのを防止しなければならない。そのために、裏面のバイア入口開口にチタンからなる濡れ防止層8が塗布される。厚さ100nmの薄いチタン層が、既に存在する金属層7上にスパッタリングされ、これが、後ではんだがデバイス表面にまで噴水のように漏れ出るのを防止する。濡れ防止層8は、シャドーマスクを用いて構造化されてウェハに施される。シャドーマスクは厚さ0.1mmの金属箔からなり、その中にレーザにより開口があげられる。金属箔中の開口のレイアウトはウェハ上のマイクロバイア4の配置に対応している。シャドーマスクの開口の直径は、ウェハ裏面のマイクロバイア4の入口径よりも少し大きいので、幅約40 $\mu$ mのチタン・リングがバイアの入口開口の周りに形成される。シャドーマスクおよびウェハの縁部に設けたそれぞれ4つの追加の貫通孔を用いて、両部品はダウエル・ピンにより互いに位置合わせされる、すなわち重ね合わされる。

#### 【0024】

保護レジストの除去は、濡れ防止層8(チタンはんだはじき層)の分離後に初めて行うこともできることに留意されたい。

#### 【0025】

非常に硬質で化学的に不活性なSiCの加工には、周波数3倍化Nd:YAGレーザが、除去速度、フレキシビリティおよび信頼性の点でよく適している。これらのレーザは、波長355nmの紫外スペクトル領域において高いエネルギーをもつ、パルス周波数が最高で100kHzまでのナノ秒パルスを提供する。レーザ・ビームは、試料テーブルのCNC制御による移動とガルボ・スキャナによるビーム偏向との組合せによってマイクロメートル単位の精度で移動される。画像認識およびエア充填式の高精度XYクロス・テーブルを用いて、工作物上に存在する構造に対して±1 $\mu$ mの精度でレーザ・ビームを位置決

10

20

30

40

50

めることができる。この精度は、レーザによる構造化を裏面で行い、(下方の)表面側に位置合わせマークがある場合でも達成される。

【0026】

できる限り平滑な壁をもつ幅100 $\mu\text{m}$ の貫通孔を作成するには、直径15~20 $\mu\text{m}$ のレーザ・ビームを試料上で、例えば円形に移動させるのが目的に適っている。

【0027】

ビーム放出下で試料テーブルのマイクロメートル単位の精度での精密な操作によって試料のそのときどきの加工箇所を位置決めし、次いでレーザ・ビームをミラーシステム(ガルボ・スキャナ)によって迅速に工作物上を移動させる、自動式穿孔方法を使用した。その際、厚さ250~450nmのSiCを使用した。走査型電子顕微鏡により、レーザ穿孔による穴がやや円錐形に近いこと、および平滑な壁が作成できることがよくわかる。

10

【0028】

SiC試料の抵抗測定により、表面と裏面の間で低抵抗の接続が可能であることが証明される。そのために、まず試料の片面全体に厚さ5 $\mu\text{m}$ の金属層をメタライズした。次いで、もう一方の面の穴から孔のマトリックスをレーザ穿孔した。穴の間隔は250 $\mu\text{m}$ ないし500 $\mu\text{m}$ であった。続いて、上記のとおり、穴を含めてこれらの面にメタライゼーションを行った。個々の穴を通して抵抗を測定する前に、個々の穴を互いに電気的に分離しなければならなかった。そのために、金属層に切り込みを入れて、それぞれ1つずつ貫通バイアを有する250 $\times$ 250 $\mu\text{m}^2$ ないし500 $\times$ 500 $\mu\text{m}^2$ の区画を得た。

20

【0029】

SiC試料を貫通した接触が、高い再現性で非常に均質に実現された。抵抗値は25~28m $\Omega$ である。207個のマイクロバイアの平均値は27 $\pm$ 0.5m $\Omega$ である。

【0030】

構成した様々なタイプのトランジスタに対する試験で、デバイスが機能的に有用であることが立証された。GaN加工技術においてレーザ穿孔によるマイクロバイアの実現に成功したことの証明は、トランジスタ特性曲線に基づいて行われた。

【0031】

テクノロジー試験から、GaN高性能電界効果トランジスタ用の単結晶SiCウェハ材料によるレーザ穿孔マイクロバイアが作成可能なことが明らかになっている。レーザによるマイクロ構造化が、デバイスの加工技術において成功裡に実現し得ることが証明できた。

30

【0032】

半導体ウェハの加工にレーザ・マイクロ加工を適用する前提条件は、ビーム中心点が $\pm$ 1 $\mu\text{m}$ 以上の高い位置決め精度を有することである。この精度は、存在するデバイス構造に対するビームの位置決めに関するものであり、表面の加工でも裏面の加工でも達成されねばならない。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】トランジスタ構造を備えるウェハおよび完成したマイクロバイアの横断面である。

40

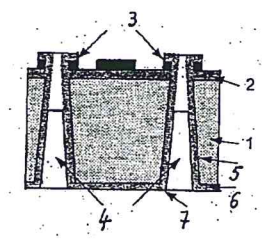
【符号の説明】

【0034】

- 1 SiC基板
- 2 AlGaN/GaN層スタック
- 3 ソース・コンタクト
- 4 マイクロバイア
- 5 孔壁
- 6 金属層
- 7 金属層

50

【図1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ショーネ、ゲルト

ドイツ、12524 ベルリン、ヴェヌスシュトラッセ 77

審査官 井上 弘亘

(56)参考文献 特開2000-260934 (JP, A)

特開2002-373895 (JP, A)

特開平11-251320 (JP, A)

特開平02-123738 (JP, A)

米国特許出願公開第2005/0104228 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3205

H01L 21/768

H01L 23/522



(Translation of the Certificate)

**CERTIFICATE OF PATENT**  
**Patent No.: 5,080,456**

Title of the Invention: Method for producing vertical electrical  
contact connections in semiconductor wafers

Patentee: Rudower Chausse 17, 12489 Berlin, Germany  
Nationality: Germany  
**Forschungsverbund Berlin E.V.**

Inventors: **KRÜGER, Olaf**  
**WÜRFL, Joachim**  
**SCHÖNE, Gerd**

Application No.: JP2008-514107

Filing Date: June 1, 2006

Registration Date: September 7, 2012

This is to certify that the patent is registered on the register  
of the Japan Patent Office.

September 7, 2012

Commisioner, Japan Patent Office

**IWAI Yoshiyuki (seal)**

Very truly yours,

**KIZUNA**  
INTERNATIONAL PATENT OFFICE

Encl.: a copy of form for Payment as filed  
Debit note



特許証送付先

住所

〒101-0047  
東京都千代田区内神田1丁目15番16号  
東光ビル4階 ぎざな国際特許事務所

氏名

和田 成則  
様

特許権設定登録通知書

特許番号 第5080456号  
登録日 平成24年 9月 7日  
出願番号 特願2008-514107  
出願日 平成18年 6月 1日  
請求項の数 10  
納付年分 第3年分まで  
受領金額 12,900円  
受領日 平成24年 8月30日



特許料の納付について

- ・特許権を維持するには、存続期間の満了(特許出願の日から20年)までの各年について所定の特許料の納付が必要です。
- ・第4年以降の各年分の特許料は、登録日(出願公告を経て特許になった場合は、公告日)の翌日を起算日として、納付済年分の満了日(以下「納付期限日」という)までに、次の年分の納付が必要です。
- ・納付期限日までに納付できなかつたときは、その期間の経過後6ヶ月以内であれば特許料を追納することができす。
- ・追納する場合は、納付すべき特許料のほか、その特許料と同額の割増特許料が必要です。
- ・追納できる期間内に納付しないときは、その特許権は、納付期限日にさかのぼって消滅したものとみなされます。
- ・特許料納付書の様式及び特許料の額については、以下を参照してください。  
特許庁ホームページ  
<http://www.jpo.go.jp/index.j.htm>

特許料納付期限日

納付年分	納付期限日
第4年分	平成27年 9月 7日
第5年分	平成28年 9月 7日
第6年分	平成29年 9月 7日
第7年分	平成30年 9月 7日
第8年分	平成31年 9月 7日
第9年分	平成32年 9月 7日
第10年分	平成33年 9月 7日
第11年分	平成34年 9月 7日
第12年分	平成35年 9月 7日
第13年分	平成36年 9月 7日
第14年分	平成37年 9月 7日

(注) 納付期限日が行政機関の休日にあたるときは、その日の翌日が期間の末日となります。

問い合わせ先 出願支援課登録室  
電話 03(3581)1101 (代表)  
特許担当 内線 2708



