

(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

特開平11-162874

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51) Int.Cl.⁶
H01L 21/283

識別記号

F I
H01L 21/283

C

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全5頁)

(21) 出願番号 特願平9-347162

(22) 出願日 平成9年(1997)12月1日

(71) 出願人 000002037

新電元工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 岩黒 弘明

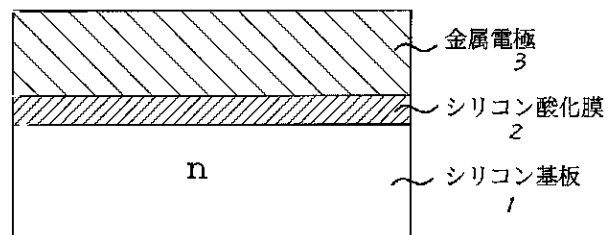
埼玉県飯能市南町10番13号新電元工業株式会社工場内

(54) 【発明の名称】 オーム性接合電極およびこれを用いた半導体装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 シリコン基板上に金属膜を形成してオーミック電極を形成するとき、そのシリコン基板の不純物の数は理論上 1 cm^3 当たり 10^{20} 個以上必要であるが、この不純物濃度より低いシリコン基板に対しても良好な低接触抵抗を示すオーム性接合電極を提供する。

【解決手段】 シリコン基板1とオーム接合用金属3との間にシリコンサブ酸化膜 $[\text{SiO}_x (x=0.5, 1.0, 1.5)]$ 2を介在せしめ且つ前記酸化膜の厚さを $0.3\text{ nm} \sim 2.25\text{ nm}$ としたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板とオーム接合用金属との間にシリコンサブ酸化膜〔 SiO_x ($x=0.5, 1.0, 1.5$)〕を介在せしめ且つ前記酸化膜の厚さを $0.3\text{ nm}\sim 2.25\text{ nm}$ としたことを特徴とするオーム性接合電極。

【請求項2】 n型シリコン基板を用い且つ前記基板の不純物濃度を 10^{16} cm^{-3} 乃至 10^{20} cm^{-3} としたことを特徴とする請求項1のオーム性接合電極。

【請求項3】 シリコン基板に能動領域を形成し、前記シリコン基板の表面もしくは裏面にシリコンサブ酸化膜〔 SiO_x ($x=0.5, 1.0, 1.5$)〕を介して電極金属を接合したことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はオーム性接合電極及びこれを用いた半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】シリコン電子デバイスを作る上で金属半導体接合は重要な要素である。この接合には、整流性を示すショットキー接合、他は整流性のないオーム性接合の2つがある。n型シリコン基板と金属を接触させて良好な低接触抵抗を示すオーム性接合電極を形成するには、理論上、シリコン基板の不純物濃度を 10^{20} cm^{-3} 以上にすることが必要である。実用的には、シリコン基板の不純物濃度が 10^{19} から 10^{20} cm^{-3} でオーム性接合を作っている。シリコンに不純物を多量に導入するために、イオン注入・熱処理法や不純物デポジション・熱拡散法などの方法が使われてきた。

【0003】最近のシリコンウェーハの大口径化に伴い、ウェーハの厚さは厚くなっている。縦型構造のパワーデバイスにおいては、ウェーハの厚さが厚くなることは、オ

(2)

ン抵抗の上昇を引き起こすことになるので、このオン抵抗の上昇を抑えるためにウェーハ表側のデバイスを作製した後、組み立て前にウェーハを裏側から削って薄くする。この裏側を薄くした後、裏側にオーム性接合電極を作製する。しかしながら、このときシリコン基板の不純物濃度は、 10^{20} cm^{-3} よりも低いことが多い。表側にデバイスがすでにできており、A1などの金属配線がなされているため、高温熱処理が困難であり、イオン注入・熱処理法や不純物デポジション・熱拡散法を使って意識的に不純物をシリコン基板に導入することはできない。又、特開平7-307306号に示すように半導体基板表面に電荷を内蔵する薄膜を設けてオーム性電極を形成することも提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような問題に対して、たとえシリコン基板の不純物濃度が 10^{20}

 cm^{-3} よりも低くても良好な低接触抵抗を示すオーム性接合を提供するものである。通常、シリコン基板の不純物濃度が低いとき、その上に金属膜を堆積させると、金属とシリコン基板の間でショットキー接触となる。このような場合でも、金属とシリコン基板の間にシリコン酸化膜を介することで、良好な低接触抵抗を示すオーム性接合を得る。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、シリコン基板とオーム接合用金属との間にシリコンサブ酸化膜〔 SiO_x ($x=0.5, 1.0, 1.5$)〕を介在せしめ且つ前記酸化膜の厚さを $0.3\text{ nm}\sim 2.25\text{ nm}$ としたことを特徴とする。

【0006】シリコン基板を熱酸化法やプラズマ酸化法で酸化させると、2酸化シリコン(SiO_2)がシリコン基板上には生成される。この2酸化シリコンとシリコン基板の界面には、2酸化シリコン(SiO_2)ではなく、サブシリコン酸化膜〔 SiO_x ($x=0.5, 1.0, 1.5$)〕が形成される。このサブシリコン酸化膜の厚さは界面から 2 nm 程度である。本発明の電極構造のシリコン酸化膜とは

(3)

このサブ酸化膜〔 SiO_x ($x=0.5, 1.0, 1.5$)〕のことである。金属膜とサブシリコン酸化膜とを接触させることによって、良好で低接触抵抗を示すオーム性接合が得られる。サブシリコン酸化膜の化学的な活性さによって、本発明の効果が得られるものと思われるが、詳細な理由は明確ではない。2酸化シリコン層と金属膜を接触させると、効果はまったくなくなる。

【0007】

【実施例】図1は本発明の一実施例を示す断面図で図中1はシリコン基板、2はシリコンサブ酸化膜、3は電極金属である。図2は本発明の酸化膜の厚さの有効性を調べるためのデバイス構造を示す。使用したシリコン基板は、抵抗率が $2\text{ m}\Omega\text{ cm}$ (不純物濃度： $8\times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$)のn+シリコン基板6に、抵抗率が $0.5\text{ }\Omega\text{ cm}$ (不純物濃度： 10^{16} cm^{-3})のシリコンエピタクシャル層5を $5\text{ }\mu\text{ m}$ 成長させたものを使用した。このエピタクシャル面はミラーポリッシュ加工されており、表面のひずみは小さい。

【0008】図2の構造を作製するための製造プロセスは、まず、シリコン基板を希沸酸で1分間洗浄した後、ドライ酸化法を用いて 800°C 、30分間酸化させた。酸化膜厚は約 3 nm である。次に、その酸化膜の厚さを変えるために希沸酸($\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=1:100$)液中に一定の時間だけ浸漬させた。この希沸酸で上記 3 nm の酸化膜を完全にエッチングするには、 100 秒の時間がかかった。さらに、上部電極4を形成するために、シリコンエピタクシャル層5の上にチタン膜をスパッタ法で 500 nm の厚さに堆積した後、ホトリソグラフィ技

術を使って図2に示すように0.9mm角にパターン化した。チタンの化学エッチングには希沸酸を使用した。エッチング時間は2.5分間である。ホトレジストは、沸騰硝酸を用いて除去した。最後に、シリコン基板の裏側にチタンを100nm、ニッケルを500nm、銀を100nm真空蒸着し、下部電極7を形成した。下部電極7はオーム性接合電極である。

【0009】(4)

図3は各HF浸漬時間に対する評価デバイス(図2)の電流-電圧特性を示すもので、図2において電極4をプラス(+)、電極7をマイナス(-)にした時を第1象限に示し(順方向特性)、又極性を逆にした時を第3象限に示した(逆方向特性)ものである。HF浸漬しない時(酸化膜の厚さ3nm)図中特性Aに示すように順方向、逆方向共、電流は全く流れない。HF浸漬時間を増加するのに伴って電流は両方向共流れ始め酸化膜が厚さ1.5nmで(浸漬時間50秒)で特性Bに示すオーミック特性が得られている。更に浸漬時間を増し約100秒で酸化膜はなくなり特性Cに示す整流特性(ショットキー特性)になった。

【0010】図4は図3の電流-電圧特性から接触抵抗の変化を示す値(ΔR)のHF浸漬時間依存性を示す特性図で横軸は浸漬時間S(秒)、縦軸に変化値 ΔR ($m\Omega cm^2$)を示す。なお、 ΔR は酸化膜を介さない従来デバイスの抵抗値(図3C)を基準に算出した。又、この時の抵抗値は第1象限の特性から求めた。この方法により接触抵抗以外の抵抗成分は相殺され、接触抵抗の変化のみ得られる。 ΔR の値がマイナス(負)であることは従来デバイスより接触抵抗が減少していることを意味する。このマイナス領域は図4から明らかなように浸漬時間で25秒~90秒の範囲即ち残余の酸化膜の厚さ2.25nm~0.3nmに相当する。

【0011】図5は酸化法を O_2 プラズマ照射法および基板を $2m\Omega cm$ にしたとき、接触抵抗が改善されるかどうかを調べるためのデバイス構造を示す。使用したシリコン基板は、抵抗率が $2m\Omega cm$ (不純物濃度: $8 \times 10^{19} cm^{-3}$)の n^+ シリコン基板6を使用した。この構造を作製するため、まず、シリコン基板を希沸酸で1分間洗浄した後、マイクロ波プラズマ照射装置で酸素プラズマをシリコンに照射させた。すなわち、シリコン基板の表側のみに酸素プラズマを照射させ、酸化させた。プラズマパワーを1000W、酸素圧を0.5 Torr、照射時間を2分とした。このときの酸化膜の厚さは2.5nmであった。次に、その酸化膜の厚さを変えるために希沸酸(HF:H₂O=1:100)液中に一定時間だけ浸漬させ、さらに、上部電極4を形成するために、シリコンの上にチタン膜をスパ

(5)

ッタ法で500nmの厚さに堆積した後、ホトリソグラフィ技術を使って0.9mm角にパターン化した。チタ

ンの化学エッチングには希沸酸を使用した。エッチング時間は2.5分間である。ホトレジストは、沸騰硝酸を用いて除去した。最後にシリコン基板の裏側にチタンを100nm、ニッケルを500nm、銀を100nm真空蒸着し、下部電極7を形成した。下部電極7はオーム性接合電極である。

【0012】図6は酸化膜厚に対するデバイスの(図5)電流-電圧特性を示したものである。この特性は、図5において上部電極4をプラス、下部電極7をマイナスにしたときと第1象限に描き、逆の場合を第3象限に描いている。HF浸漬をしないとき(酸化膜厚:2.5nm)、電流は順、逆の両方向とも流れていない(A)。HF浸漬を30秒行って、酸化膜の厚さを、1.6nmとしたとき、電流-電圧特性Bが得られた。さらに、浸漬時間を90秒行って酸化膜を完全にエッチングすると電流-電圧特性はCになった。図6から明らかなように、酸化膜を1.6nm残したときに得られた特性Bは酸化膜のないときの特性Cよりも抵抗は低減している。特性Cにおいてもオーミック特性が得られているのは抵抗率が $2m\Omega cm$ の基板を使用したためである。結果として、酸化膜を介した電極構造とすることでより低い接触抵抗を持ったオーミック特性が得られることがわかった。この実施例では、上部電極4の金属膜をチタンとしたが、チタン以外の金属膜たとえばクロムに対しても同様に本発明の効果を確認した。

【0013】図7は本発明の電極構造にパワーMOSFET(60V、40A級)のドレイン電極に適用したMOSFETの出力特性図で図中特性Bは従来例(酸化膜なし)特性Aは実施例を示す。従来例のドレイン電極構造の出力特性Bのオン抵抗は、 $19.04m\Omega$ であるのに対して、酸化膜を介したドレイン電極構造の出力特性Aのオン抵抗は、 $16.31m\Omega$ となり、酸化膜を介さない電極構造の出力特性のオン抵抗よりも約14.3%低下した。なお、MOSFETはアンチモン添加した抵抗率が $17m\Omega cm$ (不純物濃度約 $10^{18} cm^{-3}$)シリコン基板にソー

(6)

ス領域、ドレイン領域、ゲート等の能動領域を形成した後、ウェーハの裏側を削って薄くし、その表面に厚さ1.2nmのシリコン酸化膜をシリコン基板の裏側に形成した。その後、チタンを100nmの厚さだけ真空蒸着し、さらに引き続きニッケルを500nm、銀を1000nmの厚さだけ真空蒸着しドレイン電極とした。

【0014】

【発明の効果】本発明によれば、0.3~2.25nmのシリコンサブ酸化膜を金属膜とシリコン基板の間にはさむことにより、良好なオーミック接触電極が得られ、高性能デバイスの開発に極めて有効である。

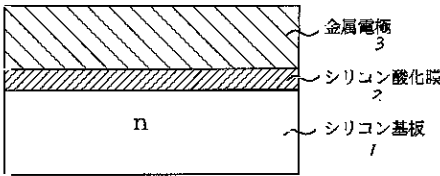
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す断面図

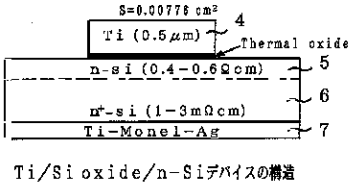
- 【図2】本発明の有効性を評価するデバイスの構造図
- 【図3】評価デバイスの電圧-電流特性図
- 【図4】HF浸漬時間依存性を示す特性図
- 【図5】他の評価デバイスの電流-電圧特性図
- 【図6】評価デバイスの電流-電圧特性図
- 【図7】本発明をMOSFETに適用した出力特性図
- 【符号の説明】

- 1, 6 シリコン基板
- 2 シリコンサブ酸化膜
- (7)
- 3 電極金属
- 4, 7 電極
- 5 エピタキシャル層

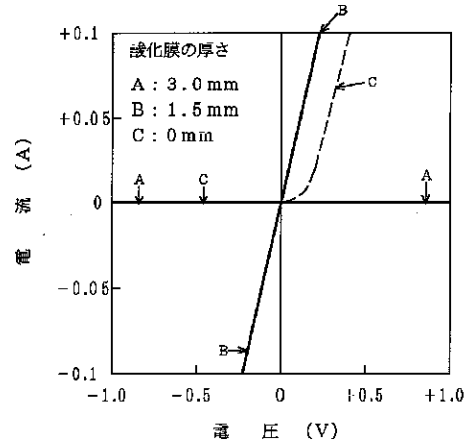
【図1】



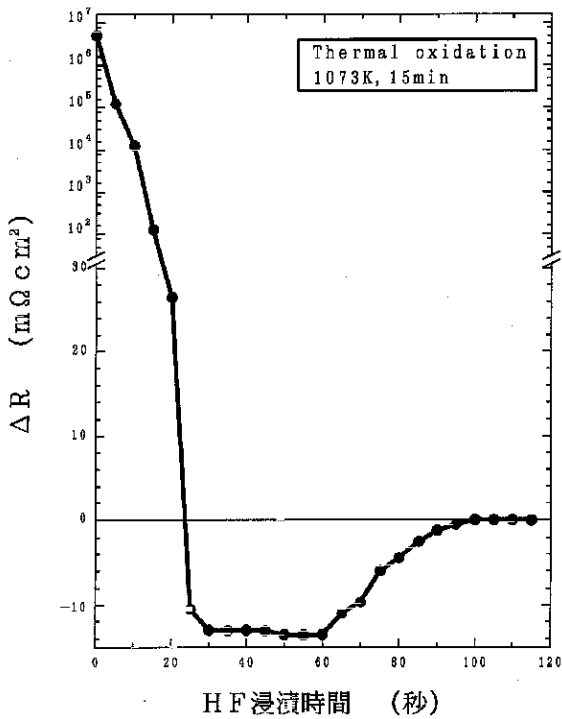
【図2】



【図3】

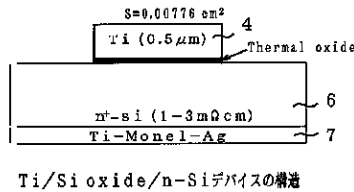


【図4】

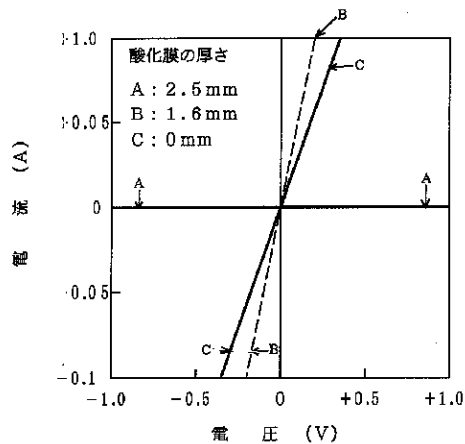


金属/熱酸化膜/n-Si構造における
ΔRの浸漬時間依存性

【図5】



【図6】



【図7】

