【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第２区分
【発行日】平成28年12月22日(2016.12.22)

【公開番号】特開2016-157911(P2016-157911A)
【公開日】平成28年9月1日(2016.9.1)
【年通号数】公開・登録公報2016-052
【出願番号】特願2015-169698(P2015-169698)
【国際特許分類】
Ｈ０１Ｌ　21/22　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　21/329　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　29/868　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　29/861　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　29/872　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　29/78　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　29/12　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　21/336　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　29/47　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０１Ｌ　21/22　Ｅ
Ｈ０１Ｌ　29/91　Ａ
Ｈ０１Ｌ　29/91　Ｆ
Ｈ０１Ｌ　29/86　３０１Ｄ
Ｈ０１Ｌ　29/78　６５２Ｄ
Ｈ０１Ｌ　29/78　６５２Ｔ
Ｈ０１Ｌ　29/78　６５８Ａ
Ｈ０１Ｌ　29/78　６５８Ｅ
Ｈ０１Ｌ　29/48　Ｆ
Ｈ０１Ｌ　29/48　Ｐ
Ｈ０１Ｌ　29/48　Ｄ

【手続補正書】
【提出日】平成28年11月7日(2016.11.7)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００３】
これに対し、ｎ型のＳｉＣ半導体基板の表面上にＡｌを蒸着して２００ｎｍ程度の厚みで成膜し、このＡｌ膜にレーザー光の光パルスを照射して、ＳｉＣ基板にｐ型の不純物ドープ層を形成する方法が提案されている（特許文献１参照。）。特許文献１に記載の発明においては、室温、約６．７×１０$^{-5}$Ｐａの低圧状態で、１Ｊ／ｃｍ^{2}程度のエネルギー密度の光パルス（ＫｒＦエキシマレーザー、波長２４８ｎｍ）を、照射時間２０ｎｓで、４発（４ショット）照射して、不純物元素のＡｌを、ｎ型のＳｉＣ半導体基板の表面に４×１０^{20}ｃｍ$^{-3}$レベルの濃度で導入する。しかし、特許文献１の技術を用いても、表面から５０ｎｍ～１００ｎｍレベルの深さにおいては、Ａｌの導入濃度は１×１０^{16}ｃｍ$^{-3}$レベルに留まる。この１×１０^{16}ｃｍ$^{-3}$レベルの値が特許文献１の技術における導入濃度の最下限値である。
【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３０】
ある照射フルエンスでドーピングを行うことが可能な最大膜厚x_{max}は、ドーピングを行うことが可能なＡｌ／ＳｉＣ界面での最低温度をT_{limit}（$x=x_{max}$）とすると下式が得られる。
【数１】

$$T_{limit}\left(x=x_{max}\right)=AF\exp\left(\frac{-x_{max}}{2\sqrt{D\tau}}\right) \quad \cdots(2)$$

式（２）より
【数２】

$$x_{max}=2\sqrt{D\tau}\ln\left(F\right)+2\sqrt{D\tau}\ln\left(\frac{A}{T_{limit}\left(x=x_{max}\right)}\right) \quad \cdots(3)$$

を得る。ここでＡｌの熱伝導率はｋ＝２．３×１０^{2}Ｗ／ｍＫ，比熱はρ＝０．９０Ｊ／ｇＫ、密度はＣ＝２．７ｇ／ｃｍ^{3}であるので、熱拡散係数Ｄは、
Ｄ＝ｋ／ρＣ　０．９５ｃｍ^{2}／ｓ　　…（４）
と求められる。よってレーザーパルス照射直後の熱拡散長αは、パルス幅が約５０ｎｓであるので、
【数３】

$$2\sqrt{D\tau}\fallingdotseq 4.4\times10^{3}\left(nm\right) \quad \cdots(5)$$

と求められる。また（３）、（５）式より
【数４】

$$x_{max}=4.4\times10^{3}\ln\left(F\right)+4.4\times10^{3}\ln\left(\frac{A}{T_{limit}\left(x=x_{max}\right)}\right) \quad \cdots(6)$$

を得る。
【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３５】
図２中の膜厚上限直線Ｌの右側には、丸印（○）をデータ点とする３個のプロットａ１～ａ３、三角印（△）をデータ点とする１個のプロットａ４及びプラス（＋）をデータ点とする１個のプロットｃ１が含まれている。３個の○印のプロットａ１～ａ３のうち図中右側の２個のプロットａ１，ａ２の場合、エネルギー密度Ｆはいずれも４．０Ｊ／ｃｍ^{2}程度であり、膜厚t_{f}はそれぞれ２４０ｎｍ程度と４８０ｎｍ程度である。また３個のプロットａ１～ａ３のうち図中左側の○印のプロットａ３及び△印のプロットａ４の場合、エネルギー密度Ｆはいずれも３．７Ｊ／ｃｍ^{2}程度であり、膜厚t_{f}はそれぞれ２４０ｎｍ程度と１２０ｎｍ程度である。また＋印のプロットｃ１の場合、エネルギー密度Ｆは４．０Ｊ／ｃｍ^{2}程度であり、膜厚t_{f}は１２０ｎｍ程度である。
【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３８

【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３８】
そして図２中の４個のプロットａ１～ａ４のように、光パルスのエネルギー密度Ｆの値と不純物源膜４の膜厚t_fの値との組み合わせ（Ｆ，t_f）が式（７）を満たすものであれば、１ショットで、対象物２の表面に不純物元素を高濃度、且つ、表面から深く導入することが可能となる。更に下限厚さt_{fmin}以上である３個のプロットａ１～ａ３では、光パルス照射後に対象物２の表面に不純物源膜４が少なくとも一原子層相当の膜厚分残存させて、対象物２の表面に電極を設けて半導体素子を形成した際に所望のダイオード特性を得られるように、表面の欠陥を許容範囲に抑えることができる。一方、下限厚さt_{fmin}＝２４０ｎｍ未満である○印のプロットａ４及び＋印のプロットｃ１の場合、ドーピングできても表面の欠陥の程度が大きくなり、電気特性が劣化する。
【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５３】
このとき、照射する光パルスのエネルギー密度Ｆは、４．０Ｊ／ｃｍ^{2}と高エネルギー状態であるので、光パルスが照射された不純物源膜４の照射領域では、Ａｌが飛躍的に活性化して溶融し、エピ層２２との界面ではＡｌがエピ層２２の内部に導入される。また不純物源膜４のレーザー光６側の表面には、アブレーションによるプルーム２４が生じ、照射領域の周囲にＡｌが飛散すると共に照射領域周辺には溶融流動領域が生じる。その結果、図７に示すように、照射領域Ｓでは不純物源膜４の膜厚t_fが減じると共に、照射領域Ｓと非照射領域との境界近傍の領域の一部には、溶融流動によりＡｌの一部が盛り上がる。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５４】
光パルスの照射後、照射領域Ｓの不純物源膜４の内部では、高エネルギーの光パルスの照射により、対象物２の上面の一部もアブレーションし、対象物２の表面欠陥をなす陥凹部Ｍ（段差）が、多様な深さをなして複数形成されるが、先行して行われたステップＳ２及びＳ３の処理により、照射領域Ｓに形成される陥凹部Ｍの分布状態及び最大深さｄが制御されている。陥凹部Ｍのエピ層２２の表面からの最大深さｄは、１２０ｎｍ～２００ｎｍ程度である。
【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５５】
また陥凹部Ｍの内側には、陥凹部Ｍを介してエピ層２２の表面に固着し、且つ、上方に突出する複数の突起部３が、多様な高さをなして形成される。突起部３のエピ層２２の表面からの最大高さｈは、１２０ｎｍ～２００ｎｍ程度である。また光パルスの照射領域Ｓには、光パルス照射後に不純物導入領域２ａの表面に少なくとも一原子層相当の厚さが残るように、不純物源膜４の一部が、複数の突起部３を覆うように一定の厚みで堆積して残留している。そのため、図８（ａ）のＳＥＭ画像の上面図に示すように、図中に略正方形

状で示されるショットの輪郭線の内側には、残留したＡｌ薄膜の淡い金属光沢が表れている。またショットの輪郭線の外側には、光パルス照射後にＡｌのアブレーションによって照射領域の周囲に溶融流動したＡｌ等により、黒みがかった色調で表れている。