(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3971864号
(P3971864)
(45)発行日　平成19年9月5日(2007.9.5)　(24)登録日　平成19年6月15日(2007.6.15)

(51)Int.Cl.		F I		
F16L 13/02	(2006.01)	F16L	13/02	
B23K 9/028	(2006.01)	B23K	9/028	B
B23K 9/16	(2006.01)	B23K	9/16	M
B23K 9/23	(2006.01)	B23K	9/23	B
B23K 37/00	(2006.01)	B23K	37/00	301B

請求項の数 3　(全 15 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平11-97060
(22)出願日　平成11年4月2日(1999.4.2)
(65)公開番号　特開2000-291850(P2000-291850A)
(43)公開日　平成12年10月20日(2000.10.20)
審査請求日　平成13年11月19日(2001.11.19)
審判番号　不服2005-18781(P2005-18781/J1)
審判請求日　平成17年9月29日(2005.9.29)

(73)特許権者　000231235
大陽日酸株式会社
東京都品川区小山一丁目３番２６号
(74)代理人　100064908
弁理士　志賀　正武
(74)代理人　100108578
弁理士　高橋　詔男
(74)代理人　100089037
弁理士　渡邊　隆
(74)代理人　100101465
弁理士　青山　正和
(74)代理人　100094400
弁理士　鈴木　三義
(74)代理人　100107836
弁理士　西　和哉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ステンレス鋼配管の接合方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ステンレス鋼管の端部を突き合わせて接合する方法であって、　ステンレス鋼管の端部の表面粗さを３０μｍ以下とし、

　突き合わせたステンレス鋼管内をバックシールドガス雰囲気下、又は真空環境下として酸化性ガスの含有量を１０ｐｐｍ以下とし、

　ステンレス鋼管の管の壁の外側部分のみを溶融して溶融接合部を形成し、この溶融接合部の溶け込み深さｔｗを、ステンレス鋼管の肉厚が１ｍｍを越える場合には、その肉厚ｔとして、ｔ－０．７≦ｔｗ＜ｔ（ｍｍ）とすることにより、

　ステンレス鋼管の管の壁の内側部分が固相接合部となるようにすることを特徴とするステンレス鋼配管の接合方法。

【請求項２】

　ステンレス鋼管の端部を突き合わせて接合する方法であって、　ステンレス鋼管の端部の表面粗さを３０μｍ以下とし、

　突き合わせたステンレス鋼管内をバックシールドガス雰囲気下、又は真空環境下として酸化性ガスの含有量を１０ｐｐｍ以下とし、

　ステンレス鋼管の管の壁の外側部分のみを溶融して溶融接合部を形成し、この溶融接合部の溶け込み深さｔｗを、ステンレス鋼管の肉厚が１ｍｍ以下の場合には、その肉厚をｔとして、ｔ＞ｔｗ≧０．３ｔ（ｍｍ）とすることにより、

　ステンレス鋼管の管の壁の内側部分が固相接合部となるようにすることを特徴とするス

テンレス鋼配管の接合方法。
【請求項３】
ステンレス鋼管が、半導体製造用ガスを流すためのものであることを特徴とする請求項１又は２記載のステンレス鋼配管の接合方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、半導体製造に係る半導体製造装置やガス供給用配管等に用いられるステンレス鋼配管の接合方法に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
半導体の製造設備や該製造設備へ半導体製造用の材料ガスを供給するための配管では、取扱われるガスの腐食性が強かったりするため、これらと接触する設備や配管は、耐食性が高いステンレス鋼が多く使用されている。そして、このステンレス鋼管を所定の長さに接続して配設する場合等の溶接においては、一般的にティグ溶接が多く使用されている。又、半導体製造設備やそれに付設するガス等の供給配管においては、これらガス等が流通する流路配管内にデッドスペースと称せられる不必要で余分な死角空間が出来るだけ存在していないこと望まれている。
【０００３】
即ち、配管内にこのデッドスペースが存在すると、該デッドスペースにパーティクル等の微小な粉塵が堆積し、この堆積したパーティクルは何等かの衝撃に誘引されて、流通するガスに同伴され、排出される。又、腐食性のガスを供給するような配管では、デッドスペースが存在すると、該デッドスペースに存在する水分を除去することは難しく、その水分に腐食性ガスが溶解し、隙間腐食を誘発せしめ易くなる。隙間腐食が生じると、金属腐食生成物が内面より剥離することとなり、この剥離した腐食生成物は不純物となってガスを汚染することとなっていた。
【０００４】
しかるに、上記したデッドスペースは、多くは配管や、設備の加工製造時、特に接続溶接加工時に形成される。例えば、ステンレス鋼管の接続溶接部が、溶け込み不足になった場合、その管の溶接部内面には溶接されていない突合せ部が残ってしまい、その微小隙間がデッドスペースとなる。そのため、溶接用溶融金属が溶接部の壁の内面までに達するように完全溶け込み溶接を行なうことが必要であるとされていた。
【０００５】
しかしながら、管の溶接部の内面まで溶融金属が達すると、溶融金属からヒュームと称せられる極微粒の金属粒が管内に発生することとなり、これが流通するガスを汚染する汚染源となることが、最近明らかになった。このようなことから、不純物の含有量が少ない高価なステンレス鋼管を使用することが望まれているが、いずれにしてもヒュームの発生は防止出来ないのが実情である。更には、完全な溶け込み溶接がなされた溶接部は、耐食性の低い溶接金属と熱影響部が存在するため、この範囲で腐食が発生する恐れがある問題をも有していた。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、ステンレス鋼配管における接合部の管内面にデッドスペースが生じることがなく、しかも接合部の内側でのヒュームに基づく金属微粒子による汚染が極めて少く、供給するガスが不純物で汚染されることがなく、接合部の耐食性が極めて良好なステンレス鋼配管を提供することと、このステンレス鋼配管を得るための接合方法を提供することを、本発明の課題とするものである。
【０００７】
【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するため、

請求項１に係る発明は、ステンレス鋼管の端部を突き合わせて接合する方法であって、
ステンレス鋼管の端部の表面粗さを３０μｍ以下とし、
突き合わせたステンレス鋼管内をバックシールドガス雰囲気下、又は真空環境下として酸化性ガスの含有量を１０ｐｐｍ以下とし、
ステンレス鋼管の管の壁の外側部分のみを溶融して溶融接合部を形成し、この溶融接合部の溶け込み深さｔｗを、ステンレス鋼管の肉厚が１ｍｍを越える場合には、その肉厚ｔとして、ｔ－０．７≦ｔｗ＜ｔ（ｍｍ）とすることにより、
ステンレス鋼管の管の壁の内側部分が固相接合部となるようにすることを特徴とするステンレス鋼配管の接合方法である。

【０００８】

請求項２に係る発明は、ステンレス鋼管の端部を突き合わせて接合する方法であって、
ステンレス鋼管の端部の表面粗さを３０μｍ以下とし、
突き合わせたステンレス鋼管内をバックシールドガス雰囲気下、又は真空環境下として酸化性ガスの含有量を１０ｐｐｍ以下とし、
ステンレス鋼管の管の壁の外側部分のみを溶融して溶融接合部を形成し、この溶融接合部の溶け込み深さｔｗを、ステンレス鋼管の肉厚が１ｍｍ以下の場合には、その肉厚をｔとして、ｔ＞ｔｗ≧０．３ｔ（ｍｍ）とすることにより、
ステンレス鋼管の管の壁の内側部分が固相接合部となるようにすることを特徴とするステンレス鋼配管の接合方法である。
請求項３にかかる発明は、ステンレス鋼管が、半導体製造用ガスを流すためのものであることを特徴とする請求項１又は２記載のステンレス鋼配管の接合方法である。

【０００９】

【発明の実施の形態】

本発明の接合法で得られたステンレス鋼配管の実施の形態について、図１及び図２を参照して説明する。

図１は、ステンレス鋼配管の接合部を説明するため、接合部の管軸方向に沿って切断した拡大部分断面図であり、図２は、同じく本発明のステンレス鋼配管の接合部を説明するため、接合部の管の径方向に沿って切断した断面模型図である。

【００１０】

このステンレス鋼配管は、ステンレス鋼管の端部を互いに突き合わせ、溶接して接合した接合部２を有するものであり、この接合部２は、管の壁の外側部分の溶融接合部Ｗと管の壁の内側部分の固相接合部Ｓとからなるものである。

溶融接合部Ｗは、両方の管の壁の外側部分の金属が完全に溶融して溶け合って接合された部分であり、固相接合部Ｓは、両方の管の壁の内側部分の金属が溶融しておらず、溶け合うことなく、固相のまま両者の金属原子が拡散して接合している部分である。

この接合部２の形成は、いわゆる部分溶け込み溶接法によってなされる。得られた配管は、その内面面４にデッドスペースが形成されることがなく、さらにヒュームが生成しないステンレス鋼配管となる。

【００１１】

また、接合すべきステンレス鋼管の肉厚ｔが１ｍｍを越える場合は、上記固相接合部Ｓの深さｔｓとすると、０＜ｔｓ≦０．７（ｍｍ）とされており、上記溶融接合部Ｗの溶け込み深さをｔｗとすると、ｔ－０．７≦ｔｗ＜ｔ（ｍｍ）とされる。

【００１２】

さらに、接合すべきステンレス鋼管の肉厚ｔが１ｍｍ以下の場合は、上記固相接合部Ｓの深さｔｓとすると、０＜ｔｓ≦０．７ｔ（ｍｍ）とされており、上記溶融接合部Ｗの溶け込み深さをｔｗとすると、１×ｔ＞ｔｗ≧０．３×ｔ（ｍｍ）とされる。

【００１３】

また、上記構造のステンレス鋼配管を得るための管の接合方法は、ステンレス鋼管を突合せ溶接を行なうに当って、接合すべきステンレス鋼管の端部を突合せて、管内をバックシールドガス雰囲気下、又は真空環境下として溶接する際に、部分溶け込み溶接法を採用

し、管の壁の内側部分２ｂを非溶融として固相接合部Ｓを形成し、管の壁の外側部分２ａを溶け込み溶接して溶融接合部Ｗとするものである。また、接合すべきステンレス鋼管の端部の表面粗さを、３０μｍ以下にする。

【００１４】

即ち、この固相接合部Ｓは、溶融接合部Ｗの溶接金属の溶融池が凝固する時の収縮に伴い、配管接触方向に働く応力により、溶融池の内側の壁の内側部分の部分２ｂ同士が圧縮され、密着状態となる。そして、溶融金属から伝導する熱により、壁の内側部分２ｂが加熱されて、その表面部分が軟化して良好な密着状態が得られ、金属原子の拡散が進行して固相接合が行われる。このため、配管の接合部２の内側部分はデッドスペースが生じることなく完全に密着した状態で接合される。

【００１５】

外側部分溶け込み溶接は、アーク溶接、電子ビーム溶接、あるいはレーザ溶接では、管の端部を突き合わせ、これの周壁に沿って１周又はそれ以上周回して溶接する方法によって行われ、これにより、溶融される金属部分である溶融接合部Ｗの深さ（ｔｗ）を一定に保ったまま、投入総熱量を多くでき、管の壁の内側部分２ｂでの加熱時間を増加させることになって、確実に固相接合部Ｓを形成せしめることができる。

【００１６】

更に、前記外側部分溶け込み溶接は、管の肉厚によって相異するが、その溶接速度を６００ｍｍ／ｍｉｎ．以下、好ましくは５０～３００ｍｍ／ｍｉｎ．で行なうと良い。溶接速度が６００ｍｍ／ｍｉｎ．以上の速い速度では、接合部２の温度保持時間が短くなるため、壁の内側部分２ｂの加熱が不充分となり、満足し得る固相接合部Ｓが得られない。他方、５０ｍｍ／ｍｉｎ．以下の溶接速度では、所望する固相接合部Ｓを形成せしめる外側部分溶け込み溶接を行うためには、極めて低電流の溶接条件で行う必要が生じるため、溶接を安定して行うことが極めて困難である。溶接条件の如何によっては、接合部２の溶融金属が管内面４まで到達して、一般的な突合せ溶接となって、所望する固相接合部Ｓを形成せしめる外側部分溶け込み溶接を達成出来ない。

【００１７】

また、溶接されるべきステンレス鋼管は、バックシールドガス雰囲気中、又は真空環境下で溶接する。管内に酸素を含む空気等の酸化性ガスが存在すると、固相接合部Ｓとなる壁の内側部分２ｂに厚い酸化皮膜が形成され、良好な固相接合部Ｓが形成されない。酸化性ガスの含有量は１０ｐｐｍ以下とする。

そして、前記バックシールドガスとしては、アルゴンガス、窒素ガス、及びヘリウムガスのうちの少なくとも１種類のガスからなるか、これらに水素ガスを添加してなるガスを使用することができる。

【００１８】

更に、接合すべきステンレス鋼管の端部の表面粗度Ｒｙを３０μｍ以下にすることで良好な固相接合部Ｓが形成できて望ましい。この突合せ接合部２の粗度Ｒｙを３０μｍを越える粗い粗度にすると、接合部同士が密着せずに、空隙、空洞等を生じせしめる原因となることがある。

【００１９】

以上の条件にて、外側部分溶け込み溶接を行なうことにより、高温の溶融金属が配管の内面４にまで到達しないため、配管内にヒュームと称せられる極微粒の金属粒子の発生を大幅に低減せしめることが出来る。

また、固相接合部Ｓの温度を、完全溶け込み溶接よりも低く抑えることが出来るので、熱影響による耐食性の劣化範囲を極めて小さくすることが出来る。又、耐食性が劣る溶接金属が配管の内面４にまで達していないので、耐食性の優れたステンレス鋼配管とすることが出来る。

更に、入熱量が小さいため、残留応力も低く抑えることが出来、応力腐食割れを惹起する危険性を小さくすることが出来、その上、溶接により生じる角変形も低く抑えることが出来る。

【００２０】
【実施例】
次に、本発明のステンレス鋼配管の特徴である管の内面４側に固相接合部Ｓが形成されるための溶接条件を確立するため、以下の実験を行なった。
（ｉ）　壁の外面３からの溶融接合部Ｗの溶け込み深さｔｗ（ｍｍ）の特定（実験１）。
（ｉｉ）　溶接速度の特定（実験２）。
（ｉｉｉ）溶接雰囲気の特定（実験３）。
（ｉｖ）　管端部の表面粗度Ｒｙの特定（実験４）。
【００２１】
実験に使用した共通する溶接機器、溶接条件及び試験用配管等の仕様諸元は次の通りである。
［溶接機器］・自動溶接機：アークマシン社製 モデル２０７
・溶接ヘッド：アークマシン社製 モデル７５０
・電源：パルス発振器付設、パルス発生時間：０.１／０.１秒
［溶接条件］・アーク長（電圧目安）：０.８ｍｍ（８Ｖ）
・溶接速度：１２０ｍｍ／ｍｉｎ
・溶接スタート位置と運行：時計３時位置スタート、横向き下進溶接
・バックシールドガス：アルゴンガス　４Ｌ／ｍｉｎ
・シールドガス：アルゴンガス　１０Ｌ／ｍｉｎ
・溶接前・後のパージ時間：３０秒以上
［試験用管］・材質：ステンレス鋼　ＳＵＳ　３１６　Ｌ
・外径：９．５３ｍｍ（３／８インチ）
・肉厚：１ｍｍ
【００２２】
［実験１］
上記した肉厚１ｍｍ、外径９．５３ｍｍのＳＵＳ　３１６　Ｌのステンレス鋼管よりなる試験用の管としてＮｏ１～Ｎｏ８の８試料用意して、それぞれ所望する溶け込み深さｔｗｍｍを得るため、溶接運行の各レベルの溶接電流値を表１に示す値で行なった。
【００２３】
なお、この外側部分溶け込み溶接に使用される溶接手段としては、ティグ（ＴＩＧ）溶接等のアーク溶接、レーザ溶接及び電子ビーム溶接等の溶接手段から、適宜適切な溶接手段を選択して使用することが出来る。
そして、これらの溶接手段による溶接は、図２に図示する如く、管の溶接すべき突合せ端部の断面を区分して、その位置に応じて、溶接電流を適宜調節して行なう。即ち、管の中心を原点０として、（Ｘ－Ｘ’）軸、（Ｙ－Ｙ’）軸により区画して、これにより区分される第１象限をレベル（１）とし、第２象限をレベル（４）、第３象限をレベル（３）、そして第４象限をレベル（２）として定めて、（Ｘ－Ｘ’）軸が配管接合部１の断面を横切る時計時刻３時表示地点をスタート地点として溶接を開始して、管外壁面３を周面に沿って時計指針の運行と同一方向に向けて、レベル（２）－レベル（３）－レベル（４）－レベル（１）－レベル（２）の順序に従ってアークやビーム等を照射せしめながら運行せしめる。そして、その際、前記各レベルで適宜溶接電流を適切に調整して溶接を行なった。
【００２４】
【表１】

試料	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	NO.8
レベル１	17/11	18/11	19/12	21/13	23/14	25/15	25/16	26/16
レベル２	16/11	17/11	18/12	20/13	22/14	24/15	24/16	25/16
レベル３	13/11	14/11	16/12	18/13	20/14	22/15	22/16	22/16
レベル４	12/11	13/11	14/12	16/13	18/14	20/15	20/16	21/16
平均溶込み深さｔw(mm)	0.11	0.20	0.30	0.37	0.49	0.70	0.75	1.00
未溶融固相接合部ｔs(mm)	0.89	0.80	0.70	0.63	0.51	0.30	0.25	0

【００２５】

そして、これらで得られた各溶け込み深さｔｗの差異による引張り強さＴの変化を確認する試験を行なった。引張り試験は、長さ７００ｍｍにした試験片を、突合せ接合部を中心にして、つかみ部間隔４５ｍｍを保って両端を保持し、心金を２０ｍｍの間隔を保って挿入して、引張り試験機（株式会社島津製作所製 ＡＧ－５０００Ｄ）により行なった。そして、５トンのロードセルを使用して、２０ｍｍ／ｍｉｎの引張り速度で行なった。その結果を、図３に溶け込み深さｔｗ（ｍｍ）の変化に対する引張り強さＴ（ｋｇｆ／ｍｍ２）の変化を示すグラフで図示した。

【００２６】

図３のグラフで明らかなように、平均溶け込み深さが０.３ｍｍ（使用管の肉厚の３０％）になると、引張り強さＴは５０ｋｇｆ／mm^2 を超え約５４ｋｇｆ／mm^2 の値に達した。そして、０．３ｍｍ以上の平均溶け込み深さｔｗでは、その引張り強さＴはほとんど増加せず、溶け込み深さｔｗが１．０ｍｍの完全溶け込み接合（使用管の肉厚の１００％の溶け込み）と同等の引張り強さＴを示した。しかも、この引張り強さＴの値はＪＩＳＧ３４５９「配管用ステンレス鋼管」で規定されている所定の引張り強さ４８０Ｎ／ｍｍ２（４８．９８ｋｇｆ／mm^2）の値を超えているものである。

この結果から、平均溶け込み深さｔｗが０．３ｍｍ（使用管の肉厚ｔの３０％）以上の溶融接合部Ｗが形成されていれば、完全溶け込み接合と同等の引張り強さＴを有する配管を得ることが出来ることが確認された。即ち固相接合部Ｓの深さｔｓを０．７ｍｍ（使用管の肉厚ｔの７０％）以下に形成するように外側部分溶け込み溶接すればよいことが確認された。

【００２７】

［実験２］

次に、充分満足し得る固相接合部Ｓを得ることが出来る適切な溶接速度を確認するための実験を行なった。実験は、上記した共通の外径９．５３ｍｍ、肉厚１ｍｍの試験用管を使用し、溶接速度を１５ｍｍ／ｍｉｎ、１２０ｍｍ／ｍｉｎ、６００ｍｍ／ｍｉｎ．の３種に変化せしめ、それぞれ溶け込み深さｔｗが０．３ｍｍになるように、表２に表示する如く溶接電流を調整して、高純度アルゴンガスをバックシールドガスとして外側部分溶け込み溶接を行なった。そして得られた接合部の引張り強さを試験した。なお、引張り試験は実験１と同様な方法にて行なった。その結果を表２に表示する。

【００２８】

【表２】

溶接速度(mm/min)	15	120	600
平均溶接電流(A)	10	14	50
引張り強さ(kgf/mm²)	53.7	53.6	52.9

【００２９】
表２で明らかなように、いずれの溶接速度でも、溶接速度に合わせて溶接電流を適切に調節することにより、満足し得る適格な引張り強さ４８０Ｎ／ｍｍ^2（４８．９８ｋｇｆ／ｍｍ^2）以上の値を有する溶け込み深さｔｗ０．３ｍｍを有し、固相接合部Ｓの深さｔｓが０．７ｍｍである配管が得られることが確認できた。ただし、溶接速度６００ｍｍ／ｍｉｎの溶接では、他の溶接速度での溶接で得られた引張り強さより幾分劣っていた。これは、溶接速度が速いことによって、固相接合部Ｓの温度保持時間が短くなったことによるものと考えられる。
【００３０】
［実験３］
次に、溶接に当っての雰囲気ガスであるバックシールドガスの影響について実験した。実験は、上記した共通の外径９．５３ｍｍ、肉厚１ｍｍの試験用管を使用し、バックシールドガスとして高純度アルゴンガスを使用し、この高純度のアルゴンガス中に酸素ガスを添加して酸素濃度１０％～１０ｐｐｍに変化せしめて、それぞれの酸素濃度のアルゴンガス雰囲気で、溶け込み深さｔｗが０．３ｍｍとなるように、溶接速度を１２０ｍｍ／ｍｉｎにして外側部分溶け込み溶接を行なった。そして、得られた配管の引張り強さを、実験１と同様な方法で試験した。その結果を図４にバックシールドガス中の酸素濃度と引張り強さＴとの関係のグラフで図示した。
【００３１】
図４で明らかなように、酸素濃度が１０ｐｐｍ（０．００１％）以上含有していると、引張り強さＴは４９ｋｇｆ／ｍｍ^{2}以下の値にしかならず、ＪＩＳで規定されている値４８０Ｎ／ｍｍ^2（４８．９８ｋｇｆ／ｍｍ^2）以上の引張り強さＴを確実に得るには酸素濃度を１０ｐｐｍ（０．００１％）以下に抑えることが必要であることが確認された。又、接合部の断面を検査したところ、酸素濃度が１％以上含むアルゴンガスをバックシールドガスとして溶接した試験用配管では、破面全体が酸化されており、そして、酸素濃度が１０ｐｐｍ（０．００１％）を超え１％以下のアルゴンガスのバックシールドガスでの溶接では、部分的に酸化されて接合できていない部分が確認された。
【００３２】
なお、前記高純度アルゴンガスに代えて、還元性ガスである（アルゴンガス＋７容量％水素ガス）、又は不活性ガスである窒素ガスをバックシールドガスとした場合についても、これらのガスに含有する酸素濃度による影響を同様に試験した。この結果は、上記高純度アルゴンガスを使用した場合と同様な結果を得た。以上のことより、雰囲気ガスであるバックシールドガスは、酸素などの酸化性ガスを１０ｐｐｍ以下の含有量に抑えることが必要であることが確認された。
【００３３】
［実験４］
更に、望ましい固相接合部Ｓを得るため、管端部の表面粗度の影響を確認した。実験は、上記した共通の外径９．５３ｍｍ、肉厚１ｍｍの試験用管を使用し、管端部の表面粗度Ｒｙを変化せしめ、それぞれ変化せしめた表面粗度の管を、高純度アルゴンガスをバックシールドガスとして使用し、溶融接合部Ｗの溶け込み深さｔｗが０．３ｍｍとなるように、溶接速度を１２０ｍｍ／ｍｉｎにして突合せ接合を行なった。そして、これで得られた各表面粗度で接合した試験用管の引張り強さを、実験１と同様な方法で試験した。その結果を表３に表面粗度Ｒｙの差異による引張り強さＴの変化を表示した。

【００３４】
【表３】

（単位：μｍ）

表面粗度Ｒｙ	52	38	29	20	3
引張り強さ(kgf/mm²)	21	43	51	54	52

【００３５】
表３で明らかなように、表面粗度が小さくなるに従い、引張り強さが大きくなるように変化し、ＪＩＳで規定された所定の引張り強さの値４８０Ｎ／ｍｍ^2（４８．９８ｋｇｆ／ｍｍ^2）を得るには、表面粗度Ｒｙを約３０μｍ以下の平滑面にすることが必要であることが確認された。
【００３６】
次に、得られたステンレス鋼配管の性能を確認するたため、以上の実験１ないし実験４によって得られた結果に基いて、外径９．５３ｍｍ（３／８インチ管）、肉厚１ｍｍのステンレス鋼管（ＳＵＳ　３１６　Ｌ）を使用して、溶融接合部Ｗの溶け込み深さｔｗが０．３ｍｍで、固相接合部Ｓの深さｔｓが０．３ｍｍのステンレス鋼配管を実施例として作製した。
そして、（イ）溶接部断面の観察、（ロ）引張り試験、（ハ）曲げ試験、（ニ）パーティクル発生量の測定、（ホ）腐食試験等を行なった。又、これらの性能をより明確にするため、比較例として、実施例と共通するステンレス鋼管を試験用管として使用し、従来の完全溶け込み溶接方法にって接合したステンレス鋼配管を作製した。そして前記した各試験と外観検査を行ない、これら実施例のステンレス鋼配管と比較例のステンレス鋼配管との性能試験結果を比較した。
【００３７】
［実施例］
本発明に基くステンレス鋼配管を以下の如き溶接条件にて作製した。
（溶接条件）
・アーク長（電圧目安）：０．８ｍｍ（８Ｖ）
・溶接速度：１２０ｍｍ／ｍｉｎ
・溶接スタート位置と運行：時計３時位置スタート、横向き下進溶接
・バックシールドガス：高純度アルゴンガス　４Ｌ／ｍｉｎ
・シールドガス：高純度アルゴンガス　１０Ｌ／ｍｉｎ
・溶接前・後のパージ時間：３０秒以上
・管端部の表面粗度：平均粗度０．２９μｍ、最大粗度０．３１μｍ
・溶接機器：前記実験に使用した機器と同一自動溶接機
・電源：パルス発振器付設、パルス発生時間：０．１／０．１秒
溶接は、図２に図示した突合せ接合部２の時計表示３時位置をスタートして横向き下進溶接で行ない、各レベルの溶接電流と溶接時間を表４に表示する値に調節して行なった。
【００３８】
【表４】

〔実施例〕	レベル①	レベル②	レベル③	レベル④
本発明の溶接法	19/12A	18/12A	15/12A	14/12A
溶接電流(時間)	(5.5秒)	(3.7秒)	(3.7秒)	(5.0秒)

【００３９】
［比較例］
上記実施例と共通するステンレス鋼管を試験用管として使用し、従来より行なわれている完全溶け込み溶接方法により接合されたステンレス鋼配管を作製した。その溶接条件は次の通りである。
（溶接条件）
溶接条件は上記実施例での溶接条件と同一としたが、完全溶け込み溶接によって形成する裏ビード幅を２ｍｍとなるよう、各レベルの溶接電流と溶接時間を表５に表示する値に調節して行なった。
【００４０】
【表５】

〔比較例〕	レベル①	レベル②	レベル③	レベル④
完全溶込み溶接法	31/17A	30/17A	25/17A	24/17A
溶接電流(時間)	(5.5秒)	(3.7秒)	(3.7秒	(5.0秒)

【００４１】
［性能試験］
上記した実施例で得られた、本発明における外側部分溶け込み溶接により接合されたステンレス鋼配管と、比較例で作製した従来より行なわれている完全溶け込み溶接により接合されたステンレス鋼配管との性能をそれぞれ以下の如く試験して比較した。
（イ）溶接部断面の観察
本発明の溶け込み深さ０．３ｍｍの外側部分溶け込み溶接方法によって得られたステンレス鋼配管を、接合部２を管軸に沿って切断し、接合部２の組織の観察を行なった。その結果、管内面４側において、突き合わせ部分の界面が固相接合によって形成された結晶粒内を貫通している部分が認められ、管内面４側に固相接合部Ｓが形成されていることが確認できた。
【００４２】
（ロ）引張り試験
上記した実施例の外側部分溶け込み溶接によって接合したステンレス鋼配管と、比較例の従来の完全溶け込み溶接によって接合したステンレス鋼配管との引張り試験を、以下の如き引張り試験要領で行なった。
（引張り試験要領）
・試験片長さ：７００ｍｍ
・つかみ部分間隔：４５ｍｍ
・挿入心金の間隔：２０ｍｍ
・引張り速度：２０ｍｍ／ｍｉｎ
・ロードセル：５トン
引張り試験機として島津製作所社製ＡＧ－５０００Ｄを使用し、試料はそれぞれ３試料作製して試験した。その結果を表６に母材の引張り強さと共に併記して表示する。
【００４３】
【表６】

（単位：kgf/mm²）

	母材	本発明の溶接法（実施例）	完全溶込み溶接法（比較例）
引張り強さ平均値	54.3	53.6	53.7
引張り強さ最大値	54.4	54.4	54.0
引張り強さ最小値	54.1	52.1	53.4

【００４４】
表６で明らかなように、実施例で作製した外側部分溶け込み溶接により接合せしめてなるステンレス鋼配管の引張り強さは、５２．１～５４．４ｋｇｆ／ｍｍ^{2}であり、母材の引張り強さ５４．１～５４．３ｋｇｆ／ｍｍ^{2}よりも、若干劣るものの、比較例である従来の完全溶け込み溶接により接合したステンレス鋼配管の引張り強さ５３．４～５４．４ｋｇｆ／ｍｍ^{2}に匹敵する引張り強さを示した。しかも、その値はＪＩＳで規定されている所定の引張り強さ４８０Ｎ／ｍｍ^2（４８．９８ｋｇｆ／ｍｍ^2）を超えていて、充分使用し得る適格な値であることを確認し得た。

【００４５】
又、上記引張り試験において、過荷重して、接合部２を破断せしめて、その破面を走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）にて観察した。残存開先面（固相接合部Ｓ）はディンプルで覆われており、溶接時の熱伝導による接合部２の昇温と、この昇温に伴い接合部２の熱膨張と、溶融池が凝固する際の収縮応力とが相互に絡み合い、管壁の内側部分２ｂが圧接されて固相接合部Ｓが形成された接合状態であることが確認された。
更に、接合部２の固相接合部Ｓの管切断時の切削跡も消失していて、この固相接合部Ｓが１００％固相で圧接されていることも確認することができた。なお、比較例のステンレス配管では、従来と同様な方式の溶接であるので、検査は、外観が適切に完全溶け込み突合せ溶接されていることを確認したことのみに留めた。

【００４６】
（ハ）曲げ試験
更に、実施例での外側部分溶け込み溶接によるステンレス鋼配管の接合部の管壁を、管軸方向に短冊状に切断（約１／４周）し、外面３側の溶融接合部Ｗを支点として外側に約１８０度曲げ、固相接合部Ｓを開口させるよう外力を加えた。しかし、この試験を行なっても、固相接合部Ｓは剥離することも無く、又開口することも無く、固相接合部Ｓは強固に接合していることが確認された。

【００４７】
（ニ）パーティクル発生量の測定
次に、実施例における外側部分溶け込み溶接の場合と、比較例の従来の完全溶け込み突合せ溶接の場合とについて、溶接ヒューム発生量を、溶接時に管内に流すバックシールドガス中のパーティクルをパーティクルカウンターを用いて、表７の試験要領で測定した。

【００４８】
【表７】

パーティクルカウンター	カノマックス製UCPC-2010
最大測定粒径の仕様	３ｎｍ
最大測定個数の仕様	100000個／ｃｍ^3
測定方法	等速吸引法
拡散管内径	7.53mm
吸引管内径	約1.7mm
バックシールドガス流量	11.7 l/min
吸引量	1.5 l/min

【００４９】
なお、表示した通常の条件での突合せ溶接では、管周壁を１周溶接した場合、パーティクルの発生が多く、パーティクルカウンターはカウントオーバーになったため、溶接は管周壁を１／４周で終了させて測定し、そしてバックシールドガスの流量を２７Ｌ／ｍｉｎに増量して行ない、測定後に換算してパーティクル個数の値を求めた。
その結果、実施例では、３回の試験のパーティクル個数の平均値は、８，１２８個／ｃｍ^{3}であった。一方、比較例では、３回の試験のパーティクル個数の平均値は２０８，５６９個／ｃｍ^{3}であった。
即ち、外側部分溶け込み溶接による接合でのパーティクルの発生量は、従来の完全溶け込み溶接による接合でのパーティクル発生量の約４％にまで激減せしめることができ、本発明の接合法は、この点での効果は極めて優れていることが確認された。
【００５０】
（ホ）腐食試験
次に、実施例でのステンレス鋼配管の接合部と、比較例でのステンレス鋼配管の接合部の腐食試験を行なった。その試験要領は、各接合部を表８に表示する腐食雰囲気に曝して腐食せしめた後、腐食量の定量評価を行なった。
【００５１】
【表８】

腐食媒体	窒素ガス＋50％塩化水素
水分濃度	100ppm
封入圧力	1.5×10^{5}Pa
封入時間	168時間
試験温度	298K

【００５２】
腐食量の定量評価にあたっては、表８に表示した腐食雰囲気に曝した後、腐食した内部に５％硝酸を注入し、５分間保持することによって、腐食生成物を溶出せしめて採取し、そしてこの溶出した金属成分を定量分析した。なお、バックグランドとしては、腐食試験を行なっていない（表８に表示した腐食雰囲気に曝していない）母材品から同様な溶出方

法で溶出成分を採取し、同一方法で定量分析した。

分析した元素は、ステンレス鋼の主成分であるクロム（Ｃｒ）、ニッケル（Ｎｉ）、及び鉄（Ｆｅ）と、溶融ヒュームの成分であるマンガン（Ｍｎ）とした。

又、分析手段として使用した分析機器は、分析成分元素Ｃｒ、Ｎｉ、及びＭｎについては誘導結合プラズマ発光分析法（ＩＣＰ－ＭＳ）を用いて行ない、成分元素Ｆｅについては原子吸光分析法（ＡＡＳ）を用いて行なった。この結果を、表９に表示する。

【００５３】

【表９】

（単位：μｇ）

	Ｍｎ	Ｃｒ	Ｎｉ	Ｆｅ	合計
母材	0.021	6.13	5.47	22.55	33.67
(実施例) 本発明の溶接法	0.029	7.12	5.30	29.75	42.20
(比較例) 完全溶込み溶接法	1.200	11.17	14.10	63.93	90.40

【００５４】

表９に表示した溶出された金属の量において、母材の溶出量をバックグランドとして、実施例における外側部分溶け込み溶接法による接合によって得られたステンレス鋼配管の試料片より溶出された各金属元素の溶出量、及び比較例の従来技術の完全溶け込み溶接法による接合で得られたステンレス鋼配管の試料片より溶出された各金属元素の溶出量の値が、母材の値より増大している。これは、実施例及び比較例の試料片が、溶接により表面が汚染されたものであったり、ヒュームの発生に依拠するものであったり、更には不安定な金属表面の形成に依拠するものである。

【００５５】

表９で明らかなように、実施例における外側部分溶け込み溶接法によって接合されたステンレス鋼配管では、溶接処理されていることから各金属の溶出量が母材における各金属の溶出量より多いことは当然であるが、各金属の溶出量には両者それほど大きな差異が認められなかった。一方、比較例における従来の完全溶け込み溶接法による接合で得られたステンレス鋼配管では、各金属の溶出量は母材における各金属の溶出量と比べて極めて大きな増加が認められる。特にヒュームの発生量に起因する金属元素Ｍｎの増大、及び不安定な金属表面の形成に起因する金属元素Ｆｅの増大は極めて著しい。

【００５６】

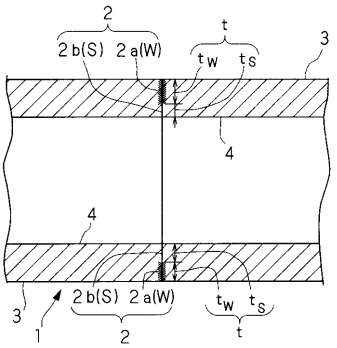
以上のことより、外側部分溶け込み溶接法によって接合されたステンレス鋼配管は、母材そのものには及ばないものの、表面汚染度合、ヒューム発生度合、更には不安定な金属表面の形成度合等は、従来の完全溶け込み溶接法による接合で得られたステンレス鋼配管に比べて、著しく減少し、特にヒュームの発生量の減少は極めて著しい。従って、これらのことより、本発明の外側部分溶け込み溶接によって接合されたステンレス鋼配管は、従来の完全溶け込み溶接法で接合したステンレス鋼配管より、耐食性も極めて著しく向上していることが確認し得た。

【００５７】

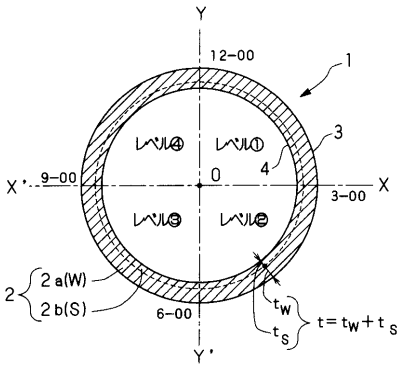
以上の通り、本発明の接合方法によって得られたステンレス鋼配管の性能は、従来の完全溶け込み溶接法で接合されたステンレス鋼配管と比べて、特にパーテイクルの発生の低減、及び耐食性の向上等の点において格段に優れている。しかも、部分溶け込み溶接法で接合されたステンレス鋼配管にあっては、従来の完全溶け込み溶接法によって接合された配管と同様に、デッドスペースが存在しないため、これに起因する隙間腐食や供給流通ガスの汚染等の不都合な問題は生じない。

【００５８】
なお、上記した実施例では、管の外径９．５３ｍｍ（３／８インチ管）で肉厚１ｍｍのステンレス鋼管を使用した例を例示して説明したが、本発明はこのような薄肉の管に限定されるもので無く、如何なる寸法の管にも適用できる。例えば、肉厚が厚く１層での溶接が困難な、管呼び径が２５０Ａ（２６７．４ｍｍ）、スケジュール１０Ｓ（４ｍｍ）の如き管でも、Ｖ型、Ｕ型又はレ型の開先となして、溶接するに当って固相接合部Ｓの深さを内面より外面に向けて０．７ｍｍ以下とするようにして、外側部分溶け込み溶接を行なって接合せしめることにより、固相接合部Ｓを有する本発明のステンレス鋼配管を得ることができることは勿論である。
なお、以上の説明における「管」の語句は、直管、エルボ、及びＴ字管を含めるものとする。
【００５９】
【発明の効果】
本発明のステンレス鋼配管の接合方法は、ステンレス鋼管同士を接合するにあたって、管内をバックシールドガス雰囲気下、又は真空環境下として溶接して接合する際、管の壁の外側部分の部分のみを溶融して溶融接合部を形成すると同時に、この溶融にともなう収縮応力と熱により管の壁の内側部分を固相接合部とするものであるので、従来の完全溶け込み溶接法による突合わせ接合部と同様に、デッドスペースが存在しないため、従来の完全溶け込み溶接法による接合と同等以上の強固な接合部を有する接合配管が得られる。
【００６０】
その上、溶融部分が管の内面に達していないので、配管内でのヒュームの発生が抑止され、配管内の不純物による汚染を防止することができる。更に、加熱による直接の熱影響が管内面に達していないので、配管内面の耐食性が劣化することが抑えられて、長期にわたって耐食性が保持される。このようなことより、本発明で得られてステンレス鋼配管は、常に不純物が混入しない高純度のガスの供給が望まれる半導体製造用のガスを供給する配管として、極めて効果的に活用することが出来る。特に、益々高性能、高集積化する半導体製造工業への高純度なガスの供給にあたって欠くことの出来ない配管として著しい効果を発揮する。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明ステンレス鋼配管の接合部の管軸方向に沿って切断した拡大部分断面図。
【図２】　本発明のステンレス鋼配管の接合部の管の径方向に沿って切断した断面模型図。
【図３】　溶け込み深さｔｗの変化に対する引張り強さＴの変化を示すグラフ。
【図４】　バックシールドガス中の酸素濃度と引張り強さＴとの関係を示すグラフ。
【符号の説明】
２…接合部、　Ｗ…溶融接合部、Ｓ…固相接合部、　ｔ…管の肉厚、　ｔｗ…溶融接合部の溶け込み深さ、ｔｓ…固相接合部の深さ

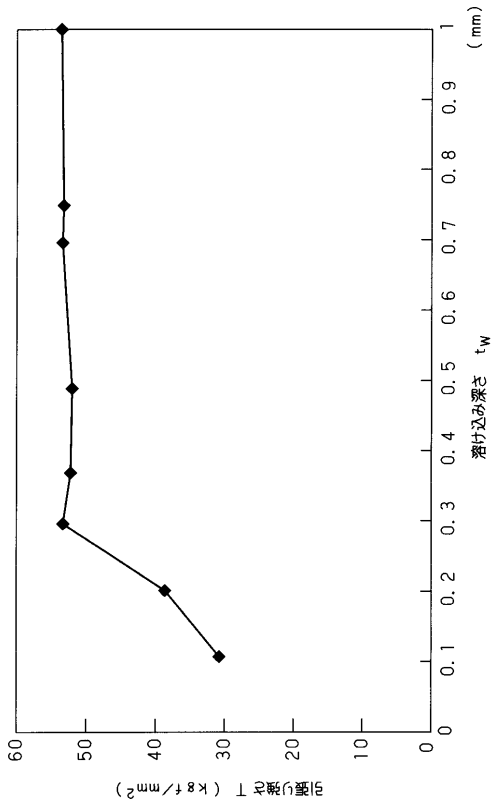
【図１】


2
2b(S) 2a(W)
t
tW tS
3
4
4
3
1
2
2b(S) 2a(W)
tW tS
t

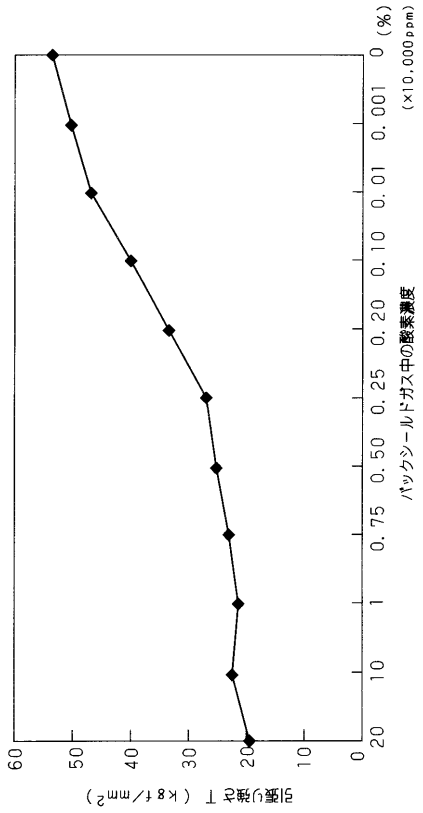
【図２】


Y
12-00
1
レベル④
レベル①
3
4
X'
9-00
0
3-00
X
レベル③
レベル②
2
2a(W)
2b(S)
6-00
tW
tS
t=tW+tS
Y'

【図３】


溶け込み深さ tW (mm)
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
引張り強さ T (kgf/mm²)
0 10 20 30 40 50 60

【図４】


パッケシールドガス中の酸素濃度 (%)
(×10,000ppm)
0 0.001 0.01 0.10 0.20 0.25 0.50 0.75 1 10 20
引張り強さ T (kgf/mm²)
0 10 20 30 40 50 60

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI	
F16L	***9/02***	***(2006.01)***	Ｆ１６Ｌ	9/02
B23K	*101/06*	*(2006.01)*	Ｂ２３Ｋ	101:06
B23K	*103/04*	*(2006.01)*	Ｂ２３Ｋ	103:04

(74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
(72)発明者 木村 裕
東京都港区西新橋一丁目１６番７号 日本酸素株式会社内
(72)発明者 中村 幸司
東京都港区西新橋一丁目１６番７号 日本酸素株式会社内

合議体
審判長 田良島 潔
審判官 丸山 英行
審判官 渋谷 善弘

(56)参考文献 特開平２－１８７２７５（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１０９３３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３１４９６２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F16L 13/00