

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6155489号
(P6155489)

(45) 発行日 平成29年7月5日 (2017.7.5)

(24) 登録日 平成29年6月16日 (2017.6.16)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 27/12 B
HO 1 L 27/12 (2006.01)	HO 1 L 21/02 B
	HO 1 L 21/02 C

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-530502 (P2015-530502)	(73) 特許権者	598054968
(86) (22) 出願日	平成25年9月3日 (2013.9.3)		ソイテック
(65) 公表番号	特表2015-527751 (P2015-527751A)		Soitec
(43) 公表日	平成27年9月17日 (2015.9.17)		フランス国, 38190 ベルナン,
(86) 国際出願番号	PCT/IB2013/001906		パルク テクノロジーク デ フォンテーヌ,
(87) 国際公開番号	W02014/037784		ヌ, シュマン デ フランク
(87) 国際公開日	平成26年3月13日 (2014.3.13)		Parc Technologique
審査請求日	平成28年6月7日 (2016.6.7)		des fontaines chemi
(31) 優先権主張番号	1258394		n Des Franques 3819
(32) 優先日	平成24年9月7日 (2012.9.7)		O Bernin, France
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(74) 代理人	100107456
			弁理士 池田 成人
		(74) 代理人	100162352
			弁理士 酒巻 順一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 その後の分離を目的とした構造体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも2つの基板 (S1, S2) を組み付けることによる構造体 (S) の製造のためのプロセスであって、これらの2つの基板のうちの少なくとも一方が電子機器、光学素子、光電子機器、および／または、光電池で使用されるようになっており、前記構造体が該構造体の主面と平行に延びる少なくとも2つの分離界面 (I1, I2) を備え、前記界面から選択される1つの界面 (I1) に沿う前記構造体 (S) の分離を目的としており、前記基板 (S1, S2) 間にブレード (B) を挿入するとともに前記2つの基板を引き離すための分離力を前記ブレードを介して加えることによって前記分離が行われるプロセスにおいて、前記分離のために前記選択された界面 (I1) を、それが他の界面 (I2) よりも応力腐食に対して感受性があるように、すなわち、前記分離力と、前記界面 (I1) に存在するシロキサン (Si-O-Si) 結合を破壊できる流体との複合作用に対して感受性があるように形成することを含むことを特徴とするプロセス。

【請求項 2】

前記選択された界面 (I1) が2つの材料間に形成され、これらの材料のうちの少なくとも一方がシリコン酸化物であることを特徴とする請求項1に記載のプロセス。

【請求項 3】

前記選択された界面 (I1) を形成する他方の材料が、シリコン酸化物または随意的に自然酸化物で覆われるシリコンから選択されることを特徴とする請求項2に記載のプロセス。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの他の界面（I 2）が、シロキサン結合を含まない 2 つの材料間に形成されることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項 5】

前記材料が金属であることを特徴とする請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの他の界面（I 2）が銅／銅界面またはチタン／チタン界面であることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のプロセス。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のプロセスによって得ることができる構造体（S）を分離するためのプロセスであって、前記構造体が少なくとも 2 つの組み付けられた基板（S 1，S 2）を備え、これらの 2 つの基板のうちの少なくとも一方が電子機器、光学素子、光電子機器、および／または、光電池で使用されるようになっており、前記構造体が少なくとも 2 つの分離界面（I 1，I 2）を備え、前記分離が前記界面から選択される 1 つの界面（I 1）に沿って行われ、前記プロセスが、前記基板（S 1，S 2）間にブレード（B）を挿入すること、および、前記 2 つの基板を引き離すための分離力を前記ブレードを介して加えることを含むプロセスにおいて、前記界面（I 1）の応力腐食を促進させる流体が前記選択された界面（I 1）に加えられることを特徴とするプロセス。

10

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つの他の分離界面（I 2）が、応力腐食に対する感受性が前記選択された界面（I 1）よりも低いこと、および前記基板間に前記ブレードを挿入する前に、前記選択された界面（I 1）が前記応力腐食を促進させる流体と接触されることを特徴とする請求項 7 に記載のプロセス。

20

【請求項 9】

前記分離前および前記分離中に、前記構造体が液槽中に浸漬され、または、応力腐食を促進させる流体が前記構造体へ向けて噴射されることを特徴とする請求項 8 に記載のプロセス。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの他の分離界面（I 2）が前記選択された界面（I 1）よりも高い破断エネルギーを有し、前記分離は、

30

前記 2 つの基板間に前記ブレード（B）を挿入することによって分離を開始する第 1 の段階であって、当該段階が前記応力腐食を促進させる流体を欠いて行われる、第 1 の段階と、

前記分離を続ける第 2 の段階であって、前記分離中に前記選択された界面（I 1）が前記応力腐食を促進させる流体と接触される、第 2 の段階と、

を備えることを特徴とする請求項 9 に記載のプロセス。

【請求項 11】

前記分離のために、前記構造体が、応力腐食を促進させる流体の槽中に部分的に浸漬され、前記ブレードが、前記構造体の表面よりも上側の領域に挿入されることを特徴とする請求項 10 に記載のプロセス。

40

【請求項 12】

前記分離を続ける前記段階中に、応力腐食を促進させる流体が前記 2 つの引き離された基板間の空間内に噴射されることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載のプロセス。

【請求項 13】

前記応力腐食を促進させる流体が、脱イオン水、エタノール、水蒸気、アンモニア水、および、ヒドラジンから選択されることを特徴とする請求項 8～12 のいずれか一項に記載のプロセス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、所定の分離界面に沿う基板のその後の分離を目的して、少なくとも2つの基板を組み付けることによる構造体の製造のためのプロセスであって、これらの2つの基板のうちの少なくとも一方が電子機器、光学素子、光電子機器、および／または、光電池で使用されるようになっている、プロセスに関する。

【背景技術】

【0002】

そのような構造体の1つの特定のケースはデボンディング可能な構造体であり、この構造体において、分離界面は、それに沿って分子付着によるボンディングが行われてしまった界面である。

【0003】

10

表現「分子付着によるボンディング」とは、付着層を使用せずに、付着力、主にファン・デル・ワールス力を使用した、2つの基板の表面の密接な接触によるボンディングを意味する。

【0004】

これらに限らないが、デボンディング可能な構造体は、主に以下の4つの異なる用途で使用され得ると考えられてもよい。

【0005】

a) 機械的補強材のボンディング：機械的補強材を脆弱基板または薄層にボンディングして特定の製造ステップ中に脆弱基板または薄層を損傷させない、あるいは破壊しないようにし、その後、この機械的補強材をその存在がもはや必要とされないときに除去できることが望ましい場合がある。

20

【0006】

b) 弱いボンディングの修正：デボンディングは、製造プロセスの収益性を向上させるとともに例えば弱くボンディングされた基板を廃棄することを回避するために、最初に正確にボンディングされなかったかもしれない2つの基板を分離し、その後、それらの基板を洗浄後に再びボンディングできるようにする。

【0007】

c) 一時的保護：特にプラスチックボックス内に基板を収納し、あるいは輸送する特定のステップ中には、汚染のいかなるリスクをも回避するために、基板の表面、特に電子部品の製造のためにその後使用されるようになっている基板の表面を一時的に保護することが有益な場合がある。1つの簡単な解決策は、保護されるべき基板の面がそれぞれ互いにボンディングされるように2つの基板をボンディングし、その後、最終的な基板の使用中にこれらの2つの基板をデボンディングすることにある。

30

【0008】

d) 層の二重転写：これは、活性層と第1の支持基板（随意的に、高価な材料から形成される）との間に可逆的なボンディング界面を生成し、その後、前記可逆的なボンディング界面をデボンディングすることにより、この活性層を第2の最終的な基板へ転写することにある。

【0009】

しかしながら、2つの組み付けられた基板から形成される構造体をボンディング界面でない界面に沿って分離することが望ましい用途が見出されてもよい。

40

【0010】

そのような界面は、例えば、例えば堆積、エピタキシーなどによる第1の材料に対する第2の材料の付加によって互いに接合されてしまってもよい、第1の材料と第2の材料との間の界面であってもよい。

【0011】

一変形として、そのような界面は、例えば、材料中に形成されて気泡、含有物などの存在によって特徴付けられる脆弱域であってもよい。

【0012】

ボンディング界面でない界面に沿う分離は、特に、第1の基板から第2の基板への層の

50

転写において用途を見出してもよい。

【0013】

したがって、転写されるべき前記層は、第1の基板にボンディングすることによって形成されてしまっておらず、例えば、前記基板上でのエピタキシーまたは堆積によって形成されてしまっているもよく、あるいは、もう一つの方法として、より厚い層の一部であってもよく、この厚い層内で、転写されるべき前記層は、厚い層を脆弱化させる気泡の層によって画定されてしまっている。

【0014】

想定される用途にかかわらず、分離界面の両側に配置される2つの基板の表面を損傷させず、引っ掻かず、または、汚染させずに、また、これらの2つの基板を破壊せずに、この分離を行うことが必要である。

10

【0015】

様々な用途に応じて、これらの2つの「分離されるべき基板」は、1つの同じ基板の2つの層であってもよく、あるいは、2つの異なる基板であってもよい。

【0016】

また、分離されるべき構造体の2つの基板の寸法が大きければ大きいほど、あるいは、それらの基板の結合エネルギーが高ければ高いほど、特に損傷を伴わずに分離を行うことが難しくなる。

【0017】

更に、2つの基板間にそれらのボンディング界面で薄いブレードを導入することによって2つの基板間の結合エネルギーを測定できることが、2つの基板間の結合エネルギーの測定に関するMaszaraによる調査研究(W. P. Maszara, G. Goetz, A. CavigliaおよびJ. B. McKitterickによる論文: J. Appl Phys. 64, (1988), 4943参照)から知られている。

20

【0018】

Maszaraは、以下の関係を立証した。

【数1】

$$L = \sqrt[4]{\frac{3Et^3d^2}{32\gamma}}$$

30

ここで、dは、2つのボンディングされた基板間に挿入されるブレードの厚さを表し、tは、2つのボンディングされた基板のそれぞれの厚さを表し、Eは、デボンディング軸線に沿うヤング率を表し、 γ は結合エネルギーを表し、および、Lは、平衡状態での2つの基板間の割れの長さを表す。

【0019】

上記式は、2つの基板が同一の寸法を有するという仮定から始まる。

40

【0020】

前述した関係により、Lを測定することによって、結合エネルギー γ を決定することができる。

【0021】

「結合」エネルギーのこの定義は、2つの基板を分離するために必要とされるエネルギー、すなわち、界面の破断エネルギー（実際には、ブレードを使用する方法によって測定されるエネルギーである）が、前記基板の結合エネルギーに等しいという仮定に基づく。

【0022】

実際には、基板の分離中、エネルギーの一部は、界面自体の破断ではなく、界面に存在する材料の変形などの他の現象に費やされる。

50

【0023】

したがって、本文の残りの部分において、界面の破断エネルギーとは、前記界面に沿って2つの基板または層を分離するために与えられるべきエネルギーを意味する。

【0024】

分離されるべきこれらの基板または層がブレードを用いて分離されるように十分に剛性が高い限りにおいては、これらの基板または層を、分離波を形成する効果を有するこれらの傾斜縁部で、互いから十分に引き離すことによって、これらの基板または層を分離することができる。

【0025】

この波は、それが開始される基板の縁部のポイントから、分離界面に沿って、これらの基板の表面全体にわたって伝搬する。

10

【0026】

2つの基板から成る構造体が1つの分離界面のみを含むとき、2つの基板間のブレードの挿入、および、前記ブレードを介した基板に対する分離力の印加は、前記界面に沿って基板を分離するという効果を有する。

【0027】

しかしながら、構造体が複数の分離界面を備えるといった状況に頻繁に出くわす。

【0028】

図1は、そのような状況を概略的に示し、この場合、構造体Sは、第1の基板S1と第2の基板S2とから形成されるとともに、破断エネルギー γ_1 、 γ_2 をそれぞれ有する2つの分離界面I1、I2を備える。

20

【0029】

例えば、基板S1、S2が界面I2に沿ってボンディングされてしまってもよく、一方、界面I1は、支持体上への材料のエピタキシー中に形成される界面であり、前記材料と支持体とが共に合わさって基板S1を形成する。

【0030】

エネルギー γ_2 がエネルギー γ_1 よりも低い場合、ブレードBが2つの基板S1、S2間に挿入されると、分離は、好ましくは、最も低い破断エネルギーを有する界面I2に沿って行われる。

【0031】

しかしながら、必ずしもこの界面に沿って分離を行うことが望ましいとは限らない。

30

【0032】

実際には、高い方の破断エネルギーを有する界面に沿って分離を行うことが好ましい場合がある。

【0033】

しかしながら、ブレードを挿入する方法は、分離がそれに沿って行われる界面に対して影響を及ぼすことができるようにしない。

【0034】

また、基板の分離を加速させるために応力腐食と称される現象を使用することが知られている。

40

【0035】

応力腐食は、ブレードの分離力と分離界面への流体の付与とを組み合わせることで成る。

【0036】

応力腐食は、例えばボンディング層または絶縁層を形成するために、基板の少なくとも一方がシリコンから形成される場合、および、界面がシリコン酸化物を備える場合に、それが自然酸化物であろうが意図的に形成された酸化物であろうが、特に恩恵を受ける。

【0037】

これは、そのような界面が、流体により与えられる水分子によって破壊されるシロキサン(Si-O-Si)結合を含むからである。

【0038】

50

したがって、界面の破断エネルギーがかなり減少される。

【0039】

2004年にM. Alexe and U. Gossele, Springerによって編集された“Wafer Bonding: Applications and Technology”という本の中のJ. BagdahnおよびM. Petzoldによる“Debonding of Wafer-Bonded Interfaces for Handling and Transfer Applications”と題される第14章は、この応力腐食現象について記載するとともに、様々な用途を提案する。

【0040】

特に、この文献は、微小電気機械システム(MEMS)を形成するための転写プロセスを想定し、該プロセスでは、シリコンオンインシュレータ(SOI)タイプの基板がキャビティを有するシリコン基板にボンディングされ、その後、シリコンの薄層と埋め込み酸化物層との間の界面に沿ってSOIがデボンディングされる。

10

【0041】

応力腐食は、界面を強化するための熱処理に起因してその界面が最初に他の界面のエネルギーよりも高いエネルギーを有する場合であっても、前記界面の破断エネルギーを減少させることができるようにする。

【0042】

しかしながら、シリコンの薄層とSOIの埋め込み酸化物層との間の界面がSOIとシリコン基板との間の界面の破断エネルギーよりも高い破断エネルギーを有する限りにおいて、著者は、彼らがどのようにしてこの第1の界面に沿うデボンディングの開始に成功するのかについて説明していない。

20

【0043】

その結果、このプロセスの具体的な実施のための手段が定められない。

【0044】

本発明の1つの目的は、幾つかの界面を備える構造体を、応力腐食をうまく利用することによって、しかし、これらの様々な界面のうちで分離がそれに沿って行われなければならない界面を制御することによって、分離できることである。

【0045】

したがって、本発明の1つの目的は、前述した問題を解決すること、および、少なくとも2つの基板を組み付けることによる構造体の製造のためのプロセスであって、前記構造体が少なくとも2つの分離界面を備え、応力腐食により補助される分離がそれに沿って行われる界面を選択できるようにするプロセスを提案することである。

30

【発明の概要】

【0046】

本発明によれば、少なくとも2つの基板を組み付けることによる構造体の製造のためのプロセスであって、これらの基板のうちの少なくとも一方が電子機器、光学素子、光電子機器、および／または、光電池で使用されるようになっており、構造体が前記構造体の主面と平行に延びる少なくとも2つの分離界面を備え、前記界面から選択される1つの界面に沿う前記構造体の分離を目的としており、前記基板間にブレードを挿入するとともに、2つの基板を引き離すための分離力を前記ブレードを介して加えることによって前記分離が行なわれるプロセスにおいて、分離のために選択された界面をそれが他の界面よりも応力腐食に対して感受性があるように、すなわち、前記分離力と前記界面に存在するシロキサン(Si-O-Si)結合を破壊できる流体との複合作用に対して感受性があるように形成することを含むことを特徴とするプロセスが提案される。

40

【0047】

本文において、用語「基板」は、単層基板または多層基板を網羅し、その外周が2つのボンディングされた基板を引き離すためにブレードが当接してもよいベベルを有する。また、基板は、それ自体、1つ以上の界面を含んでもよい。

【0048】

50

分離界面は、本文では、2つの層間の物理的な境界であるとして規定され、この界面に沿って分離波が伝搬してもよい。

【0049】

対象の2つの層が2つの異なる材料から形成されてもよく、一方の材料の他方の材料上への任意のタイプの導入（特に、エピタキシー、堆積、ボンディング）によって前記材料を接合することができ、あるいは、対象の2つの層が脆弱域（特に、気泡、含有物などを含む）によって画定される更に厚い層の2つの部分を形成してもよいことが理解される。

【0050】

1つの実施形態によれば、前記選択された界面が2つの材料間に形成され、これらの材料のうちの少なくとも一方がシリコン酸化物である。

10

【0051】

この場合、前記選択された界面を形成する他方の材料は、シリコン酸化物または随意的に自然酸化物で覆われるシリコンから選択されてもよい。

【0052】

1つの実施形態によれば、前記少なくとも1つの他の界面は、シロキサン結合を含まない2つの材料間に形成される。

【0053】

好適には、前記材料が金属である。

【0054】

例えば、前記少なくとも1つの他の界面が銅／銅界面またはチタン／チタン界面である。

20

【0055】

本発明の他の態様は、前述したプロセスによって製造され得る構造体を分離するためのプロセスであって、前記プロセスが、前記基板間にブレードを挿入すること、および、2つの基板を引き離すための分離力を前記ブレードを介して加えることを含み、前記界面の応力腐食を促進させる流体が選択された界面に加えられることを特徴とするプロセスに関する。

【0056】

1つの実施形態によれば、前記少なくとも1つの他の分離界面は、応力腐食に対する感受性が選択された界面よりも低く、基板間にブレードを挿入する前に、前記界面が応力腐食を促進させる流体と接触される。

30

【0057】

例えば、分離前および分離中に、構造体が液槽中に浸漬され、または、応力腐食を促進させる流体が構造体へ向けて噴射される。

【0058】

1つの実施形態によれば、前記少なくとも1つの他の分離界面は、選択された界面よりも高い破断エネルギーを有し、その場合、分離は、

— 2つの基板間に前記ブレードを挿入することによって分離を開始する第1の段階であって、前記段階が応力腐食を促進させる流体を欠いて行われる、第1の段階と、

— 分離を続ける第2の段階であって、分離中に選択された界面が応力腐食を促進させる流体と接触される、第2の段階と

40

を備える。

【0059】

分離のために、構造体は、応力腐食を促進させる流体の槽中に部分的に浸漬されてもよく、ブレードは、構造体の表面よりも上側の領域に挿入される。

【0060】

分離を続ける段階中に、応力腐食を促進させる流体が2つの引き離された基板間の空間内に噴射されてもよい。

【0061】

好ましくは、応力腐食を促進させる流体は、脱イオン水、エタノール、水蒸気、アンモ

50

ニア水、および、ヒドラジンから選択される。

【0062】

本発明の他の特徴および利点は、添付図面に関連する以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】2つの組み付けられた基板を備えるとともに2つの分離界面を有する構造体の断面図である。

【図2A】界面に沿う構造体の分離の2つのステップを示す。

【図2B】界面に沿う構造体の分離の2つのステップを示す。

【図3】分離されるべき構造体が応力腐食を促進させる流体の槽中に部分的に浸漬される実施形態を示す。

【図4】応力腐食を促進させる流体が、引き離された基板間の空間内に噴射される実施形態を示す。

【図5A】本発明の1つの例示的な実施形態に係る分離プロセスを行なうためのステップを示す。

【図5B】本発明の1つの例示的な実施形態に係る分離プロセスを行なうためのステップを示す。

【発明を実施するための形態】

【0064】

構造体の製造

図1を参照すると、例として、その後に分離することが望ましい構造体が2つの分離界面I1, I2を備えることが考えられる。

【0065】

界面I1は、その後それに沿って前記構造体を分離することが望ましい界面である。

【0066】

構造体の製造中、界面I1が応力腐食に対して感受性があることが確保される。

【0067】

この作用は、応力腐食を促進させる界面I1の両側の材料の選択によって得られる。

【0068】

より具体的には、界面I1の両側の選択される材料は、基板S1, S2を引き離すための分離力の作用下で流体により破壊され得るシロキサン結合を生み出す。

【0069】

そのようなシロキサン結合を含む界面は、特に、シリコン酸化物(SiO_2)をそれが自然のものであろうが支持体上に意図的に(堆積、酸化などによって)形成されようが含むとともに、シリコンをそれが親水性ボンディングにより組み付けられるときに含み、および／または、シリコンオキシ窒化物を含む、界面である。

【0070】

界面I1の両側の材料は、前記材料間にシロキサン結合が存在する限りは、同一であってもよく、あるいは異なってもよい。

【0071】

シロキサン結合を備える界面を生成するための手段は、特に、ボンディング、酸化物層の堆積、シリコンの酸化、酸素プラズマを用いたシリコンの処理、あるいは、酸素の注入のプロセスを含めて、非常に多く存在する。

【0072】

したがって、界面I1は、ボンディング界面、すなわち、基板のうちの一方または構造体の製造中に界面に沿って2つの材料が分子付着によりボンディングされてしまっている該界面であってもよい。

【0073】

例えば、界面I1は、シリコンの2つの層をボンディングすることによって形成されて

10

20

30

40

50

もよく、2つの層はそれぞれ自然酸化膜で覆われ、該自然酸化膜を介して2つの層が接触する。

【0074】

一変形として、界面I1は、随意的に自然酸化膜で覆われるシリコンの1つの層とシリコン酸化物の1つの層とをボンディングすることによって形成されてもよい。

【0075】

あるいは、界面I1は、ボンディング以外の技術によって形成されてもよい。

【0076】

例えば、界面I1は、シロキサン結合を含む材料の層を脆弱化させることによって、例えばイオン注入またはレーザ照射によって形成されてもよい。

10

【0077】

また、構造体の製造中、界面I2が応力腐食に対して非感受性である（または、前記界面が、いかなる場合でも、分離のために選択される界面I1よりも応力腐食に対する感受性が低くなる）ようにされ、あるいは、応力腐食に対する界面I2の感受性にかかわらず、界面I2が界面I1の破断エネルギーよりも高い破壊破断エネルギーを有するようにされる。

【0078】

材料の応力腐食に対する感受性の度合いは、水（または、応力腐食を促進させる別の流体）の存在下での破断エネルギーとそのような流体を欠く破断エネルギーとの間の差を測定することによって決定されてもよい。

20

【0079】

最初のケースでは、この効果は、応力腐食を阻害する、界面I2の両側の材料を選択することによって得ることができる。

【0080】

より具体的には、界面I2の両側の選択された材料は、界面I1の両側の選択された材料に対して基板S1、S2を引き離すための分離力の作用下で流体により破壊され得るシロキサン結合をより少なく含む。

【0081】

一般に、界面I2の両側でシリコン原子および酸素原子の両方を含む材料を使用することは避けられる。

30

【0082】

適した材料としては金属を挙げることができる。これは、金属の結合が、その化学的性質がシロキサン結合を伴わないメカニズムに基づくからである。それにもかかわらず、金属以外の材料が界面I2の生成にうまく適する場合がある。

【0083】

界面I2の両側の材料は、前記材料間にシロキサン結合が存在する限りは、同一であってもよく、あるいは異なってもよい。

【0084】

界面I2は、ボンディング界面、すなわち、基板のうち的一方または構造体の製造中にそれに沿って2つの材料が分子付着によりボンディングされてしまっている界面であってもよい。

40

【0085】

例えば、界面I2は、好ましくは同じ金属の2つの金属層、例えば2つの銅層、2つのチタン層等、あるいは、随意的に異なる金属の2つの金属層をボンディングすることによって形成されてもよい。また、界面I2は、シリコン層と金属層との間の界面であってもよい。

【0086】

2つのシリコン層の疎水性ボンディングも、シロキサン結合を含まない。

【0087】

あるいは、界面I2は、ボンディング以外の技術によって形成されてもよい。

50

【0088】

例えば、界面 I 2 は、シロキサン結合を含まない材料の層を脆弱化することによって形成されてもよい。

【0089】

当然ながら、構造体は、2つを超える分離界面を備えてもよい。

【0090】

この場合には、構造体の製造中に、選択された界面および他の界面のそれぞれの破断エネルギーにかかわらず、分離のために選択される界面こそが応力腐食に対して最も感受性があるようにされる。

【0091】

選択された界面以外の界面をそれが応力腐食に対して感受性がないように形成する代わりに、応力腐食に対する前記他の界面の感受性に係らず、選択された界面 I 1 の破断エネルギーが他の分離界面の破断エネルギーよりも低くなるようにされる。

【0092】

当業者は、界面の破断エネルギーを推定する立場にあり、その結果、適した材料を選択する立場にあり、あるいは更には、特定の界面を強化するのに適した処理を行う立場にある。

【0093】

構造体の分離

図 2 A を参照すると、分離は、構造体 S の 2 つの基板 S 1, S 2 間に、構造体の外周から、好ましくは分厚いブレード B を挿入することにある。

【0094】

分厚いという用語は、表面（すなわち、界面に配置される前記基板の面）の損傷を避けるべくこれらの表面と接触せずに基板の物理的分離を可能にするようにブレードが基板のかなり大きな分離を可能にすることを意味するように理解される。

【0095】

また、ブレードは、分離界面の平面と平行な平面に沿って基板間に挿入されなければならない。

【0096】

分離中、基板は、基板のいかなる破断をも避けるべく、基板の少なくとも一方を変形させることができるように配置される支持体によって保持される。

【0097】

したがって、1つの好ましい実施形態によれば、構造体が分離装置内で垂直に配置され、この分離装置は、その下部に構造体保持部材を備えるとともに、その上部には、ブレードを備えて保持部材の軸線に沿って垂直に並進移動できる分離部材を備える。

【0098】

保持部材は溝を備え、該溝は、底面と、前記底面の両側にある傾斜縁部とを有する。溝の底面は、組み付けられた構造体をこれに応力を及ぼすことなく受けることができるように十分に幅広く、一方、縁部は、基板の分離後に基板が脱落するのを防止できるように十分に高い。

【0099】

構造体の内側の方向のブレードの移動は、くさび効果をもたらして、構造体の 2 つの部分の分離を引き起こす（図 2 B 参照）。

【0100】

長さ L にわたる 2 つの部分のこの分離は、分離波の形成を開始するという効果を有する。

【0101】

選択された分離界面のみが応力腐食に対して感受性があり、他の界面がこのタイプの腐食に対して感受性がない実施形態において、選択された界面は、いくら遅くともブレードが挿入されるときに、ブレード挿入領域で、応力腐食を促進させる流体と接触させられる

10

20

30

40

50

。

【0102】

例えば、構造体は、応力腐食を促進させる流体の槽中に完全に浸漬されてもよい。

【0103】

あるいは、流体は、特にブレード挿入領域で、構造体へ向けて好ましくは連続的に噴射されてもよい。

【0104】

したがって、流体は、ブレードにより及ぼされる分離力と組み合わせて、選択された界面でシロキサン結合を破壊するという効果を有する。

【0105】

これは、前記選択された界面の破断エネルギーをかなり減少させるという効果を有し、他の界面の破断エネルギーは流体の存在によって影響されない。

【0106】

したがって、他の界面の破断エネルギーにかかわりなく、分離は、選択された界面の脆弱化に起因して、選択された界面に沿って優先的に開始されて続けられる。

【0107】

選択された界面が応力腐食に対して感受性がある一方で最も低い破断エネルギーを有する場合には、逆に、「乾式」分離、すなわち、応力腐食を促進させる任意の流体を欠く分離がブレード挿入領域で開始されるとともに、分離が開始されるまで待って、選択された界面を、応力腐食を促進させる流体と接触させる。

【0108】

具体的には、幾つかの界面の存在下において、ブレード挿入領域で応力腐食を促進させる流体を欠く場合、分離は、最も低い破断エネルギーを有する界面、すなわち、この特定のケースでは選択された界面に沿って開始される。

【0109】

ブレードが挿入されると直ぐに選択された界面が、ブレード挿入領域で応力腐食を促進させる流体と接触させられてしまった場合、前記流体は、応力腐食に対しても感受性がありそうな他の界面の結合エネルギーを減少させる効果を有するであろうが、それにより、前記界面の破断エネルギーの均一化がもたらされる。

【0110】

一方、乾式開始は、そのような均一化を妨げて、最も低い破断エネルギーを有する選択された界面に沿う分離を開始できるようにする。

【0111】

分離が開始された時点で、界面 I 1 を応力腐食を促進させる流体に接触させると、前記界面の破断エネルギーを減少させることにより分離を容易にして加速させることができる。

【0112】

好適には、構造体 S は、分離中に垂直位置に保持される。

【0113】

これは、この位置が、応力腐食のために使用される流体の界面 I 1 に沿う流れに有利に作用するからである。

【0114】

この場合、ブレード B は、好ましくは、垂直に方向付けられて前記構造体の上端に導入され、それにより、分離波は、下方に移動して、それがブレードの挿入点から離れるように移動するにつれて水平になる。

【0115】

図 3 に示される 1 つの実施形態によれば、構造体は、応力腐食を促進させる流体 F の槽中に部分的に浸漬される。

【0116】

ブレード B が構造体の表面よりも上側の部分へ導入されるため、選択された界面 I 1 は

10

20

30

40

50

、ブレードの挿入中に流体と接触しない。

【0117】

ブレードが2つの基板を十分に引き離してしまったときにだけ、流体は、2つの基板間の空間内に浸透して応力腐食をもたらすことができる。

【0118】

図4に示される別の実施形態によれば、応力腐食を促進させる流体Fは、ブレードBが基板を引き離し始めた時点で2つの基板間の空間内に噴射される。

【0119】

応力腐食を促進させる流体としては、脱イオン水、エタノール、水蒸気、アンモニア水、および、ヒドラジンを挙げることができるが、これらに限定されない。

10

【0120】

前述した分離は、全ての寸法の構造体で得られてもよい。

【0121】

特に、構造体は、例えば300mmの直径を有する大径の基板から成ってもよい。

【0122】

例示的な実施形態

図5Aを参照すると、(例えば、チタンまたは銅の)金属ボンディング層Mを用いて、SOI基板S1がシリコン基板S2にボンディングされる。

【0123】

図示しないが、基板S1、S2のそれぞれは、分離ブレードが当接し得るベベルを有する。

20

【0124】

基板S1は、支持基板S11と、埋め込みシリコン酸化物層S12(通常は「埋め込み酸化物(Buried Oxide)」を意味する頭字語である用語「BOX」によって示される)と、薄膜シリコン層S13とを連続的に備える。

【0125】

安定化アニーリングの後、シリコン層S13と金属層Mとの間の界面I2の破断エネルギーは、非常に高い、すなわち、 2.5 J/m^2 程度であるシリコンの破壊エネルギーよりも高い。

【0126】

30

また、薄膜シリコン層S13と埋め込み酸化物層S12との間の界面I1の破断エネルギーも非常に高い(2 J/m^2 よりも大きい)。

【0127】

なお、この界面I1は、ボンディングによって得られなかったが、シリコンの熱酸化によって得られた。

【0128】

そのようなアセンブリの任意の機械的な開放(すなわち、例えば、水または応力腐食を促進させる任意の流体を欠いたブレードの導入による開放)は基板の破断をもたらす。これは、界面I1、I2の破断エネルギーが、非常に高く、シリコンの破壊エネルギーに非常に近いからである。

40

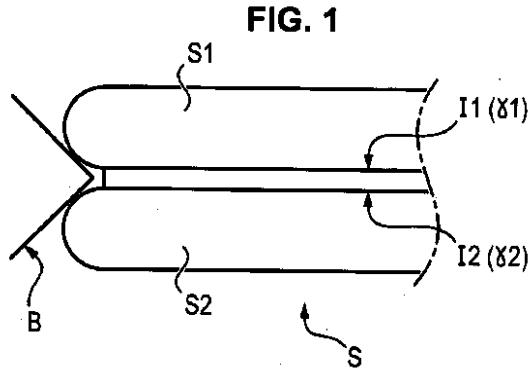
【0129】

一方、組み付けられた構造体が分離中に水中に浸漬されると、界面I1の破断エネルギーは、該界面が応力腐食に対して感受性があるため、大幅に低下されるが、応力腐食に対して感受性がないI2の破断エネルギーは低下されない。

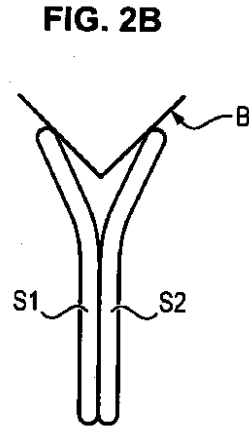
【0130】

したがって、応力腐食に対する界面I1の感受性に起因して、前記界面I1で容易な分離が得られ、それにより、製造基板S11から第2の基板S2へのSOIの薄層S13の転写が引き起こされる(図5B参照)。

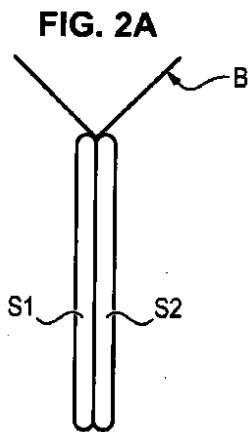
【図 1】



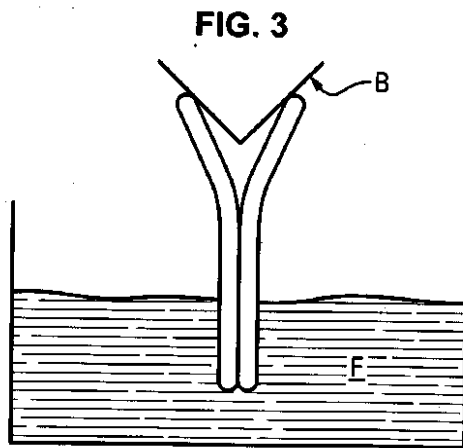
【図 2 B】



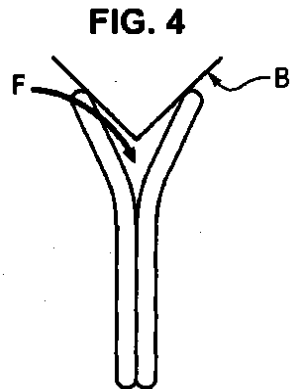
【図 2 A】



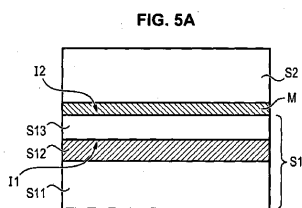
【図 3】



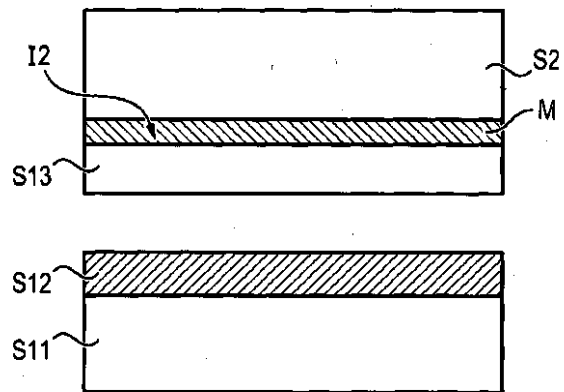
【図 4】



【図 5 A】



【図 5 B】

FIG. 5B

フロントページの続き

(74)代理人 100123995

弁理士 野田 雅一

(74)代理人 100148596

弁理士 山口 和弘

(72)発明者 ランドルー, ディディアー

フランス, エフ - 3 8 1 9 0 ル シャン - プレ - フロージュ, ルー デ アルマリニエ

審査官 柴山 将隆

(56)参考文献 特開平09-167724 (JP, A)

米国特許出願公開第2010/0282323 (US, A1)

特開2001-230393 (JP, A)

特開2006-279031 (JP, A)

特開2009-231727 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02

H01L 27/12