

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4130990号  
(P4130990)

(45) 発行日 平成20年8月13日 (2008. 8. 13)

(24) 登録日 平成20年6月6日 (2008. 6. 6)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 O K 11/02 (2006. 01)

G 1 O K 11/02 H

H O 1 L 41/22 (2006. 01)

H O 1 L 41/22 Z

H O 3 H 3/04 (2006. 01)

H O 3 H 3/04 A

H O 3 H 3/04 B

請求項の数 24 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-18553 (P2002-18553)  
 (22) 出願日 平成14年1月28日 (2002. 1. 28)  
 (65) 公開番号 特開2002-311959 (P2002-311959A)  
 (43) 公開日 平成14年10月25日 (2002. 10. 25)  
 審査請求日 平成17年1月6日 (2005. 1. 6)  
 (31) 優先権主張番号 09/784, 634  
 (32) 優先日 平成13年2月15日 (2001. 2. 15)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 506198551  
 アバゴ・テクノロジーズ・ワイヤレス・ア  
 イビー (シンガポール) プライベート・リ  
 ミテッド  
 シンガポール国シンガポール768923  
 , イーシュン・アベニュー・7・ナンバー  
 1  
 (74) 代理人 100099623  
 弁理士 奥山 尚一  
 (74) 代理人 100096769  
 弁理士 有原 幸一  
 (74) 代理人 100107319  
 弁理士 松島 鉄男  
 (74) 代理人 100114591  
 弁理士 河村 英文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バルク音響共振器およびフィルタのウェハレベル同調のための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成されたバルク音響波デバイスを作製する方法であって、前記バルク音響波デバイスは表面および厚さをもち、前記バルク音響波デバイスは複数の層の上に堆積される上部電極を含み、

前記バルク音響波デバイスの厚さ不均一プロフィールを求めるために、前記上部電極を堆積するに先立って、バルク音響波デバイスの厚さ不均一を測定するために前記バルク音響波デバイスの表面形状をマッピングする工程と、

前記マッピングによって決定された厚さ不均一プロフィールにもとづいて、前記バルク音響波デバイスの厚さを調整する工程とを含み、

該厚さを調整する工程は、

アパーチャを有するマスクを前記バルク音響波デバイスの表面に近接して設ける工程と、マスク上に粒子のビームを提供して、前記粒子ビームの少なくとも一部分をアパーチャに通過させて、前記バルク音響波デバイス表面の実質的に前記アパーチャによって画定される接触エリアに接触させて、前記バルク音響波デバイスの厚さを変化させる工程と、前記マスクのアパーチャを前記バルク音響波デバイス表面に対して実質的に横方向に再配置して前記接触エリアを変化させる工程と

を含む方法。

【請求項 2】

前記粒子ビームの前記一部分が前記バルク音響波デバイス表面上に堆積され、それによ

り接触エリアにおける前記バルク音響波デバイスの厚さが実質的に増加する請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記層が前記基板から遠く離れた最上層を含み、前記粒子ビームの前記少なくとも一部分を前記接触エリアで前記最上層と接触させるために前記マスクを前記最上層に近接して配置する請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記層の最上層が表面材料から作製され、前記粒子が層材料を含む請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

前記層の最上層がパッシベーション層を含む請求項 3 記載の方法。

【請求項 6】

前記層の最上層が圧電体層を含む請求項 3 記載の方法。

【請求項 7】

前記表面が表面材料から作製され、前記粒子ビームの前記少なくとも一部分が一部の表面材料を除去し、それにより前記接触エリアの前記バルク音響波デバイスの厚さが実質的に減少する請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

前記バルク音響波デバイスが膜バルク音響波共振器を含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

前記バルク音響波デバイスが膜バルク音響波フィルタを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】

前記バルク音響波デバイスが積層形結晶フィルタを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

前記バルク音響波デバイスが複数の個別バルク音響波デバイスチップを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】

前記調整する工程は、前記厚さ不均一を減少させるために行われる請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】

基板上に形成されたバルク音響波デバイスの周波数を調整するためのシステムであって、前記バルク音響波デバイスは表面および厚さおよび複数の層の上に堆積される上部電極をもち、前記バルク音響波デバイスの厚さは、少なくとも一部が前記バルク音響波デバイスの表面形状によって定まる厚さ不均一を有し、

該システムは、

前記上部電極を堆積するに先立って測定された前記厚さ不均一から取得される厚さ不均一プロフィールにもとづいて前記バルク音響波デバイスの表面に近接して配置されたアパーチャを有するマスクと、

前記マスク上に粒子のビームを提供して、前記バルク音響波デバイス表面の実質的に前記アパーチャによって画定される接触エリアに接触させて、前記バルク音響波デバイスの厚

さを変化させるための手段と、  
前記マスクと係合して、前記マスクのアパーチャを前記バルク音響波デバイス表面に対して実質的に横方向に再配置して前記接触エリアを変化させるための手段とを含むシステム。

【請求項 14】

前記粒子ビームの一部分が前記バルク音響波デバイス表面上に堆積され、それにより接触エリアにおける前記バルク音響波デバイスの厚さが実質的に増加する請求項 13 記載のシステム。

【請求項 15】

前記層が前記基板から遠く離れた最上層を含み、前記粒子ビームの前記少なくとも一部

10

20

30

40

50

分を前記接触エリアで前記最上層と接触させるために前記マスクを前記最上層に近接して配置する請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記層の最上層が表面材料から作製され、前記粒子が層材料を含む請求項 1 5 記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記表面が表面材料および前記粒子ビームの前記少なくとも一部分から作製され、それにより前記接触エリアにおける前記バルク音響波デバイスの厚さが実質的に減少する請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 1 8】

前記粒子が多数のイオンを含む請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 1 9】

前記粒子が複数の反応イオンを含む請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 2 0】

前記バルク音響波デバイスの表面形状をマッピングすることによって前記厚さ不均一プロファイルを得るためのマッピング機構をさらに含む請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 2 1】

前記再配置手段が、前記厚さ不均一プロファイルに基づいて前記アパーチャを再配置するための制御機構をもつ請求項 2 0 記載のシステム。

【請求項 2 2】

前記バルク音響波デバイスがおののちにチップ表面積をもつ複数の個別チップからなり、前記アパーチャが前記チップ表面積より大きい請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記バルク音響波デバイスがおののちにチップ表面積をもつ複数の個別チップからなり、前記アパーチャが前記チップ表面積より小さい請求項 1 3 記載のシステム。

【請求項 2 4】

前記システムが、前記厚さ不均一を減少するために前記厚さ不均一プロファイルによって前記再配置手段を制御するためのソフトウェアプログラムをさらに含む請求項 1 3 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的にバルク音響共振器およびフィルタに関し、さらに詳しくはそのような共振器およびフィルタの同調に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

バルク音響波 (BAW) デバイスは、一般的に電極として作用する 2 つの導電層のあいだに挟まれた圧電体層からなる。無線周波数 (RF) 信号がデバイスに印加されると、圧電体層内に機械波が発生する。RF 信号の波長が圧電体層の厚さの約 2 倍のときに、基本共振が発生する。BAW デバイスの共振周波数はほかの要素にも依存するが、圧電体層の厚さは、共振周波数を決定する上で支配的な要素である。圧電体層の厚さが減少すると、共振周波数は増加する。BAW デバイスは伝統的に、水晶結晶板上に製造されてきた。一般的に、この製法を用いて、高い共振周波数のデバイスを達成することは困難である。受動的な基板材料上に薄膜層を堆積することによって BAW デバイスを製造すると、共振周波数を 0.5 ~ 10 GHz の範囲に拡張することができる。これらの型の BAW デバイスは一般的に薄膜バルク音響共振器または FBAR と呼ばれる。主に 2 種類の FBAR、すなわち BAW 共振器および積層型結晶フィルタ (SCF) がある。これらの 2 種類のデバイス間の相違は主に、それらの構造にある。SCF は通常、2 つまたはそれ以上の圧電体層、および 3 つまたはそれ以上の電極をもち、幾つかの電極は接地される。FBAR は通常、帯域通過フィルタまたは帯域阻止フィルタを生成するために組み合わせて使用される。

10

20

30

40

50

1つの直列FBARおよび1つの並列FBARの組合せで、いわゆるはしご形フィルタの1セクションが作られる。はしご形フィルタの記載は、たとえばE11a(米国特許第6,081,171号明細書)に見ることができる。E11aに記載されているように、FBARをベースにするデバイスは1つまたはそれ以上の、一般的にパッシベーション層と呼ばれる保護層をもつことがある。典型的なFBARをベースとするデバイスを図1に示す。図1に示すとおり、FBARデバイス1は、基板2と、下部電極4と、圧電体層6と、上部電極8と、パッシベーション層10とを含む。FBARデバイス1は追加的に、低音響インピーダンスの2つの層14および18に挟まれた高音響インピーダンスの1つの層16からなる、音響ミラー層12を含むことがある。該ミラーは、常にではないが、通常は、高インピーダンス層と低インピーダンス層の対(偶数の層)からなる。あるミラーは、 $\text{SiO}_2$ 、W、 $\text{SiO}_2$ 、Wのように順番に配列された2対のそのような層からなる。該ミラーの代わりに、FBARデバイスは追加的に、 $\text{SiO}_2$ の1つまたはそれ以上の膜層および犠牲層を含むことがある。基板2はシリコン(Si)、二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、ガリウム砒素(GaAs)、ガラス、またはセラミック材から作製することができる。下部電極4および上部電極8は金(Au)、モリブデン(Mo)、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、またはそのほかの導電性材料から作製することができる。圧電体層6は酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )、硫化亜鉛( $\text{ZnS}$ )、窒化アルミニウム( $\text{AlN}$ )、タンタル酸リチウム( $\text{LiTaO}_3$ )、またはいわゆるランタン添加ジルコン酸チタン酸鉛などの構成要素から作製することができる。パッシベーション層は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、またはポリイミドから作製することができる。低音響インピーダンス層14および18はSi、 $\text{SiO}_2$ 、ポリシリコン、Al、またはポリマーから作製することができる。高音響インピーダンス層16はAu、Mo、またはタングステン(W)から作製することができる。場合によっては、多数の対を作製するためにAlNなどの誘電体から作製することができる。FBARははしご形フィルタは一般的に、直列共振器がそれぞれのフィルタの所望の、または設計された中心周波数にほぼ等しいかまたはそれに近い周波数の直列共振を生じるように設計される。同様に、分路または並列共振器は、直列FBAR共振から少しずれた周波数の並列共振を生じる。直列共振器は通常、中心周波数の伝達の最大ピークが得られるように設計されるので、信号は直列共振器内を伝達される。対照的に、並列共振器は大地に短絡される信号が最小になるように設計される。FBARは、層の種類およびデバイス内で使用されるほかの材料など、ほかの要素に加えて、デバイスを製造するために使用する圧電材料の圧電係数の関数である量だけ異なる周波数での並列共振および直列共振を生じる。とくに、FBARははしご形フィルタは、共振器のたとえば圧電体層を形成するために使用される材料の種類、およびデバイス内のさまざまな層の厚さの関数である帯域幅を有する通過帯域を生じる。

#### 【0003】

デバイス内のさまざまな層の厚さの相違は、デバイスの製造中に達成することができる。現在、FBARはガラス基板またはシリコンウェハ上に製造される。FBARをベース(構成要素)とするデバイス内のさまざまな層は、薄膜堆積によって順次形成される。FBARをベースとするデバイスでは、デバイスの共振周波数は、0.2~0.5%の許容差内に制御しなければならない。これは、デバイス内の各層の厚さを同様に制御しなければならないことを意味する。しかし、基板またはウェハが大きい場合、そのような許容差内の厚さを生じるように、薄膜層の堆積を制御することが難しいことが知られている。その理由から、FBARをベースとするデバイスの製造者は、デバイスの製造のために4インチあるいはそれ以下のウェハを使用する。小さいウェハまたは基板では、動作周波数が仕様から外れるために多数の構成部品を失うことなく、許容可能な厚さの不均一性が得られる。しかし、小さいウェハまたは基板でデバイスを製造すると、同じことを大きい基板で行なう場合より、費用効果が低下する。大きい基板を使用する場合、厚さの不均一性に関連する問題が深刻になる。

#### 【0004】

したがって、FBARに基づくデバイスを大きい基板またはウェハ上に製造する際の厚さ

10

20

30

40

50

の不均一性に関連する問題を解決する方法およびシステムを提供することは、価値があり、また求められている。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明の主要な目的は、特定の許容差内でデバイスの所望の共振周波数を達成するための方法およびシステムを提供することである。この目的は、大きい基板上に製造されるデバイスの厚さの不均一性を是正することによって、達成することができる。厚さの変動は、ウェハを個別のチップに切断する前に、ウェハの表面（その上にデバイスの1つまたはそれ以上の層がすでに堆積されている）、またはダイから材料を選択的に除去するか、または材料を追加することによって、是正することができる。その意味において、ここで記述するバルク音響波デバイスとは、1つまたはそれ以上の個別チップを形成するためにその上に堆積された1つまたはそれ以上の層をもつウェハまたは基板全体、もしくはその一部分を指す。さらに、ここで言うバルク音響波デバイスは、バルク音響波共振器、積層型結晶フィルタ、共振器とフィルタの任意の組合せ、および共振器およびフィルタの構造的変形を含む。さらに、基板上には1つまたはそれ以上の層がすでに形成されているが、デバイスはすべての必要な層または層のパターンを含んでも含まなくてもよい。たとえば、基板の最上層は圧電体層、上部電極、または別の層とすることができる。

10

【 0 0 0 6 】

したがって、本発明の第1の態様では、基板および基板上に形成された複数の音響波発生および制御層を含むバルク音響波デバイスを同調させる方法を提供する。該デバイスはデバイスの厚さによって部分的に変動する動作周波数をもち、該動作周波数はデバイスの厚さを変化させることによって調整することができる。該方法は、アパーチャを有するマスクをデバイスに近接して設ける工程と、アパーチャを通して粒子のビームを提供して、デバイスの表面の実質的にアパーチャによって画定される接触エリアに粒子を接触させて、デバイスの厚さを変化させる工程と、マスクのアパーチャをデバイス表面に対して実質的に横方向に再配置して接触エリアを変化させる工程とを含む。

20

【 0 0 0 7 】

デバイス表面の十分に大きい部分が一度にビームに照射されるように、アパーチャは1つの個別チップまたは単一共振器もしくはフィルタより大きいことが好ましい。しかし、1つまたは2つのチップ、デバイス上のチップの一部分だけがビームに同時に暴露されるように、小さいアパーチャをもつことも可能である。

30

【 0 0 0 8 】

デバイス表面の接触エリアに粒子を追加することによって、厚さを変化させることが好ましい。また、粒子を使用してデバイス表面の接触エリアの一部分をドライエッチングプロセスで除去することによって、厚さを変化させることも可能である。

【 0 0 0 9 】

圧電体層の厚さを変化させることにより、デバイスの厚さを変化させることが好ましい。また、上部電極またはパッシベーション層の厚さを変化させることも可能である。

40

【 0 0 1 0 】

厚さ調整の前に、ウェハをマッピングして、デバイス表面の不均一なプロファイルを決定することが好ましい。そのようなマッピングは、デバイスの局所化エリアの周波数を測定することによって、または積層の厚さを測定することによって、実行することができる。マッピング結果から、位置の関数としてデバイス表面に追加またはそこから除去すべき材料の量を計算することが可能である。

【 0 0 1 1 】

圧電体層の厚さを上述の方法によって調整する場合には、厚さ調整後に圧電体層上に上部電極層が堆積されることが理解される。同じ方法を用いて、上部電極層の厚さを調整することが必要であるかもしれない。加えて、電極層に所望のパターンを生成するために、通

50

常、パターン形成工程が必要である。パターン形成工程は、本発明の一部ではない。さらに、パターン形成された上部電極層の上にパッシベーション層が堆積される場合、パッシベーション層の厚さを調整することが必要かもしれない。したがって、本発明における厚さ調整工程は、必要な場合、デバイス全体を同調させるために、1回またはそれ以上の回数実行しなければならないかもしれない。

#### 【0012】

本発明の第2の態様では、基板および基板上に形成された複数の音響波発生および制御層を含むバルク音響波デバイスを同調させるためのシステムを提供する。デバイスは表面および厚さをもち、バルク音響波デバイスは動作周波数をもち、それはデバイスの厚さによって部分的に変動し、該動作周波数はデバイスの厚さを変化させることによって調整する

10

ことができる。該システムは、デバイスに隣接して配置されたアパーチャを有するマスクと、アパーチャを通して粒子のビームを提供して、デバイスの表面のアパーチャ付近の接触エリアに粒子を接触させて、デバイスの厚さを変化させるための供給源と、マスクのアパーチャをデバイス表面に対して実質的に横方向に再配置して接触エリアを変化させるための手段とを含む。

#### 【0013】

好ましくは、システムは、厚さを調整する前にデバイス表面の厚さ不均一性プロフィールをマッピングする機構をも含む。好ましくは、該マッピング機構は、デバイス表面のさまざまな位置の周波数を測定するための周波数測定デバイスを含む。また、厚さ測定デバイスを使用して、さまざまな位置で追加または除去すべき材料の量を決定することも可能である。

20

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

本発明は、図2ないし図10に関連してなされる説明を読むことにより、明らかになるであろう。

#### 【0015】

図2を参照すると、厚さ調整システム30は、ウェハまたは基板62上に形成された薄膜バルク音響波デバイス60に追加材料を提供するための材料源40を含む。基板62の上の層をまとめて上部層と呼び、参照符号64で表わす。上部層64は上部表面66を有する。図2に示すように、上部層の厚さは均一ではない。バルク音響波デバイス60は、おのおのが1つまたはそれ以上の共振器およびフィルタを含む複数の個別BAWチップ(図示せず)を含むかもしれないことを理解されたい。上部表面66の厚さ不均一性のため、個別BAWチップの幾つかは、それらの共振周波数に関する仕様を満たさないかもしれない。したがって、これらの個別BAWチップを同調させなければならない。ここでは2つの同調法を開示する。第1方法は、上部表面66に材料を追加して上部層64のより薄いエリアに充填することを含む。ほかの方法は、以下で図5および図6に関連して述べるように、上部表面66の一部分を除去することを含む。材料源40は、まとめて参照符号42によって表わされる粒子のビームを提供するために用いられる。開口またはアパーチャ52を有するマスク50は、ビーム42の一部分242だけが制御された方法で上部表面66に到達できるように、バルク音響波デバイス60の上に配置される。必要ならば上部層64の表面のすべての領域を粒子ビーム42で照射することができるように、マスク50は駆動機構58によって、矢印54で表わされるように上面66に対して横方向に移動する。マッピング機構(図7および図8)によって、デバイス60の厚さまたは上部表面66の表面形状をマッピングして、デバイスの不均一性プロフィールを決定することが好ましい。不均一性プロフィールは、デバイス60のさまざまな表面位置で共振周波数を測定することから決定することが好ましいが、厚さ測定手段によって厚さを測定することも可能である。ウェハ(1つまたはそれ以上のバルク音響生成および制御層がその上に形成されている)の不均一性プロフィールを図9に示す。該不均一性プロフィールに基づき

30

40

50

、上部表面 6 6 における各位置のアパーチャの「滞留時間」がその位置の表面に追加すべき材料の量に基づいて決定されるように、駆動機構 5 8 をプログラムすることによって、マスク 6 0 の移動を制御することができる。図 5 に示す通り、厚さプロファイルは参照符号 1 5 4 によって表わされ、制御プログラムは参照符号 1 5 2 によって表わされる。ウェハ 6 0 全体における圧電体層の不均一性プロファイル 1 5 4 を表わす厚さマップを図 9 に示す。ビーム 4 2 の粒子束は、厚さ調整プロセス中、実質的に一定であることが好ましい。しかし、不均一性プロファイルによってビーム 4 2 の粒子束を変化させることも可能である。

#### 【 0 0 1 6 】

図 3 は、調整されたバルク音響波デバイス 2 6 0 を示す。図示する通り、上部層 6 4 の上の 1 層の追加材料 7 0 が、デバイス 2 6 0 の厚さをデバイス全体で実質的に均一にする。追加材料は、その真下の層の材料と同一であることが好ましい。たとえば、上部層 2 6 0 の最上層がパッシベーション層である場合、デバイス 6 0 を厚さ調整するときには、粒子ビーム 4 2 に同一パッシベーション材料を使用することが好ましい。しかし、このやり方は単に好ましいだけであって、必須ではない。

#### 【 0 0 1 7 】

F B A R に基づくデバイスにおけるさまざまな層の中で、圧電体層の厚さは、デバイスがその仕様を満たすかどうかを決定する最も重要な要素であろう、ということに注意する必要がある。図 1 に示すとおり、バルク音響波デバイスの最上層は通常、圧電体層ではない。しかし、図 2 および図 3 に付随して述べた方法で圧電体層の厚さを調整し、ついで、調整された圧電体層の上により多くの層を追加して、デバイス作製プロセスを完了することが可能である。図 4 に示すように、調整された上部層 6 4 の上に、1 つまたはそれ以上の層 6 8 を形成することができる。さらに、新しい層 6 8 の厚さが均一でなく、それがデバイスの全体的性能に悪影響をおよぼす場合、希望するならば同じプロセスを用いて、新しい層 6 8 の厚さを調整することが可能である。

#### 【 0 0 1 8 】

図 5 は、別の厚さ調整システム 3 2 を示す。上部層 6 4 上に材料を追加するために材料源 4 0 を用いる代わりに、エッチング装置 8 0 を使用して、デバイス 6 0 の上部表面 6 6 の一部を除去することが可能である。たとえば、イオンビームエッチング ( I B E ) 装置または反応性イオンビーム ( R I B E ) 装置を用いて、イオンのビーム 8 2 をマスク 5 0 上に提供して、ビーム 8 0 の一部分 2 8 2 がアパーチャ 5 2 を通して上部表面 7 7 と接触できるようにすることが可能である。イオンビームの一部 2 8 2 は、上部表面 6 6 の過剰部分 7 2 を除去するのに用いられる。マスク 5 0 のアパーチャ 5 2 を通しての表面厚さ調整には、I B E および R I B E 以外に、スパッタリングおよびレーザアブレーションなど、ほかのエッチング技術も使用することができる。修正されたデバイス 3 6 0 を図 6 に示す。図示するとおり、調整後の上部層 2 6 4 は当初の上部層 6 4 より薄い。したがって、エッチング装置 8 0 を表面厚さ調整に用いるときは、上部層 6 4 を指定または目標厚さより厚くしなければならない。これに反して、図 2 に示すように材料源を表面調整に用いるときは、上部層 6 4 を指定または目標厚さより薄くしなければならない。

#### 【 0 0 1 9 】

図 2 に示すような材料源 4 0、または図 5 に示すようなエッチング装置 8 0 を用いる厚さ調整の前に、厚さプロファイルをマッピングすることが好ましい。周波数測定装置 8 4 ( 図 7 ) を使用して、デバイス 6 0 の共振周波数の局部測定を実行することが好ましい。デバイス 6 0 の個々の共振器およびフィルタの共振周波数を測定することが必要であるかもしれない。これらの構成部品の共振周波数を測定するために、ウェハ上に上部電極層を形成し、パターン形成を行なうことが必要であることに注意されたい。周波数プロファイル 1 5 0 ( 図 7 ) に基づき、上部表面 6 6 から除去すべき、またはそこに追加すべき材料の量を計算することが可能である。図 7 に示すように、プロファイルマッピングシステム 3 4 は周波数測定装置 8 4、および表面の周波数プロファイル 1 5 0 を得るために該周波数測定装置 8 4 をデバイス 6 0 に対して相対的に移動させるための駆動機構 8 8 を含む。周

10

20

30

40

50

波数プロフィール 150 から、厚さ不均一性プロフィール 154 (図 2 および図 5) を得ることができる。

【0020】

図 8 は、デバイスの物理的厚さを測定することによってバルク音響波デバイスをマッピングするためのシステム 36 を示す図である。周波数測定装置 84 の代わりに、厚さ測定装置 86 を使用して、装置 60 の厚さを直接測定する。

【0021】

図 9 は、複数の音響波発生および制御層がその上に作製されたウェハの不均一性厚さプロフィールを示す層厚図である。とくに、図 9 は、ナノメートル単位で表わされた圧電体 ( $ZnO$ ) 層の不均一性プロフィールを示す。平均厚さを基準として使用した場合、層全体の厚さの変動は約  $\pm 23\%$  である。そのような大きい厚さの変動があると、ウェハ全体の周波数の変動は通常受け入れられない。したがって、デバイスの厚さを調整することによって、デバイスを同調させなければならない。

【0022】

図 10 は、本発明にしたがってバルク音響波デバイスを同調させるためのプロセス 100 を示すフローチャートである。図示するとおり、工程 102 で、周波数測定装置 (図 7) または厚さ測定装置 (図 8) を使用して、デバイス 60 の表面をマッピングする。こうして厚さ不均一性プロフィール 154 が得られる。工程 103 で表面厚さが許容差内であることが決定された場合には、マッピングされた表面の上に新しい層を追加することができる。そうでない場合には、工程 104 で、アパーチャ 52 のあるマスク 50 をデバイス 60 上に配置する (図 2 および図 5)。工程 106 で粒子のビームをマスク 50 上に印加して、ビームの一部がアパーチャ 52 を通過してデバイス表面の局所エリアと接触することを可能にする。粒子ビームを使用して局所エリアの厚さを調整したのち、工程 108 で、表面全体の必要な厚さ調整が実行されたかどうかを決定する。さらに表面エリアの厚さを調整する必要がある場合、工程 110 でマスク 50 を別の未調整位置に移動する。表面全体の必要な厚さが得られた場合、工程 112 で、デバイスを完成するためにさらなる層を形成する必要があるかどうかを決定する。工程 114 で、調整された層の上に 1 つまたはそれ以上の新しい層が追加されたのち、工程 102 でデバイスの表面プロフィールを再びマッピングして、デバイスが仕様通りに作製されたかどうかを決定する。

【0023】

要約すると、本発明は、ウェハまたはダイレベルでバルク音響波デバイスを同調させるための方法およびシステムを開示する。開示した方法およびシステムは、ウェハの表面積が十分に大きく、薄膜の堆積により受入れ可能な厚さの均一性を達成することができない場合に、とくに有用である。ウェハ表面の局所エリアの厚さを調整することによってウェハ全体の周波数をトリミングすることで、FBAR 製造工程の歩留まりを増加することができる。FBAR をベースとするデバイスの 1 つまたはそれ以上の層を調整するために、厚さ調整プロセスを別個に、順次実行することができる。表面層の上に材料を追加して周波数をトリミングし、材料源を用いて粒子のビームを提供する場合、粒子および表面層が同一材料であることが好ましい。しかし、粒子の材料と表面層の材料は同一でなくてもよい。表面層の材料を部分的に除去して周波数をトリミングする場合、表面をトリミングするためにIBE またはRIE など、ドライエッチングプロセスを使用することが好ましい。しかし、スパッタリングなど、ほかの表面除去プロセスを使用して、同じ目的を達成することもできる。上部および下部電極層の形成は一般的に、おのこの電極層からパターンを形成するために 1 つまたはそれ以上の追加工程を含むことが、技術上知られている。パターン形成工程は、それぞれの電極層の厚さを調整したのちに実行することが好ましい。しかし、厚さ調整前にパターン形成工程を実行することも可能である。

【0024】

さらに、前述したマスクは、粒子をデバイス表面と接触させるために 1 つのアパーチャをもつ。表面厚さ調整のために、マスクに 2 つまたはそれ以上のアパーチャをもつことが可能である。さらに、マスクをデバイスに対して相対的に移動させて、マスクのアパーチャ

10

20

30

40

50

を再配置させることが可能である。また、デバイスをマスクに対して相対的に移動させて、同じことを達成することも可能である。

【 0 0 2 5 】

本発明をその好適な実施形態に関連して説明したが、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、その形態および細部における前記およびその他のさまざまな変化、省略、およびずれを施すことができることを、当業者は理解するであろう。

【 0 0 2 6 】

【発明の効果】

本発明によれば、特定の許容差内でバルク音響波デバイスの所望の共振周波数を達成することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】基板上に形成された複数の層を示す典型的なバルク音響波デバイスの側面断面図である。

【図 2】バルク音響波デバイスの最上部の層に材料を追加するための厚さ調整システムを示す線図である。

【図 3】最上部表面から材料を追加することによる厚さ調整ののちのバルク音響波デバイスを示す線図である。

【図 4】修正された層の上に形成された 1 つまたはそれ以上の層をもつ、バルク音響波デバイスを示す線図である。

【図 5】本発明による、バルク音響波デバイスの最上層から材料を除去するための厚さ調整システムを示す線図である。

20

【図 6】最上部表面から材料を除去することによる厚さ調整後のバルク音響波デバイスを示す線図である。

【図 7】本発明による、共振周波数を測定することによってバルク音響波デバイスをマッピングするためのシステムを示す線図である。

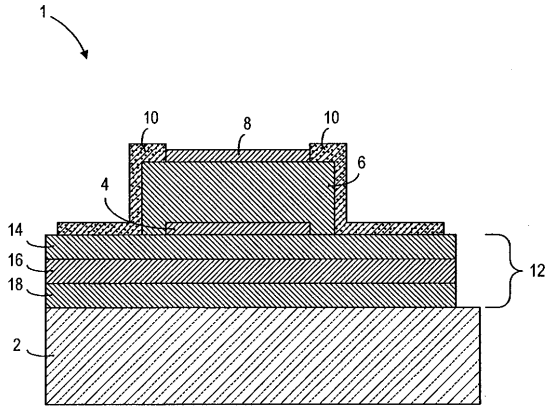
【図 8】本発明による、デバイスの物理的厚さを測定することによってバルク音響波デバイスをマッピングするためのシステムを示す線図である。

【図 9】複数の音響波発生器および制御層がその上に形成されたウェハの不均一性厚さプロフィールを示す層厚図である。

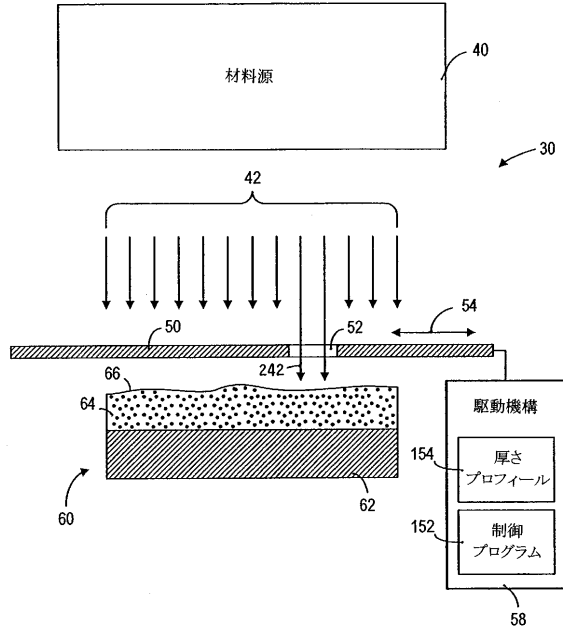
【図 10】本発明による、バルク音響波デバイスを同調させるための工程を示すフローチャートである。

30

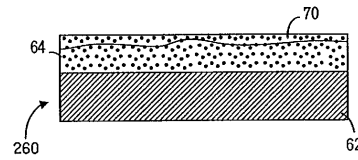
【図 1】



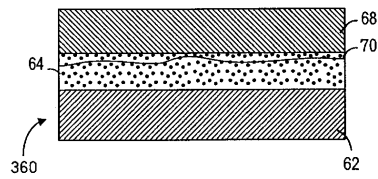
【図 2】



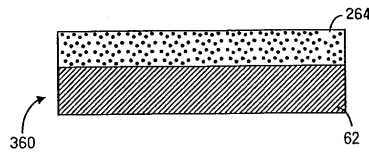
【図 3】



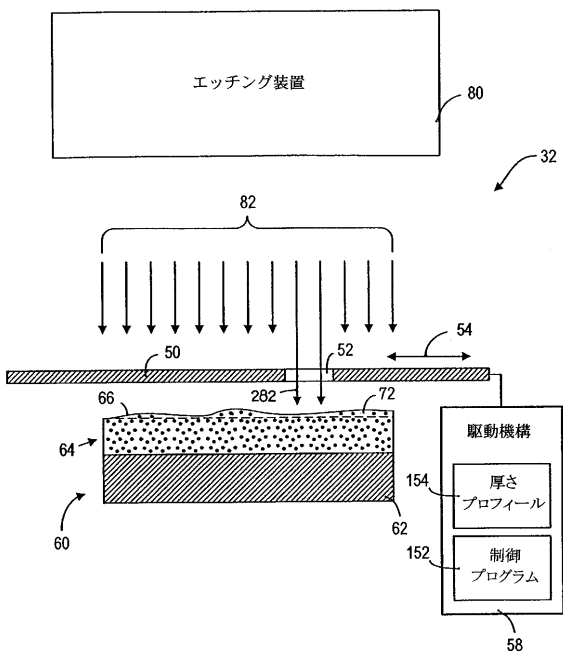
【図 4】



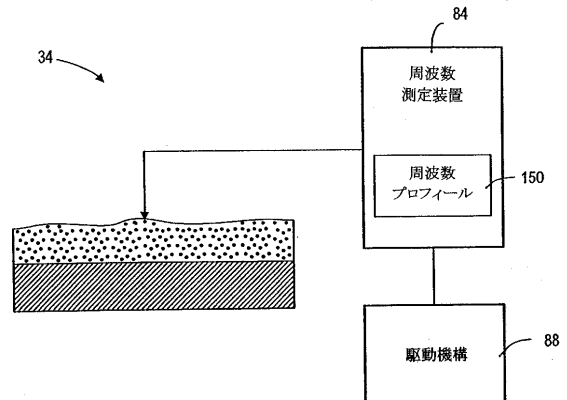
【図 6】



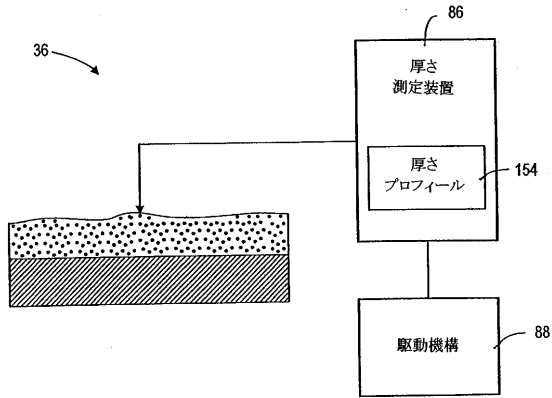
【図 5】



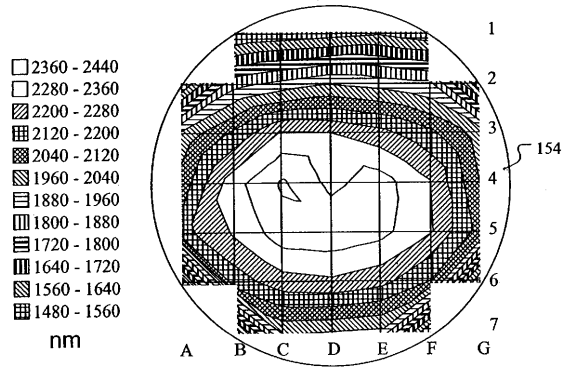
【図 7】



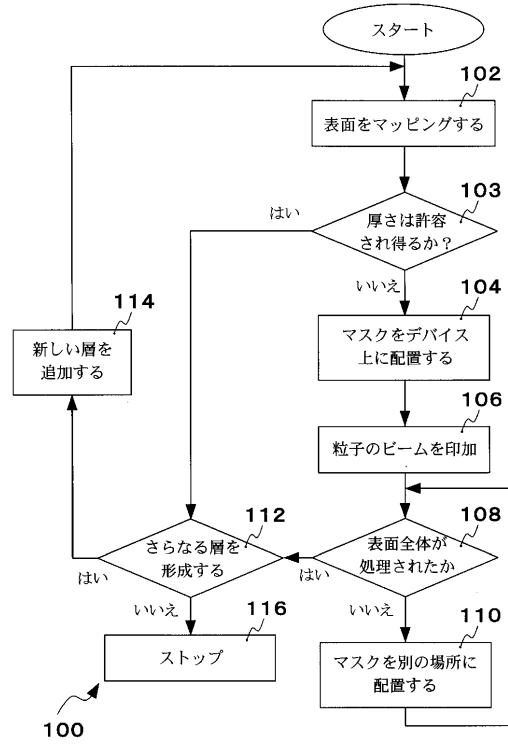
【図 8】



【図 9】



【図 10】



## フロントページの続き

(74)代理人 100118407

弁理士 吉田 尚美

(74)代理人 100125380

弁理士 中村 綾子

(74)代理人 100130960

弁理士 岡本 正之

(74)代理人 100125036

弁理士 深川 英里

(74)代理人 100142996

弁理士 森本 聡二

(72)発明者 ユーハ エッラ

フィンランド共和国、2 4 8 0 0 ハリッコ、ケーリエイセンチエ 5

(72)発明者 パシ チッカ

フィンランド共和国、0 0 9 8 0 ヘルシンキ、メリラスチランチエ 4 0 ペー 1 4

(72)発明者 イルキ カイチラ

フィンランド共和国、0 0 5 3 0 ヘルシンキ、ネルエス リンヤ 1 4 ペー 4 5

審査官 志摩 兆一郎

(56)参考文献 特表2 0 0 1 - 5 0 2 1 3 6 ( J P , A )

特開2 0 0 0 - 1 2 4 7 5 7 ( J P , A )

特開平0 9 - 1 6 2 6 6 7 ( J P , A )

特開平0 1 - 2 2 1 0 1 1 ( J P , A )

特開平0 9 - 0 4 6 1 5 6 ( J P , A )

米国特許第0 5 4 0 7 5 2 5 ( U S , A )

特開2 0 0 1 - 1 9 6 8 8 2 ( J P , A )

特開平1 1 - 0 1 7 1 2 6 ( J P , A )

特開平0 3 - 2 8 9 8 0 7 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G10K 11/02