

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5514641号  
(P5514641)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>G O 1 B</b>	<b>11/02</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 1 B 11/02 G
<b>G O 1 B</b>	<b>11/24</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 1 B 11/24 D
<b>G O 1 B</b>	<b>9/02</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 1 B 9/02

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-136896 (P2010-136896)	(73) 特許権者	510168184
(22) 出願日	平成22年6月16日 (2010.6.16)		株式会社アイ・テー・オー
(65) 公開番号	特開2012-2619 (P2012-2619A)		埼玉県和光市本町3-2 ラステイパル3
(43) 公開日	平成24年1月5日 (2012.1.5)		02号
審査請求日	平成25年4月16日 (2013.4.16)	(74) 代理人	100110179
			弁理士 光田 敦
		(72) 発明者	伊東 雄大
			埼玉県和光市西大和団地4-10-405
		審査官	櫻井 仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー干渉バンプ測定器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2つの光源と、ハーフミラーと、参照ミラーと、検出手段とを備えたレーザー干渉バンプ測定器であって、

2つの光源は、それぞれ互いに異なる波長の光を発光し、該互いに異なる波長の光は重ね合わされてビートさせてビート光として使用されるものであり、

ハーフミラーは、ビート光を分割し、分割されたビート光の一方を参照ミラーに向けるとともに、他方をバンプに向け、ビート光の一方は参照ミラーで反射されて参照光となり、他方はバンプで反射され物体光となり、

検出手段は、ハーフミラーを介して、参照ミラーからの参照光とバンプからの物体光が重畳された干渉光を受光し干渉縞像を検出し、該干渉縞像からバンプの高さ測定又は形状検査を可能とし、

ビート光の波長を  $\lambda$  とし、2つの光源のそれぞれの波長を  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  とすると、ビート光の波長  $\lambda$  は、下記の式で決められるものであり、

ビート光の波長  $\lambda$  / 2 は、測定すべきバンプの設計仕様における高さより大きくなるように、2つの光源のそれぞれの波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  が設定されていることを特徴とするレーザー干渉バンプ測定器。

$$\lambda = 2 \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1)$$

但し、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  である。

【請求項2】

10

20

検出手段から干渉縞像の情報が送られて入力する解析装置が設けられており、  
解析装置は、入出力インターフェース部、CPU及び記憶部を備え、記憶部に搭載された形状分析プログラムに従って動作するCPUにより、干渉縞像の情報を分析することでバンプの形状を分析する構成であることを特徴とする請求項1に記載のレーザー干渉バンプ測定器。

【請求項3】

光源は、レーザー光、LED光、白色ランプモノクロ光又は輝線光源光を発光することを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザー干渉バンプ測定器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光干渉位相シフトを利用し、半導体デバイス実装プロセスにおいて、微細なバンプ（マイクロバンプとも言う。）の高さ測定、又はバンプ表面の段差、凹凸、傾斜、平坦度等の形状検査（本明細書では、単に形状検査という。）が可能なレーザー干渉バンプ測定器に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイス実装プロセスにおけるバンプの高さ測定や形状検査は、従来、共焦点レーザー顕微鏡、光切断法、位相変調干渉測定器、白色光干渉測定器等により行われている。

20

【0003】

共焦点レーザー顕微鏡は、光源と光検出器が対物レンズに対して光学的に共役の位置関係（光源の一点から出た光が検出器の一点に集まる状態）とし、検出器の前に焦点と共役の位置にピンホールを設置し、焦点位置からのみの散乱光を選択して、焦点が合った部分だけの散乱光、蛍光を検出することで、焦点距離がばらばらになるような厚い試料であってもボケのない像を得られる。

【0004】

そして、レーザーは試料を走査していき、最終的に全体の画像を得るもので、走査速度を遅くすればノイズが少なく高解像度のイメージが得られる。また、顕微鏡のステージを上下させることで複数の焦点面から情報を集められる。複数の焦点面の二次元画像を重ね合わせることで、コンピュータにより標本の三次元画像を作成することができる（特許文献1参照）。

30

【0005】

光切断法は、レーザー光源からのスリット光を試料に照射し、試料上の曲がった帯状の光をカメラで撮影し、画像内の結像位置から、試料上の光の点のX、Y、Z値を求める方法である。

【0006】

位相変調干渉測定器は、光干渉計において光の位相を変調しながら干渉縞を検出することで、微細な凹凸構造を可視化して測定するもので、凹凸構造の深さをナノの精度で測定できる。従って、レンズやミラーなどの光学部品の形状計測、液晶パネル（1000ミリ×400ミリ程度）の平坦度計測、液晶素子のスペーサーの精密形状計測などへの応用が可能である。

40

【0007】

白色光干渉測定器は、光源として十分広がったスペクトル分布を持つ白色光源を用い、白色光源による干渉縞を形成し、試料の参照面光路長差が0の場所のみ、白色の縞が観察され、参照鏡の位置を光軸に沿って、等間隔、例えば1/8に移動させ、この白色縞ができる位置を求めることにより、物体の形状を測定する手段である（特許文献2参照）。このような白色干渉測定器は、液晶ディスプレイの表面計測や、半導体のウェハーの平坦度の測定など、さまざまな工業製品の3次元形状検査に広く利用されている。

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2000-275027号公報

【特許文献2】WO2006/068217号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0009】

近年、半導体デバイスのコンパクト化、薄肉化、微細化等に伴い、半導体デバイスに実装されるバンプの高さ寸法は小さくなる傾向がある。例えば、半導体において、高度化の進んだファインピッチ接続技術に対応した高さが20 $\mu\text{m}$ 近辺の微細なバンプについては、分解能が約1 $\mu\text{m}$ 、光スポット径が1 $\mu\text{m}$ 以上の共焦点レーザー顕微鏡、光切断法、位相シフト光干渉測定器等では、測定が困難である。さらにこれらの手段についてバンプの計測に適用する場合は、それぞれ次のような大きな問題がある。

10

【0010】

共焦点レーザー顕微鏡は、顕微鏡のステージを上下させることで複数の焦点面から情報を集めて得た複数の二次元画像を重ね合わせて、試料の三次元画像を得るので、顕微鏡のステージを上下させるための操作に時間を要し、また、高さ寸法は小さくなるバンプの形状検査を精度良く計測することはできないという問題がある。

【0011】

光切断法は、通常カメラ視野の内に1本のスリット光しかないため、データの誤認が少ないが、1本のスリット光による1線の測定の度に機械系を移動させなければならず、操作性が悪く、多数の点の測定には時間がかかるという問題がある。

20

【0012】

白色光干渉測定器では0.1 $\mu\text{m}$ 以下の高分解能であるが、参照鏡の位置を光軸に沿って、等間隔例えば(1/8)毎に移動させ、測定光路長と一致する干渉縞最大強度の位置を求めることにより、物体の高さ形状を測定する手段であるから、表面に段差があっても、その高さが波長よりかなり大きい場合でも、参照鏡の位置の移動を多数繰り返し行えば高さが求められる。しかし、測定が面倒であるだけでなく、測定時間が一視野あたり数秒~十数秒位かかってしまい、高速な測定検査はできない。

【0013】

位相シフト光干渉測定器では、通常、0.6 $\mu\text{m}$ 程度の単一波長のレーザー光を使用する。しかし、単一波長の光干渉において、連続傾斜表面では光源の波長を $\lambda$ として $\lambda/2$ 毎に干渉縞が現れるが、試料表面に $(1/2 + n)$ 倍の段差があると、干渉縞に変化がないため、正しく段差(及びその高さ、位置等)を認識することができない。そのために、測定レンジを $\lambda/2$ 以下に限定せざるを得ない。このため、段差があってもその高さが測定できるような設計仕様の試料に測定対象が限定されるという問題がある。

30

【0014】

そこで、本発明は、ファインピッチ接続技術に対応した実装プロセスの品質向上、コスト低減(不良率低減)を図ることを目的とするものであり、上記バンプの高さ測定や形状検査に利用されている従来の各種の測定手段の問題点に鑑み、半導体の生産性向上のため実装プロセスで、微細なバンプの高さや形状について、高分解能で高速な測定検査を可能とするレーザー干渉バンプ測定器を実現することを課題とする。

40

## 【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は上記課題を解決するために、2つの光源と、ハーフミラーと、参照ミラーと、検出手段とを備えたレーザー干渉バンプ測定器であって、2つの光源は、それぞれ互いに異なる波長の光を発光し、該互いに異なる波長の光は重ね合わされてビート光として使用されるものであり、ハーフミラーは、ビート光を分割し、分割されたビート光の一方を参照ミラーに向けるとともに、他方をバンプに向け、ビート光の一方は参照ミラーで反射されて参照光となり、他方はバンプで反射され物体光となり、検出手段は、ハ

50

ーフミラーを介して、参照ミラーからの参照光とバンプからの物体光が重畳された干渉光を受光し干渉縞像を検出し、該干渉縞像からバンプの高さ測定又はバンプの形状検査を可能とすることを特徴とするレーザー干渉バンプ測定器を提供する。

【0016】

ビート光の波長を  $\lambda$  とし、2つの光源のそれぞれの波長を  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  とすると、ビート光の波長  $\lambda$  は、下記の式で決められものである。

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1)$$

但し、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  である。

【0017】

ビート光の波長  $\lambda$  / 2 は、測定すべきバンプの設計仕様における高さより大きくなるように、2つの光源のそれぞれの波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  が設定されている。

10

【0018】

検出手段から干渉縞像の情報が送られて入力する解析装置が設けられており、解析装置は、入出力インターフェース部、CPU及び記憶部を備え、記憶部に搭載された形状分析プログラムに従って動作するCPUにより、干渉縞像の情報を分析することでバンプの高さ形状を分析する構成であることが好ましい。

【0019】

光源は、レーザー光、LED光、白色ランプモノクロ光又は輝線光源光を発光する構成とすることが好ましい。

【発明の効果】

20

【0020】

本発明に係るレーザー干渉バンプ測定器は、互いに異なる波長の光を発光する2つの光源を設け、これらの波長の光を重ね合わせてビート光を発生させて、このビート光を参照光と物体光に供する構成を採用したので、次のような顕著な効果が生じる。

【0021】

即ち、波長の半分がバンプの高さより長いビート光をより簡単に得ることができ、そのようなビート光を干渉計に適用することで、物体光について光路長を変えて何度も多数の干渉縞を撮影する面倒な操作が必要なくなり、バンプの高さ測定や形状検査を、簡単かつ正確にすることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0022】

【図1】本発明の原理を説明する必要上、干渉計の一般的な構成を説明するための図である。

【図2】(a)は上から、干渉計で計測される傾斜面を有する試料の平面図、側面図及びこの試料の干渉縞を示す図であり、(b)は上から、試料の側面図及びこの別の傾斜表面を有する試料の干渉縞を示す図である。

【図3】(a)は干渉計の鏡筒を  $\lambda$  / 8 ずつ移動した状態を示し、(b)は移動後毎に撮影した干渉縞像を示す。

【図4】(a)は上から、干渉計で計測される傾斜面を有する試料の平面図、側面図及びこの試料の干渉縞を示す図であり、(b)は干渉計で計測される同じ傾斜面を有する段付きの試料の側面図及びこの試料の干渉縞を示す図である。

40

【図5】本発明に係るレーザー干渉バンプ測定器の実施例の構成を説明するための図である。

【図6】本発明に係るレーザー干渉バンプ測定器で使用するビート光を説明するための図である。

【図7】(a)は、本発明に係るレーザー干渉バンプ測定器の実施例における解析装置の構成を説明するための図であり、(b)は解析装置の機能的な手段を示す機能ブロック図である。

【図8】バンプ、基板表面(バンプ底面)から反射されたビート光、及びバンプの上面から反射されたビート光の関係を模式的に示す図である。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0023】

本発明に係るレーザー干渉バンプ測定器を実施するための形態を実施例に基づき図面を参照して、以下説明する。

## 【0024】

(原理)

本発明の原理を以下説明する。干渉計は従来、周知であり、干渉計を試料の長さや形状計測に利用した場合の課題等については、前述のとおりであるが、本発明の原理を説明する都合上、一部重複するが、干渉計及び干渉計による試料の長さや形状計測を図1において説明する。

10

## 【0025】

干渉計1は、光源2から出た光を、ハーフミラー3及び対物レンズ4を通し、さらにハーフミラー5によって2つの光に分割し、一方の光を参照ミラー6(参照面)で反射させて参照光とし、他方の光を試料7に照射してその反射光を物体光として、それぞれ別の光路を通った後、再びハーフミラー5で重畳させ(重ね合わせ)、2つの光の光路差により発生する干渉縞を、検出手段であるCCD8で撮影する。

## 【0026】

そして、撮影した干渉縞像の情報を、解析装置9(コンピュータを使用する)において、搭載された干渉縞を解析する専用のプログラムに従ってそのCPU(演算手段)で解析し、試料5の高さやその表面形状、透過波面形状等を求めるものである。

20

## 【0027】

参照光と物体光の光路差が波長の整数倍である場合は、干渉した光は明るくなり、光路差が波長の整数倍から波長の半分だけずれていれば、即ち $(1/2 + n)$ であれば、干渉した光は暗くなる。場所により光路差が一定でない場合には、明暗の干渉縞が観察される。

## 【0028】

このような干渉計1において、光源2としては可干渉性に優れたレーザーを用い、図2(a)に示すような表面に傾斜面(段差でもよい)のある試料7(例えば、バンプ)を測定すると、CCD8によって、図2(a)に示すような明暗の縞を示す干渉縞像11が撮影される。この場合、図2(b)に示すように、試料7の傾斜面の高低が逆方向であっても、図2(a)と同じ干渉縞像11が撮影される。

30

## 【0029】

干渉縞像11の明暗の縞は等高線となっており、その間隔は光源2の波長と入射角により決定される。通常、光は試料7の面に対して垂直に入射するが、その時の等高線間隔は波長の半分( $\lambda/2$ )となる。要するに、発生した干渉縞は、光源2の波長の半分と同じ間隔で現れる。又、試料面と参照面からそれぞれ反射された光の両者の位相差を $\phi$ 、参照面の高さをhとすると、 $\phi = 4\pi h/\lambda$ となる。

## 【0030】

例えば、光源2として、波長が600nmのレーザー光を使用する場合は、干渉縞の間隔は、 $\lambda/2 = 300$ nmとなり、この数値がそのまま試料7の表面の高低差となる。従って、干渉縞の本数を数えることで、試料7の表面の傾斜や段差の高低差が測定可能となる。

40

## 【0031】

図3(a)に示すように、対物レンズ12の鏡筒13(又は試料5)を $\lambda/8$ ピッチで移動させて物体光の光路長を変えて、その都度、CCD8で干渉縞を撮影し、図3(b)に示すような4枚の干渉縞像111~114を取得する。

## 【0032】

この4枚の干渉縞像は、点線で示す基準線13に対して、干渉縞が一方向に移動したもののとして示されている。対物レンズの鏡筒12の移動方向と、干渉縞の移動方向との関係が予め把握されていれば、図2(a)、(b)に示すように、傾斜面の方向が異なり干渉

50

縞が同じような場合であっても、試料7の傾斜表面のどちら側が高低であるか、測定可能となる。

【0033】

以上のとおり、干渉計1は、光の波長を物差しとしているので、高精度な測定を行える特長がある。しかしながら、干渉縞は、 $\lambda/2$ 毎に現れるので、試料7の表面の段差の高低差、凹凸の高低差、傾斜の高低差等が、波長 $\lambda/2$ より大きい場合には、試料7の高さ、試料7の表面の段差の高低差、凹凸の高低差、傾斜の高低差等が測定できず、また、試料7の表面に段差や凹凸の位置等を認識することができない。

【0034】

例えば、傾斜面を有する図4(a)に示す試料7と、この試料7と同じ傾きの傾斜面であって途中に段差を有する段差付き試料7とについて干渉計1で計測した場合、試料7の段差の高低差 $h$ が $(\lambda/2 + n)$ より大きいと、図4(a)及び図4(b)に示すように、干渉縞像1は変化がないために、試料7の表面の段差の高低差、凹凸の高低差等が測定できず、また、試料7の表面に段差や凹凸の位置等を認識することができない。

【0035】

そのため、光源に白色光を用い参照光路長と測定光路長が一致したときに生ずる最大強度干渉縞を求め、ピエゾ素子などのアクチュエータを利用して、多数回、光路長を移動させて多数の干渉縞像を検出手段であるカメラ(CCD8)で撮影し、それらの多数の干渉縞像から、高さや位置を測定しなくてはならないので、測定時間がかかってしまう。

【0036】

実際、近年、半導体の実装プロセスで必要とされている $20\mu\text{m}$ 程度の微細なパンプの高さや形状検査では、従来の白色干渉計で使用されている光の波長は、例えば $0.6\mu\text{m}$ 程度であるから、その半分である $0.3\mu\text{m}$ では、パンプの高さ $20\mu\text{m}$ に較べると、きわめて短い。そのため、数百枚の画像取り込みと画像演算処理が必要となり、測定のために数秒~十数秒と測定タクト時間がかかる。

【0037】

そこで、本発明に係るレーザー干渉パンプ測定器では、この解決策として、等高線間隔、即ち波長の半分を、計測すべきパンプの高さの設計仕様寸法より長くすることである。しかし、前記のとおり、レーザー光の波長は例えば $0.633\mu\text{m}$ 程度であり、パンプの高さ $20\mu\text{m}$ に較べるときわめて小さく、レーザー光の波長については、より長い波長は限界がある。

【0038】

本発明に係るレーザー干渉パンプ測定器は、互いに波長の異なる(周波数の異なる)2つのレーザー光を重ね合わせ干渉させて光ビートを生じさせ、2つのレーザー光のそれぞれの波長に較べてきわめて長い波長を有するビート光を、参照光と物体光として利用する。そして、位相干渉シフト手段により、干渉縞について数枚の干渉縞像をCCD(検出手段)で撮影し、これらの干渉縞像の画像処理により、試料の高さ測定や形状検査等を可能とする構成を特徴とする。

【実施例】

【0039】

本発明に係るレーザー干渉パンプ測定器20の実施例を説明する。図5において、レーザー干渉パンプ測定器20は、第1の光源21及び第2の光源22の2つの光源を備えている。これらの光源としては、レーザー光、LED光、白色ランプモノクロ光、輝線光源光等の光を発光する光源を使用する。本実施例では、レーザー光源を使用する構成で以下説明する。

【0040】

第1の光源21からのレーザー光及び第2の光源22からのレーザー光は、後記するが、互いに異なる波長のレーザー光を使用し、互いに重ね合わせ干渉させて生じるビート光を有するビート光として使用する。このビート光は、第1の光源21及び第2の光源22からそれぞれ発光される光の波長に較べてきわめて長い波長を持つ。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 1 】

このようなビート光を、図 6 において説明する。第 1 の光源 2 1 のレーザー光の波長を  $\lambda_1$  とし、その波形を図 6 ( a ) に示す。また、第 2 の光源 2 2 のレーザー光の波長を  $\lambda_2$  (但し、 $\lambda_1 > \lambda_2$ ) とし、その波形を図 6 ( b ) に示す。この 2 つの波を互いに重ね合わせ干渉させると、図 6 ( c ) に太線の包括線で示す波形のビート波を有するビート光が生じる。このビート光の波長を  $\lambda$  とすると、 $\lambda = \frac{2\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$  である。

## 【 0 0 4 2 】

そして、レーザー干渉ポンプ測定器 2 0 は、第 1 及び第 2 の光源 2 1、2 2 から発光されるレーザー光を、被測定試料であるポンプ 2 3 の方向に向けて出光する第 1 のハーフミラー 2 4 を備え、さらに、第 1 のハーフミラー 2 4 からポンプ 2 3 に向かう光路上に、第 2 のハーフミラー 2 5 と、対物レンズ 2 6 と、第 3 のハーフミラー 2 7 とを順次備えている。

10

## 【 0 0 4 3 】

第 3 のハーフミラー 2 7 の側方には、参照ミラー 2 8 が設けられている。参照ミラー 2 8 は、アクチュエータである piezo 素子 2 9 により、図 5 に示すように光路上を矢印方向に移動可能である。

## 【 0 0 4 4 】

第 3 のハーフミラー 2 7 は、第 2 のハーフミラー 2 5 を透過してポンプ 2 3 方向に向かうビート光を、ポンプ 2 3 と参照ミラー 2 8 (参照面) に向けて分割するとともに、ポンプ 2 3 の面から反射された物体光と参照ミラー 2 8 の面で反射された参照光を重畳し、対物レンズ 2 6 に向けて出光させる機能を有する。

20

## 【 0 0 4 5 】

第 2 のハーフミラー 2 5 の側方には、CCD 3 0 (検出手段) が設けられている。第 2 のハーフミラー 2 5 は、第 1 のハーフミラー 2 4 からのビート光を、対物レンズ 2 6 に向けて透過させるとともに、第 3 のハーフミラー 2 7 からの物体光と参照光が重畳されたビート光を受光して、CCD 3 0 に向けて出光させる。

## 【 0 0 4 6 】

本発明に係るレーザー干渉ポンプ測定器 2 0 では、第 1 及び第 2 の光源 2 1、2 2 から発光される互いに異なる波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  のレーザー光は、互いに重ねると、ビート波原則に基づき、波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  と異なり、かつ波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  より長いビート波長  $\lambda$  を持つ図 6 に示すようなビート光となる。この波長  $\lambda$  は、次の式で示される。

30

$$\lambda = \frac{2\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

但し、 $\lambda_1 > \lambda_2$  である。

## 【 0 0 4 7 】

例えば、 $\lambda_2 = 633 \text{ nm}$ 、 $\lambda_1 = 640 \text{ nm}$  のレーザー光では、上記式によると、ビート波長は  $57.87 \mu\text{m}$  になる。この場合、 $\lambda/2$  は、 $57.87/2 = 28.93 \mu\text{m}$  となるから、 $20 \mu\text{m}$  のポンプ 2 3 高さは、干渉縞の等高線間隔の間にあり位相シフト干渉手段で短時間の測定が可能となる。

## 【 0 0 4 8 】

ビート波長  $\lambda$  は、 $\lambda_1$  及び  $\lambda_2$  を選択することで、設定することができる。従って、ポンプ 2 3 の高さの測定や、ポンプ 2 3 の表面形状 (段差、凹凸、傾斜等) 等の検査する具体的な目的に応じて、ポンプ 2 3 の設計仕様における高さ寸法等 (測定して得る高さ等ではなく、予め決められている設計上の高さ寸法等) を考慮して、予め  $\lambda_1$  及び  $\lambda_2$  を選択し、ビート波長  $\lambda$  を設定すればよい。

40

## 【 0 0 4 9 】

例えば、ポンプ 2 3 の高さを測定、検査する場合は、その設計仕様上の高さより、ビート波長  $\lambda$  の半分 ( $\lambda/2$ ) が長くなるように、第 1 の光源 2 1 の波長  $\lambda_1$  と第 2 の光源 2 2 の波長  $\lambda_2$  を設定するように構成すればよい。

## 【 0 0 5 0 】

CCD 3 0 で撮影された干渉縞像の情報は、解析装置 4 0 に入力され、この解析装置 4

50

0において、干渉縞像を解析してバンプ23の高さの算出や形状の検査をするものである。解析装置40として、例えば、図7に示すように、CPU41、メモリ42、記憶部43、バス45(データ及びアドレス用のバス)、入出力インターフェース部46を備えた通常のコンピュータが使用される。なお、入出力インターフェース部46にはCCD30が接続されている。また、入出力インターフェース部46には、 piezo素子29により参照ミラー28を駆動するための具体的な構成である参照ミラー piezo駆動部31が接続されている。

#### 【0051】

この解析装置40は、CCD30で撮影された干渉縞像の情報を入出力インターフェース部46で入力して、この干渉縞像の情報を、記憶部43に記憶搭載された専用の画像解析プログラムに従ってCPU41の動作で生じる機能的な手段によって、画像処理し、解析してバンプ23の高さ測定、表面形状の検査、又は透過波面形状を求めることが可能となる。参照ミラー piezo駆動部31は、参照ミラー28を駆動の際に、その駆動量(駆動距離)等のデータを入出力インターフェース部46を介して解析装置40に入力する。

10

#### 【0052】

解析装置40における画像解析プログラムに従ってCPU41が行う機能的な手段としては、例えば、図7(b)において示すが、次のような手段を備えている。CCD30で撮影され解析装置40に入力された干渉縞像の情報から、干渉強度を算出する干渉強度取得手段47を有する。

#### 【0053】

また、凹凸等の高さを測定する際には、光路方向への参照ミラー28を移動するが、それぞれの移動位置で干渉強度取得手段47によって得られる干渉強度から、数式(後記する作用の項で記述する)に従って、高さ測定対象物の上面と下面における位相差を算出する位相差取得手段48を有する。

20

#### 【0054】

さらに、位相差取得手段48で得られた位相差から、数式(後記する作用の項で記述する)に従って凹凸等の高さを算出する高さ取得手段49を有する。解析装置40におけるこれらの機能的な手段による作用については、後記の(作用)の項で、実際にバンプ23の高さを取得する例によって説明する。

#### 【0055】

(作用)

本発明に係るレーザー干渉バンプ測定器20の作用を説明する。第1の光源21から波長 $\lambda_1$ の第1のレーザー光は、第1のハーフミラー24を透過し第2のハーフミラー25に向かい、第2の光源22から波長 $\lambda_2$ の第2のレーザー光は、第1のハーフミラー24で反射され第2のハーフミラー25に向かう。

30

#### 【0056】

この光路中において、波長 $\lambda_1$ の第1のレーザー光と、波長 $\lambda_2$ の第2のレーザー光は、互いに重ね合わさって、図6に示すように光ビートを生じ、上記式で計算されるビート波長 $\lambda_b$ を持つビート光となる。

#### 【0057】

ビート光は、第2のハーフミラー25及び対物レンズ26を通過してから、第3のハーフミラー27によって分割され、一方のビート光は参照ミラー28に向けられ、参照ミラー28で反射されて参照光となり、他方のビート光はバンプ23に向けられ、バンプ23表面で反射され物体光となる。

40

#### 【0058】

参照ミラー28で反射された参照光と、バンプ23の表面で反射された物体光は、第3のハーフミラー27に入光し重畳され、対物レンズ26で収斂され、さらに第2のハーフミラー25で反射され、CCD30へ向けられて、CCD30で受光する。このような光路の途中において、物体光と参照光は干渉して干渉縞を生じ、この干渉縞は検出手段であるCCD30により干渉縞像として撮影される。

50



## 【0059】

そして、ピエゾ素子29によって、参照ミラー28をビート光の波長の1/8すなわち( / 8 )分だけ移動し、その移動後の都度、干渉縞像をCCD30により撮影し、合計4枚の干渉縞像を取得する。4枚の干渉縞像の情報は、互いに干渉縞が / 8 だけずれた画像である。

## 【0060】

CCD30で撮影された4枚の干渉縞像の情報は、解析装置40へ入出力インターフェース部46で入力される。そして、干渉縞像の情報を、記憶部43に記憶搭載された専用の画像解析プログラムに従って動作するCPU41によって、画像処理し、解析し、ランプ23の高さの算出や表面形状(段差、凹凸、傾斜、平坦度)検査が可能となる。

10

## 【0061】

例えば、解析装置40では、4枚の干渉縞像の情報に基づき、ランプ23の上面と下面の位相差を求めることで、ランプ23の高さを測定することが可能となる。

## 【0062】

解析装置40における画像解析プログラムに従ってCPUが行う、解析の一例を説明する。ビート光の波長が の場合、0、 / 8、2 / 8、3 / 8の長さの光路方向への位置に参照ミラー28を移動し、それぞれの位置で測定して得られる干渉縞の情報に基づき、干渉強度取得手段47によって取得される干渉強度が、a、b、c、dとする。

## 【0063】

すると、位相差取得手段48において、画像内各点の位相差 が、  $= \tan^{-1} [(a - c) / (b - d)]$  の式から算出される。さらに、高さ取得手段49において、画像内各点(試料面内の各点)の参照面からの高さh(距離)は、前記のとおり、 $h = / 4$  の式で求めることができる。

20

## 【0064】

それ故、ランプの高さの測定については、ランプ23の高さHは、

$$H = h_s - h_b = (s - b) / 4 = h / 4 \quad \text{で求めることができる}$$

ここで、 $h_s$ 、 $h_b$ は、それぞれ参照面からの、基板表面(ランプ底面)までの高さ(距離)、ランプ上面までの高さ(距離)であり、 $s$ は基板表面と参照面からそれぞれ反射されたビート光の両者の位相差であり、 $b$ はランプ上面と参照面からそれぞれ反射されたビート光の両者の位相差である。

30

## 【0065】

なお、図8は、高さHを有するランプ23、基板表面(ランプ底面)51から反射されたビート光52、及びランプ23の上面53から反射されたビート光54の関係を模式的に示す図である。 $h$ は、高さHに対応したビート光の位相差、即ちビート光52とビート光54の位相差を示し、 $s - b$ に相当する。

## 【0066】

以上、本発明に係るレーザー干渉ランプ測定器を実施するための形態を実施例に基づいて説明したが、本発明はこのような実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内でいろいろな実施例があることは言うまでもない。

40

## 【産業上の利用可能性】

## 【0067】

本発明に係るレーザー干渉ランプ測定器は上記のような構成であるから、半導体デバイス実装プロセスでのランプの高さ測定や形状検査にきわめて有用であり、また、半導体、その他の産業分野で利用される微細な素子等の高さ測定や形状検査にも適用可能である。

## 【符号の説明】

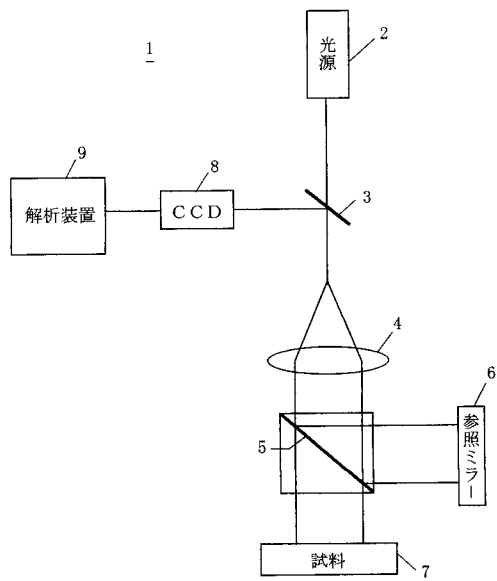
## 【0068】

- 1 干渉計
- 2 光源
- 3 ハーフミラー

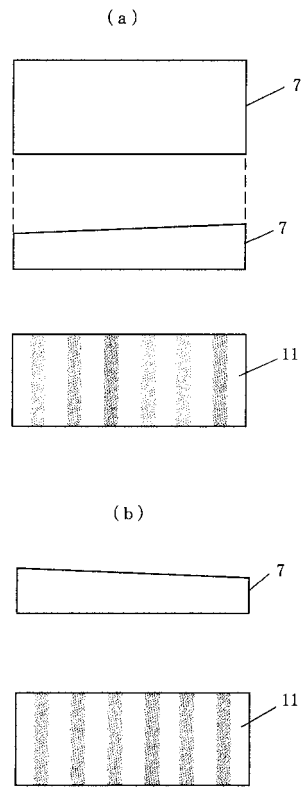
50

4	対物レンズ	
5	ハーフミラー	
6	参照ミラー	
7	試料	
8	CCD	
9	解析装置	
10	試料	
11	干渉縞像	
111 ~ 114	干渉縞像	
12	対物レンズ	10
13	対物レンズの鏡筒	
14	基準線	
20	レーザー干渉バンプ測定器	
21	第1の光源	
22	第2の光源	
23	バンプ	
24	第1のハーフミラー	
25	第2のハーフミラー	
26	対物レンズ	
27	第3のハーフミラー	20
28	参照ミラー	
29	ピエゾ素子	
30	CCD	
31	参照ミラーピエゾ駆動部	
40	解析装置	
41	CPU	
42	メモリ	
43	記憶部	
45	バス(データ及びアドレス用のバス)	
46	入出力インターフェース部	30
47	干渉強度取得手段	
48	位相差取得手段	
49	高さ取得手段	
51	基板表面(バンプ底面)	
52	基板表面から反射されたビート光	
53	バンプ上面	
54	バンプ上面から反射されたビート光	

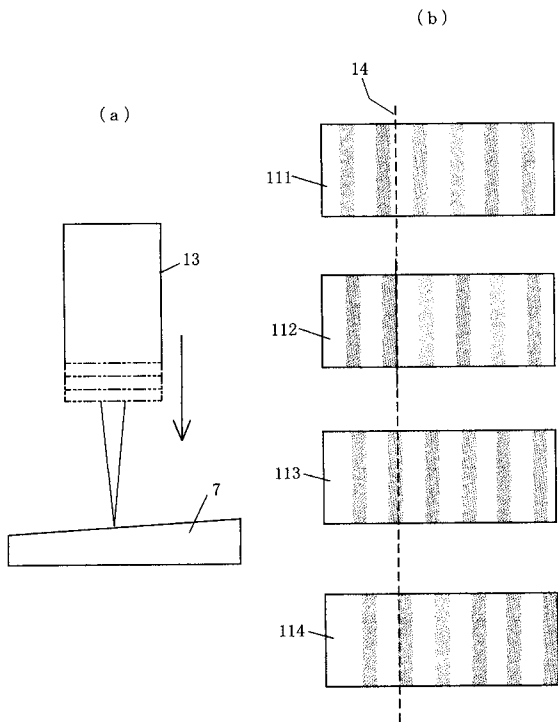
【図1】



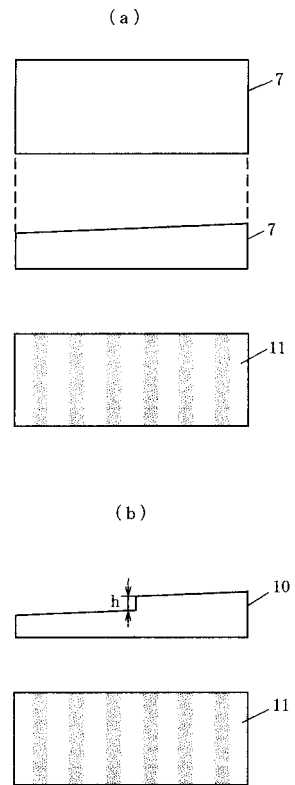
【図2】



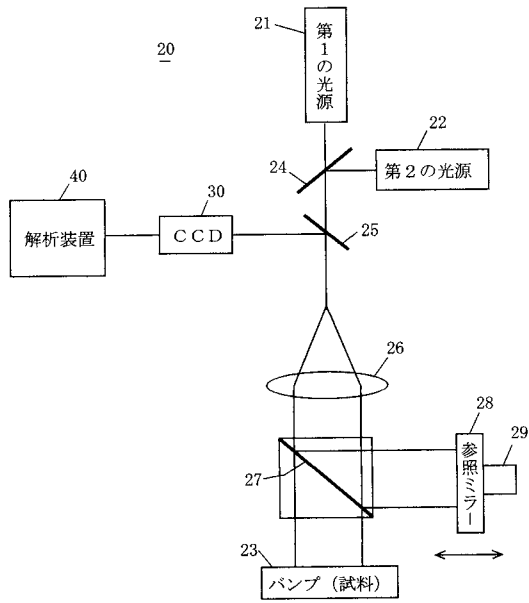
【図3】



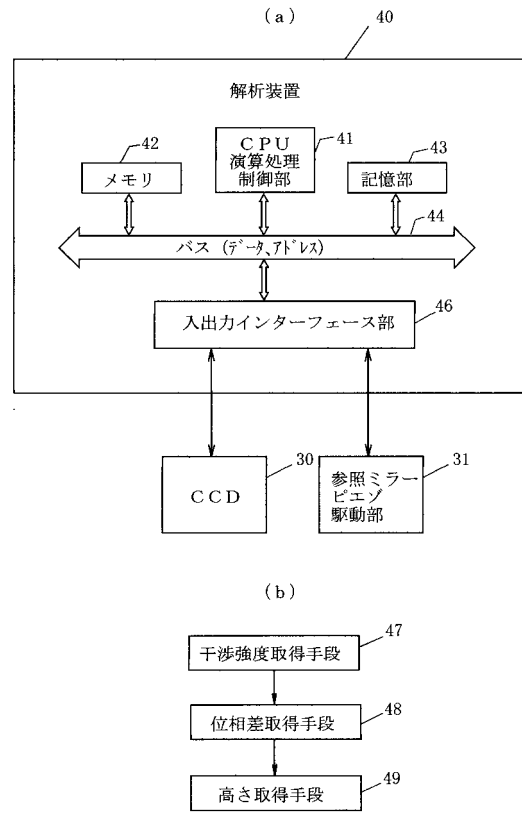
【図4】



【図5】

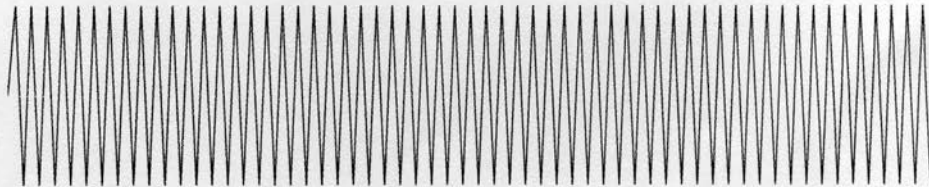


【図7】

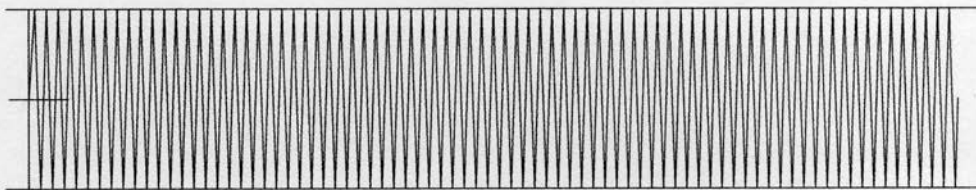


【図6】

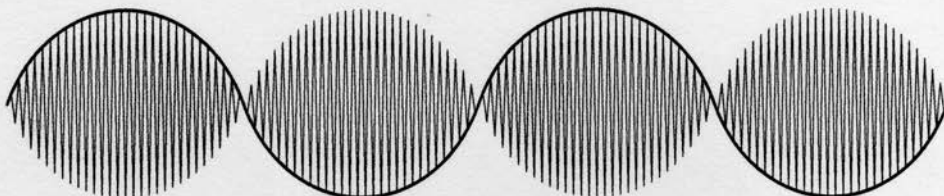
(a) 波長 $\lambda_1$ の波形



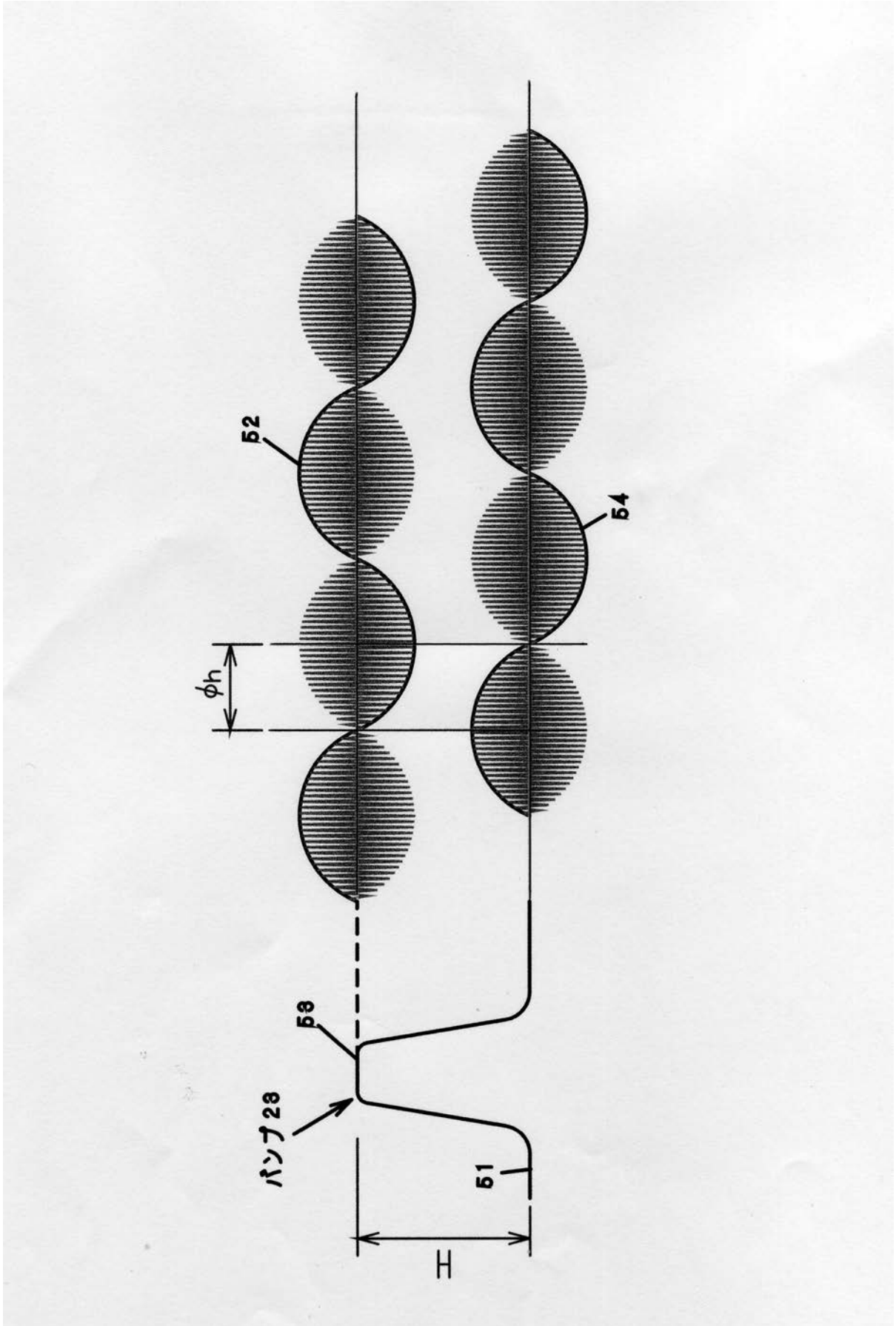
(b) 波長 $\lambda_2$ の波形



(c) 2波長ビート波の波形



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-014549(JP,A)  
国際公開第2006/068217(WO,A1)  
特開平06-331314(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B 11/00~11/30  
G01B 9/02