

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5018182号
(P5018182)

(45) 発行日 平成24年9月5日(2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月22日(2012.6.22)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 N 21/956 (2006.01)		GO 1 N 21/956	B
HO 1 L 21/60 (2006.01)		HO 1 L 21/60	3 1 1 Q
GO 1 B 11/02 (2006.01)		GO 1 B 11/02	H

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-93633 (P2007-93633)	(73) 特許権者	302062931 ルネサスエレクトロニクス株式会社
(22) 出願日	平成19年3月30日(2007.3.30)		神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地
(65) 公開番号	特開2008-249611 (P2008-249611A)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
(43) 公開日	平成20年10月16日(2008.10.16)	(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
審査請求日	平成22年1月21日(2010.1.21)	(74) 代理人	100117695 弁理士 大塚 環
		(74) 代理人	100148057 弁理士 久野 淑己
		(72) 発明者	沖田 孝典 東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

長辺と短辺を有する電極上に半田膜を有する配線基板を準備する工程と、
前記半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る工程と、
前記原画像の輝度を長辺方向に微分して微分データを得る工程と、
前記微分データを短辺方向に積算して積算値を求める工程と、
前記積算値の最大値と最小値の差が所定の値以上であり、前記積算値が最大となる位置と最小となる位置の幅が所定の幅以下である場合に不良と判定する第1検査工程とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記第1検査工程において不良と判定した場合に、前記原画像において前記電極上に輝度が閾値より低い領域が2個以上に分かれている場合は不良と判定し、1個以下の場合は良好と判断する第2検査工程を更に備えることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

長辺と短辺を有する電極上に半田膜を有する配線基板を準備する工程と、
前記半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る工程と、
前記原画像の輝度を長辺方向に微分して微分データを得る工程と、
前記微分データの輝度を短辺方向に積算して積算値を求める工程と、
前記積算値の最大値が所定の値以上である場合に不良と判定する工程とを備えることを

特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記微分データを得る工程において、前記電極の真中部分だけについて輝度を微分することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

電極上に半田膜を有する配線基板を準備する工程と、
前記半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る工程と、
前記原画像において輝度が閾値以上の領域の面積が所定の値以下の場合に不良と判定する第 1 検査工程と、

前記第 1 検査工程において不良と判定した前記半田膜についてレーザ変位計により高さを測定する第 2 検査工程とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

10

【請求項 6】

前記第 2 検査工程において、前記電極上の前記半田膜の高さと前記電極から引き出されたリードの高さとの差が所定の値の範囲内から外れる場合は不良と判定することを特徴とする請求項 5 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

電極上に半田膜を有する配線基板を準備する工程と、
 前記半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る工程と、
 前記原画像について、前記電極から引き出されたリードに相当する部分の輝度を閾値以上に上げる処理を行う工程と、

20

処理後の画像において、輝度が閾値以上の領域同士の間隔が所定の長さ以下の場合に不良と判定する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

電極上に半田膜を有する配線基板を準備する工程と、
 前記半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る工程と、
 前記原画像の各画素について、その画素から所定の処理方向に所定の個数分の画素の輝度を積算したもののから、その画素から前記処理方向とは反対の方向に前記所定の個数分の画素の輝度を積算したものを差し引いた値をその画素の輝度とする処理を行う画像処理工程と、

処理後の画像において、輝度が閾値以上の領域同士の間隔が所定の長さ以下の場合に不良と判定する検査工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

30

【請求項 9】

前記処理方向を短辺方向に平行な第 1 方向として前記画像処理工程を行って第 1 処理画像を得る工程と、

前記処理方向を長辺方向に平行な第 2 方向として前記画像処理工程を行って第 2 処理画像を得る工程と、

前記処理方向を前記第 2 方向とは反対の第 3 方向として前記画像処理工程を行って第 3 処理画像を得る工程と、

前記第 1 処理画像、前記第 2 処理画像及び前記第 3 処理画像を合成し、この合成した画像について前記検査工程を行うことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法

40

【請求項 10】

電極上に半田膜を有する配線基板を準備する工程と、
前記半田膜に上方及び斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る工程と、
前記原画像内で判定領域を決め、前記判定領域内において輝度が閾値以下の領域の面積が所定の値以上の場合に不良と判定する不良判定工程とを備え、

前記原画像を得る工程において、前記反射光を入力する光入力手段と、前記光入力手段と同軸で前記半田膜を照明する同軸照明手段と、前記半田膜の上に円心が位置するリング状のリング照明手段とを用い、

前記原画像を得る工程において、光源からの光を拡散して前記半田膜を複数の方向から

50

照明する無影リング照明手段を更に用い、

前記原画像の周辺領域の輝度を上げた後に前記不良判定工程を行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 1 1】

前記原画像において前記半田膜の外周部の近似曲線を最小二乗法により求める工程を更に有し、

前記近似曲線で囲まれる領域を前記判定領域とすることを特徴とする請求項 1 0 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 2】

前記近似曲線から所定の幅だけ内側の領域を前記判定領域とすることを特徴とする請求項 1 1 に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 1 3】

前記不良判定工程において不良と判定した場合に、前記原画像のコントラストを強調して再び前記不良判定工程を行うことを特徴とする請求項 1 0 ~ 1 2 の何れか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電極上に半田膜を形成し、この半田膜について不良の有無を判定する半導体装置の製造方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体チップと配線基板とを接続する場合にフリップチップボンディングが用いられる。フリップチップボンディングは、予め配線基板の電極上に半田膜を形成し、この半田膜を介して半導体チップの外部端子を配線基板の電極に接続するものである（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 3】

図 4 8、図 4 9 は、電極上に形成した半田膜を上方から撮影した図である。図 4 8 に示すように電極の途中に半田が無い部分がある D C（Dewet Center）不良や、図 4 9 に示すように電極の端に半田が無い部分がある D E（Dewet Edge）不良が発生する場合がある。

30

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 3 2 4 6 4 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

従来は、D C 不良や D E 不良の有無を下記のように判定していた。まず、半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る。そして、この原画像を輝度が閾値より上か下かで 2 値化したものを見て不良の有無を判定していた。しかし、電極の狭ピッチ化などにより、従来の方法では、不良品の見逃しや、良品を不良と判断する虚報が多いという問題があった。

40

【0 0 0 6】

また、半田膜の半田量が不足する不良が発生する場合がある。しかし、従来は、レーザ変位計による高さ測定により半田量不足の有無を判定していたため、測定に時間がかかるという問題があった。

【0 0 0 7】

また、異物の存在などによりリード間のギャップが狭くなり過ぎる不良が発生する場合がある。しかし、異物は D C 不良や D E 不良に比べて配線基板の絶縁膜表面との輝度の差が小さいため、識別が困難であった。

【0 0 0 8】

また、フラックス残渣などに起因して半田が腐食して黒くなる黒色不良が発生する場合

50

がある。図50は、黒色不良が発生した半田膜を示すレーザ顕微鏡画像である。従来は、半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して得た原画像を見ることで、黒色不良の有無を判定していた。しかし、従来の方法により得た原画像では、図51に示すように、半田膜の傾斜面は白く映るが、平面が黒く映る。従って、軽微な黒色不良については検出が困難であった。

【0009】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、その第1の目的は、不良の有無を正確に判定することができる半導体装置の製造方法を得るものである。

【0010】

本発明の第2の目的は、半田膜の半田量不足の有無を迅速に判定することができる半導体装置の製造方法を得るものである。

10

【0011】

本発明の第3の目的は、異物の存在などによりリード間のギャップが狭くなり過ぎる不良の有無を判定することができる半導体装置の製造方法を得るものである。

【0012】

本発明の第4の目的は、軽微な黒色不良についても検出することができる半導体装置の製造方法を得るものである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一実施例に係る半導体装置の製造方法では、まず、電極上に半田膜を形成する。次に、半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して原画像を得る。次に、原画像の輝度を長辺方向に微分して微分データを得る。次に、微分データを短辺方向に積算して積算値を求める。次に、積算値の最大値と最小値の差が所定の値以上であり、積算値が最大となる位置と最小となる位置の幅が所定の幅以下である場合に不良と判定する。

20

【発明の効果】

【0014】

この実施例によれば、不良の有無を正確に判定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法について図面を参照しながら詳細に説明する。

30

【0016】

まず、図1に示すように、配線基板11上にCu電極12(電極)を形成する。このCu電極12は40 μ mピッチで並んでおり、その平面形状は長辺と短辺を有する。

【0017】

次に、図2に示すように、Cu電極12上に、半田粒子と液状有機物を混合した半田ペースト13を印刷する。ここで、半田粒子として鉛フリー半田を用いる。鉛フリー半田とは、鉛が含まれていないか、又は環境負荷が少ない程度(1wt%未満)の鉛しか含まれていない半田である。ここでは、鉛フリー半田として、SnにAgが1~3%含有したものをを用いる。

40

【0018】

次に、図3に示すように、リフローを行ってCu電極12上に半田膜14を形成する。ただし、この際に、半田膜14上に半田ボール15も形成される。次に、図4に示すように、半田ペースト13を洗浄により除去する。そして、図5に示すように、再びリフローを行って半田ボール15を消滅させる。この後に、半田膜14について不良の有無を判定するが、これについては後で詳細に説明する。

【0019】

次に、図6に示すように、ディスペンサ16を用いて、Cu電極12を覆うようにNCP(Non Conductive Paste)17を塗布する。そして、図7に示すように、半導体チップ18の実装面を下に向けて、半導体チップ18を配線基板11上に仮搭載する。この際、

50

半導体チップ18の実装面に形成されたAuスタッドバンプ19(外部端子)を、配線基板11のCu電極12に形成された半田膜14に接触させる。

【0020】

次に、図8に示すように、ツール21を用いてテフロン(登録商標)シート22を介して半導体チップ18を上から加圧する。この際、ツール21により半導体チップ18を150程度に加熱する。これにより、NCP17を硬化させるとともに、半田膜14を溶融させて半導体チップ18のAuスタッドバンプ19を配線基板11のCu電極12に半田付けする。以上の工程により、図9に示すように、配線基板11上に半導体チップ18がフリップチップボンディングされた半導体装置が製造される。

【0021】

次に、半田膜14について不良の有無を判定する工程について、図10のフローチャートを参照しながら詳細に説明する。

【0022】

図11は、半田膜を照明及び撮影するための光学系を示す図である。この光学系は、CCDエリアカメラ31と、XYZテーブル32と、ガラス校正基板33と、X、Y軸のガルバノミラー34、35と、X、Y軸のラインセンサ36、37と、レンズ38と、対物レンズ23と、同軸照明手段24と、リング照明手段25とを有する。CCDエリアカメラ31は測定対象を撮影する撮影手段である。XYZテーブル32は、測定対象をX軸、Y軸、Z軸方向にそれぞれ移動させる。

【0023】

照明系について更に詳細に説明する。図12は、半田膜を照明するための光学系を示す図である。対物レンズ23は反射光を入力する光入力手段である。同軸照明手段24は、例えば青色LEDからなり、対物レンズ23と同軸で半田膜14を照明する。リング照明手段25は、半田膜14の上に円心が位置するリング状に構成され、13°、21°、32°の3段階の角度で半田膜14を照明する。リング照明手段25により半田膜14に斜めから光を当てると、図13に示すように半田膜14の斜面からの反射光が得られる。また、同軸照明手段24により半田膜14を照明すると、図14に示すように半田膜14の平面からの反射光が得られる。

【0024】

まず、リング照明手段25を用いて半田膜14に斜めから光を当て反射光を測定して図15に示すような原画像を得る。この原画像において、半田膜14の斜面は白く写り、半田膜14の平面は黒く写る。なお、図面の横方向がCu電極の短辺方向であり、図面の縦方向がCu電極の長辺方向である。

【0025】

次に、原画像の輝度を長辺方向に微分して図16に示すような微分データを得る。そして、この微分データを短辺方向に積算して図17に示すように積算値を求める。この積算値の最大値と最小値の差が所定の値以上であり、積算値が最大となる位置と最小となる位置の幅が所定の幅以下である場合に不良と判定する(ステップS1)。

【0026】

次に、ステップS1で閾値を大きく外れて不良と判定された場合は、不良であると確定して判定を終了する。一方、ステップS1で良否判定の閾値ぎりぎり不良と判定された場合は、次の検出を行う(ステップS2)。

【0027】

図18に示すようにDC不良があると、Cu電極上において輝度が閾値より低い黒い領域が2個以上に分かれる。従って、黒い領域が2個以上に分かれている場合は不良と判定し、黒い領域が1個以下の場合は良好と判断する(ステップS3)。白い領域から黒い領域への変化が明確で無い場合には、ステップS1の検査ではDC不良の有無を判定することはできないが、ステップS3の検査ならば判定することができる。

【0028】

ステップS1で良好と判定した場合やS3で黒い領域が1個以下と判定した場合には、

10

20

30

40

50

下記のようにD E不良の有無を検査する。まず、ステップS 1と同様に、図19に示す原画像の輝度を長辺方向に微分して微分データを得て、この微分データの輝度を短辺方向に積算して図20に示すように積算値を求める。Cu電極上において、この積算値の最大値が所定の値以上である場合に不良と判定する(ステップS 4)。

【0029】

なお、Cu電極が細い場合は半田膜の斜面の割合が多くなる。そこで、微分データを得る際に、図21に示すようにCu電極の短辺方向の真中部分だけについて原画像の輝度を長辺方向に微分するのが好ましい。これにより、Cu電極が細い場合でもD E不良の特徴を捉えることができる。

【0030】

ステップS 4で不良と判定した場合には、図19に示すような原画像の輝度を短辺方向に積算して図22に示すように積算値を求める。Cu電極上において、この積算値が、その最大値の60%以下となる部分があると不良と判定する(ステップS 5)。

【0031】

ステップS 4又はS 5で良好と判定した場合、図23に示すように原画像において半田膜の外周部の近似曲線を最小二乗法により求める(ステップS 6)。近似曲線を求めることができない場合は、判定値を厳しくしてステップS 4と同様の検査を行う(ステップS 7)。一方、近似曲線が求められた場合は、原画像を輝度が閾値より上か下かで2値化し、白い領域の近似曲線からはみ出し面積が所定の値以上の場合は不良と判定する(ステップS 8)。これによりCu電極上における異物の有無を検査することができる。

【0032】

次に、D E不良の有無について2値検査を行う。図24はD E不良を有する半田膜のレーザ顕微鏡画像であり、図25はD E不良を有する半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して得た原画像であり、図26は図25の原画像を輝度が閾値より上か下かで2値化した画像である。この2値化した画像において、白色領域の長辺方向のエッジと電極の中心との幅が所定の幅以下の場合は不良と判定する(ステップS 9)。

【0033】

ステップS 9で不良と判定した場合は、D E不良の有無について多値検査を行う。即ち、図27に示すように原画像にエッジ強調処理を行う。この処理後の画像において、白色領域の長辺方向のエッジと電極の中心との幅が所定の幅以下の場合は不良と判定する(ステップS 10)。このようにエッジ強調処理を行うことにより、半田膜の表面のシワの影響を排除することができる。

【0034】

ステップS 10で不良と判断した場合は、図28に示すように原画像において半田膜の外周部の近似曲線を最小二乗法により求める(ステップS 11)。近似曲線が求められた場合は、近似曲線同士の短辺方向の幅が所定の幅以下の場合は不良と判定する(ステップS 12)。これにより、Cu電極上に半田が殆ど載っていないディウェットの有無を検査することができる。

【0035】

次に、D E不良の有無について2値面積検査を行う。即ち、図29に示すように、原画像の所定の測定領域内において輝度が閾値以上の白い領域の面積が所定の値以下の場合に不良と判定する(ステップS 13)。これにより、半田の斜面が少ない不良を検出することができる。

【0036】

ステップS 13で不良と判定した半田膜に限り、図30に示すようにレーザ変位計により高さを測定する(ステップS 14)。これにより、測定時間の長いレーザ高さ測定の回数を減らして生産効率を上げることができる。

【0037】

レーザ高さ測定は、図31、図32に示すようにA点、B点、C点について行う。A点はCu電極12から引き出されたCuリード26上の領域であり、B点はCu電極12か

10

20

30

40

50

ら A 点とは反対方向に引き出された Cu リード 26 上の領域であり、C 点は Cu 電極 12 の中心を含む $16 \mu\text{m}$ 四方の領域である。各点においてそれぞれ長辺方向及び短辺方向に複数箇所の高さを測定し、最高点を各点の測定値とする。

【0038】

A 点と B 点の低い方の高さを $H_{A/B}$ とし、C 点の高さを H_C とし、 $5 < H_C - H_{A/B} + 2 < 20$ (μm) の関係を満たせば、良好と判定する。即ち、Cu 電極 12 上の半田膜 14 の高さとして Cu 電極 12 から引き出された Cu リード 26 の高さとの差が $3 \mu\text{m}$ 以下又は $18 \mu\text{m}$ 以上の場合は不良と判定する。

【0039】

ここで、 $2 \mu\text{m}$ を足しているのは、A 点、B 点においても $2 \mu\text{m}$ 程度は半田が載っているからである。また、A 点と B 点の低い方を基準に C 点との差を求めたのは、Cu リード 26 が傾いている場合があるからである。

【0040】

次に、以下の第 1、第 2 の画像処理を施した原画像において、輝度が閾値以上の領域同士の最も近い位置の間隔が所定の長さ以下の場合に不良と判定する狭ギャップ検査を行う (ステップ S15)。これにより、図 33 に示すように、異物 27 の存在などによりギャップが狭くなり過ぎる不良の有無を判定することができる。

【0041】

第 1 の画像処理として、原画像について、図 34 に示すように、Cu 電極 12 から引き出された Cu リード 26 に相当する部分の輝度を閾値以上に上げる処理 (白く塗りつぶす) を行う。Cu リード 26 上には薄く半田が載っているだけなので、原画像において黒と白が混ざったように写る。従って、この部分を白く塗りつぶすことで、狭ギャップ検査において誤判定を防ぐことができる。

【0042】

第 2 の画像処理として、原画像の各画素について、図 35 に示すように、その画素 X から所定の処理方向に所定の個数分 (n 個) の画素の輝度を積算したもの ($\sum_{i=1}^n x_i$) から、その画素 X から処理方向とは反対の方向に所定の個数分 (n 個) の画素の輝度を積算したものの ($\sum_{j=1}^n x_j$) を差し引いた値 X' をその画素の輝度とする処理を行う。

【0043】

ただし、図 36 に示すように、下記の 3 方向について第 2 の画像処理を行って得た第 1 ~ 第 3 処理画像を合成し、この合成した画像を 2 値化して狭ギャップ検査を行う。まず、処理方向を短辺方向に平行な第 1 方向 (図面右方向) として第 2 の画像処理を行って第 1 処理画像を得る。これにより、半田膜と異物の左側を際立たせることができる。次に、処理方向を長辺方向に平行な第 2 方向 (図面下方向) として画像処理工程を行って第 2 処理画像を得る。これにより、異物の上側を際立たせることができる。次に、処理方向を第 2 方向とは反対の第 3 方向 (図面上方向) として画像処理工程を行って第 3 処理画像を得る。これにより、異物の下側を際立たせることができる。

【0044】

ここで、原画像を単純に 2 値化すると全体が膨張し、正確な狭ギャップ検査を行うことができない。これに対し、第 1 ~ 第 3 処理画像を合成することで異物を際立たせることができるため、正確な狭ギャップ検査を行うことができる。

【0045】

次に、下記の方法により半田膜について原画像を撮影し、この原画像内で判定領域を決め、判定領域内において輝度が閾値以下の領域の面積が所定の値以上の場合に不良と判定する (ステップ S16)。これにより黒色不良の有無を判定することができる。

【0046】

図 37 は、黒色不良検査において半田膜を照明及び撮影するための光学系を示す図であ

10

20

30

40

50

る。この光学系は、図 1 2 の光学系と同様に対物レンズ 2 3 , 同軸照明手段 2 4 及びリング照明手段 2 5 を有するだけでなく、無影リング照明手段 2 8 を有する。無影リング照明手段 2 8 は、半田膜 1 4 の上に円心が位置するリング状の導光材を有する。発光ダイオードなどの光源から導光材に投入された光は、導光材内部で様々な方向に拡散される。即ち、無影リング照明手段 2 8 は、影が出にくい拡散均一照射型の無影照明である。この無影リング照明手段 2 8 を用いて、図 3 8 に示すように半田膜 1 4 を複数の方向から照明する。

【 0 0 4 7 】

まず、同軸照明手段 2 4 , リング照明手段 2 5 及び無影リング照明手段 2 8 を用いて、半田膜 1 4 に上方及び斜めから光を当て反射光を測定して図 3 9 に示すような原画像を得る。このように半田膜 1 4 に対して、斜めからだけでなく上方からも光を当てることにより、半田膜 1 4 の全体を均一に光らせることができる。これにより、軽微な黒色不良についても検出することができる。特に、無影リング照明手段 2 8 を用いることにより、半田膜 1 4 に多方向から光を当てることができるため、黒色不良の検出が容易になる。また、直接照明を用いて半田膜 1 4 を複数の方向から照明すると、照明が対物レンズ 2 3 の中央に寄ってきて視野が狭くなる。これに対し、無影リング照明手段 2 8 を用いれば広い視野を確保することができる。

【 0 0 4 8 】

ここで、図 4 0 に示すように、ワーク 2 9 の周辺領域からの反射光は無影リング照明手段 2 8 により遮られて対物レンズ 2 3 に入射されない。このため、図 4 1 に示すように、原画像の周辺領域では、中央領域に比べて輝度が低くなり、そのままでは黒色不良の判定を行うことができない。そこで、図 4 2 に示すように、原画像の周辺領域の輝度を上げた後に不良判定を行う。これにより、画像の中央領域だけでなく周辺領域でも黒色不良の判定を行うことができるため、判定時間を短縮することができる。

【 0 0 4 9 】

次に、上記のように撮影した原画像において、図 4 3 に示すように、半田膜の外周部の近似曲線（点線）を最小二乗法により求める。そして、Cu 電極の中心から長辺の 1 / 2 までの範囲と近似曲線とで囲まれる領域を黒色不良の判定領域とする。ただし、最小二乗法では外側の暗い部分を近似曲線の内側に含んでしまうため、近似曲線から所定の幅（例えば 3 μm）だけ内側の領域（実線）を判定領域とするのが好ましい。

【 0 0 5 0 】

また、上記の黒色不良の判定工程において不良と判定した場合に、原画像のコントラストを強調して再び不良判定工程を行う。これにより、半田膜 1 4 の表面の荒れを黒色不良と誤判定するのを防ぐことができる。原画像のコントラストの強調は以下のように行う。

【 0 0 5 1 】

まず、図 4 4 は、撮影した原画像、その輝度の度数分布グラフ及び輝度の累積度数分布グラフである。この原画像に対して、図 4 5 に示すように階調イコライゼーションを行う。次に、図 4 6 に示すように補正を行う。最後に、図 4 7 に示すようにコントラストを改善することで最終画像を得る。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 2 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【 図 3 】 本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【 図 4 】 本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【 図 5 】 本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である

10

20

30

40

50

- 。
- 【図6】本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。
- 。
- 【図7】本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。
- 。
- 【図8】本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。
- 。
- 【図9】本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。
- 。
- 【図10】本発明の実施の形態に係る不良判定方法を示すフローチャートである。 10
- 【図11】半田膜を照明及び撮影するための光学系を示す図である。
- 【図12】半田膜を照明するための光学系を示す図である。
- 【図13】リング照明手段により半田膜を照明する様子を示す断面図である。
- 【図14】同軸照明手段により半田膜を照明する様子を示す断面図である。
- 【図15】DC不良を有する半田膜の原画像である。
- 【図16】原画像の輝度を長辺方向に微分した微分データである。
- 【図17】微分データを短辺方向に積算した積算値を示す図である。
- 【図18】DC不良を有する半田膜の原画像である。
- 【図19】DE不良を有する半田膜の原画像である。
- 【図20】微分データを短辺方向に積算した積算値を示す図である。 20
- 【図21】Cu電極の真中部分だけについて輝度を微分することを説明するための図である。
- 【図22】図19の原画像の輝度を短辺方向に積算した積算値を示す図である。
- 【図23】半田膜の外周部の近似曲線を描いた原画像である。
- 【図24】DE不良を有する半田膜のレーザ顕微鏡画像である。
- 【図25】DE不良を有する半田膜に斜めから光を当て反射光を測定して得た原画像である。
- 【図26】図25の原画像を2値化した画像である。
- 【図27】DE不良の多値検査を説明するための図である。
- 【図28】ディウエットの検査を説明するための図である。 30
- 【図29】DE不良の2値面積検査を説明するための図である。
- 【図30】レーザ変位計による高さ測定の結果を示す図である。
- 【図31】レーザ高さ測定を行う位置を示す断面図である。
- 【図32】レーザ高さ測定を行う位置を示す上面図である。
- 【図33】リード間のギャップを示す上面図である。
- 【図34】第1の画像処理を説明するための図である。
- 【図35】第2の画像処理を説明するための図である。
- 【図36】第1～第3処理画像の合成を説明するための図である。
- 【図37】黒色不良検査において半田膜を照明及び撮影するための光学系を示す図である 40
- 。
- 【図38】無影リング照明手段により半田膜を照明する様子を示す断面図である。
- 【図39】半田膜に上方及び斜めから光を当て反射光を測定して得た原画像である。
- 【図40】無影リング照明手段を用いた場合の反射光の経路を説明するための拡大断面図である。
- 【図41】複数のCu配線上に形成された半田膜を撮影した原画像である。
- 【図42】図41の原画像の周辺領域の輝度を上げた画像である。
- 【図43】黒色不良の判定領域を決めた原画像である。
- 【図44】撮影した原画像、その輝度の度数分布グラフ及び輝度の累積度数分布グラフである。
- 【図45】階調イコライゼーションを行った画像、その輝度の度数分布グラフ及び輝度の 50

累積度数分布グラフである。

【図46】 補正を行った画像、その輝度の度数分布グラフ及び輝度の累積度数分布グラフである。

【図47】 コントラストを改善した画像、その輝度の度数分布グラフ及び輝度の累積度数分布グラフである。

【図48】 DC不良を有する半田膜を撮影した画像である。

【図49】 DE不良を有する半田膜を撮影した画像である。

【図50】 黒色不良が発生した半田膜を示すレーザ顕微鏡画像である。

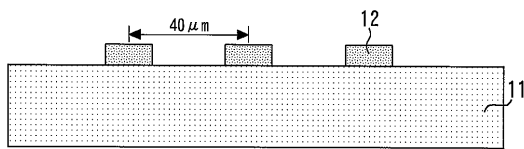
【図51】 従来の方法により得た原画像である。

【符号の説明】

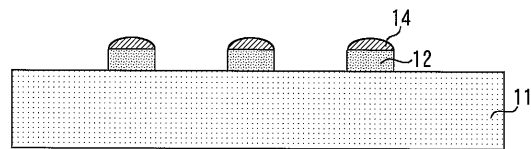
【0053】

- 11 配線基板
- 12 Cu電極(電極)
- 14 半田膜
- 24 同軸照明手段
- 25 リング照明手段
- 26 Cuリード(リード)
- 28 無影リング照明手段

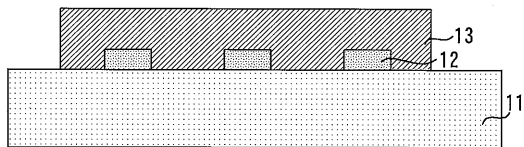
【図1】



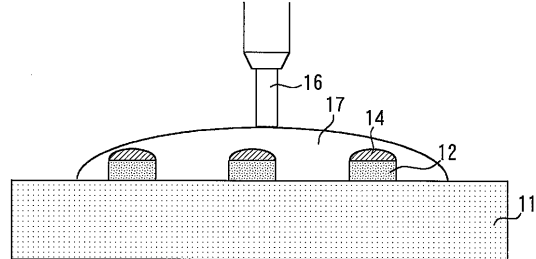
【図5】



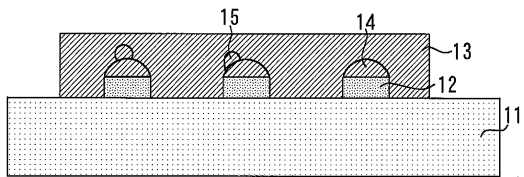
【図2】



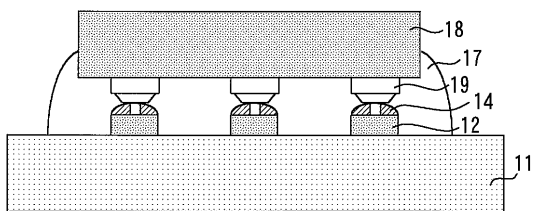
【図6】



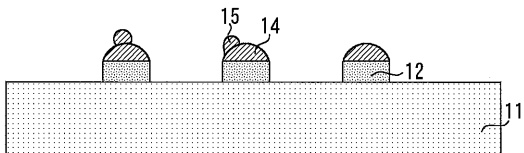
【図3】



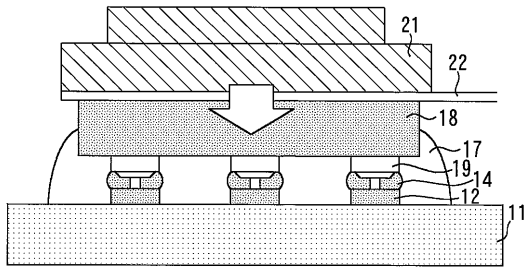
【図7】



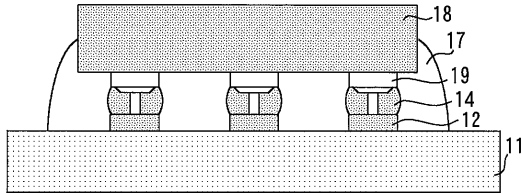
【図4】



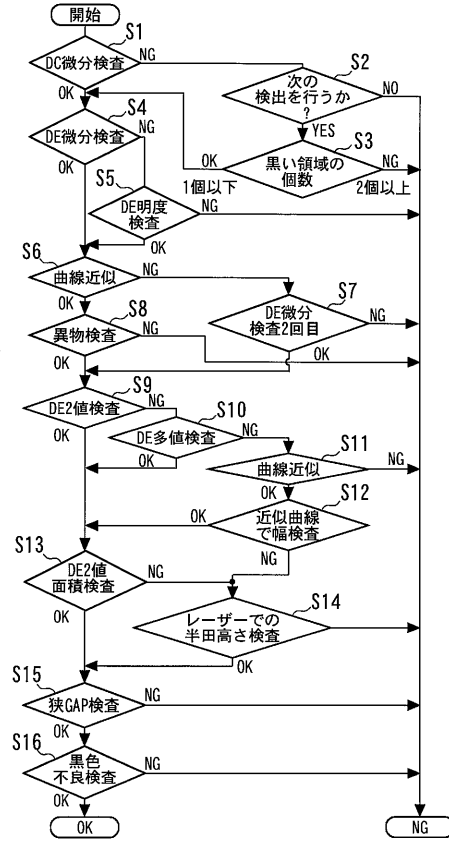
【図8】



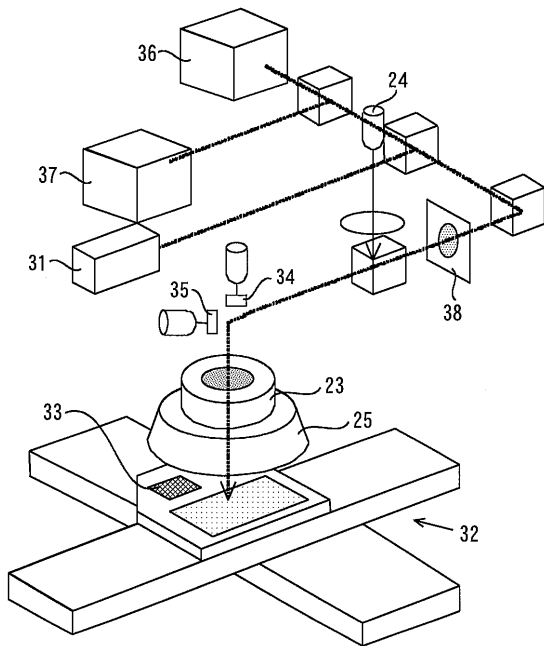
【図9】



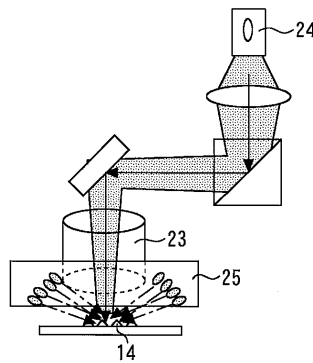
【図10】



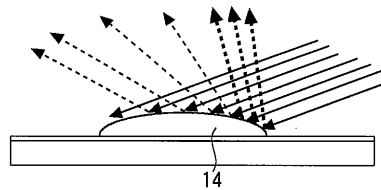
【図11】



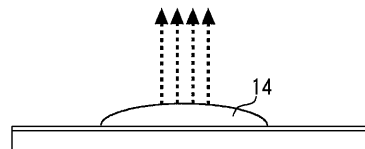
【図12】



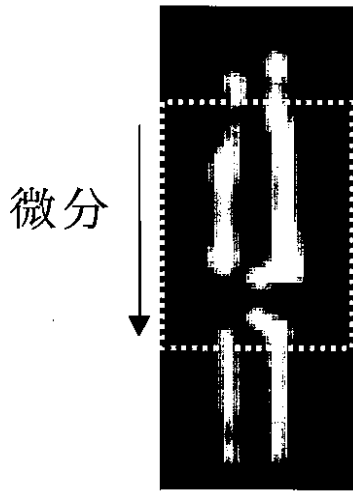
【図13】



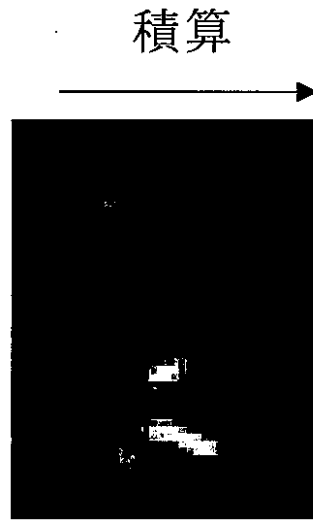
【図14】



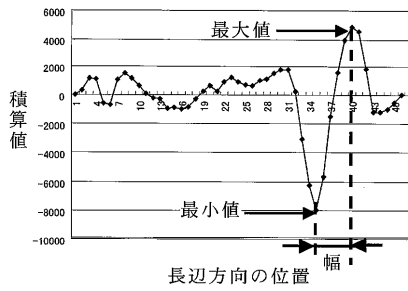
【図15】



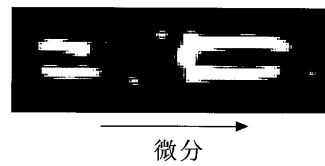
【図16】



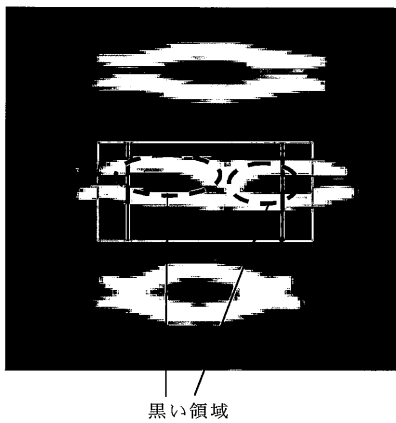
【図17】



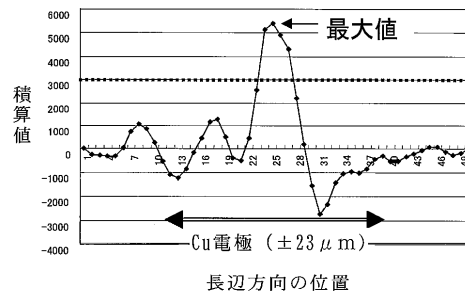
【図19】



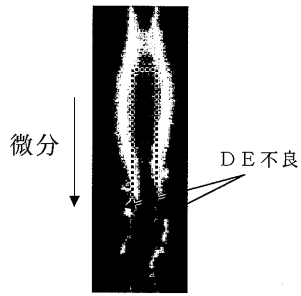
【図18】



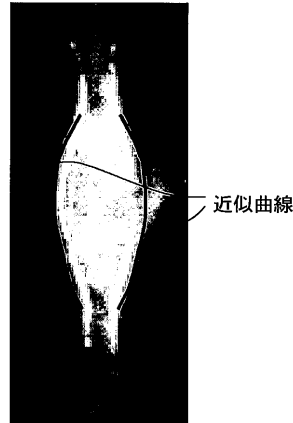
【図20】



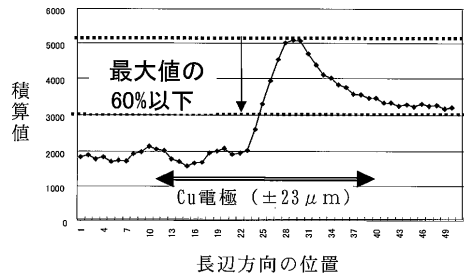
【図 2 1】



【図 2 3】



【図 2 2】



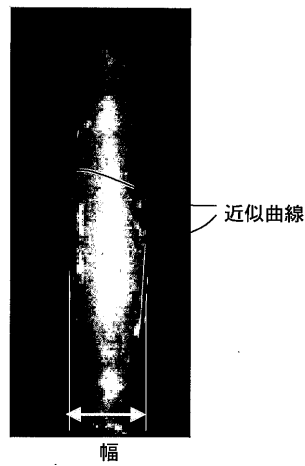
【図 2 4】



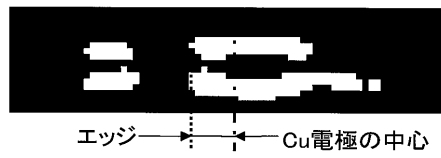
【図 2 5】



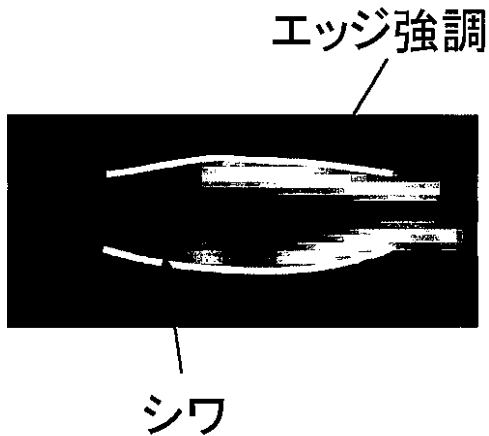
【図 2 8】



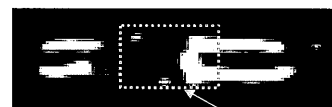
【図 2 6】



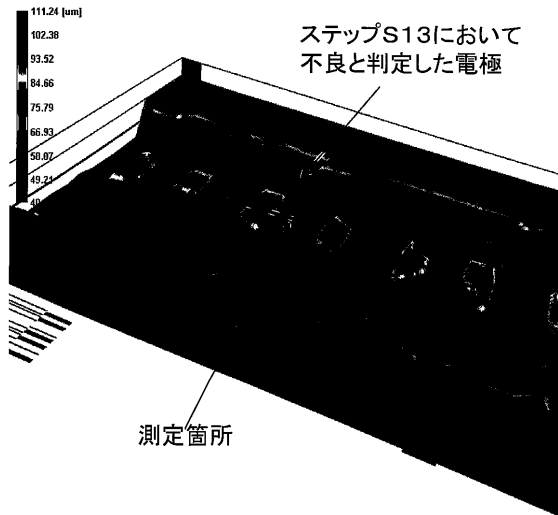
【図 2 7】



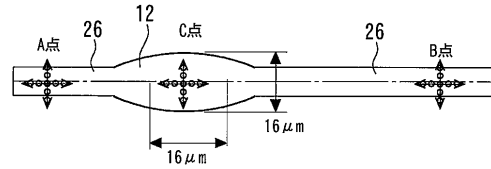
【図 2 9】



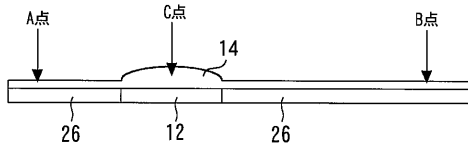
【図30】



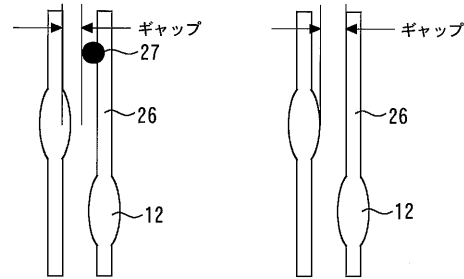
【図32】



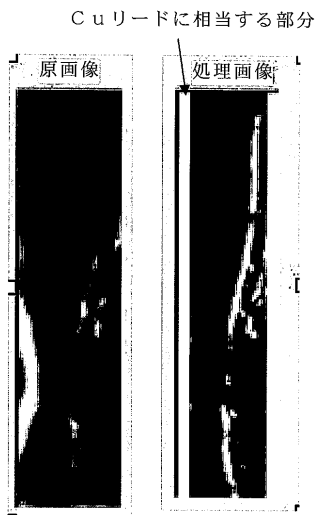
【図31】



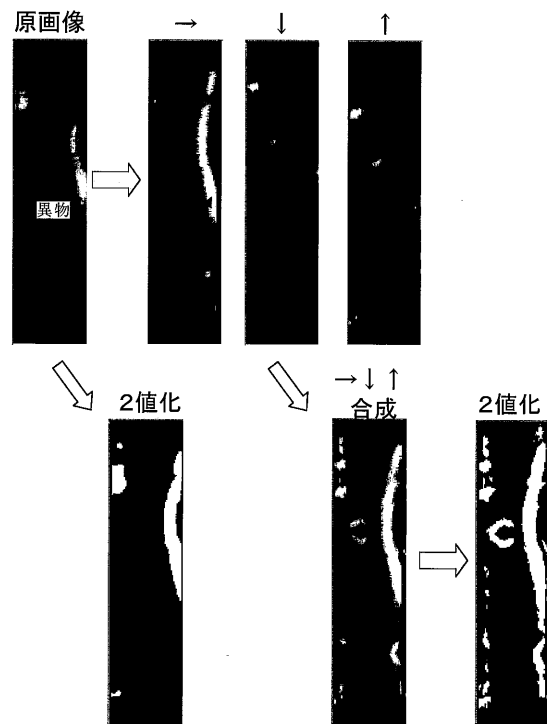
【図33】



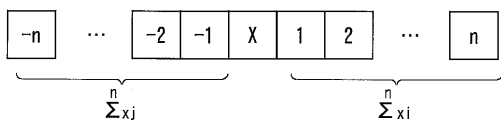
【図34】



【図36】

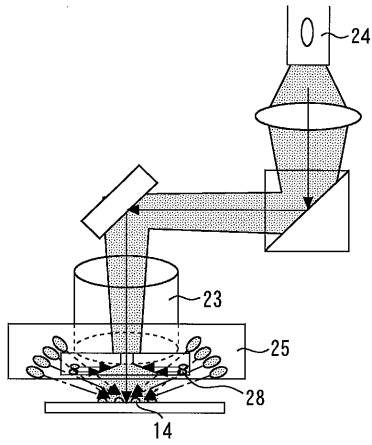


【図35】

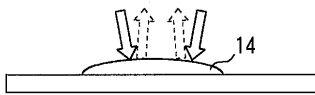


⇒処理後の画素値: $X' = \sum_{xi}^n xi - \sum_{xj}^n xj$

【図37】



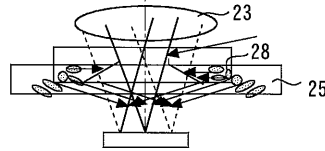
【図38】



【図39】



【図40】



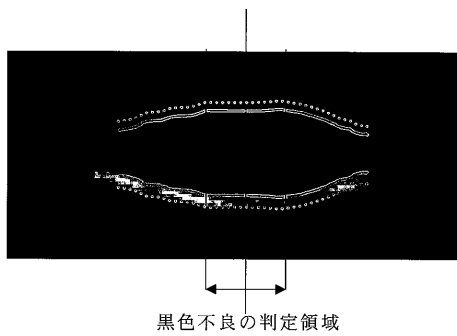
【図41】



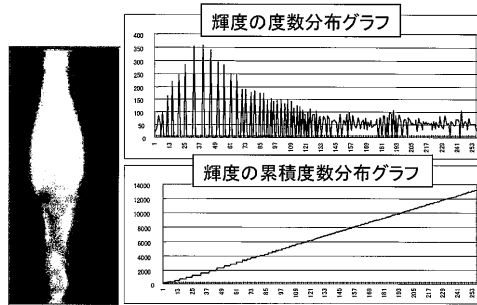
【図42】



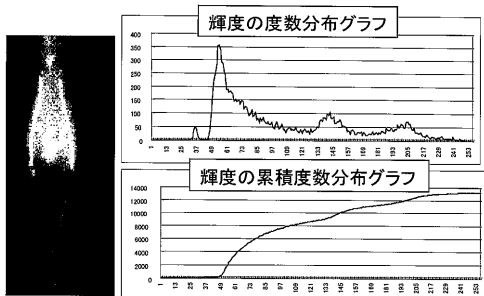
【図43】



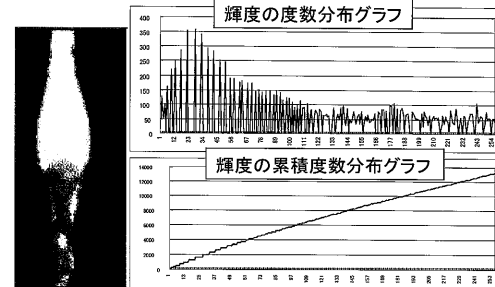
【図45】



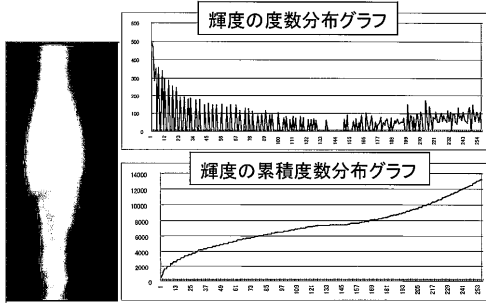
【図44】



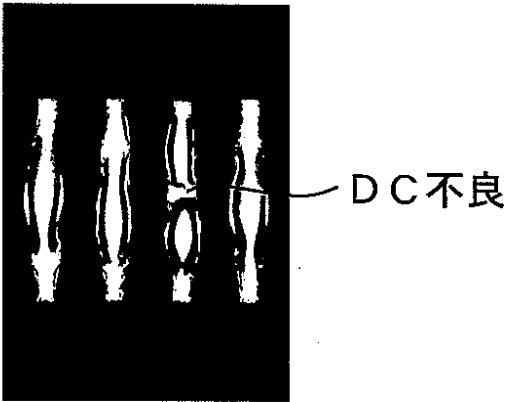
【図46】



【図 47】



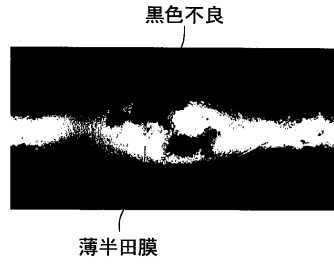
【図 48】



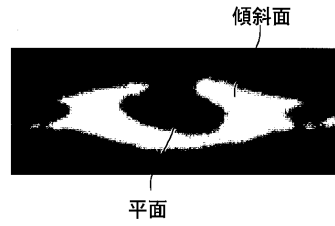
【図 49】



【図 50】



【図 51】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 浩一

兵庫県伊丹市瑞原四丁目1番地 株式会社ルネサスデザイン内

(72)発明者 山本 兼久

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

審査官 中村 祐一

(56)参考文献 特開2004-264025(JP,A)

特開2007-003494(JP,A)

特開平06-118016(JP,A)

特開平11-051621(JP,A)

特開平04-104044(JP,A)

特開2006-324642(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N21/84-21/958

G01B11/02

H01L21/60