(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3618545号
(P3618545)
(45)発行日　平成17年2月9日(2005.2.9)　(24)登録日　平成16年11月19日(2004.11.19)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01B 11/30	G01B	11/30	Z
G01N 21/88	G01N	21/88	Z

請求項の数 2　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平10-87860
(22)出願日　平成10年4月1日(1998.4.1)
(65)公開番号　特開平11-287640
(43)公開日　平成11年10月19日(1999.10.19)
審査請求日　平成14年5月10日(2002.5.10)

(73)特許権者　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100080827
弁理士　石原　勝
(72)発明者　久保　泰康
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　小林　彰
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　横前　みすず
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】欠陥検査方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
被検査物の表面にライン状に光を照射した光照射ライン及び、前記光照射ラインに対して間隔をあけて平行に設定された検出ラインを有し、検査エリアが円環状に設定された被検査物を検査する際に、被検査物の中心と検出ラインの位置関係を一定に保って被検査物を回転させながら検出ラインが検査エリアと交わる２箇所の線分上でそれぞれ光強度を検出し、前記２箇所の線分の中心と被検査物の中心とを結ぶ線分のなす角度が７０°～１１０°であることを特徴とする欠陥検査方法。
【請求項２】
前記２箇所の線分の中心と前記被検査物の中心とを結ぶ線分のなす角度が９０°であることを特徴とする請求項１記載の欠陥検査方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、セラミックディスク等の被検査物の内部における微細なクラックや気泡等による光学的不均一性を光学的に検出することで、クラックや気泡等の欠陥を検査する欠陥検査方法に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
例えば、絶縁体セラミックスや圧電体セラミックス等のセラミックスにおいては、表面や

内部に存在する微小な欠陥や、サブミクロン程度の微小なクラック開口幅を有するマイクロクラックが起点になって亀裂が進行する脆性破壊挙動が大きな問題となっており、それを高精度、高速、低コストで検査する技術の開発が要請されている。

【０００３】

そのような要請に応える検査方法として、特開平８－１２８９５９号において、被検査物表面に光を照射し、その照射光が被検査物の表面から内部に浸透して拡散したのち被検査物表面から拡散放射される光を検出し、検出された光の強度変化を検出することにより被検査物の光学的不均質を検出する検査方法を提案している。

【０００４】

図４を参照して説明すると、４２は白色光源、４３はコンデンサレンズ、４４はスリットを有する遮光板、４５は投影レンズであり、これらにより被検査物４１にライン状に光を照射する照明系が構成されている。４６は対物レンズ、４７はラインセンサであり、これらにより光照射ライン５１に対して適当間隔ｄをあけて平行に設定した検出ライン５２を撮像する撮像系が構成されている。４８は、被検査物４１を照明系や撮像系に対して相対移動させる駆動系である。４９はラインセンサ４７にて撮像された画像信号と駆動系の移動信号から画像を形成する前処理部、５０は画像処理部である。４１ａは被検査物４１に存在する微小クラックである。

【０００５】

以上の構成において、白色光源４２からの光がコンデンサレンズ４３、遮光板４４のスリット及び投影レンズ４５を通ることにより被検査物４１上に光照射ライン５１としてライン状に照射される。被検査物４１の表面に照射された光の一部は被検査物４１の内部に浸透して拡散したのち検出ライン５２に到達して表面から放射され、その拡散放射光が対物レンズ４６を介してラインセンサ４７上に結像する。拡散放射光の強度は、検出ライン５２の近傍位置で被検査物４１の内部にクラック４１ａ等が存在する場合その影響を受けて変化することになる。そこで、駆動系４８にて被検査物４１を矢印Ａ方向に順次移動させながら、ラインセンサ４７の画像信号と駆動系４８の移動信号から前処理部４９で画像を形成し、画像処理部５０にて画像処理することにより被検査物４１のクラック４１ａ等の欠陥を検出している。

【０００６】

詳述すると、検出ライン５２の位置がクラック４１ａより離れている状態では、被検査物４１の内部に浸透した光は拡散し、その拡散光の一部が検出ライン５２表面から拡散放射され、ラインセンサ４７の画像信号は基準レベルである。しかし被検査物４１が相対移動して検出ライン５２がクラック４１ａに近付いてきた状態では、前記同様にして拡散光の一部が検出ライン５２表面から放射されると共に、クラック４１ａによって反射れた拡散光の一部も検出ライン５２表面から放射されるため光強度が高くなり、クラック４１ａに近付くにしたがって画像信号の光強度は前記基準レベルから徐々に高くなる。

【０００７】

そして被検査物４１がさらに相対移動して光照射ライン５１と検出ライン５２の間にクラック４１ａが位置する状態では、被検査物４１内部での拡散光の一部がクラック４１ａを透過して検出ライン５２に達する光量が著しく減少するので、画像信号の光強度は急激に低くなり、光照射ライン５１がクラック４１ａを通過すると基準レベルに復帰する。このような光強度の変化を検出することによってクラック等の欠陥検査が行われていた。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記従来の欠陥検査方法においては、被検査物４１の内部に存在するクラック４１ａ等の光学的不均質をその表面からの拡散放射光の強度変化として検出する原理上、光照射ライン５１や検出ライン５２と検出すべきクラック４１ａとのなす角度によって検出感度が変化するという問題があった。

【０００９】

つまり、クラック４１ａ位置でのラインセンサ４７の画像信号の増減は、検出ライン５２

とクラック４１ａとのなす角度が０°に近く、互いに平行な状態のときに検査した場合に著しく変化するのでクラック４１ａの検出感度が高くなる。

【００１０】

一方、前記角度が９０°の状態のときに検査した場合には画像信号があまり増減しないので、検出感度が低くなる。

【００１１】

従って、欠陥検査におけるクラックの検出感度を維持する上では、検出ラインとクラックとのなす角度が０°～４５°程度となるように設定することが好ましい。

【００１２】

このため、クラックの発生角度を限定できないときには一旦被検査物を一方向に駆動して検査したのち、被検査物を９０°回転して再び同方向に駆動して検査する必要があった。

【００１３】

円板状の被検査物、特にその検査エリアを円環状に設定してクラックを検出する場合には、前記のような駆動装置による被検査物の一方向への移動と反転を繰り返して検査する方法では駆動装置が複雑化してコストがかかるだけでなく、処理時間もかかるため無駄が多いという問題があった。

【００１４】

そこで本発明は上記従来の問題点を解決するために、被検査物の検査エリアの円環状の形状を利用して簡易な駆動装置により高速、低コストに欠陥検査を行うことを目的とするものである。

【００１５】

【課題を解決するための手段】

本発明の欠陥検査方法は上記目的を達成するため、被検査物の表面にライン状に光を照射した光照射ライン及び、前記光照射ラインに対して間隔をあけて平行に設定された検出ラインを有し、検査エリアが円環状に設定された被検査物を検査する際に、被検査物の中心と検出ラインの位置関係を一定に保って被検査物を回転させながら検出ラインが検査エリアと交わる２箇所の線分上でそれぞれ光強度を検出し、前記２箇所の線分の中心と被検査物の中心とを結ぶ線分のなす角度が７０°～１１０°であることを特徴とする。

【００１６】

本発明によれば、検査エリアが円環状に設定された被検査物を検査する際に、被検査物の中心と検出ラインの位置関係を一定に保って被検査物を回転させながら検出ラインが検査エリアと交わる２箇所の線分上でそれぞれ光強度を検出し、前記２箇所の線分の中心と被検査物の中心とを結ぶ線分のなす角度が７０°～１１０°である。

このため、被検査物と光照射ラインや検出ラインとの位置関係を設定するだけで、検出ラインとクラック等とのなす角度を自動的に小さくすることができる。

その結果、従来方法のように被検査物の一方向への駆動と反転を繰り返して検査する必要がなくなるので、被検査物を回転させる駆動装置も簡単な構成ですみ、低コストで欠陥検査を行うことができると共に処理時間も少なくすることができ、光強度の変化を正確に検出した画像信号が得られ、クラック等の検出感度の良好な欠陥検査を容易に行うことができる。

【００１７】

前記２箇所の線分の中心と前記被検査物の中心とを結ぶ線分のなす角度が９０°であることが好ましい。この構成によれば、検出ラインとクラック等とのなす角度を０°～４５°と設定することができ、クラック等の検出感度がさらに良好になる。

【００１８】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の欠陥検査方法の一実施形態を図１～図３を参照して説明する。

【００１９】

本実施形態の欠陥検査装置の概略構成を示す図１において、１は被検査物、２は被検査物１を回転するための駆動装置、３はラインセンサ、４は光照射ライン８に光を照射するた

めの照明レンズ、５は照明レンズ４に光を与える光源装置、６はラインセンサ３で検出した画像信号を取り込むための画像処理装置、７は光照射ライン８に対して適当間隔Ｄをあけて平行に設定され、ラインセンサ３にて撮像される検出ライン、８は照明レンズによって光を照射される光照射ラインである。被検査物１は、照明光の一部が内部に浸透して拡散するセラミック等からなる円板状をなしており、駆動装置２の駆動軸２ａによってその中心周りに矢印Ｂの方向に回転される。尚、円板状とは、図１のようにその中心に孔を有するドーナツ形状の外、孔なしのものも含んでいる。

【００２０】

上記構成において、光源装置５からの光が照明レンズ４を通ることにより被検査物１上に光照射ライン８としてライン状に照射される。被検査物１の表面に照射された光の一部は被検査物１の内部に浸透して拡散したのち検出ライン７に到達して表面から放射され、その拡散放射光が対物レンズ９を介してラインセンサ３上に結像する。拡散放射光の強度は、検出ライン７の近傍位置で被検査物１の内部にクラック（後記１４）等が存在する場合、その影響を受けて変化することになる。そこで、駆動装置２にて被検査物１を順次回転させながら、ラインセンサ３の画像信号と駆動装置２の移動信号から画像処理装置６で画像処理することによって被検査物１のクラック等の欠陥を検出している。つまり、従来例を示す図４で述べたものと同様に、ラインセンサ３で検出される画像信号は、検出ライン７の位置がクラック等より離れている状態では基準レベルであるが、被検査物１が回転して検出ライン７がクラック等に近付いてくるにつれて徐々に高くなり、光照射ライン８と検出ライン７の間にクラック等が位置する状態になると著しく低くなる。これは被検査物１内部での拡散光の一部がクラック等を透過して検出ライン７に達する光量が著しく減少することによる。光照射ライン８がクラック等を通過すると、検出される画像信号は基準レベルに復帰する。

【００２１】

平面基板のクラック検出方法として、図４に示す従来方法では、被検査物１を矢印Ａの方向に相対移動させながら、ラインセンサ３にて撮像することで欠陥を検査していた。しかし本実施形態の方法では被検査物１の円板状の形状を利用して、前記のように矢印Ｂ方向に回転させながら、ラインセンサ３にて撮像することで欠陥を検査している。

【００２２】

検出ライン７及び光照射ライン８と、被検査物１との位置関係を示す図２（ａ）により以下説明する。尚、検出ライン７と光照射ライン８との位置関係は逆であってもよく、互いに適当間隔Ｄをあけて平行の位置関係であることが重要である。　１１は円形状をなす被検査物１の検査エリアであり、円環状に設定されている。検出ライン７（場合によっては光照射ライン８）は、被検査物１の中心から半径方向に適当間隔Ｅをあけて設定されており、この状態で被検査物１をその中心周りに矢印Ｂの方向に回転しながら検出ライン７上の光強度を測定する。この際、光強度を測定する検出ライン７は、検査エリア１１と交わるそれぞれ左右２箇所のライン７ａ、７ｂとなる。

【００２３】

このときに検出される画像信号を図２（ｂ）で模式的に示している。図２（ａ）のライン７ａ、７ｂが図２（ｂ）のａ部、ｂ部にそれぞれ対応しており、円環状の検査エリア１１を帯状に展開した画像を得ることができる。

【００２４】

前記のように、検出ライン７が検査エリア１１と交わる２箇所の線分（ライン７ａ、７ｂ）上の光強度の変化をそれぞれ検出することにより被検査物１内部に存在するクラック等の光学的不均質を検出する欠陥検査方法においては、光照射ライン８及び検出ライン７（本実施形態ではライン７ａ、７ｂ）と検出すべき後記クラック１４とのなす角度によって検出感度が変化する。つまり、被検査物１表面から拡散放射される光の強度は、線分１０ａ、１０ｂとのなす角度αが９０°のときにおいて検出ライン７に対してクラック等が０°～４５°の角度をなすときに十分に変化し、良好な検出感度が得られる。

【００２５】

一方、検出ライン７に対して直交する９０°の角度をなすときには最も検出感度が低くなる。

【００２６】

本実施形態で云えば図３（ａ）に示すように、クラック１４が検出ライン７及び光照射ライン８に対して直交する状態のときには最も検出感度が低く、逆に図３（ｂ）に示すように、クラック１４が検出ライン７及び光照射ライン８に対して平行な状態のときには最も検出感度が高くなる。その間において０°～４５°内の適正な検出感度を得るためには、図２（ａ）に示す位置では、検出ライン７上のライン７ａ、７ｂのそれぞれの中央点７a_1、７b_1と被検査物１の中心点とを結ぶ線分（広く説明すれば検査エリア１１の外周円１１ａと内周円１１ｂの中央部にあたる円周１２と検出ライン７との２交点７a_1、７b_1を求め、これら交点と被検査物１の中心点とを結ぶ線分）１０ａ、１０ｂとのなす角度αが９０°になるとき、検出対象となるクラック１４が検出ライン７に対して常に４５°以内の角度をなすようになる。尚、角度αは９０°の場合が望ましいが、８０°～１００°の範囲内であればよく、場合によっては７０°～１１０°の範囲内でも検出が可能である。

【００２７】

図３（ａ）が図２（ａ）の、図３（ｂ）が図２（ｂ）のそれぞれ拡大模式図となっている。図３（ａ）に示す状態から被検査物１を回転させ、クラック１４が図３（ｂ）に示す状態に到達したとき、つまり図２（ａ）で示せば７ａ部から７ｂ部まで回転したとき、検出感度が最も良好な状態となる。このように、ライン７ａ、７ｂの２つの状態（画像信号ではａ部とｂ部の２つの状態）を共に観察することで、ライン７ａ、７ｂのいずれかにおいてクラック１４と検出ライン７とのなす角度が小さくなるため、検出感度が良い状態でクラック１４等を検出できる。

【００２８】

以上のように本実施形態においては、被検査物１の円板状の形状を利用して中心周りに回転させながら検出ライン７上の光強度を検出することができるので、駆動装置２も簡易な構成ですみ、低コストに欠陥検査を行うことができると共に処理時間も少なくすることができる。

【００２９】

また、被検査物の中心から半径方向に適当間隔Ｅあけて、互いに平行な光照射ライン８及び検出ライン７を設定すると共に検査エリア１１を円環状に設定し、角度αを９０°にすることで、検出ライン７や光照射ライン８とクラック１４等のなすの角度を自動的に０°～４５°とすることができ、光強度の変化を正確に検出した画像信号がａ部かｂ部のいずれかで得られ、クラック１４等の検出感度の良好な欠陥検査を容易に行うことができる。

【００３０】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、被検査物の検査エリアの円環状の形状を利用することにより被検査物を回転させる駆動装置も簡単な構成ですみ、検出ラインに対するクラック等の発生角度を限定することなく高速、低コストで欠陥検査を行うことができると共に、光照射ラインや検出ラインと被検査物の中心との位置関係を設定し、検出ラインが検査エリアと交わる２箇所の線分上でそれぞれ光強度を検出することによって、クラック等の検出感度の良好な欠陥検査を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施形態を示す欠陥検査装置の全体構成を示す斜視図。

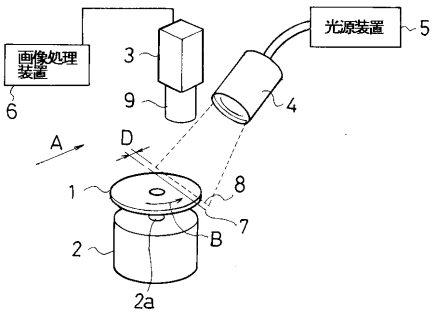
【図２】同実施形態を示し（ａ）はその検出ライン及び光照射ラインと被検査物との位置関係を示す平面図、（ｂ）はそのラインセンサにて撮像される画像信号の模式図。

【図３】図２（ａ）の要部拡大図を示し、（ａ）は検出感度の最も低い状態を示す平面図、（ａ）は検出感度の最も低い状態の説明図、（ｂ）は検出感度の最も高い状態の説明図。

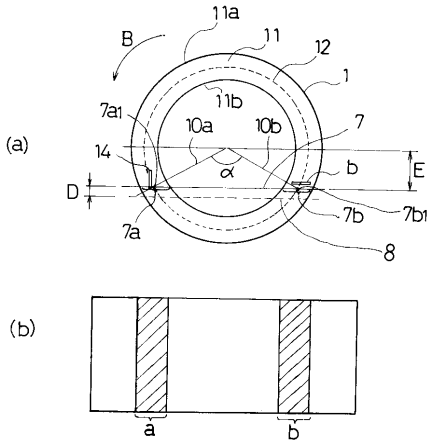
【図４】従来例の欠陥検査装置の基本構成を示す概略図。

【符号の説明】
1　被検査物
2　被検査物の回転駆動装置
3　ラインセンサ
4　照明レンズ
5　光源装置
6　画像処理装置
7　検出ライン
7ａ、７ｂ　検査エリア上の検出ライン
$7a_1$　、$7b_2$　中央点
8　光照射ライン
１０ａ、１０ｂ　ライン
１１　検査エリア
１１ａ　外周円
１１ｂ　内周円
１２　外周円と内周円のほぼ中央部にあたる円周
A　相対移動方向
B　回転方向
D　検出ラインと光照射ラインとの間の適当間隔
E　被検査物の中心点と検出ラインとの間の適当間隔
α　角度

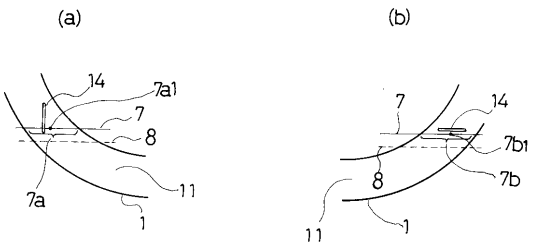
【図１】



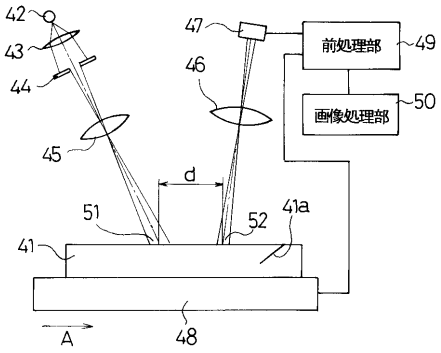
【図２】



【図３】



【図４】



フロントページの続き

審査官　関根　洋之

(56)参考文献　特開平０９－２９７１１０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１２８９６５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－９２０９８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01B 11/24
G01B 11/30
G01B 21/00
G01N 21/88
G01N 21/89
H04N 7/18