

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7146188号
(P7146188)

(45)発行日 令和4年10月4日(2022.10.4)

(24)登録日 令和4年9月26日(2022.9.26)

(51)Int. Cl.

G 0 1 B 11/14 (2006.01)

F I

G 0 1 B 11/14

H

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21)出願番号	特願2018-96134(P2018-96134)	(73)特許権者	301023238 国立研究開発法人物質・材料研究機構 茨城県つくば市千現一丁目2番地1
(22)出願日	平成30年5月18日(2018.5.18)	(73)特許権者	301031392 国立研究開発法人土木研究所 茨城県つくば市南原1番地6
(65)公開番号	特開2019-200180(P2019-200180A)	(74)代理人	240000327 弁護士 弁護士法人クレオ国際法律特許事務所
(43)公開日	令和1年11月21日(2019.11.21)	(72)発明者	岸本 哲 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内
審査請求日	令和3年4月22日(2021.4.22)	(72)発明者	百武 壮 茨城県つくば市南原1番地6 国立研究開発法人土木研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】き裂開口幅の測定法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料の主面上に格子線又は平行線群からなる第1グリッドを配設するステップと、
前記第1グリッド上にモアレ縞が生成するように格子線又は平行線群からなる第1グリッドと同間隔の第2グリッドを配設するステップと、
前記モアレ縞のずれから、前記試料の主面上に形成されたき裂の開口幅の変化を導出するステップと、

を備え、

前記第1グリッドの格子線又は平行線と、前記第2グリッドの格子線又は平行線との、平行状態からのずれの角度が1度から20度であることを特徴とする、き裂開口幅の測定法

10

【請求項2】

前記き裂が、前記第1グリッドの格子線又は平行線群と平行であり、前記き裂の開口幅の変化をw、前記第1グリッドの格子線の幅又は平行線群の幅をa、前記モアレ縞の幅をd、前記モアレ縞のずれをdとした際に、

$$w = a \times d / d$$

なる関係を満足することを特徴とする、請求項1に記載のき裂の開口幅の測定法。

【請求項3】

前記き裂が、前記第1グリッドの格子線又は平行線群と角度をなし、前記き裂の開口幅の変化をw、前記第1グリッドの格子線の幅又は平行線群の幅をa、前記モアレ縞の幅

20

を d 、前記モアレ縞のずれを d とした際に、

$$w = (a / \cos \theta) \times (d / d)$$

なる関係を満足することを特徴とする、請求項 1 に記載のき裂の開口幅の測定法。

【請求項 4】

前記第 1 グリッドは、前記試料の主面上に描画した第 1 図画であり、前記第 2 グリッドは、可視光域で透明な平板部材上に描画した第 2 図画であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のき裂開口幅の測定法。

【請求項 5】

前記第 1 グリッドは、前記試料の主面上に描画及び撮像し、画像処理装置内に格納した第 1 画像であり、前記第 2 グリッドは、前記画像処理装置内に予め格納された第 2 画像であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のき裂開口幅の測定法。

10

【請求項 6】

前記き裂は、前記第 1 グリッドを配設する以前に、前記試料の主面上に形成されていたことを特徴とする、請求項 2 又は 3 に記載のき裂開口幅の測定法。

【請求項 7】

前記き裂は、前記第 2 グリッドを配設した後に、前記試料の主面上に形成されたことを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のき裂開口幅の測定法。

【請求項 8】

前記試料の主面と前記第 1 グリッドとの間に膜体を配設するステップを備えることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のき裂開口幅の測定法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、き裂開口幅の測定法に関する。

【背景技術】

【0002】

構造物におけるき裂の発生は、目視検査で行われ、き裂開口幅はクラックゲージやクラックスケールなどを用いて測定される。しかしながら、クラックゲージ等は、おおまかな寸法がプラスチックスケール上に描画されているのみであり、き裂開口幅は、描画された寸法から推測して測定することになる。したがって、クラックゲージ等でき裂開口幅を高精度に測定することは困難である。

30

【0003】

一方、超音波探傷検査、渦流探傷検査（ECT：Eddy Current Testing）、画像解析などの非破壊検査によってき裂開口幅を測定しようとする試みがなされている。しかしながら、このような非破壊検査では、構造物の内在するき裂を対象としており、構造物の表面のき裂は、依然として目視検査により手作業で検出、記録されている状況である。画像解析においては暗い部分をき裂として認識するため、影の部分もき裂として判断する可能性がある。そのため、非破壊検査を用いたき裂開口幅の測定においても、目視検査同様に、その測定精度が不十分である。

【0004】

このような問題に鑑みて、特許文献 1 では、き裂の断面において、き裂の縁部（最外部）に相当する点として側端点 P b、P c を画定し、側端点 P b 同士を線で結んだ側端線 2 b と、側端点 P c 同士を線で結んだ側端線 2 c とを得、側端線 2 b 上の点と側端線 2 c 上の点との間の距離をき裂開口幅として画定するという形状分析を行っている。しかしながら、このような形状分析においても、き裂開口幅を高精度に測定することは困難である。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2016 - 200510 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、構造物などの試料の主面に形成されたき裂の開口幅を高精度に測定することができる新規な方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成すべく、本発明の一実施形態は、試料の主面上に格子状又は平行線群からなる第1グリッドを配設するステップと、前記第1グリッド上にモアレ縞が生成するように第1グリッドと同間隔の格子状又は平行線群からなる第2グリッドを配設するステップと、前記モアレ縞のずれから、前記試料の主面上に形成されたき裂の開口幅を導出するステップと、を備えることを特徴とする、き裂開口幅の測定法に関する。

10

【0008】

なお、本発明の実施形態における"き裂"とは、いわゆる"割れ目"や"ひび"などを含む、所定の開口幅を有する線状の溝部を意味するものである。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、構造物などの試料の主面に形成されたき裂の開口幅を高精度に測定することを可能とする新規な方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

20

【図1】第1の実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。

【図2】第1の実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。

【図3】図2における領域Aの部分を拡大して示す図である。

【図4】第2の実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。

【図5】第3の実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。

【図6】第3の実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。

【図7】第3の実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。

【図8】実施例におけるき裂開口幅の測定法を示す図（グリッドを貼った試料）である。

【図9】実施例におけるき裂開口幅の測定法を示す図（直交グリッドを貼った試料に平行線グリッドを重ね合わせた時のモアレ縞（a）及び直交グリッドを貼った試料に直交グリッドを重ね合わせた時のモアレ縞（b））である。

30

【図10】実施例におけるき裂開口幅の測定法を示す図（グリッドを貼った試料）である。

【図11】実施例におけるき裂開口幅の測定法を示す図（直交グリッドを貼った試料に平行線グリッドを重ね合わせた時のモアレ縞(a)及び直交グリッドを貼った試料に直交グリッドを重ね合わせた時のモアレ縞(b)）である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の特徴及びその他の利点について、発明を実施するための形態に基づいて説明する。

40

【0012】

（第1の実施形態）

図1～図2は、本実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図であり、図3は、図2における領域Aの部分を拡大して示す図である。

【0013】

最初に、図1に示すように、き裂15が形成された試料10の主面上に、複数の平行線11aの群からなる第1グリッド11を配設する。本実施形態では、第1グリッド11は、複数の平行線11aが、き裂15と平行状態を保つようにして配設している。

【0014】

第1グリッド11を構成する複数の平行線11aは、イソプレンゴム、ブタジエンゴム

50

、スチレン・ブタジエンゴム、クロロプレノゴム、ニトリルゴム、ポリイソブチレンゴムなどのゴム、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリ酢酸ビニル、ポリウレタン、ポリアミド、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリエステルなどの樹脂、又はアルキド樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、塩化ビニル樹脂、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、フッ素樹脂などを主成分とする塗料から構成し、試料10の主面上に直接描画して、所定の図画としている。

【0015】

描画の具体的な方法は、上記材料からなる格子状のシートを試料10の主面上に貼り付ける、印刷する、直接描くなどして行うことができる。

【0016】

なお、平行線11aをこのようなゴムや樹脂等の柔軟性を有する材料から構成するのは、第1グリッド11が、き裂15の開口幅が時間とともに変化するような場合においても、当該変化に追従できるようにするためである。

【0017】

次いで、図2に示すように、第1グリッド11上に第1グリッドと同間隔の平行線12aの群からなる第2グリッド12をモアレ縞16が生成するようにして、配設する。実際には、第1グリッド11の平行線11aと第2グリッド12の平行線12aとの、平行状態からのずれの角度が好ましくは1度～20度、さらに好ましくは1度から10度、特に好ましくは1度から5度の範囲となるように、第1グリッド11上に第2グリッド12を重畳することにより、モアレ縞16を明瞭に形成することができる。

【0018】

なお、本実施形態において、第2グリッド12は、可視光域で透明な材料上に、平行線12aの群を第1グリッドと同間隔に描画して所定の図画としている。可視光域で透明な材料としては、ガラス等のほかに、第1グリッド11を構成するポリエチレン、アクリル、エポキシ、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリアミド等の透明樹脂を挙げることができる。

【0019】

図2及び図3に示すように、試料10の主面にき裂15が存在すると、き裂15の両側において、モアレ縞16のずれが生じる。したがって、本発明者らは、鋭意検討を行い、このようなモアレ縞16のずれからき裂15の開口幅を導出できることを見出した。一例として、き裂15の開口幅をw、第1グリッド11の平行線11a群の幅をa、モアレ縞16の幅をd、モアレ縞16のずれをdとした際に、

$$w = a \times d / d$$

なる関係があることを確認し、上記関係式より、き裂15の開口幅wを導出できることを見出した。

【0020】

本実施形態によれば、き裂15が形成された試料10の主面上に平行線11a群からなる第1グリッド11を配設し、さらに、この第1グリッド11上に、同じく第1グリッドと同間隔の平行線12a群からなる第2グリッド12を、モアレ縞16が形成されるように配設するのみで、き裂15の開口幅を導出することができる。すなわち、本実施形態によれば、試料10の主面に形成されたき裂15の開口幅を高精度に測定することができる新規な方法を提供することができる。

【0021】

なお、第1グリッド11を構成する平行線11a群の間隔は、き裂15が存在することによりモアレ縞16を形成し、当該モアレ縞16のずれからき裂15の開口幅を導出できるように、き裂15の開口幅よりも大きいことが好ましいが、例えば0.05μmから10mmの範囲とすることができる。

【0022】

また、本実施形態における試料10は、例えば構造物とすることができ、当該構造物としては、空港、高速道路（特に橋梁）、ビルなどを構成するコンクリート部材や鋼板、F

10

20

30

40

50

RPなどを挙げるができる。

【0023】

したがって、き裂が形成されている構造物上に、上述のようにして第1グリッド11を描画しておけば、この第1グリッド11上に第2グリッド12を配設してモアレ縞16を生ぜしめるようにするのみで、当該構造物におけるき裂15の開口幅をオンサイトで測定することができる。

【0024】

上述した実施形態においては、第1グリッド11を試料10上に描画した図画とし、第2グリッド12を、例えば可視光域で透明な材料に描画した図画としたが、所定の画像処理（例えば、power pointやphoto shopなど）を用いれば、第1グリッド11を試料10
10
上に描画した後、撮像し、画像処理装置内に第1画像として格納するとともに、当該画像処理装置内に予め格納された、第2画像としての平行線12a群からなる第2グリッド12を重畳して、モアレ縞16を形成するようにすることもできる。

【0025】

このような画像処理を用いれば、第1グリッド11の第1画像及び第2グリッド12の第2画像の明暗等を任意に調節することができるとともに、これらグリッドの重畳の度合いを任意に調節して、明瞭なモアレ縞16を形成することができる。したがって、き裂15の開口幅をより高精度に測定することができる。また、この手法を用いると可視光以外の波長（紫外、赤外領域）に反応する塗料でグリッドを描き、紫外、赤外領域の波長を撮影できるカメラで撮影すれば同様にき裂15の開口幅を高精度に測定することができる。
20

【0026】

またプロジェクターや投影機を用いて第2グリッド12を第1グリッド11上に投影しモアレ縞16を形成するようにすることもできる。

【0027】

また、本実施形態では、予めき裂15が形成された試料10の主面上に第1グリッド11及び第2グリッド12を配設して、き裂15の開口幅を導出している。しかしながら、試料10において、き裂15が形成されそうな箇所の主面上に予め第1グリッド11を形成し、その後第2グリッド12をモアレ縞16を形成するようにして配設することもできる。この状態では、モアレ縞16は形成されるものの、そのずれは生じない。しかしながら、試料10の主面上にき裂15が形成されると、モアレ縞16のずれが生じるようになる。したがって、上述した式を用いることによって、事後的に形成されるき裂15の開口幅をも測定することができる。
30

【0028】

（第2の実施形態）

図4は、本実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。なお、図1～図3に示す構成要素と類似あるいは同一の構成要素については、同一の符号を用いている。

【0029】

図4に示すように、本実施形態では、き裂15が第1グリッド11の平行線11a群と角度 θ をなしている。本発明者らは、鋭意検討を行い、本実施形態のように、き裂15が第1グリッド11の平行線11a群と角度 θ をなしているような場合においても、モアレ縞16のずれからき裂15の開口幅を導出できることを見出した。一例として、き裂15のグリッド11（11a）に平行な方向の開口幅をw、第1グリッド11の平行線11a群の幅をa、モアレ縞16の幅をd、モアレ縞16のずれを Δd とした際に、
40

$$w = (a / \cos \theta) \times (\Delta d / d)$$

なる関係があることを確認し、上記関係式より、き裂15の開口幅wを導出できることを見出した。

【0030】

本実施形態によれば、き裂15が形成された試料10の主面上に平行線11a群からなる第1グリッド11を配設し、さらに、この第1グリッド11上に、同じく平行線12a群からなる第2グリッド12を、モアレ縞16が形成されるように配設するのみで、第1
50

グリッド 1 1 の平行線 1 1 a 群と角度 θ をなすように斜めに形成されたき裂 1 5 の開口幅を導出することができる。すなわち、本実施形態によれば、試料 1 0 の主面に形成されたき裂 1 5 の開口幅を高精度に測定することを可能とする新規な方法を提供できる。

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態においても、第 1 の実施形態と同様に、第 1 グリッド 1 1 を試料 1 0 上に描画した図画とし、第 2 グリッド 1 2 を、例えば可視光域で透明な材料に描画した図画とすることもできる。また、所定の画像処理を用いて、第 1 グリッド 1 1 を試料 1 0 上に描画した後、撮像し、画像処理装置内に格納した第 1 画像とし、平行線 1 2 a 群からなる第 2 グリッド 1 2 を第 2 画像として、モアレ縞 1 6 を形成するようにすることもできる。

10

【 0 0 3 2 】

また、本実施形態でも、第 1 の実施形態同様に、予めき裂 1 5 が形成された試料 1 0 の、当該き裂 1 5 の開口幅を導出するのみならず、事後的に形成されるき裂 1 5 の開口幅をも測定することができる。

【 0 0 3 3 】

(第 3 の実施形態)

図 5 ~ 図 7 は、本実施形態におけるき裂開口幅の測定法を示す図である。なお、図 1 ~ 図 4 に示す構成要素と類似あるいは同一の構成要素については、同一の符号を用いている。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、試料 1 0 の主面と第 1 グリッド 1 1 との間に膜体 2 0 が配設された場合のき裂 1 5 の開口幅を導出する例である。すなわち、例えば、試料 1 0 の主面に膜体 2 0 を形成した後、膜体 2 0 上に格子状の第 1 グリッド 1 1 を配設する。試料 1 0 にき裂 1 5 が生じたあと、膜体 2 0 はき裂 1 5 の変形に従って変形し、膜体 2 0 に配設された第 1 グリッド 1 1 は図 6 に示すようにき裂 1 5 の存在する近傍で変形する。

20

【 0 0 3 5 】

次いで、図 7 に示すように、第 1 グリッド 1 1 上に格子状の第 2 グリッド 1 2 をモアレ縞 1 6 が生成するようにして配設する。すると、この場合も、膜体 2 0 の下層に位置するき裂 1 5 の開口幅に応じて、モアレ縞 1 6 のずれが生じるようになる。したがって、上式

$$w = a \times d / d'$$

30

(w : き裂 1 5 の開口幅、 a : 第 1 グリッド 1 1 の格子線の幅、 d : モアレ縞 1 6 の幅、 d' : モアレ縞 1 6 のずれ) なる関係より、き裂 1 5 の開口幅 w を導出できる。

【 0 0 3 6 】

このように、本実施形態によれば、き裂 1 5 が膜体 2 0 によって塞がれたような場合でも、膜体 2 0 の主面上に格子状の第 1 グリッド 1 1 を配設し、さらに、この第 1 グリッド 1 1 上に、同じく格子状の第 2 グリッド 1 2 を、モアレ縞 1 6 が形成されるように配設するのみで、き裂 1 5 の開口幅を導出することができる。すなわち、本実施形態によれば、試料 1 0 の主面に形成されたき裂 1 5 を膜体 2 0 によって修復したような場合でも、き裂 1 5 の修復後の開口幅を高精度に測定することができる。

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態では、膜体 2 0 の厚さ T が、き裂 1 5 の開口幅 w より十分に大きくても、当該開口幅 w を導出することができるが、好ましくは、 T / w が 5 以下であり、さらに好ましくは 2 以下である。

40

【 0 0 3 8 】

なお、本実施形態においても、第 1 の実施形態と同様に、第 1 グリッド 1 1 を試料 1 0 上に描画した図画とし、第 2 グリッド 1 2 を、例えば可視光域で透明な材料に描画した図画とすることもできる。また、所定の画像処理を用いて、第 1 グリッド 1 1 を試料 1 0 上に描画した後、撮像し、画像処理装置内に格納した第 1 画像とし、平行線 1 2 a 群からなる第 2 グリッド 1 2 を第 2 画像として、モアレ縞 1 6 を形成するようにすることもできる。

50

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態では、格子状の第1グリッド11及び第2グリッド12を配設したが、平行線群からなる第1グリッド11及び第2グリッド12を配設した場合でも同様の結果を得ることができる。

【実施例】

【 0 0 4 0 】

(実施例1)

図8及び図9は、本実施例における図である。本実施例では、図8に示すように、き裂15が形成されたコンクリート部材からなる試料の主面に、格子線幅1.5mmの直交格子を描いたゴム製のシートを第1グリッドとして貼り付け、撮像して画像処理装置(図示しない)内に第1画像として格納し、その後、図9に示すように、同じ画像処理装置内に格納された格子線幅1.5mmの第2グリッド12を重畳させてモアレ縞16を形成したものである。図9における左側の図は第2グリッドが平行の場合、右側の図は直交グリッドの場合である。

10

【 0 0 4 1 】

本実施例では、第1グリッド11の格子線の幅 a が1.5mm、モアレ縞16の幅 d が21mm、点Aのモアレ縞16のずれ d が4.6mmであるので、 $w = a \times d / d$ なる式より、点Aにおけるき裂15の開口幅 w は、0.33mmと導出された。

【 0 0 4 2 】

(実施例2)

図10及び図11は、本実施例における図である。本実施例では、図10に示すように、き裂15が形成されたコンクリート部材からなる試料の主面に、格子線幅1.5mmの直交格子を描いたゴム製のシートを第1グリッドとして貼り付け、撮像して画像処理装置(図示しない)内に第1画像として格納し、その後、図11に示すように、同じ画像処理装置内に格納された格子線幅1.5mmの第2グリッド12を重畳させてモアレ縞16を形成したものである。図11における左側の図は第2グリッドが平行の場合、右側の図は直交グリッドの場合である。

20

【 0 0 4 3 】

本実施例では、第1グリッド11の格子線の幅 a が1.5mm、モアレ縞16の幅 d が30mm、点Bのモアレ縞16のずれ d が9.0mmであるので、 $w = a \times d / d$ なる式より、点Aにおけるき裂15の開口幅 w は、0.45mmと導出された。

30

【 0 0 4 4 】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は例として掲示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

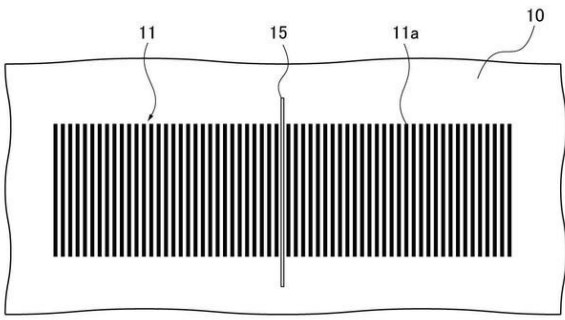
【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

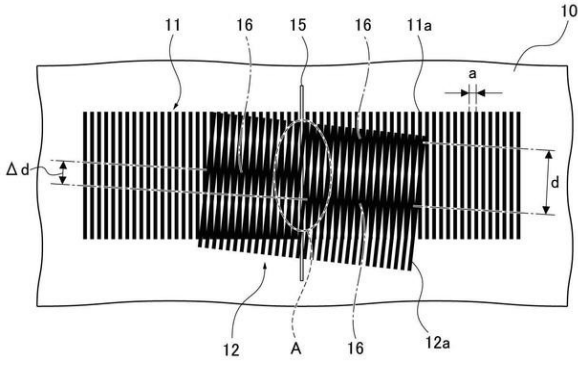
- 10 試料
- 11 第1グリッド
- 12 第2グリッド
- 15 き裂
- 16 モアレ縞
- 20 膜体

40

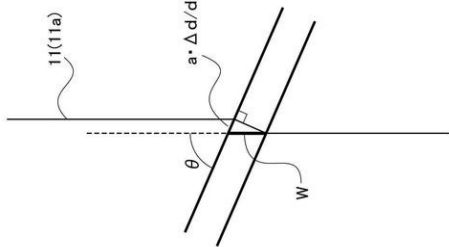
【図1】



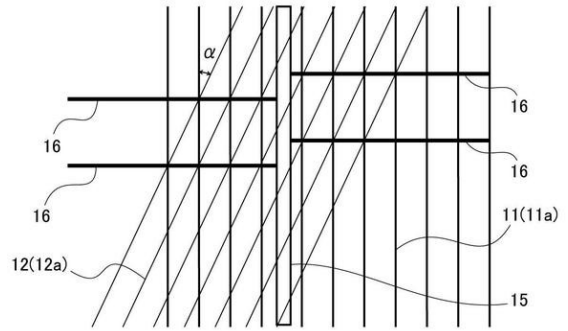
【図2】



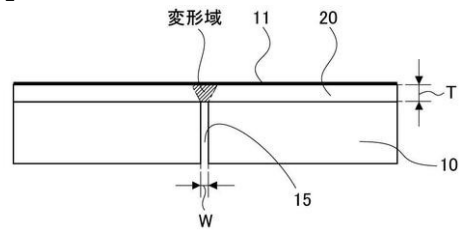
【図4】



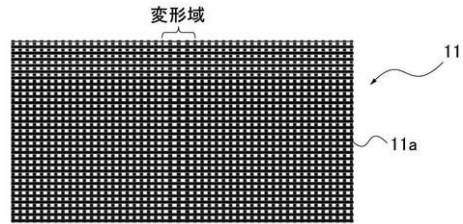
【図3】



【図5】



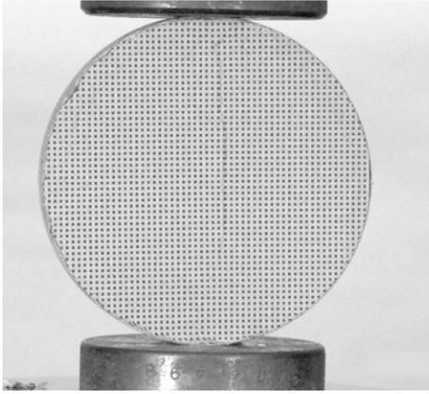
【図6】



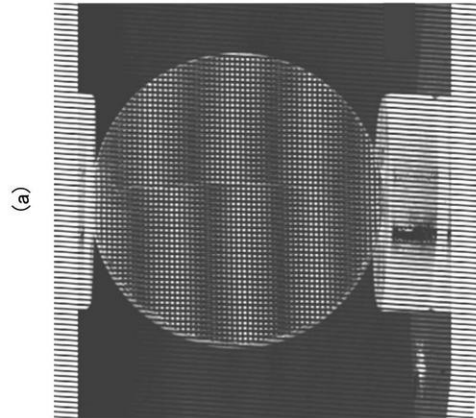
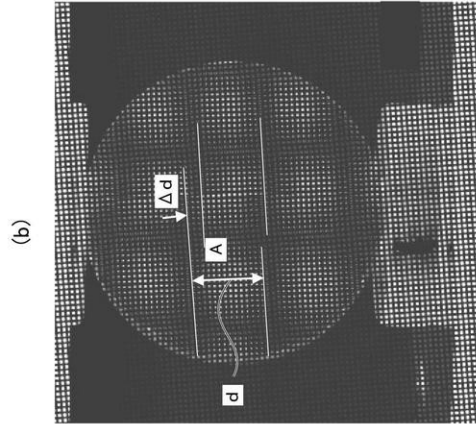
【図7】



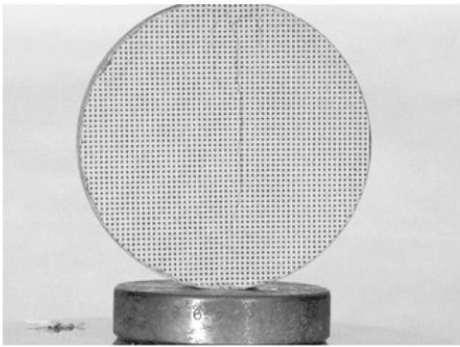
【 図 8 】



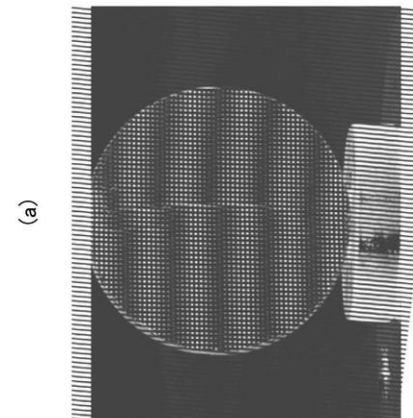
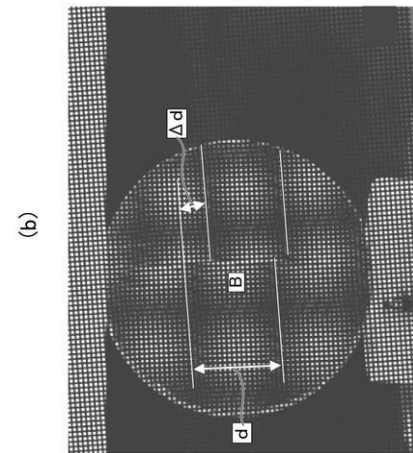
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(72)発明者 新田 弘之

茨城県つくば市南原1番地6 国立研究開発法人土木研究所内

審査官 櫻井 仁

(56)参考文献 特開2018-017620(JP,A)

特開2009-103470(JP,A)

特開2015-184043(JP,A)

特開平09-236409(JP,A)

米国特許出願公開第2017/0146338(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30

G01N 21/00