

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

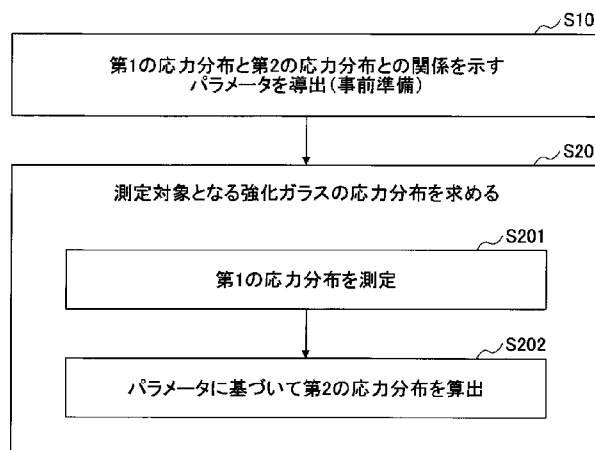
WO 2020/045093 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 1/00 (2006.01) *G01L 1/24* (2006.01)
C03C 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/031953
- (22) 国際出願日: 2019年8月14日(14.08.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-160215 2018年8月29日(29.08.2018) JP
- (71) 出願人: A G C 株式会社 (AGC INC.) [JP/JP];
〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大神 聡司(OGAMI, Satoshi); 〒1008405
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A
G C株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.);
〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1
番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安
田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** METHOD FOR ACQUIRING STRESS DISTRIBUTION OF TEMPERED GLASS AND TEMPERED GLASS MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 強化ガラスの応力分布の取得方法、強化ガラスの製造方法

[図2]



- S10 Derive a parameter indicating the relationship between the first stress distributions and second stress distributions (advance preparation)
- S20 Determine the stress distribution of tempered glass to be measured
- S201 Measure the first stress distribution
- S202 Calculate the second stress distribution on the basis of the parameter

(57) **Abstract:** This method for acquiring the stress distribution of tempered glass comprises a step in which, as advance preparation, stress distributions for a plurality of tempered glass sheets including tempered glass sheets with different tempering conditions are measured and the results of measuring first stress distributions further toward the top surfaces of the glass sheets than the glass depths at the positions where the stress distributions bend and the results of measuring second stress distributions further toward the bottom surfaces of the glass sheets than the glass depths are used to derive

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

a parameter indicating the relationship between the first stress distributions and second stress distributions, and a step in which the parameter is used to determine the stress distribution of tempered glass to be measured. The step in which the stress distribution is determined includes a step for measuring the first stress distribution of the tempered glass to be measured and a step for calculating the second stress distribution on the basis of the parameter.

(57) 要約：本強化ガラスの応力分布の取得方法は、事前準備として、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについて応力分布を測定し、前記応力分布が屈曲する位置のガラス深さよりもガラス表層側の第1の応力分布の測定結果と、前記ガラス深さよりもガラス深層側の第2の応力分布の測定結果と、に基づいて、前記第1の応力分布と前記第2の応力分布との関係を示すパラメータを導出するステップと、前記パラメータを利用して、測定対象となる強化ガラスの応力分布を求めるステップと、を有し、前記応力分布を求めるステップは、測定対象となる前記強化ガラスについて前記第1の応力分布を測定するステップと、前記パラメータに基づいて前記第2の応力分布を算出するステップと、を含む。

明 細 書

発明の名称：

強化ガラスの応力分布の取得方法、強化ガラスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、強化ガラスの応力分布の取得方法、強化ガラスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 携帯電話やスマートフォン等の電子機器において、表示部や、筐体本体にガラスが用いられる場合がある。この場合、ガラスの強度を上げるために、例えば、ガラス表面にイオン交換による表面層（イオン交換層）を形成した、所謂強化ガラスが使用される。

[0003] 近年は、リチウムを含有するアルミノシリケートガラスが広く用いられている。又、リチウムを含有するアルミノシリケートガラスにおいて、ガラス中のリチウムイオンと溶融塩中のナトリウムイオンのイオン交換と、ガラス中のナトリウムイオンと溶融塩中のカリウムイオンのイオン交換を両方行った化学強化ガラスが知られている。

[0004] リチウムを含み、2種類のイオン交換がなされた強化ガラスの応力分布は、所定のガラス深さ（DOL_TP）において屈曲する特性を示す。また、屈折率分布は、図3のような特性を示す。しかし、このような強化ガラスにおいて、DOL_TPよりもガラス表層側の応力分布と、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布を、同一の装置により測定することは困難である。

[0005] 強化ガラスの製造工程において、強化ガラス1つ1つについて、DOL_TPよりもガラス表層側の応力分布と、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布とを異なる測定装置を用いて測定すると、測定時間が長くなり、生産性が低下することになる。

[0006] そこで、強化ガラスの製造工程ではDOL_TPよりもガラス表層側の応力分布のみを測定し、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布については、

同一の強化条件で作製された強化ガラスの応力分布を事前に測定し、事前の測定結果に基づいて算出していた。これにより、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布については、強化ガラスの製造工程で測定する必要がなくなるため、測定時間の短縮が実現されていた。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2018/056121号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上記の方法では、強化条件がばらついた場合、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布の算出結果に誤差が生じるため、精度の向上が求められていた。

[0009] 本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、強化ガラスにおいて、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布の算出精度を向上することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本強化ガラスの応力分布の取得方法は、事前準備として、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについて応力分布を測定し、前記応力分布が屈曲する位置のガラス深さよりもガラス表層側の第1の応力分布の測定結果と、前記ガラス深さよりもガラス深層側の第2の応力分布の測定結果と、に基づいて、前記第1の応力分布と前記第2の応力分布との関係を示すパラメータを導出するステップと、前記パラメータを利用して、測定対象となる強化ガラスの応力分布を求めるステップと、を有し、前記応力分布を求めるステップは、測定対象となる前記強化ガラスについて前記第1の応力分布を測定するステップと、前記パラメータに基づいて前記第2の応力分布を算出するステップと、を含むことを要件とする。

発明の効果

[0011] 開示の技術によれば、強化ガラスにおいて、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布の算出精度を向上できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]強化ガラスの深さ方向の応力分布を例示する図である。

[図2]強化ガラスの応力分布の取得方法を示すフローチャートの一例である。

[図3]強化ガラスの深さ方向の屈折率分布を例示する図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

[0014] 図1は、強化ガラスの深さ方向の応力分布を例示する図である。図1において、CS2は最表面の応力値、CS_TPは応力分布が屈曲する位置の応力値、CTはガラス最深部（すなわち、板厚方向の中心部）における応力値である。又、DOL_TPは応力分布が屈曲する位置のガラス深さ、DOL_zeroは応力値がゼロになるガラス深さ、DOL_tailは応力値がCTと同じ値になるガラス深さである。

[0015] 本明細書では、DOL_TPよりもガラス表層側の応力分布を第1の応力分布、DOL_TPよりもガラス深層側の応力分布を第2の応力分布とする。

[0016] 第1の応力分布と第2の応力分布は、同一の測定原理により精度よく測定することが困難である。従って、第1の応力分布と第2の応力分布とを精度よく測定する必要がある場合には、異なる測定原理により別々に測定する必要がある。以下に、第1の応力分布と第2の応力分布の測定原理の一例について説明する。

[0017] 第1の応力分布は、例えば、光ウェーブガイド効果を用いてガラス表面に沿って光を伝搬させ、光弾性技術により測定できる。

[0018] より詳しくは、ガラス表面に沿って伝搬させた光の、出射面に対して平行及び垂直に振動する二種の光成分（P偏光とS偏光）について、夫々少なくとも2本以上の輝線を有する二種の輝線列として変換する。そして、二種の

輝線列をCCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子により撮像し、二種の輝線列の夫々少なくとも2本以上の輝線の位置から、二種の光成分に対応した強化ガラスの表面から深さ方向にわたる屈折率分布を算出する。そして、二種の光成分の屈折率分布の差とガラスの光弾性定数とに基づいて、強化ガラスの表面から深さ方向にわたる第1の応力分布を算出できる。

[0019] 第1の応力分布は、例えば、折原製作所製のガラス表面応力計FSM-6000LEを用いて測定できる。但し、第1の応力分布は、上記以外の任意の方法で測定して良く、例えば、周知のinverse WKB法（例えば、米国特許第9140543号明細書参照）等により測定できる。なお、光ウェーブガイド効果を用いた測定は、その原理上、ガラス表面からガラス深層に向かって屈折率が低下する部分しか測定できない。したがって、この方法は第1の応力分布の測定にのみ用いることができる。

[0020] 第2の応力分布は、例えば、レーザ光の偏光位相差と散乱光を利用した光弾性応力測定の原理を用いて測定できる。

[0021] より詳しくは、レーザ光の偏光位相差を、レーザ光の波長に対して1波長以上可変し、偏光位相差を可変されたレーザ光が強化ガラスに入射されたことにより発する散乱光を、所定の時間間隔で複数回撮像し、複数の画像を取得する。そして、取得した複数の画像を用いて散乱光の周期的な輝度変化を測定し、輝度変化の位相変化を算出し、位相変化に基づき第2の応力分布を算出できる。

[0022] 第2の応力分布は、例えば、折原製作所製の散乱光光弾性応力計SLP-1000を用いて測定できる。但し、第2の応力分布は、上記以外の任意の方法で測定して良い。第2の応力分布は、例えば、折原製作所製の散乱光光弾性応力計SLP-2000、ガラス断面応力計SCALP-04又はSCALP-05や、米国CRI社製の複屈折イメージング装置abrio等を用いて測定してもよい。なお、散乱光を利用した測定の場合、その原理上、ガラス表面の反射光や散乱光がガラス内部からの散乱光と重なり邪魔をしてしまい、ガラス表面近傍の測定精度が低い。したがって、この方法は第2の

応力分布の測定にのみ用いることができる。

[0023] ところで、強化ガラスの製造工程は、第1の応力分布及び第2の応力分布を測定し、第1の応力分布及び第2の応力分布に基づいて出荷判断を行う工程を有する場合がある。この場合、強化ガラス1つ1つについて、第1の応力分布及び第2の応力分布を異なる測定装置を用いて測定すると、測定時間が長くなり、生産性が低下することになる。

[0024] そこで、本実施の形態では、強化条件の異なる複数の強化ガラスについて、事前に第1の応力分布及び第2の応力分布を各々に適切な測定方法により測定してデータベースを作成し、第1の応力分布と第2の応力分布との関係を示すパラメータを導出する。そして、強化ガラスの製造工程では、第1の応力分布のみを測定し、第2の応力分布は、事前に導出したパラメータに基づいて算出する。図2を参照して、以下に詳しく説明する。

[0025] 図2は、強化ガラスの応力分布の取得方法を示すフローチャートの一例である。図2のステップS10は、強化ガラスの製造工程とは独立に行う事前準備の工程である。ステップS10では、まず、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについての応力分布を測定する。具体的には、例えば、FSM-6000LEを用いて第1の応力分布を測定し、SLP-1000を用いて第2の応力分布を測定する。そして、第1の応力分布の測定結果と第2の応力分布の測定結果とに基づいて、第1の応力分布と第2の応力分布との関係を示すパラメータを導出する。

[0026] 第1の応力分布は、例えば、 $\sigma_1(x, B_n)$ と表すことができる。ここで、 x は強化ガラスの深さ方向の位置を示し、 B_n はフィッティングのパラメータを意味している。 B_n は複数個であってもよい。第1の応力分布は、例えば直線近似することができ、この場合、第1の応力分布は、最表面の応力値を CS_2 、強化ガラス表面での応力の傾きを a として、 $\sigma_1(x, B_n) = CS_2 + a \cdot x$ で表す（フィッティングする）ことができる。ここで、 $B_1 = CS_2$ 、 $B_2 = a$ を意味している。

[0027] 第1の応力分布は、1次以上の関数で、2つ以上のパラメータを使ってい

れば、どんなフィッティング関数で表してもよい。ステップS10で第1の応力分布のフィッティングに用いるフィッティング関数 $\sigma_1(x, B_n)$ は、例えば、 $\sigma_1(x, B_n) = B_1 \cdot \text{erfc}(B_2 \cdot x)$ としてもよい。又、 $\sigma_1(x, B_n) = B_1 / B_2^2 \cdot (x - B_2)^2$ としてもよく、 $\sigma_1(x, B_n) = B_1 + B_2 \cdot x + B_3 \cdot x^2 + B_4 \cdot x^3$ としてもよい。これらの何れの場合でも、 $B_1 = CS2$ としてもよい。なお、 erfc は、周知の相補誤差関数である。

[0028] 又、第2の応力分布は、例えば、 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ と表すことができる。ここで、 x は強化ガラスの深さ方向の位置を示し、 C_m はステップS10で導出するパラメータを示している。パラメータ C_m は複数個($C_1, C_2, \dots$)であってもよい。パラメータ C_m は、例えば、強化ガラスの板厚ごとに導出できる。或いは、強化ガラスの板厚をパラメータに含めてもよい。

[0029] 第1の応力分布の測定結果と第2の応力分布の測定結果とに基づいて、 $CS2$ と C_m との相関図や、 a と C_m との相関図を得ることができる。これらを用いて、 $CS2$ 及び a と C_m との関係を導出できる。例えば、 C_m は、 $CS2$ と a との1次関数で表すことができる。必要に応じ、 C_m は、 $CS2$ と a との2次以上の関数で表してもよい。すなわち、 C_m は、 B_n の1次以上の関数にできる。

[0030] 次に、ステップS20では、測定対象となる強化ガラスの応力分布を求める。ステップS20は、強化ガラスの製造工程に含むことができる。

[0031] ステップS20は、測定対象となる強化ガラスについて第1の応力分布を測定するステップS201と、ステップS10で導出したパラメータ C_m に基づいて第2の応力分布を算出するステップS202とを含む。

[0032] ステップS201では、測定対象となる強化ガラスについて、例えば、FSM-6000LEを用いて第1の応力分布を測定する。FSM-6000LEにより $CS2$ 及び a を得ることができる。

[0033] ステップS202では、第2の応力分布を算出する（第2の応力分布の測

定は行わない)。第2の応力分布を $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ で示した場合、 C_m は C_S2 と a との1次以上の関数であるが、 C_S2 と a はステップS201で既知となっているため、 C_m も既知である。そうすると、 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ において未知な値は C_T のみであるため、ステップS202において C_T を求めることで第2の応力分布を算出できる。

[0034] C_T は、ステップS201で測定した第1の応力分布と、 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ とを合成し、合成後の応力分布の積分値($x=0 \sim t/2$ 、 t は測定対象となる強化ガラスの板厚)がゼロになるように決定できる。これは、一般的に外力が加わらなければ、応力の総和が0であることに基づくものである。

[0035] 上記積分により、 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ において未知の値はなくなり、第2の応力分布が算出される。これにより、第1の応力分布と第2の応力分布とを合成した強化ガラス全体の応力分布が得られる。得られた全体の応力分布(第1の応力分布及び第2の応力分布)に基づいて強化ガラスの出荷判断を行うことができる。

[0036] このように、本実施の形態では、事前準備として、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについての応力分布の測定結果に基づいて、第1の応力分布と第2の応力分布との関係を示すパラメータを導出する。そして、導出したパラメータに基づいて、第2の応力分布を算出する。

[0037] これにより、事前に測定した同一条件の強化ガラスの応力分布に基づいてパラメータを導出する場合と比較し、強化条件のばらつきに起因する誤差を低減可能となり、第2の応力分布の算出精度を向上できる。特に、強化回数が多くなると誤差が生じやすくなるため、本実施の形態に係る強化ガラスの応力分布の取得方法を採用するメリットが大きくなる。

[実施例、比較例]

最初に、図2に示すステップS10について説明する。板厚0.7mmのリチウム含有のアルミノシリケートガラスを表1に示す4つの強化条件(条件1～条件4)で化学強化して強化ガラスを作製した。そして、各強化ガラ

スについて、第1の応力分布をFSM-6000LE（折原製作所製：以降、FSMとする）で測定し、かつ第2の応力分布をSLP-1000（折原製作所製：以降、SLPとする）で測定し、図1に示した応力分布の特性値を得た。得られた特性値を表2に示す。

[0038] [表1]

	一回目の化学強化 温度：450℃ 時間：2.5時間	二回目の化学強化 温度：425℃ 時間：1.5時間
	強化塩	強化塩
条件1	NaNO ₃ ：100%	KNO ₃ ：100%
条件2	NaNO ₃ ：100%	KNO ₃ ：97% NaNO ₃ ：3%
条件3	NaNO ₃ ：97% LiNO ₃ ：3%	KNO ₃ ：100%
条件4	NaNO ₃ ：97% LiNO ₃ ：3%	KNO ₃ ：97% NaNO ₃ ：3%

[0039]

[表2]

	CS2 (MPa)	CS_TP (MPa)	DOL_TP (μ m)	DOL_zero (μ m)	CT (MPa)
条件1	903	119	12	136	55
条件2	773	146	8	142	55
条件3	943	103	11	137	47
条件4	779	109	8	124	46

更に、表2に示す特性値の測定結果を元にパラメータを導出する。FSMで測定した第1の応力分布の測定値は、 $\sigma_1(x, Bn) = CS2 + a \cdot x$ でフィッティングした。

[0040] 従来の方法では、SLPで測定する第2の応力分布は、測定結果に式(1)をフィッティングする。そこで、比較のため、条件1～条件4で化学強化した4つの強化ガラスのSLPによる測定結果(第2の応力分布)を式(1)でフィッティングし、平均のパラメータCS0とcを得た(表3の比較例)。

[0041] [数1]

$$\sigma_2(x) = \frac{CS_0}{1 - \operatorname{erfc}\left(c \cdot \frac{t}{2}\right)} \cdot \left\{ \operatorname{erfc}(c \cdot x) - \operatorname{erfc}\left(c \cdot \frac{t}{2}\right) \right\} - CT \quad \dots (1)$$

一方、本実施例では、条件1～条件4で化学強化した4つの強化ガラスのSLPによる測定結果(第2の応力分布)を式(2)でフィッティングし、パラメータC₁～C₆を得た(表3の実施例)。応力の傾きaは、FSMで測

定されるCS値とDOLの割り算で得ても良い。又、フィッティングは最小二乗法等により誤差が最小になるように求めても良い。

[0042] [数2]

$$\sigma_2(x) = \frac{C_1 \cdot CS2 \cdot C_2 \cdot a + C_3}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \times \left[\operatorname{erfc}\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot x\} - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \quad \dots (2)$$

[0043] [表3]

比較例		実施例	
CS ₀	177.6	C ₁	0.425
c	0.0055	C ₂	1.219
—	—	C ₃	718.3
—	—	C ₄	-0.00000612
—	—	C ₅	-0.0000158
—	—	C ₆	0.00848

次に、図2のステップS20について説明する。強化塩の濃度を変更したサンプルを8種類準備し、FSMで第1の応力分布を測定した。そして、FSMで測定した第1の応力分布の結果と表3の比較例のパラメータから導出される第2の応力分布からCTを得た（表4の比較例）。又、FSMで測定した第1の応力分布の結果と表3の実施例のパラメータから導出される第2の応力分布からCTを得た（表4の実施例）。なお、比較のためSLPでも

C Tを実測し、比較例及び実施例で得られたC Tと共に表4に記載した。又、実測値と比較例の相関係数、及び実測値と実施例の相関係数を表4に記載した。

[0044] [表4]

	実測値	比較例	実施例
1	56	57	54
2	52	56	53
3	47	56	48
4	55	55	55
5	51	55	52
6	46	55	45
7	58	55	51
8	50	55	52
相関係数	—	0.02	0.74

表4に示す相関係数から、実施例の方が比較例よりも実測値と高い相関があることが確認できた。

[0045] このようにフィッティング関数 σ_2 に、強化条件の異なる強化ガラスに対するF S Mの測定値をパラメータの一部として入れることで、測定する強化ガラスが変わっても精度良く第2の応力分布を算出できるようになる。

[0046] 今回、ステップS 1 0において、強化ガラスの強化条件の変更の例として強化塩の濃度を変更したが、ガラスの板厚や強化温度・強化時間を変更しても良く、変更する条件に制限はない。

[0047] 又、強化塩の濃度は量産時と同様に、溶融塩に新しい強化ガラスを何度も

強化したときに増減する溶融塩を添加しても良い。例えば、二回目の化学強化は、 KNO_3 、 NaNO_3 、 LiNO_3 の混合塩を使ったが、 KNO_3 、 NaNO_3 、 LiNO_3 の3種混合としてもよい。

[0048] ガラスの板厚を変更した場合、 C_m は板厚の1次以上の関数とすることができ、例えば、第2の応力分布を式(3)でフィッティングしてもよい。板厚は、ステップS20において、応力測定する際、同時に測定してもよい。

[0049] [数3]

$$\sigma_2(x) = \frac{(C_1 \cdot t + C_2)}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_3 \cdot t + C_4) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \times \left[\operatorname{erfc}\{(C_3 \cdot t + C_4) \cdot x\} - \operatorname{erfc}\left\{(C_3 \cdot t + C_4) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \quad \dots (3)$$

強化時間 t_{cs} と強化時間 T_{cs} を変更した場合は、 C_m は強化時間 t_{cs} と強化時間 T_{cs} の1次以上の関数とすることができ、例えば、第2の応力分布を式(4)でフィッティングしてもよい。

[0050] [数4]

$$\sigma_2(x) = \frac{(C_1 \cdot t_{cs} + C_2 \cdot T_{cs} + C_3)}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot t_{cs} + C_5 \cdot T_{cs} + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \times \left[\operatorname{erfc}\{(C_4 \cdot t_{cs} + C_5 \cdot T_{cs} + C_6) \cdot x\} - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot t_{cs} + C_5 \cdot T_{cs} + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \quad \dots (4)$$

強化塩濃度、ガラス板厚をそれぞれ変更した場合は、第2の応力分布を式(5)でフィッティングしてもよい。板厚は、ステップS20において、応力測定する際、同時に測定してもよい。

[0051]

[数5]

$$\begin{aligned} \sigma_2(x) = & \frac{(C_1 \cdot CS2 \cdot + C_2 \cdot a + C_3) \cdot (C_7 \cdot t + C_8)}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \\ & \times \left[\operatorname{erfc}\{(CS2 \cdot C_4 + a \cdot C_5 + C_6) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot x\} \right. \\ & \left. - \operatorname{erfc}\left\{(CS2 \cdot C_4 + a \cdot C_5 + C_6) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \end{aligned} \quad \dots (5)$$

強化塩濃度、ガラス板厚、強化温度、強化時間をそれぞれ変更した場合は、第2の応力分布を式(6)でフィッティングしてもよい。板厚は、ステップS10及び／又はS20において、応力測定する際、同時に測定してもよい。

[0052] [数6]

$$\begin{aligned} \sigma_2(x) = & \frac{(C_1 \cdot CS2 \cdot + C_2 \cdot a + C_3) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot (C_9 \cdot t_{CS} + C_{10} \cdot T_{CS})}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot (C_9 \cdot t_{CS} + C_{10} \cdot T_{CS}) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \\ & \times \left[\operatorname{erfc}\{(CS2 \cdot C_4 + a \cdot C_5 + C_6) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot (C_9 \cdot t_{CS} + C_{10} \cdot T_{CS}) \cdot x\} \right. \\ & \left. - \operatorname{erfc}\left\{(CS2 \cdot C_4 + a \cdot C_5 + C_6) \cdot (C_7 \cdot t + C_8) \cdot (C_9 \cdot t_{CS} + C_{10} \cdot T_{CS}) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \end{aligned} \quad \dots (6)$$

又、第1の応力分布を $\sigma_1(x, B_n) = B_1 + \sum B_{n+1} \cdot x^n$ でフィッティングし、第2の応力分布を式(7)でフィッティングしてもよい。

[0053]

[数7]

$$\sigma_2(x) = -CT + \left(\sum_{i=1}^n B_i \cdot C_i \right) \cdot \left\{ \sum_{k=1}^m C_{n+k} \cdot \left(x - \frac{t}{2} \right)^k \right\} \quad \dots (7)$$

又、第1の応力測定時に強化ガラスの屈折率又は屈折率分布を測定し、その特性値を用いて C_m の関数としてもよい。特性値としては、例えば、強化ガラスの表層屈折率、最深部屈折率、屈折率の最小値、屈折率変化の変化率の最大値・最小値を用いることができる。この場合、例えば、 C_m は強化ガラスの表層屈折率又は最深部屈折率の1次以上の関数にできる。

[0054] 本国際出願は2018年8月29日に提出した日本国特許出願2018-160215号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願2018-160215号の全内容を本国際出願に援用する。

[0055] 以上、好ましい実施の形態について詳説したが、上述した実施の形態に制限されることはなく、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、上述した実施の形態に種々の変形及び置換を加えることができる。

請求の範囲

[請求項1]

強化ガラスの応力分布の取得方法であって、

事前準備として、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについて応力分布を測定し、前記応力分布が屈曲する位置のガラス深さよりもガラス表層側の第1の応力分布の測定結果と、前記ガラス深さよりもガラス深層側の第2の応力分布の測定結果と、に基づいて、前記第1の応力分布と前記第2の応力分布との関係を示すパラメータを導出するステップと、

前記パラメータを利用して、測定対象となる強化ガラスの応力分布を求めるステップと、を有し、

前記応力分布を求めるステップは、

測定対象となる前記強化ガラスについて前記第1の応力分布を測定するステップと、

前記パラメータに基づいて前記第2の応力分布を算出するステップと、を含むことを特徴とする、強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項2]

前記パラメータを導出するステップでは、

前記第1の応力分布を $\sigma_1(x, B_n)$ 、前記第2の応力分布を $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ でフィッティングしたときに、 B_n と C_m との関係を導出する（但し、 x は強化ガラスの深さ方向の位置、 B_n 及び C_m はフィッティングパラメータ、 C_T は強化ガラスのガラス最深部の応力値、である）ことを特徴とする、請求項1に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項3]

前記第2の応力分布を算出するステップでは、

前記第1の応力分布を測定するステップで測定した前記第1の応力分布と、前記 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ とを合成し、合成後の応力分布の積分値（ $x = 0 \sim t/2$ 、 t は測定対象となる強化ガラスの板厚）がゼロになる C_T を決定することを特徴とする、請求項2に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

- [請求項4] 前記パラメータを導出するステップでは、前記第1の応力分布を $\sigma_1(x, B_n) = CS_2 + a \cdot x$ でフィッティングする（但し、 CS_2 は強化ガラスの最表面の応力値、 a は強化ガラス表面での応力の傾きである）ことを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項5] 前記パラメータを導出するステップでは、前記第1の応力分布を $\sigma_1(x, B_n) = B_1 \cdot \text{erfc}(B_2 \cdot x)$ でフィッティングすることを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項6] 前記パラメータを導出するステップでは、前記第1の応力分布を $\sigma_1(x, B_n) = B_1 / B_2^2 \cdot (x - B_2)^2$ でフィッティングすることを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項7] 前記パラメータを導出するステップでは、前記第1の応力分布を $\sigma_1(x, B_n) = B_1 + B_2 \cdot x + B_3 \cdot x^2 + B_4 \cdot x^3$ でフィッティングすることを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項8] 前記 B_1 を CS_2 とすることを特徴とする、請求項5に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項9] 前記 C_m は、前記 CS_2 と前記 a との1次以上の関数であることを特徴とする、請求項4に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項10] 前記 C_m は、前記 B_n の1次以上の関数であることを特徴とする、請求項5に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。
- [請求項11] 前記 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ として、式(2)を用いることを特徴とする、請求項4に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[数2]

$$\sigma_2(x) = \frac{C_1 \cdot CS2 \cdot + C_2 \cdot a + C_3}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \times \left[\operatorname{erfc}\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot x\} - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot CS2 + C_5 \cdot a + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \quad \dots (2)$$

[請求項12] 前記パラメータを導出するステップでは、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについて、少なくとも強化塩の塩濃度を変更したガラスを準備して前記パラメータを導出することを特徴とする、請求項1乃至11の何れか一項に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項13] 前記パラメータを導出するステップでは、強化条件の異なる強化ガラスを含む複数の強化ガラスについて、少なくとも板厚を変更したガラスを準備して前記パラメータを導出することを特徴とする、請求項1乃至12の何れか一項に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項14] 前記 C_m は、板厚 t の1次以上の関数であることを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項15] 前記 $\sigma_2(x, C_m, CT)$ として、式(3)を用いることを特徴とする、請求項14に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[数3]

$$\sigma_2(x) = \frac{(C_1 \cdot t + C_2)}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_3 \cdot t + C_4) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \times \left[\operatorname{erfc}\{(C_3 \cdot t + C_4) \cdot x\} - \operatorname{erfc}\left\{(C_3 \cdot t + C_4) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \quad \dots (3)$$

[請求項16] 前記 C_m は、強化時間 t_{cs} と強化時間 T_{cs} の1次以上の関数であることを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布

の取得方法。

[請求項17] 前記 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ として、式(4)を用いることを特徴とする、請求項16に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[数4]

$$\sigma_2(x) = \frac{(C_1 \cdot t_{CS} + C_2 \cdot T_{CS} + C_3)}{1 - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot t_{CS} + C_5 \cdot T_{CS} + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\}} \times \left[\operatorname{erfc}\{(C_4 \cdot t_{CS} + C_5 \cdot T_{CS} + C_6) \cdot x\} - \operatorname{erfc}\left\{(C_4 \cdot t_{CS} + C_5 \cdot T_{CS} + C_6) \cdot \frac{t}{2}\right\} \right] - CT \quad \dots (4)$$

[請求項18] 前記 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ として、式(5)を用いることを特徴とする、請求項4又は14に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項19] 前記 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ として、式(6)を用いることを特徴とする、請求項4、14、又は16に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項20] 前記 $\sigma_2(x, C_m, C_T)$ として、式(7)を用いることを特徴とする、請求項10に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

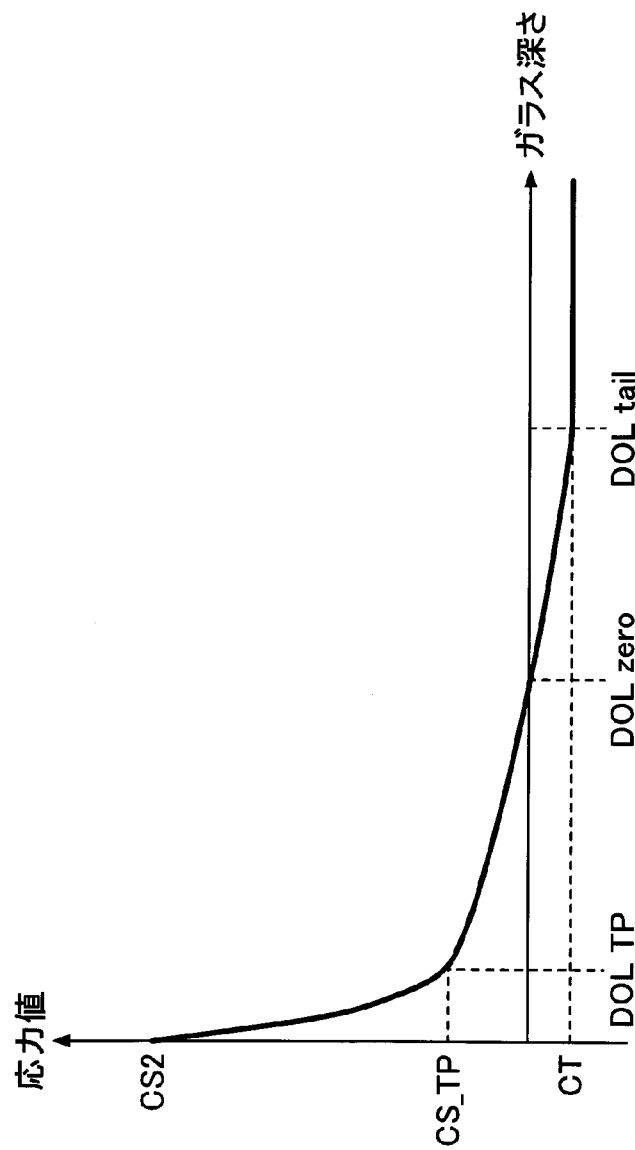
[請求項21] 前記 C_m は、強化ガラスの表層屈折率又は最深部屈折率の1次以上の関数であることを特徴とする、請求項2又は3に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

[請求項22] 強化ガラスがリチウム含有のアルミノシリケートガラスであることを特徴とする、請求項1乃至21の何れか一項に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法。

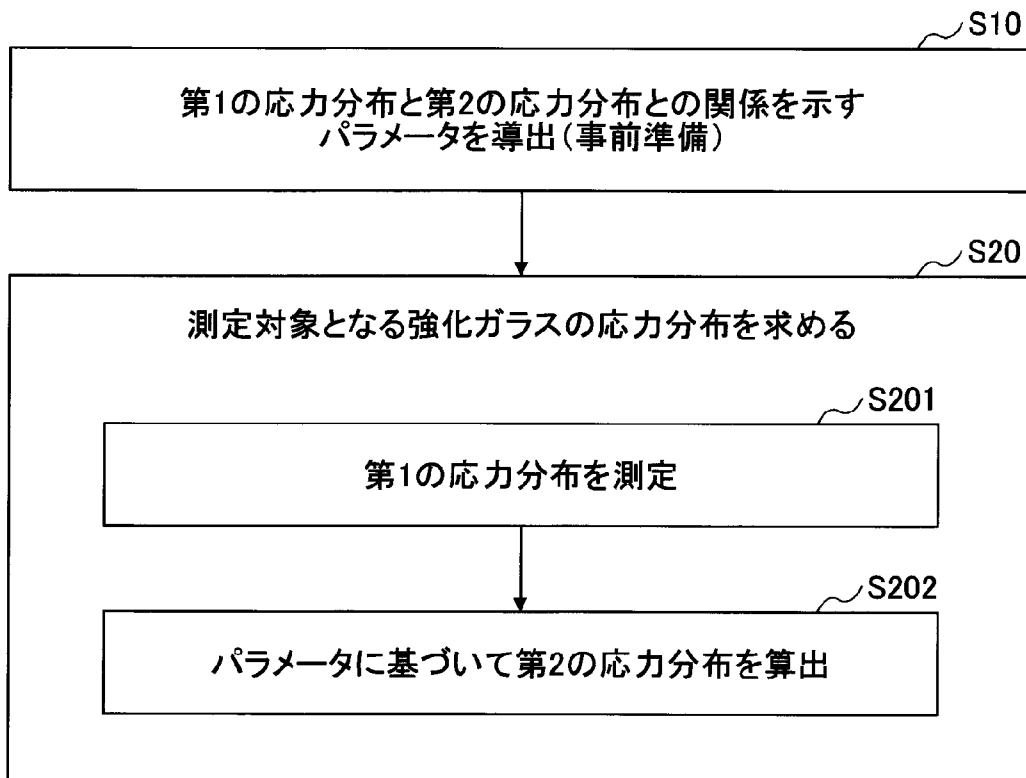
[請求項23] 強化ガラスの製造方法であって、
請求項1乃至22の何れか一項に記載の強化ガラスの応力分布の取得方法により取得した前記第1の応力分布及び前記第2の応力分布に基づいて出荷判断を行う工程を有することを特徴とする、強化ガラス

の製造方法。

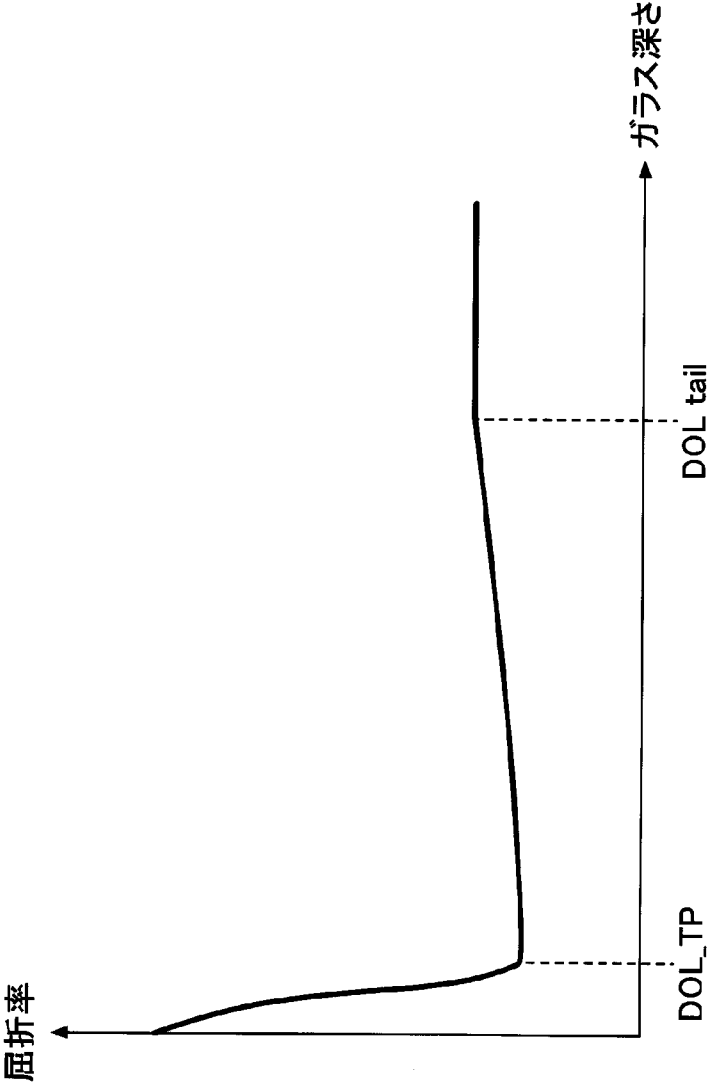
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031953

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01L1/00 (2006.01) i, C03C21/00 (2006.01) i, G01L1/24 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01L1/00, C03C21/00, G01L1/24, G01L5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2017/0082577 A1 (CORNING INCORPORATED) 23 March 2017, paragraphs [0006]-[0011], [0044]-[0075],	1-8, 12-13, 22-23
A	[0091]-[0098], fig. 1-4 & JP 2018-527282 A & US 2018/0172634 A1 & WO 2017/049028 A1 & EP 3350137 A1 & TW 201720779 A & KR 10-2018-0054716 A & CN 108349793 A	9-11, 14-21
Y	JP 2016-142600 A (ORIHARA INDUSTRIAL CO., LTD.) 08 August 2016, paragraphs [0111]-[0117] (Family: none)	1-8, 12-13, 22-23



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 October 2019 (24.10.2019)

Date of mailing of the international search report
05 November 2019 (05.11.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031953

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-527661 A (CORNING INC.) 04 November 2011, paragraphs [0016]-[0030], fig. 1-3 & US 2010/0009154 A1, paragraphs [0018]-[0032], fig. 1-3 & WO 2010/005578 A1 & EP 2307328 A1 & KR 10-2011-0036828 A & CN 102131740 A	22-23 3
A	US 2013/0233020 A1 (ALLAN, Douglas Clippinger) 12 September 2013, paragraphs [0030]-[0100], fig. 1-4 (Family: none)	1-23

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01L1/00(2006.01)i, C03C21/00(2006.01)i, G01L1/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01L1/00, C03C21/00, G01L1/24, G01L5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	US 2017/0082577 A1 (CORNING INCORPORATED) 2017.03.23, Paragraphs0006-0011, 0044-0075, 0091-0098, Figs.1-4	1-8, 12-13, 22-23
A	& JP 2018-527282 A & US 2018/0172634 A1 & WO 2017/049028 A1 & EP 3350137 A1 & TW 201720779 A & KR 10-2018-0054716 A & CN 108349793 A	9-11, 14-21
Y	JP 2016-142600 A (有限会社折原製作所) 2016.08.08, 段落 0111-0117 (ファミリーなし)	1-8, 12-13, 22-23

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.10.2019

国際調査報告の発送日

05.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

大森 努

2 F

8352

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2011-527661 A (コーニング インコーポレイテッド) 2011.11.04, 段落 0016-0030, 図 1-3 & US 2010/0009154 A1, Paragraphs0018-0032, Figs.1-3 & WO 2010/005578 A1 & EP 2307328 A1 & KR 10-2011-0036828 A & CN 102131740 A	22-23 3
A	US 2013/0233020 A1 (ALLAN, Douglas Clippinger) 2013.09.12, Paragraphs0030-0100, Figs.1-4 (ファミリーなし)	1-23