

(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
2016年9月29日(29.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/152940 A1

- (51) 国際特許分類:
G21K 1/06 (2006.01) G01N 23/223 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/059266
- (22) 国際出願日: 2016年3月23日(23.03.2016)
- (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 2015-063764 2015年3月26日(26.03.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社リガク (RIGAKU CORPORATION) [JP/JP]; 〒1968666 東京都昭島市松原町3丁目9番12号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 河原 直樹 (KAWAHARA, Naoki); 〒5691146 大阪府高槻市赤大路町14番8号 株式会社リガク 大阪工場内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 杉本 修司, 外(SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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.

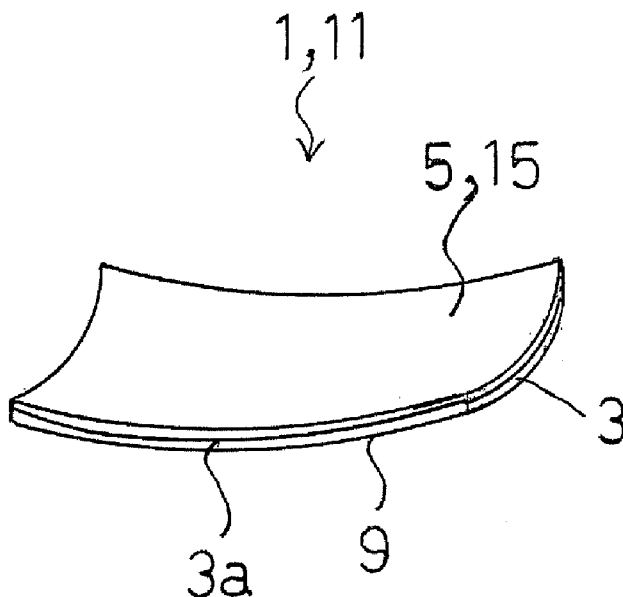
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: DOUBLY CURVED X-RAY CONDENSER ELEMENT, DOUBLY CURVED X-RAY SPECTROSCOPIC ELEMENT AND APPARATUS EQUIPPED WITH SAME, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAID ELEMENTS

(54) 発明の名称: 二重湾曲X線集光素子、二重湾曲X線分光素子およびそれを備える装置ならびにその素子の製造方法



(57) Abstract: A doubly curved X-ray spectroscopic element (1) according to the present invention comprises a glass plate (3) having a concave surface (3a) with an X-ray reflecting reflective film (5) formed thereon, the glass plate having been deformed into a shape having a doubly curved surface by being sandwiched between a doubly curved convex surface (21a) of a convex molding jig (21) and a doubly curved concave surface (22a) of a concave molding jig (22) matching the doubly curved convex surface (21a), and by being heated at 400°C to 600°C.

(57) 要約: 本発明の二重湾曲X線分光素子(1)は、凸型成形治具(21)が有する二重湾曲凸面(21a)と、凹型成形治具(22)が有する、二重湾曲凹面(22a)とを整合する二重湾曲凹面(22a)との間に挟まれ、400°C~600°Cに加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板(3)の凹面(3a)にX線を反射する反射膜(5)が形成される。

明 細 書

発明の名称：

二重湾曲X線集光素子、二重湾曲X線分光素子およびそれを備える装置ならびにその素子の製造方法

関連出願

[0001] 本出願は、2015年3月26日出願の特願2015-063764の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本願の一部をなすものとして引用する。

技術分野

[0002] 本発明は、二重湾曲X線集光素子、二重湾曲X線分光素子およびそれを備える装置ならびにその素子の製造方法に関するものである。

背景技術

[0003] 従来、X線を集光および／または分光する、一方向または二方向に凹面形状にした湾曲X線分光素子が知られている。特に、X線を効率的に分光して集光するためには、二方向に凹型の大きな面積の分光面を有する二重湾曲X線分光素子を用いることが必要となる。これに関し、予め所定の二重湾曲形状に機械加工した基板への分光多層膜の製膜は一般的に行われているが、基板の表面粗さが二乗平均粗さで数Å（数nm×10⁻¹）必要であり、そのような二重湾曲形状の研磨には高い技術と多大な労力を要し、極めて高コストになり、用途が限定されるという問題があった。また、シリコン単結晶の平板部材を所定の湾曲形状の基板に陽極接合で接合したX線分光素子（特許文献1、2）が知られているが、平板部材を弾性的に変形させる必要があり、そのため、変形後の湾曲形状の自由度が低いという問題があった。そこで、Si、Geなどの結晶板を、その融点近傍温度にまで昇温して、所定の凹凸型により荷重を加え、熱塑性変形して作製された結晶レンズ（特許文献3）がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平8－201589号公報

特許文献2：特開平8－201593号公報

特許文献3：特表2006－022333号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献3に記載の結晶レンズの作製方法では、高温での加圧変形処理を行うために特殊な設備が必要となり、さらに、成形型のマクロな形状のみならず、X線反射特性に影響を与えるミクロな形状（成形型の表面粗さ）も成形物に転写されてしまい、X線反射膜や人工累積膜をその上に形成しても所望の性能を得ることができないという問題があった。

[0006] そこで、本発明は前記従来の問題に鑑みてなされたもので、成形治具で加熱変形されても凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有するガラス板の凹面に膜が形成されて、集光性能および／または分光性能が極めて良好である、二重湾曲X線集光素子、二重湾曲X線分光素子およびそれを備える装置ならびにその素子の安価で簡易な製造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] 前記目的を達成するために、本発明の第1構成の二重湾曲X線集光素子は、凸型成形治具が有する二重湾曲凸面と、凹型成形治具が有する、前記二重湾曲凸面に整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板の凹面にX線を反射する反射膜が形成されている。

[0008] 第1構成の二重湾曲X線集光素子によれば、ガラス板が、二重湾曲凸面と、それに整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板が、凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さ

を有し、そのガラス板の凹面に反射膜が形成されているので、集光性能が極めて良好である。

[0009] 本発明の第2構成の二重湾曲X線集光素子構成体は、第1構成の二重湾曲X線集光素子と、前記二重湾曲X線集光素子が固着される基台と、を有する。

[0010] 第2構成の二重湾曲X線集光素子構成体によれば、第1構成の二重湾曲X線集光素子を有するので、第1構成の二重湾曲X線集光素子と同様の効果を奏することができる。

[0011] 本発明の第3構成の二重湾曲X線分光素子は、凸型成形治具が有する二重湾曲凸面と、凹型成形治具が有する、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板の凹面にX線を分光する人工累積膜が形成されている。

[0012] 第3構成の二重湾曲X線分光素子によれば、ガラス板が、二重湾曲凸面と、それに整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板が、凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板の凹面に人工累積膜が形成されているので、集光性能および分光性能が極めて良好である。

[0013] 本発明の第4構成の二重湾曲X線分光素子構成体は、第3構成の二重湾曲X線分光素子と、前記二重湾曲X線分光素子が固着される基台と、を有する。

[0014] 第4構成の二重湾曲X線分光素子構成体によれば、第3構成の二重湾曲X線分光素子を有するので、第3構成の二重湾曲X線分光素子と同様の効果を奏することができる。

[0015] 本発明の第5構成のX線分析装置は、第1構成の二重湾曲X線集光素子、第2構成の二重湾曲X線集光素子構成体、第3構成の二重湾曲X線分光素子および第4構成の二重湾曲X線分光素子構成体のうち少なくとも1つを備え

る。

[0016] 第5構成のX線分析装置によれば、本発明の第1構成の二重湾曲X線集光素子、第2構成の二重湾曲X線集光素子構成体、第3構成の二重湾曲X線分光素子および第4構成の二重湾曲X線分光素子構成体のうち少なくとも1つを備えるので、集光性能および／または分光性能が良く精度のよい測定をすることができる。

[0017] 本発明の第6構成の二重湾曲X線集光素子の製造方法は、表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、変形された前記ガラス板の凹面にX線を反射する反射膜を形成する工程と、を有する。

[0018] 第6構成の製造方法によれば、成形治具で加熱変形されても凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有するガラス板の凹面に反射膜が形成されるので、集光性能が極めて良好な二重湾曲X線集光素子を安価で簡易に製造することができる。

[0019] 本発明の第7構成の二重湾曲X線集光素子構成体の製造方法は、第6構成の製造方法によって製造された二重湾曲X線集光素子を準備する工程と、前記二重湾曲X線集光素子を固着する基台を準備する工程と、前記二重湾曲X線集光素子を前記基台に固着する工程と、を有する。

[0020] 第7構成の製造方法によれば、第6構成の製造方法によって製造された二重湾曲X線集光素子を前記基台に固着するので、集光性能が極めて良好な二重湾曲X線集光素子構成体を安価で簡易に製造することができる。

[0021] 本発明の第8構成の二重湾曲X線集光素子構成体の製造方法は、表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、前記二重湾曲凸面と整合する二

重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、変形された前記ガラス板を固着する基台を準備する工程と、変形された前記ガラス板を前記基台に固着する工程と、前記基台に固着された前記ガラス板の凹面にX線を反射する反射膜を形成する工程と、を有する。

[0022] 第8構成の製造方法によれば、成形治具で加熱変形されても凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有するガラス板の凹面に反射膜が形成されるので、集光性能が極めて良好な二重湾曲X線集光素子構成体を安価で簡易に製造することができる。

[0023] 本発明の第9構成の二重湾曲X線分光素子の製造方法は、表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、変形された前記ガラス板の凹面にX線を分光する人工累積膜を形成する工程と、を有する。

[0024] 第9構成の製造方法によれば、成形治具で加熱変形されても凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有するガラス板の凹面に人工累積膜が形成されるので、集光性能および分光性能が極めて良好な二重湾曲X線分光素子を安価で簡易に製造することができる。

[0025] 本発明の第10構成の二重湾曲X線分光素子構成体の製造方法は、第9構成の製造方法によって製造された二重湾曲X線分光素子を準備する工程と、前記二重湾曲X線分光素子を固着する基台を準備する工程と、前記二重湾曲X線分光素子を前記基台に固着する工程と、を有する。

[0026] 第10構成の製造方法によれば、第9構成の製造方法によって製造された二重湾曲X線分光素子を前記基台に固着するので、集光性能および分光性能が極めて良好な二重湾曲X線分光素子構成体を安価で簡易に製造することができる。

[0027] 本発明の第11構成の二重湾曲X線分光素子構成体の製造方法は、表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、変形された前記ガラス板を固着する基台を準備する工程と、変形された前記ガラス板を前記基台に固着する工程と、前記基台に固着された前記ガラス板の凹面にX線を分光する人工累積膜を形成する工程と、を有する。

[0028] 第11構成の製造方法によれば、成形治具で加熱変形されても凸型成形治具の二重湾曲凸面の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有するガラス板の凹面に人工累積膜が形成されるので、集光性能および分光性能が極めて良好な二重湾曲X線分光素子構成体を安価で簡易に製造することができる。

[0029] 請求の範囲および／または明細書および／または図面に開示された少なくとも2つの構成のどのような組合せも、本発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の2つ以上のどのような組合せも、本発明に含まれる。

図面の簡単な説明

[0030] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明からより明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきでない。この発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の部品番号は、同一部分を示す。

[図1]本発明の第1実施形態の二重湾曲X線集光素子または第3実施形態の二重湾曲X線分光素子の概略図である。

[図2]本発明の第2実施形態の二重湾曲X線集光素子構成体または第4実施形態の二重湾曲X線分光素子構成体の概略図である。

[図3]本発明の第2実施形態の変形例の二重湾曲X線集光素子構成体または第4実施形態の変形例の二重湾曲X線分光素子構成体の概略図である。

[図4]本発明の第2実施形態のさらなる変形例の二重湾曲X線集光素子構成体または第4実施形態のさらなる変形例の二重湾曲X線分光素子構成体の概略図である。

[図5]本発明の第5実施形態のX線分析装置を示す概略図である。

[図6]本発明の第6実施形態の、二重湾曲X線集光素子の製造方法の工程、または、本発明の第9実施形態の、二重湾曲X線分光素子の製造方法の工程を示す図である。

[図7]本発明の第6実施形態の、二重湾曲X線集光素子の製造方法の一工程、または、本発明の第9実施形態の、二重湾曲X線分光素子の製造方法の一工程を示す図である。

[図8]本発明の第6実施形態の、二重湾曲X線集光素子の製造方法の他の一工程、または、本発明の第9実施形態の、二重湾曲X線分光素子の製造方法の他の一工程を示す図である。

[図9]本発明の第7実施形態の、二重湾曲X線集光素子構成体の製造方法の工程を示す図である。

[図10]本発明の第8実施形態の、二重湾曲X線集光素子構成体の製造方法の工程、または、本発明の第11実施形態の、二重湾曲X線分光素子構成体の製造方法の工程を示す図である。

[図11]本発明の第10実施形態の、二重湾曲X線分光素子構成体の製造方法の工程を示す図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明の第1実施形態である二重湾曲X線集光素子1について説明

する。図 1 に示す第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1 は、凸型成形治具が有する二重湾曲凸面と、凹型成形治具が有する、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、400℃～600℃、例えば500℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板 3 の凹面 3 a に、例えば、真空蒸着により X 線を反射する Au（金）の反射膜 5 が形成されている。二重湾曲面は、この実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1 では、トロイダル面（円環側面）であるが、本発明では、トロイダル面に限らず、回転楕円面、回転対数螺旋面などであってもよい。

[0032] ガラス板 3 を変形させるための加熱温度が 400℃未満であると、加熱変形に要する時間を長くしても所望の二重湾曲面に成形できないことがある。一方、600℃を超える加熱温度であると、加熱変形に要する時間が短くなるが、凸型成形治具の凸面の表面粗さがガラス板 3 の凹面 3 a に転写される恐れがある。よって、ガラス板 3 を変形させるための加熱温度は、400℃～600℃が好ましく、450～550℃がより好ましい。

[0033] 変形される前の素材のガラス板 3 は、表面粗さが二乗平均粗さで 0.5 nm 以下である。素材のガラス板 3 は、例えば、顕微鏡観察用や電子機器のディスプレイ用のカバーガラスであって、ホウケイ酸ガラスからなる長辺 75 mm、短辺 25 mm、厚さ 0.15 mm の矩形板である。厚さは、薄い方が速く加熱変形して成形が容易であるので、1 mm 以下が好ましい。素材のガラス板 3 は、表面粗さが二乗平均粗さで 0.5 nm 以下であれば、上記以外の他の寸法、形状、材質であってもよい。

[0034] 第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1 によれば、素材のガラス板 3 が、二重湾曲凸面と、それに整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板 3 が、凸型成形治具 2 1 の二重湾曲凸面 2 1 a（図 7）の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板 3 の凹面 3 a に反射膜 5 が形成されているので、集光性能が極めて良好である。さらに、変形されたガラス板 3 は、その形状をそのまま維持できる自立形状であるので

、ガラス板 3 の凹面 3 a に反射膜 5 を形成するだけで、そのままハンドリングできる二重湾曲 X 線集光素子 1 として用いることができる。

[0035] 次に、本発明の第 2 実施形態である二重湾曲 X 線集光素子構成体について説明する。図 2 に示す第 2 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 は、第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1 と、二重湾曲 X 線集光素子 1 が固着される基台 7 と、を有する。基台 7 は、凹型成形治具が有する二重湾曲凹面と同じ二重湾曲凹面 7 a を有する凹型のステンレス製であり、二重湾曲 X 線集光素子 1 の凸面（ガラス板 3 の凸面）9 が基台 7 の凹面 7 a に接着剤で固着されている。

[0036] 二重湾曲 X 線集光素子 1 が自立形状であるので、基台 7 は二重湾曲 X 線集光素子 1 を固着できる固定材であればよく、基台 7 の凹面 7 a の表面粗さはガラス板 3 の表面粗さよりも劣っていてもよい。基台 7 は、図 2 に示すような凹型の基台 7 でなくてもよく、図 3 および図 4 に示すような平板型や箱型の基台 7 であってもよい。つまり、図 3 に示す変形例のように、二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 は、二重湾曲 X 線集光素子 1 の凸面 9 の中央部が平板型の基台 7 の中央部に弾性接着剤で固着されていてもよい。また、図 4 に示すさらなる変形例のように、二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 は、二重湾曲 X 線集光素子 1 の凸面 9 の四隅が箱型の基台 7 の四隅に弾性接着剤で固着されていてもよい。二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 は、図 2 から図 4 に示した形状の基台 7 に限らず、二重湾曲 X 線集光素子 1 の周囲のみを固着する、周囲固着枠である基台 7、方形の孔、円形の孔などを有する基台 7 に固着されていてもよい。これらの変形例では、基台 7 の形状加工が容易に行えることに加え、大きな温度変化がある場合でも、基台 7 とガラス板 3 との熱膨張係数の違いに起因する変形がほぼ生じないという利点があり、基台 7 の材料の選択に特に自由度が高いという利点がある。

[0037] 第 2 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 によれば、第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1 を有するので、第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1 と同様の効果を奏することができる。

[0038] 次に、本発明の第3実施形態である二重湾曲X線分光素子について説明する。図1に示す第3実施形態の二重湾曲X線分光素子11は、第1実施形態の二重湾曲X線集光素子1と比べて、反射膜5に替えて人工累積膜15が形成されている点異なるだけであり、他の構成は同じである。つまり、二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板3の凹面3aにX線を分光する人工累積膜15、例えば、C-K α 線を効率よく分光するC-K α 線用人工累積膜が形成されている。

[0039] 第3実施形態の二重湾曲X線分光素子11によれば、第1実施形態の二重湾曲X線集光素子1と同様に、ガラス板3が、凸型成形治具21の二重湾曲凸面21a（図7）の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板3の凹面3aに人工累積膜15が形成されているので、集光性能および分光性能が極めて良好であり、変形されたガラス板3は、その形状をそのまま維持できる自立形状であるので、ガラス板3の凹面3a（図1）に人工累積膜15を形成するだけでそのままハンドリングできる二重湾曲X線分光素子11として用いることができる。

[0040] 次に、本発明の第4実施形態である二重湾曲X線分光素子構成体16について説明する。図2に示す第4実施形態の二重湾曲X線分光素子構成体16は、第3実施形態の二重湾曲X線分光素子11と、二重湾曲X線分光素子11が固着される基台7と、を有する。基台7は、第2実施形態の二重湾曲X線集光素子構成体6の基台7と同じである。

[0041] 第4実施形態の二重湾曲X線分光素子構成体16によれば、第3実施形態の二重湾曲X線分光素子11を有するので、第3実施形態の二重湾曲X線分光素子11と同様の効果を奏することができる。

[0042] 次に、本発明の第5実施形態であるX線分析装置について説明する。このX線分析装置は、蛍光X線分析装置であって、第4実施形態の二重湾曲X線分光素子構成体16を備える。図5に示すように、X線分析装置は、試料53に1次X線52を照射するX線源51、試料53から発生した蛍光X線54を分光する二重湾曲X線分光素子構成体16、および二重湾曲X線分光素

子構成体 1 6 によって分光および集光された蛍光 X 線 5 6 を検出する X 線検出器 5 7 を備え、その検出した X 線強度により定量および／または定性分析を行う分析装置である。

[0043] 第 5 実施形態である X 線分析装置について、第 4 実施形態の二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 を備える蛍光 X 線分析装置として説明したが、第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1、第 2 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子構成体 6、第 3 実施形態の二重湾曲 X 線分光素子 1 1 および第 4 実施形態の二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 のうち少なくとも 1 つを備えていればよく、蛍光 X 線分析装置以外の X 線分析装置であってもよい。

[0044] 第 5 実施形態の X 線分析装置によれば、第 1 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子 1、第 2 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子構成体 6、第 3 実施形態の二重湾曲 X 線分光素子 1 1 および第 4 実施形態の二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 のうち少なくとも 1 つを備えるので、集光性能および／または分光性能が良く精度のよい測定をすることができる。

[0045] 次に、本発明の第 6 実施形態である、二重湾曲 X 線集光素子 1 の製造方法について説明する。この製造方法は、図 6 に示すように、表面粗さが二乗平均粗さで 0.5 nm 以下のガラス板 3 を準備する工程 S 1 と、二重湾曲凸面 2 1 a を有する凸型成形治具 2 1 を準備する工程 S 2 と、二重湾曲凸面 2 1 a と整合する二重湾曲凹面 2 2 a を有する凹型成形治具 2 2 を準備する工程 S 3 と、凸型成形治具 2 1 の二重湾曲凸面 2 1 a と凹型成形治具 2 2 の二重湾曲凹面 2 2 a との間にガラス板 3 を挟んで 400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状にガラス板 3 を変形させる工程 S 4 と、変形されたガラス板 3 の凹面に X 線を反射する反射膜 5 を形成する工程 S 5 A（図 6 の左側の工程）と、を有する。以下、この製造方法について工程順に説明する。

[0046] 工程 S 1 において、表面粗さが二乗平均粗さで 0.5 nm 以下のガラス板 3 を準備する。素材のガラス板 3 は、例えば、顕微鏡観察用や電子機器のディスプレイ用のカバーガラスであって、ホウケイ酸ガラスからなる長辺 75

mm、短辺25mm、厚さ0.15mmの矩形板である。厚さは、薄い方が速く加熱変形して成形が容易であるので、1mm以下が好ましい。素材のガラス板3は、表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下であれば、上記以外の他の寸法、形状、材質であってもよい。

[0047] 工程S2において、所望の二重湾曲凸面21aを有する凸型成形治具21を準備する。凸型成形治具21の二重湾曲凸面21aは、この実施形態の製造方法ではトロイダル面である。凸型成形治具21は、ステンレススチール製で、質量は300gであり、その二重湾曲凸面21aの平面視形状は長辺75mm、短辺25mmの長方形である。

[0048] 工程S3において、二重湾曲凸面21aと整合する二重湾曲凹面22aを有する凹型成形治具22を準備する。二重湾曲凹面22aは、この実施形態の製造方法では、トロイダル面である。凹型成形治具22はステンレススチール製で、その二重湾曲凹面22aの平面視形状は長辺75mm、短辺25mmの長方形である。二重湾曲凸面21aと整合する二重湾曲凹面22aとは、ガラス板3の厚さ分だけ二重湾曲凸面21aからずらした二重湾曲凹面22aをいう。凸型成形治具21および凹型成形治具22は機械加工された治具であり、それぞれの二重湾曲凸面21aおよび二重湾曲凹面22aは、特別な表面研磨加工がされておらず、表面粗さにおいて素材のガラス板3よりも劣っている。

[0049] 工程S4において、図7に示すように、凸型成形治具21の二重湾曲凸面21aと凹型成形治具22の二重湾曲凹面22aとの間にガラス板3を挟んで、例えば500℃で90分間加熱して、ガラス板3を凸型成形治具21の自重だけで二重湾曲面を有する形状に熱塑性変形させる（図8）。凸型成形治具21の自重だけでは変形が不十分の場合には、凸型成形治具21の上から荷重をかけてもよい。400℃未満の温度で加熱すると、加熱時間を長くしても、あるいは荷重を増やしても、所望の二重湾曲面に成形できないことがあり、一方、600℃を超える温度で加熱すると、変形させるための時間は短くなるが、凸型成形治具21の凸面21aの表面粗さがガラス板3の凹

面 3 a に転写される恐れがあるので、ガラス板 3 を変形させるための加熱温度は、400℃～600℃が好ましく、450～550℃がより好ましい。加熱設備としては、高温での加圧変形処理を行うための特殊な設備は必要なく、400℃～600℃に加熱できる、簡易で安価な電気炉でよい。

[0050] 図 6 の工程 S 5 A において、変形されたガラス板 3 を徐冷した後、変形されたガラス板 3 の凹面 3 a に、例えば、真空蒸着により X 線を反射する Au (金) の反射膜 5 を形成する。以上の工程により、二重湾曲 X 線集光素子 1 が製造される。変形されたガラス板 3 は、その形状をそのまま維持できる自立形状であるので、ガラス板 3 の凹面 3 a に反射膜 5 を形成するだけでそのままハンドリングできる二重湾曲 X 線集光素子 1 として製造することができる。二重湾曲面は、この実施形態の製造方法では、トロイダル面 (円環側面) であるが、本発明では、トロイダル面に限らず、回転楕円面、回転対数螺旋面などであってもよい。

[0051] 第 6 実施形態の製造方法によれば、ガラス板 3 が、二重湾曲凸面 2 1 a と、それに整合する二重湾曲凹面 2 2 a との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板 3 が、凸型成形治具 2 1 と凹型成形治具 2 2 とで加熱変形されても凸型成形治具 2 1 の二重湾曲凸面 2 1 a の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板 3 の凹面 3 a に反射膜 5 が形成されるので、集光性能が極めて良好である二重湾曲 X 線集光素子 1 を安価で簡易に製造することができる。

[0052] 次に、本発明の第 7 実施形態である、二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 の製造方法について説明する。この製造方法は、図 9 に示すように、第 6 実施形態の製造方法によって製造された二重湾曲 X 線集光素子 1 を準備する工程 S 6 A と、二重湾曲 X 線集光素子 1 を固着する基台 7 を準備する工程 S 7 A と、二重湾曲 X 線集光素子 1 を基台 7 に固着する工程 S 8 A と、を有する。以下、この製造方法について工程順に説明する。

[0053] 工程 S 6 A において、第 6 実施形態の製造方法によって製造された二重湾

曲X線集光素子1を準備する。

[0054] 工程S7Aにおいて、二重湾曲X線集光素子1を固着する基台7を準備する。第2実施形態の二重湾曲X線集光素子構成体6と同じ基台7、例えば、凹型成形治具22が有する二重湾曲凹面22aと同じ二重湾曲凹面7aを有する凹型のステンレス製の基台7を準備する。

[0055] 工程S8Aにおいては、まず、基台7の凹面7a（図2）の全体に、例えば、エポキシ樹脂である接着剤を塗布する。次に、接着剤が塗布された基台7の凹面7aに二重湾曲X線集光素子1の凸面9（図2）を重ね合わせる。次に、凸型成形治具21の二重湾曲凸面21aで二重湾曲X線集光素子1を軽く押しながら、二重湾曲X線集光素子1の凸面9を基台7の凹面7aに接着する。自立形状である二重湾曲X線集光素子1の凸面9と基台7の凹面7aとの形状は合致するので、二重湾曲X線集光素子1は変形することなく基台7に固着される。以上の工程により、二重湾曲X線分光素子構成体6が製造される。

[0056] 第7実施形態の製造方法によれば、第6実施形態の製造方法によって製造された二重湾曲X線集光素子1を基台7に固着するので、集光性能が極めて良好である二重湾曲X線集光素子構成体6を安価で簡易に製造することができる。

[0057] 次に、本発明の第8実施形態である、二重湾曲X線集光素子構成体6の製造方法について説明する。この製造方法は、図10に示すように、表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板3を準備する工程S1と、二重湾曲凸面21aを有する凸型成形治具21を準備する工程S2と、二重湾曲凸面21aと整合する二重湾曲凹面22aを有する凹型成形治具22を準備する工程S3と、凸型成形治具21の二重湾曲凸面21aと凹型成形治具22の二重湾曲凹面22aとの間にガラス板3を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状にガラス板3を変形させる工程S4と、変形されたガラス板3を固着する基台7を準備する工程S5Cと、変形されたガラス板3を基台7に固着する工程S6Cと、基台7に固着されたガラス板

3の凹面3aにX線を反射する反射膜5を形成する工程S7C（図10の左側の工程）と、を有する。以下、この製造方法について工程順に説明する。

[0058] 第8実施形態の製造方法の工程S1～S4は、第6実施形態の製造方法の工程S1～S4と同じであり、同様にしてガラス板3を加熱変形させる。

[0059] 工程S5Cにおいて、変形されたガラス板3を固着する基台7を準備する。第7実施形態の製造方法と同じ基台7、例えば、凹型成形治具22が有する二重湾曲凹面22aと同じ二重湾曲凹面7aを有する凹型のステンレス製の基台7を準備する。

[0060] 工程S6Cにおいては、まず、凸型成形治具21と変形されたガラス板3とを、後述するパラフィンの融点まで加熱し、凸型成形治具21の凸面21aにパラフィンを塗布して、これに変形されたガラス板3の凹面3aを重ね合わせた状態で徐冷し、ガラス板3をパラフィンの付着力により凸型成形治具21の凸面21aに保持する。次に、基台7の凹面7aの全体に、例えば、エポキシ樹脂である接着剤を塗布し、凸型成形治具21の凸面21aに付着保持されたガラス板3の凸面9を基台7の凹面7aに重ね合わせて接着し、固着する。

[0061] 変形されたガラス板3の固着後、凸型成形治具21、ガラス板3および基台7が重なった状態のまま全体をパラフィンの融点まで加熱し、凸型成形治具21をガラス板3から分離し、ガラス板3の凹面3aに残留しているパラフィンを除去する。ここで用いるパラフィンは接着剤の劣化を招かない程度の低い温度、例えば50～60℃の融点を持つものが望ましい。

[0062] 工程S7Cにおいて、基台7に固着された変形されたガラス板3の凹面3aに、例えば、真空蒸着によりX線を反射するAu（金）の反射膜5を形成する。以上の工程により、二重湾曲X線集光素子構成体6が製造される。

[0063] 第8実施形態の製造方法によれば、第6実施形態の製造方法と同様に、ガラス板3が、二重湾曲凸面21aと、それに整合する二重湾曲凹面22aとの間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板3が、凸型成形治具21の二重湾曲凸面21aの

表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板 3 の凹面 3 a に反射膜 5 が形成されるので、集光性能が極めて良好である二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 を安価で簡易に製造することができる。

[0064] 次に、本発明の第 9 実施形態である、二重湾曲 X 線分光素子の製造方法について説明する。この製造方法の工程は、図 6 に示すように、第 6 実施形態の製造方法と比べて、変形されたガラス板 3 の凹面 3 a に X 線を反射する反射膜 5 を形成する工程 S 5 A に替えて、変形されたガラス板 3 の凹面 3 a に X 線を分光する人工累積膜 1 5 を形成する工程 S 5 B（図 6 の右側の工程）を有する点が異なるだけであり、他の工程は同じであり、変形されたガラス板 3 の凹面 3 a に X 線を分光する人工累積膜 1 5、例えば、C-K α 線用人工累積膜 1 5 を形成して二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を製造する。変形されたガラス板 3 は、その形状をそのまま維持できる自立形状であるので、ガラス板 3 の凹面 3 a に人工累積膜 1 5 を形成するだけでそのままハンドリングできる二重湾曲 X 線分光素子 1 1 として製造することができる。二重湾曲面は、この実施形態の製造方法では、トロイダル面（円環側面）であるが、本発明では、トロイダル面に限らず、回転楕円面、回転対数螺旋面などであってもよい。

[0065] 第 9 実施形態の製造方法によれば、ガラス板 3 が、二重湾曲凸面 2 1 と、それに整合する二重湾曲凹面 2 2 との間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板 3 が、凸型成形治具 2 1 の二重湾曲凸面 2 1 a の表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板 3 の凹面 3 a に人工累積膜 1 5 が形成されるので、集光性能および分光性能が極めて良好である二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を安価で簡易に製造することができる。

[0066] 次に、本発明の第 10 実施形態である、二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 の製造方法について説明する。この製造方法は、図 11 に示すように、第 9 実施形態の製造方法（図 6）によって製造された二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を準備する工程 S 6 B と、二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を固着する基台 7 を準

備する工程 S 7 B と、二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を基台 7 に固着する工程 S 8 B と、を有する。以下、この製造方法について工程順に説明する。

[0067] 工程 S 6 B において、第 9 実施形態の製造方法（図 6）によって製造された二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を準備する。

[0068] 工程 S 7 B において、二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を固着する基台 7 を準備する。第 2 実施形態の二重湾曲 X 線集光素子構成体 6 と同じ基台 7、例えば、凹型成形治具 2 2 が有する二重湾曲凹面 2 2 a と同じ二重湾曲凹面 7 a を有する凹型のステンレス製の基台 7 を準備する。

[0069] 工程 S 8 B においては、まず、基台 7 の凹面 7 a（図 2）の全体に、例えば、エポキシ樹脂である接着剤を塗布する。次に、接着剤が塗布された基台 7 の凹面 7 a に二重湾曲 X 線分光素子 1 1 の凸面 9（図 2）を重ね合わせる。次に、凸型成形治具 2 1 の二重湾曲凸面 2 1 a で二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を軽く押しながら、二重湾曲 X 線分光素子 1 1 の凸面 9 を基台 7 の凹面 7 a に接着する。自立形状である二重湾曲 X 線分光素子 1 1 の凸面 9 と基台 7 の凹面 7 a との形状は合致するので、二重湾曲 X 線分光素子 1 1 は変形することなく基台 7 に固着される。以上の工程により、二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 が製造される。

[0070] 第 1 0 実施形態の製造方法によれば、第 9 実施形態の製造方法によって製造された二重湾曲 X 線分光素子 1 1 を基台 7 に固着するので、集光性能および分光性能が極めて良好な二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 を安価で簡易に製造することができる。

[0071] 次に、本発明の第 1 1 実施形態である、二重湾曲 X 線分光素子構成体 1 6 の製造方法について説明する。この製造方法は、図 1 0 に示すように、第 8 実施形態の製造方法と比べて、基台 7 に固着されたガラス板 3 の凹面 3 a に X 線を反射する反射膜 5 を形成する工程 S 7 C に替えて、基台 7 に固着されたガラス板の凹面 3 a に X 線を分光する人工累積膜 1 5 を形成する工程 S 7 D（図 1 0 の右側の工程）を有する点が異なるだけであり、他の工程は第 8 実施形態の製造方法と同じであり、基台 7 に固着されたガラス板の凹面 3 a

にX線を分光する人工累積膜15、例えば、C-K α 線用人工累積膜15を形成して二重湾曲X線分光素子構成体16を製造する。

[0072] 第11実施形態の製造方法の工程S1～S6Cは、第8実施形態の製造方法の工程S1～S6Cと同じであり、同様にして加熱変形されたガラス板3を基台7に固着する。

[0073] 工程S7Dにおいて、基台7に固着されたガラス板の凹面3aにX線を分光する人工累積膜15、例えば、C-K α 線用人工累積膜15を形成する。以上の工程により、二重湾曲X線分光素子構成体16が製造される。

[0074] 第11実施形態の製造方法によれば、第9実施形態の製造方法と同様に、ガラス板3が、二重湾曲凸面21aと、それに整合する二重湾曲凹面22aとの間に挟まれ、400℃～600℃に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形された結果、ガラス板3が、凸型成形治具21の二重湾曲凸面21aの表面粗さの影響を受けずに加熱変形前と同等の表面粗さを有し、そのガラス板3の凹面3aに人工累積膜15が形成されるので、集光性能および分光性能が極めて良好である二重湾曲X線分光素子構成体16を安価で簡易に製造することができる。

[0075] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施例を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、添付の請求の範囲から定まるこの発明の範囲内のものと解釈される。

符号の説明

- [0076]
- | | |
|----|---------------|
| 1 | 二重湾曲X線集光素子 |
| 3 | ガラス板 |
| 3a | ガラス板の凹面 |
| 5 | 反射膜 |
| 6 | 二重湾曲X線集光素子構成体 |
| 7 | 基台 |
| 11 | 二重湾曲X線分光素子 |

- 1 5 人工累積膜
- 1 6 二重湾曲X線分光素子構成体
- 2 1 凸型成形治具
- 2 1 a 二重湾曲凸面
- 2 2 凹型成形治具
- 2 2 a 二重湾曲凹面

請求の範囲

- [請求項1] 凸型成形治具が有する二重湾曲凸面と、凹型成形治具が有する、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、 400°C ～ 600°C に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板の凹面にX線を反射する反射膜が形成された二重湾曲X線集光素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の二重湾曲X線集光素子と、
前記二重湾曲X線集光素子が固着される基台と、
を有する二重湾曲X線集光素子構成体。
- [請求項3] 凸型成形治具が有する二重湾曲凸面と、凹型成形治具が有する、前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面との間に挟まれ、 400°C ～ 600°C に加熱されて二重湾曲面を有する形状に変形されたガラス板の凹面にX線を分光する人工累積膜が形成された二重湾曲X線分光素子。
- [請求項4] 請求項3に記載の二重湾曲X線分光素子と、
前記二重湾曲X線分光素子が固着される基台と、
を有する二重湾曲X線分光素子構成体。
- [請求項5] 請求項1に記載の二重湾曲X線集光素子、請求項2に記載の二重湾曲X線集光素子構成体、請求項3に記載の二重湾曲X線分光素子および請求項4に記載の二重湾曲X線分光素子構成体のうち少なくとも1つを備えるX線分析装置。
- [請求項6] 表面粗さが二乗平均粗さで 0.5 nm 以下のガラス板を準備する工程と、
二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、
前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、
前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで 400°C ～ 600°C に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、

変形された前記ガラス板の凹面にX線を反射する反射膜を形成する工程と、

を有する、二重湾曲X線集光素子の製造方法。

[請求項7]

請求項6に記載の製造方法によって製造された二重湾曲X線集光素子を準備する工程と、

前記二重湾曲X線集光素子を固着する基台を準備する工程と、

前記二重湾曲X線集光素子を前記基台に固着する工程と、

を有する二重湾曲X線集光素子構成体の製造方法。

[請求項8]

表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、

二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、

前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、

前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、

変形された前記ガラス板を固着する基台を準備する工程と、

変形された前記ガラス板を前記基台に固着する工程と、

前記基台に固着された前記ガラス板の凹面にX線を反射する反射膜を形成する工程と、

を有する、二重湾曲X線集光素子構成体の製造方法。

[請求項9]

表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、

二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、

前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、

前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重

湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、

変形された前記ガラス板の凹面にX線を分光する人工累積膜を形成する工程と、

を有する、二重湾曲X線分光素子の製造方法。

[請求項10] 請求項9に記載の製造方法によって製造された二重湾曲X線分光素子を準備する工程と、

前記二重湾曲X線分光素子を固着する基台を準備する工程と、

前記二重湾曲X線分光素子を前記基台に固着する工程と、

を有する二重湾曲X線分光素子構成体の製造方法。

[請求項11] 表面粗さが二乗平均粗さで0.5nm以下のガラス板を準備する工程と、

二重湾曲凸面を有する凸型成形治具を準備する工程と、

前記二重湾曲凸面と整合する二重湾曲凹面を有する凹型成形治具を準備する工程と、

前記凸型成形治具の二重湾曲凸面と前記凹型成形治具の二重湾曲凹面との間に前記ガラス板を挟んで400℃～600℃に加熱して二重湾曲面を有する形状に前記ガラス板を変形させる工程と、

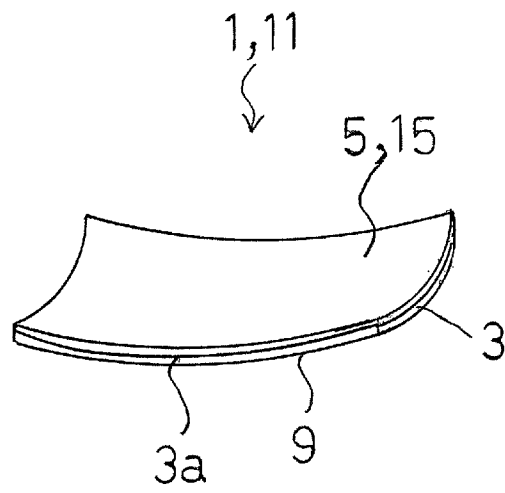
変形された前記ガラス板を固着する基台を準備する工程と、

変形された前記ガラス板を前記基台に固着する工程と、

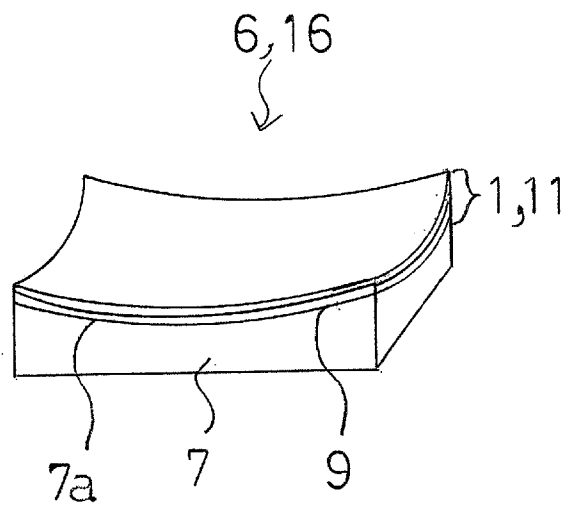
前記基台に固着された前記ガラス板の凹面にX線を分光する人工累積膜を形成する工程と、

を有する、二重湾曲X線分光素子構成体の製造方法。

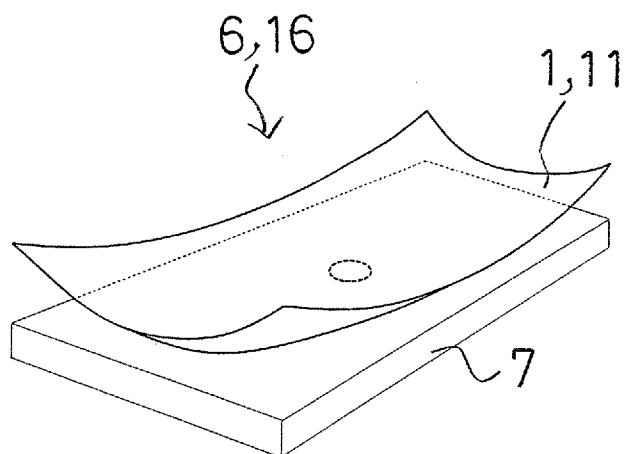
[図1]



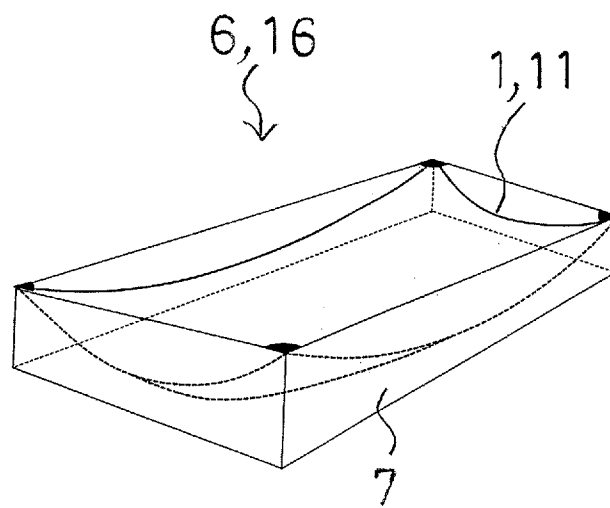
[図2]



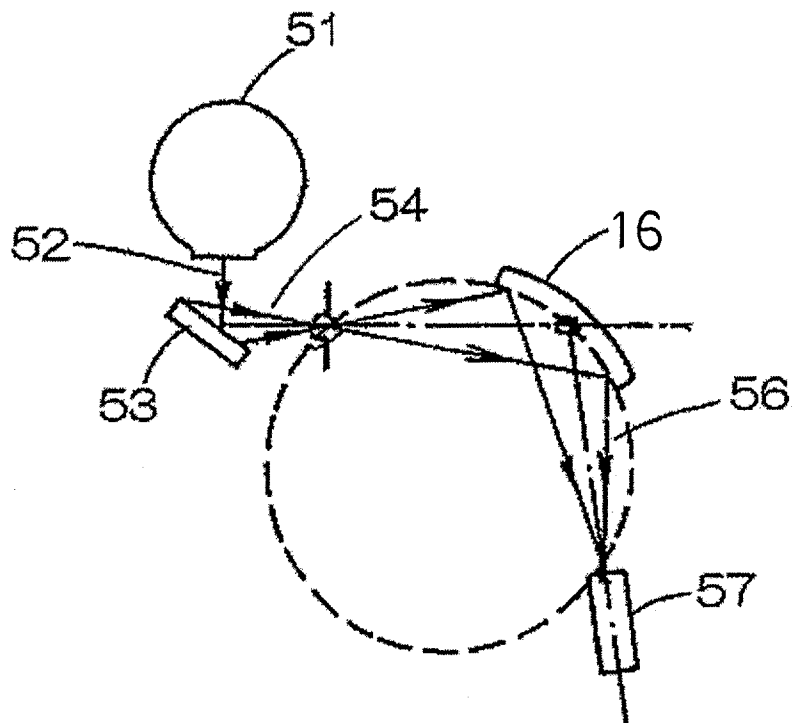
[図3]



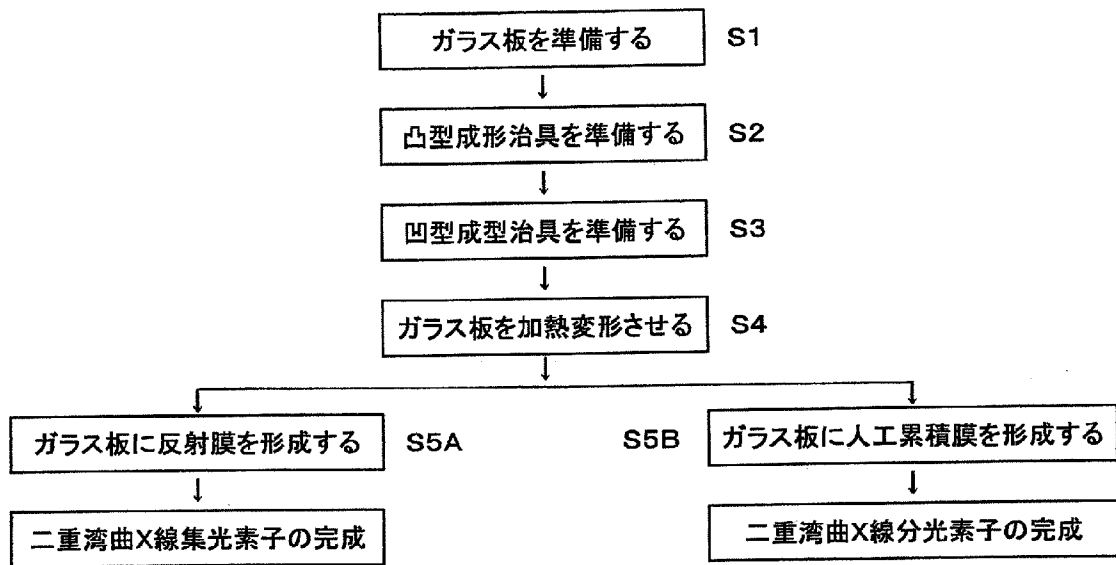
[図4]



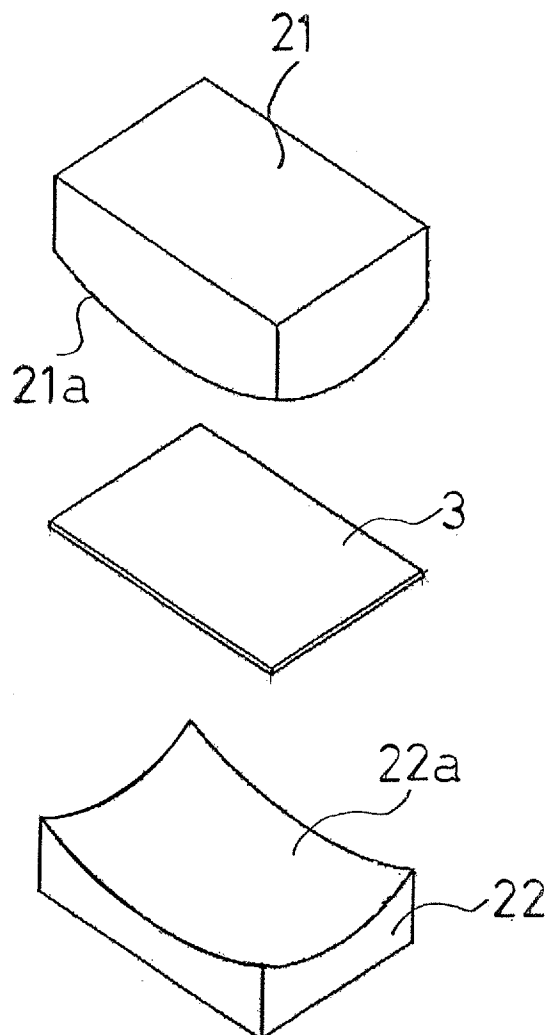
[図5]



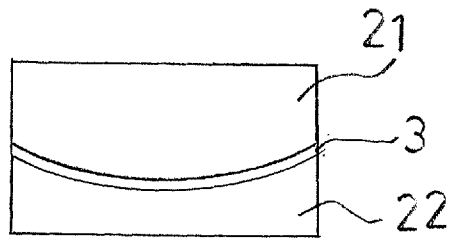
[図6]



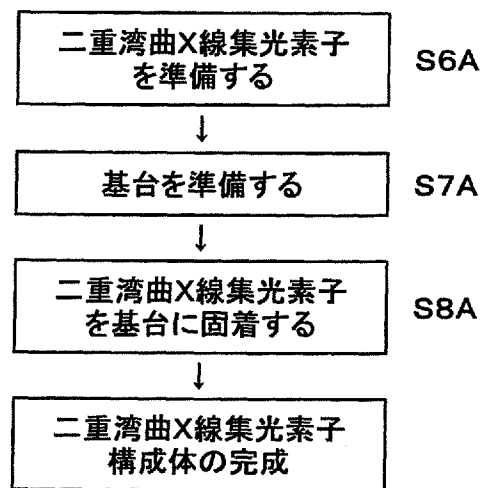
[図7]



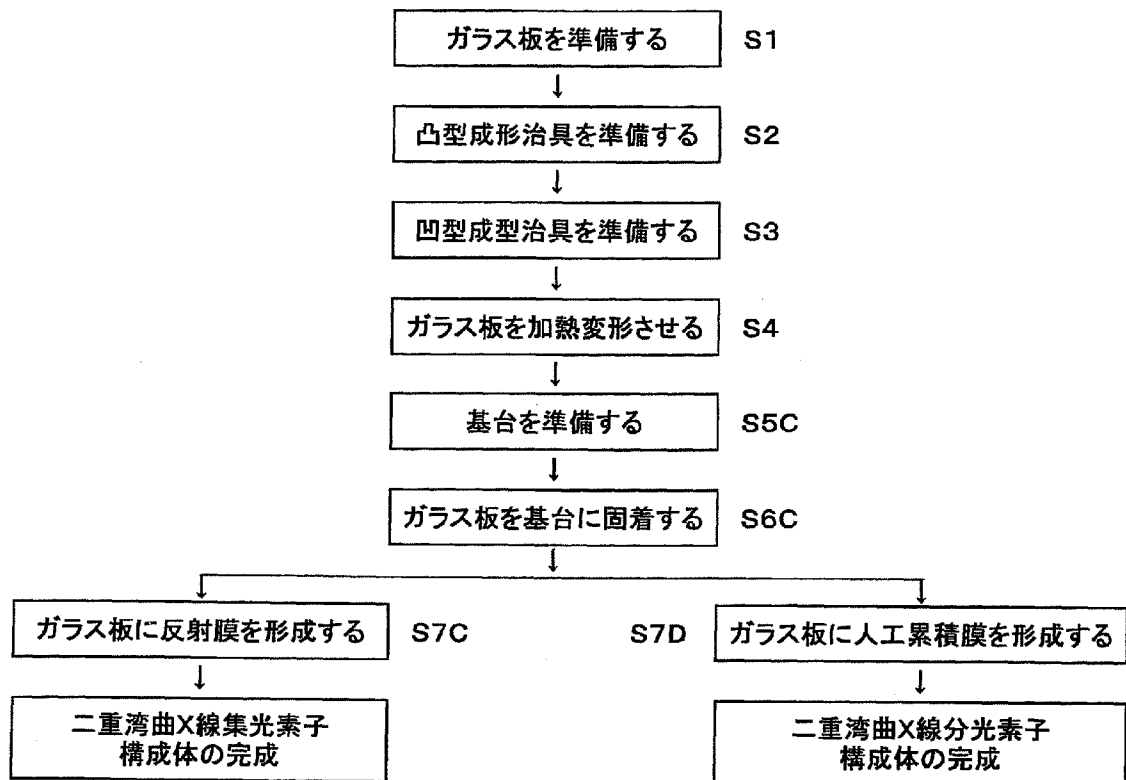
[図8]



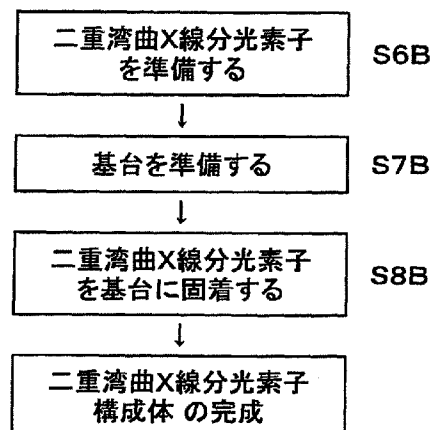
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21K1/06(2006.01)i, G01N23/223(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)

G21K1/06, G01N23/223

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2011-117741 A (Canon Inc.), 16 June 2011 (16.06.2011), paragraphs [0018] to [0047]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-5 6-11
A	JP 2007-285791 A (Rigaku Industrial Co.), 01 November 2007 (01.11.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	WO 2010/008086 A1 (Japan Aerospace Exploration Agency), 21 January 2010 (21.01.2010), paragraphs [0030] to [0031]; fig. 5 to 6 & EP 2317521 A1 & JP 2010-25723 A & US 8824631 B2 & US 2011/0110499 A1 paragraphs [0037] to [0038]; fig. 5 to 6	1-11

☒ 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
10 May 2016 (10.05.16)

Date of mailing of the international search report
17 May 2016 (17.05.16)

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/JP2016/059266

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 63-236948 A (Shimadzu Corp.), 03 October 1988 (03.10.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2008-175755 A (Kabushiki Kaisha X-sen Gijutsu Kenkyusho), 31 July 2008 (31.07.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059266

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claim 1 does not have a special technical feature in the light of the contents disclosed in JP 2011-117741 A.

Therefore, the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-11 do not comply with the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G21K1/06(2006.01)i, G01N23/223(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. G21K1/06, G01N23/223

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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）

JSTPlus (JDreamIII)

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
X	JP 2011-117741 A (キヤノン株式会社)	1-5
A	2011.06.16, 第【0018】-【0047】段落および第1、3図 (ファミリーなし)	6-11
A	JP 2007-285791 A (理学電機工業株式会社)	1-11
	2007.11.01, 全文および全図 (ファミリーなし)	

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

10.05.2016

国際調査報告の発送日

17.05.2016

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）

藤本 加代子

21

4458

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

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
A	WO 2010/008086 A1 (独立行政法人宇宙航空研究開発機構) 2010.01.21, 第【0030】－【0031】段落および第5－6図 & EP 2317521 A1 & JP 2010-25723 A & US 8824631 B2 & US 2011/0110499 A1, 第【0037】－【0038】段落および 第5－6図	1－11
A	JP 63-236948 A (株式会社島津製作所) 1988.10.03, 全文および全図 (ファミリーなし)	1－11
A	JP 2008-175755 A (株式会社X線技術研究所) 2008.07.31, 全文および全図 (ファミリーなし)	1－11

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、JP 2011-117741 A に開示された内容に照らして特別な技術的特徴を有さない。

したがって、請求項1に係る発明と請求項2-11に係る発明とは、発明の単一性の要件を満たさない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。