

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12.01.2012**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **24.07.2013**
(Věstník č. 30/2013)

(21) Číslo dokumentu:

2012-17

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G02B 1/02 (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)
C30B 33/02 (2006.01)
C30B 31/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

České vysoké učení technické v Praze Fakulta jaderná a
fyzikálně inženýrská, Praha 1, CZ
Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, Praha 6,
CZ

(72) Původce:

Míka Martin Ing. Ph.D., Praha 10, CZ
Pína Ladislav Doc. Ing. DrSc., Praha 4, CZ
Hudec René Doc. RNDr. CSc., Ondřejov, CZ
Havlíková Radka Bc., Praha 8, CZ
Švéda Libor Mgr. Ph.D., Zábřeh, CZ
Jankovský Ondřej Ing., Praha 10, CZ

(74) Zástupce:

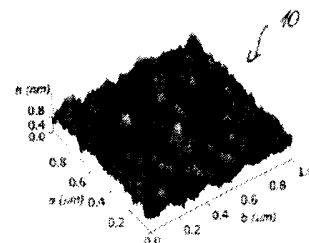
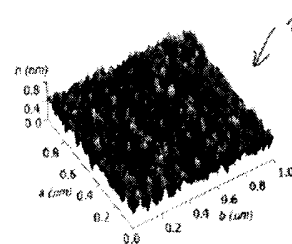
Ing. Marie Smrčková, patentový zástupce, Velflíkova 10,
Praha 6, 16000

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Tepelně tvarované křemíkové plátky pro
přesnou rentgenovou optiku**

(57) Anotace:

Monokrystalický výchozí křemíkový plátek (1) je předem dopovaný alespoň jedním prvkem ze skupiny, zahrnující bor, fosfor, arsen a antimon, v množství od 0 do $2,0 \cdot 10^{21}$ atomů v jednom cm^3 materiálu výchozího monokrystalického křemíkového plátku (1). Výchozí křemíkový plátek (1) je rovinný a vykazuje rovinnost pod $10 \mu\text{m}$. Výchozí křemíkový plátek (1) má tloušťku pod $0,8 \text{ mm}$; krystalografickou orientaci $\langle 100 \rangle$ nebo $\langle 111 \rangle$; střední hodnotu mikrodrsnosti R_a povrchu menší než $R_a = 0,6 \text{ nm}$ na funkční odrazové ploše. Výsledný křemíkový plátek (10) má přesný optický tvar funkčního odrazového povrchu s odchylkou od požadovaného tvaru pod $20 \mu\text{m}$ a vysokou optickou kvalitou se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a pod $1,0 \text{ nm}$, s výhodou pod $0,4 \text{ nm}$. Výchozí křemíkový plátek (1) má s výhodou měrný elektrický odpor $5 \cdot 10^{-3}$ až $185 \cdot 10^3 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$. Výsledný křemíkový plátek (10) má tvar válcový, kulovitý, parabolický či paraboloidní, hyperbolický či hyperboloidní, eliptický či elipsoidní nebo kuželovitý.



Tepelně tvarované křemíkové plátky pro přesnou rentgenovou optiku

Oblast techniky

Vynález se týká tepelně tvarovaných křemíkových plátek pro přesnou rentgenovou optiku, které jsou zhotoveny z monokrystalických křemíkových plátek, jsou přesně vytvářeny do optického tvaru a jejich funkční odrazová plocha vykazuje optickou kvalitu.

Dosavadní stav techniky

Rentgenová optika rozšiřuje možnosti a zlepšuje parametry téměř všech měřících a zobrazovacích metod a přístrojů využívajících rentgenové záření. Rentgenová optika prochází v posledních dvou desetiletích intenzivním rozvojem, který zjevně ještě neskončil. S tím souvisí trvalá potřeba výzkumu v oblasti materiálových věd a objevování nových optických soustav. Rentgenová optika nachází aplikace ve vědě a výzkumu a v mnoha dalších oblastech lidské činnosti, jmenovitě v krystalografii, v makromolekulární biologii, v medicíně, v rentgenografii, ve studiu a konzervaci kulturních památek, v astrofyzice, v metodách pro bezpečnostní složky a v průmyslu.

Potenciální aplikace rentgenové optiky ve vědě a výzkumu se týkají především rentgenové difrakce, rentgenové fluorescence a prvkové analýzy, rentgenografie a rentgenové mikroskopie, tomografie, mikrotomografie a nanotomografie, nanofokuzace rentgenového záření, rentgenové spektroskopie, astrofyziky a kosmických rentgenových teleskopů pro studium gama záblesků a ostatních jevů ve vesmíru, které vedou ke vzniku rentgenového záření.

Aplikace křemíkových destiček pro konstrukci optických prvků, zejména kosmických rentgenových teleskopů je uvedena např. v US patentu 7,321,127 B2 (priority FR 16. 2. 2004) majitele European Space Agency, FR. Tento patent popisuje optický odrazový prvek, způsob jeho výroby a použití takovýchto prvků v optickém zařízení. Optický prvek je určen pro rentgenové paprsky nebo gama paprsky nebo vysoce energetické částice, dopadající pod úhlem totálního odrazu. Optický prvek se skládá z více vrstev křemíkových destiček. Každá má případně funkční odrazovou plochu pokrytou kovovou vrstvou nebo rozptylovou mřížkou. Spodní strana křemíkové destičky je opatřena žebry, vymezující prostor mezi dvěma sousedními destičkami a definující vzdálenost mezi dvěma odrážejícími povrchy. Vynález se týká vytvoření optických zařízení zahrnujících více takových optických prvků, zejména teleskop Wolter I, obsahující dvojici zrcadel s paraboloidním a hyperboloidními povrchy nebo alternativní systém Kirkpatrick-Beaz systém. Způsob výroby optického odrazového prvku spočívá v několika krocích, a to výroby destičky z definovaného materiálu, jako je monokrystalický křemík, hliník, berylium, nikl nebo kombinace těchto materiálů. Dalším krokem je vytvoření žebrování mezi destičkami a následným řezáním destiček

za účelem vytvoření předem definované konfigurace. Dalším krokem je pokrytí funkčních stran destiček alespoň jednou vrstvou druhého definovaného ochranného materiálu jako je, pokrytých horní vrstvou ze zlata nebo iridia. Pokrytí každé první i druhé strany destiček je zpracováno mechanicky nebo chemicky nebo obojím postupem. Na obr. 5A – 5D jsou
 5 znázorněny hlavní kroky vedoucí k sestavení zmíněného optického odrazového prvku. Jednotlivé destičky opatřené žebry, jsou mechanicky vtačovány do formy a následně k sobě slepeny.

Materiál destiček je tvarován za studena. Takto vytvarovaná destička má trvalé mechanické napětí, což může vést během dlouhodobého užívání k nebezpečí šíření trhlin
 10 a poruch v krystalické mřížce, a tím k významnému snížení požadované mechanické pevnosti a zvýšení rizika praskání, tedy i k případné destrukci. Mechanické změny destičky též mohou vést po určité době ke změně požadované geometrie destičky, a tím ke zhoršení úhlového rozlišení optického prvku.

15 Podstata vynálezu

Uvedené nevýhody se odstraní nebo omezí u tepelně tvarovaných křemíkových plátků pro přesnou rentgenovou optiku, kde křemíkové plátky jsou zhotoveny z monokrystalického křemíkového materiálu plátků, podle tohoto vynálezu. Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že každý výchozí monokrystalický křemíkový plátek je předem dopovaný alespoň
 20 jedním prvkem ze skupiny, zahrnující bor, fosfor, arsen a antimon, v množství od 0 do $2,0 \cdot 10^{21}$ atomů v jednom cm^3 materiálu výchozího monokrystalického křemíkového plátku. Každý výchozí monokrystalický křemíkový plátek je rovinný a vykazuje rovinnost pod 10 μm ; má tloušťku pod 0,8 mm; má krystalografickou orientaci $\langle 100 \rangle$ nebo $\langle 111 \rangle$; má střední hodnotu mikrodrsnoti povrchu menší než $R_a = 0,6 \text{ nm}$, s výhodou pod 0,4 nm na funkční
 25 odrazové ploše. Výsledný křemíkový plátek má přesný optický tvar funkčního odrazového povrchu s odchylkou od požadovaného tvaru pod 20 μm ; a s vysokou optickou kvalitou se střední hodnotou mikrodrsnoti pod 1,0 nm.

Hlavní výhodou tohoto vynálezu je, že se získá výsledný křemíkový plátek, který má přesný optický tvar funkčního odrazového povrchu s odchylkou od požadovaného tvaru
 30 pod 20 μm ; a má vysokou optickou kvalitu, která vykazuje střední hodnotu mikrodrsnoti pod 1,0 nm. Výsledný křemíkový plátek se může využít jako čočka nebo zrcadlo pro odraz nebo fokusaci rentgenového záření.

Je výhodné, když se každý výchozí monokrystalický křemíkový plátek připraví z materiálu, který se předem dopuje borem v množství od 0 do $6 \cdot 10^{20}$ atomů v cm^3 , nebo
 35 fosforem v množství od 0 do $1,3 \cdot 10^{21}$ atomů v cm^3 , nebo arsenem v množství od 0 do $1,8 \cdot 10^{21}$ atomů v cm^3 , nebo antimonem v množství od 0 do $7,0 \cdot 10^{19}$ atomů v cm^3 materiálu výchozího monokrystalického křemíkového plátku. Nárokováné dopování materiálu pro

výchozí monokrystalický křemíkový plátek zajistí dostatečnou koncentraci dislokací, pohyblivých za vysokých teplot. Dislokace se pak ve hmotě výchozího monokrystalického křemíkového plátku při teplotách nad 1200°C pohybují mechanismem viskózního toku. Snadný pohyb dislokací v materiálu je podmínkou dosažení dostatečné plastické deformace
 5 nutné pro získání přesného tvaru výsledného křemíkového plátku v požadované optické kvalitě funkční plochy. Pokud by byla koncentrace dopování pod nárokovanou hodnotu tohoto vynálezu, tak by koncentrace dislokací byla příliš nízká, a jejich pohyb ve hmotě během tvarování by byl obtížný. Pokud by byla koncentrace dopování nad nárokovanou hodnotu tohoto vynálezu, potom by krystalická struktura křemíkového plátku mohla být
 10 narušena, a mohlo by dojít i k nežádoucí zhoršení mechanických vlastností výsledného křemíkového plátku. To by mohlo vést i ke zhoršení optické kvality funkční plochy výsledného křemíkového plátku.

Nárokováná rovinnost výchozího křemíkového plátku pod 10 μm je nezbytná pro dosažení optické kvality povrchu funkční odrazové plochy a potřebné přesnosti jejího tvaru.

15 Tloušťka výchozího křemíkového plátku pod 0,8 mm umožňuje snadnější dosažení plastické deformace při tvarovacích teplotách, což je nezbytné pro optickou kvalitu výsledného křemíkového plátku.

Krystalografická orientace $\langle 100 \rangle$ nebo $\langle 111 \rangle$ výchozího křemíkového plátku zabezpečuje během tvarování žádoucí průběh pohybu dislokací v potřebném směru ve
 20 hmotě křemíkového plátku.

Střední hodnota mikrodrsnosti R_a povrchu menší než 0,6 nm na funkční odrazové ploše výchozích křemíkových plátků musí být dostatečně nízká, aby po tvarování, kdy se mikrodrsnost zvýší, byla zajištěna požadovaná střední hodnota mikrodrsnosti povrchu pod 1,0 nm na funkční odrazové ploše výsledných křemíkových plátků pro zajištění optických
 25 vlastností této plochy.

Je výhodné, když výchozí monokrystalický křemíkový plátek má měrný elektrický odpor v rozmezí od $5 \cdot 10^{-3} - 185 \cdot 10^3 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$, který charakterizuje stupeň a druh dopování křemíkového materiálu.

Výsledný křemíkový plátek může mít tvar válcový, kulovitý, parabolický či
 30 paraboloidní, hyperbolický či hyperboloidní, eliptický či elipsoidní nebo kuželovitý, podle požadavku na jeho konkrétní aplikaci v rentgenové optice.

Výsledný křemíkový plátek musí mít přesný optický tvar funkčního odrazového povrchu s odchylkou od požadovaného tvaru pod 20 μm , a se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a pod 1,0 nm, s výhodou pod 0,4 nm, čímž se zajistí správná funkce
 35 tohoto prvku pro přesnou rentgenovou optiku, s vysokými nároky např. pro vesmírné teleskopy s vysokým úhlovým rozlišením.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je podrobně popsán na příkladných provedeníh a blíže osvětlen pomocí schematických výkresů, z nichž znázorňuje

- obr. 1 boční pohled na tvarovací zařízení s rovinným výchozím křemíkovým plátkem,
- 5 obr. 2 boční pohled na tvarovací zařízení s tvarovaným výsledným křemíkovým plátkem,
- obr. 3 AFM snímek výchozího rovinného monokrystalického křemíkového plátku,
- obr. 4 AFM snímek výsledného rovinného monokrystalického křemíkového plátku,
- obr. 5 axonometrický pohled na tvarovací zařízení s přitlakem kulovou formou seshora,
- obr. 6 axonometrický pohled na tvarovací zařízení s přitlakem kulovou formou zezdola,
- 10 obr. 7 boční pohled na tvarovací zařízení s přitlakem kuželovou formou seshora a
- obr. 8 boční pohled na tvarovací zařízení s přitlakem prstencovité trubkovité formou seshora.

Příklady provedení vynálezu

15 P ř í k l a d 1

(obr. 1, 2, 3, 4)

Tepelně tvarované křemíkových plátky podle tohoto vynálezu jsou zhotoveny z monokrystalického křemíkového materiálu plátků 1.

- 20 Každý monokrystalický výchozí monokrystalický křemíkový plátek 1 je předem dopovaný alespoň jedním prvkem ze skupiny, zahrnující bor, fosfor, arsen a antimon, v množství od 0 do $2,0 \cdot 10^{21}$ atomů v jednom cm^3 materiálu výchozího monokrystalického křemíkového plátku 1. Každý monokrystalický výchozí křemíkový plátek 1 je rovinný a vykazuje rovinnost pod $10 \mu\text{m}$. Má tloušťku pod $0,8 \text{ mm}$; má krystalografickou orientaci $\langle 100 \rangle$ nebo $\langle 111 \rangle$; a má střední hodnotu mikrodrsnoti R_a povrchu menší než $R_a = 0,6 \text{ nm}$
- 25 s výhodou pod $0,4 \text{ nm}$ na funkční odrazové ploše. Výchozí křemíkový plátek 1 má měrný elektrický odpor v rozmezí od $5 \cdot 10^{-3} - 185 \cdot 10^3 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$.

- Výsledný křemíkový plátek 10 má přesný optický tvar funkčního odrazového povrchu s odchylkou od požadovaného tvaru pod $20 \mu\text{m}$. Má vysokou optickou kvalitu se střední hodnotou mikrodrsnoti R_a pod $1,0 \text{ nm}$. Výsledný křemíkový plátek 10 může mít tvar
- 30 válcový, kulovitý, parabolický či paraboloidní, hyperbolický či hyperboloidní, eliptický či elipsoidní nebo kuželovitý.

- Výsledný křemíkový plátek 10 se získá z monokrystalických výchozích křemíkových plátků 1 tepelným tvarováním plastickou deformací. Každý výchozí křemíkový plátek 1 se připraví z materiálu, který se předem dopuje alespoň jedním prvkem ze skupiny, zahrnující
- 35 bor, fosfor, arsen, antimon, v množství od 0 do $2,0 \cdot 10^{21}$ atomů v jednom cm^3 materiálu monokrystalického výchozího křemíkového plátku 1. Přitom každý výchozí křemíkový plátek 1 je rovinný a vykazuje rovinnost pod $10 \mu\text{m}$; má tloušťku pod $0,8 \text{ mm}$; má

krystalografickou orientaci $\langle 100 \rangle$ nebo $\langle 111 \rangle$; a má střední hodnotu mikrodrsnosti R_a povrchu menší než 0,6 nm na funkční odrazové ploše. Každý takovýto monokrystalický výchozí křemíkový plátek 1 se zahřívá z teploty okolí na konkrétní konstantní tvarovací teplotu v rozmezí 1200 – 1400 °C, s výdrží na konstantní teplotě po dobu 1 minuty až 6 hodin a poté se ochladí. To vše probíhá v ochranné atmosféře s parciální tlakem kyslíku v rozmezí $1 \cdot 10^{-8}$ Pa - 21 kPa nebo v ochranné atmosféře samotného čistého vodíku. Po celou tuto dobu se na výchozí křemíkový plátek 1 působí přitlačnou silou v rozpětí 1- 200 N, až se dosáhne přesného finálního výsledného optického tvaru funkční odrazové plochy výsledného křemíkového plátku 10 s odchylkou od požadovaného tvaru pod 20 μm a se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a povrchu pod 1,0 nm. Takto získaný výsledný křemíkový plátek 10 má vynikající optické vlastnosti, určené zejména pro přesnou rentgenovou optiku.

Monokrystalický výchozí křemíkový plátek 1 je schematicky znázorněn na obr. 1 v bočním pohledu, před počátkem jeho přetvarování. Je uložený na nosiči 2.

Na obr. 2 je schematicky vyobrazen v bočním pohledu výsledný křemíkový plátek 10 na nosiči 2 po provedení tvarovacího procesu podle tohoto vynálezu. Na obr. 2 je šipkou naznačen směr působení přitlačné síly během tvarování, která působí na horní stranu křemíkového plátku 1 a vyvolává jeho plastickou deformaci.

Na obr. 3 je snímek horního povrchu výchozího křemíkového plátku 1. Snímek byl pořízen mikroskopickým přístrojem AFM (Atomic Force Microscopy). Na obr. 3 jsou znázorněny tři osy. Osa a osa b představují rozměr snímané plochy výchozího křemíkového plátku 1 udaný v μm . Z obr. je patrné, že snímaná plocha vzorku byla 1 μm^2 . Na další ose h je vidět výška nerovnosti snímaného povrchu v nm, což znázorňuje vizuálně mikrodrsnost daného povrchu, přičemž střední hodnota mikrodrsnosti R_a se určí standardním výpočtem. Osa h má měřítko do 1,2 nm. Z obr. je zřejmé, že nejvyšší hodnoty nerovností povrchu jsou cca 0,5 nm, a nejnižší 0,1 nm. Standardním výpočtem bylo zjištěno, že střední hodnota mikrodrsnosti R_a pro tento vzorek výchozího křemíkového plátku 1 je 0,3 nm.

Na obr. 4 je snímek horního povrchu výsledného křemíkového plátku 10 téhož vzorku po tvarování. Snímek byl též pořízen přístrojovou mikroskopií AFM (Atomic Force Microscopy). Na obr. 4 jsou obdobně znázorněny tři osy a , b , představují rozměr snímané plochy výsledného křemíkového plátku 1 udaný v μm . Snímaná plocha vzorku byla 1 μm^2 . Na ose h je vidět horní funkční odrazová plocha výsledného křemíkového plátku 10 po tvarování, kde výška nerovnosti je v nm. Osa h má též měřítko do 1,2 nm. Z obr. 4 je zřejmé, že horní funkční odrazová plocha výsledného křemíkového plátku 10 má nejvyšší hodnoty nerovností povrchu cca 0,9 nm, a nejnižší 0,2 nm. Standardním výpočtem byla určena střední hodnota mikrodrsnosti R_a pro tento vzorek výsledného křemíkového plátku 10, která je 0,7 nm.

Příklad 2

(Obr. 5)

Na obr. 5 je znázorněno schematicky zařízení ke tvarování křemíkového plátku. Zařízení sestává z vodicího rámu 3 se středovým otvorem, jímž prochází přitlačná forma 4, na niž je připevněna keramická tvarovací forma 5. Keramická tvarovací forma 5 kulovitěho tvaru dosedá seshora na výchozí křemíkový plátek 1, který je uložen na nosiči 2. Přitlačná forma 4 působí přitlačnou silou, znázorněnou šipkou, na keramickou tvarovací formu 5, která se přenáší na výchozí křemíkový plátek 1.

Tvarování výchozího křemíkového plátku 1 probíhá např. v neznázorněné superkanthalové elektrické peci s ochrannou atmosférou.

Výchozí křemíkový plátek 1 byl předem nadopován borem, a to v množství $1,2 \cdot 10^{18}$ atomů v jednom cm^3 křemíkového materiálu. Výchozí křemíkový plátek 1 měl rozměry $100 \times 100 \text{ mm}$ a tloušťku $0,6 \text{ mm}$. Krystalografická orientace výchozího křemíkového plátku 1 byla $\langle 100 \rangle$. Střední hodnota mikrodrsnosti R_a výchozího křemíkového plátku 1 je $0,3 \text{ nm}$. Materiál výchozího křemíkového plátku 1 má měrný odpor $10^2 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$.

Výchozí křemíkový plátek 1 byl zahříván z teploty okolí po dobu cca 5 hodin na tvarovací teplotu 1350°C , s výdrží na této teplotě po dobu 3 hodin, v ochranné atmosféře argonu s kyslíkem o parciálním tlaku kyslíku 2 kPa . Při zahřívání, výdrži na konstantní teplotě i při ochlazování se na výchozí křemíkový plátek 1 působí přitlačnou silou 2 N keramickou tvarovací formou 5 o průměru 15 mm . Doba ochlazování na okolní teplotu činila cca 6 hodin. Tyto hodnoty se stanovují experimentálně a výpočty.

Tímto postupem byl získán neznázorněný výsledný křemíkový plátek 10 s kulovitou funkční odrazovou plochou s maximální odchylkou od požadovaného kulovitěho tvaru $10 \mu\text{m}$ a se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a $0,6 \text{ nm}$. Dosažený průhyb ve středu výsledného křemíkového plátku 10 byl 27 mm .

Získaný výsledný křemíkový plátek 10 je vhodný např. pro rentgenové spektroskopie jakožto fokusační optický prvek. Nebo se může využít jako čočka nebo zrcadlo pro odraz nebo fokusaci rentgenového záření.

Příklad 3

(Obr. 6)

Na obr. 6 je znázorněno schematicky zařízení, sestávající z vodicího rámu 3, jehož horní deskou se středovým otvorem prochází válcová přitlačná forma 4, která dosedá přímo na výchozí křemíkový plátek 1. Výchozí křemíkový plátek 1 je uložen na keramické tvarovací formě 5 kulovitěho tvaru, která je připevněna k nosiči 2. Přitlačná forma 4 působí přitlačnou silou, znázorněnou šipkou, na výchozí křemíkový plátek 1.

Výchozí křemíkový plátek 1 byl předem nadopován fosforem v množství $0,8 \cdot 10^{17}$ atomů v jednom cm^3 křemíkového materiálu. Výchozí křemíkový plátek 1 měl rozměry

100 x 100 mm a tloušťku 0,6 mm. Krystalografická orientace výchozího křemíkového plátku 1 byla $\langle 100 \rangle$. Střední hodnota mikrodrsnosti R_a výchozího křemíkového plátku 1 je 0,4 nm. Materiál výchozího křemíkového plátku 1 má měrný odpor $10^3 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$.

Výchozí křemíkový plátek 1 se zahříval z teploty okolí po dobu cca 4 hodiny na tvarovací teplotu 1250 °C, s výdrží na této teplotě po dobu 5 hodin, v ochranné atmosféře dusíku s kyslíkem s parciálním tlakem kyslíku 10 kPa. Současně se zahříváním, výdrží na konstantní teplotě a při ochlazování se na výchozí křemíkový plátek 1 se působí přitlačnou silou 7 N keramickou tvarovací formou 5 o průměru 20 mm. Doba ochlazování na okolní teplotu činila cca 4 hodiny.

Tímto postupem byl získán neznázorněný výsledný křemíkový plátek 10 s kulovitou funkční odrazovou plochou s maximální odchylkou od požadovaného kulovitého tvaru 15 μm a se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a 0,8 nm. Dosažený průhyb ve středu výsledného křemíkového plátku 10 byl 22 mm.

Takto získaný výsledný křemíkový plátek 10 je vhodný jako zrcadlo pro rentgenové optické přístroje, vhodné např. pro rentgenovou difraktometrii nebo rentgenovou mikroskopii.

Příklad 4

(Obr. 7)

Zařízení k přetvarování výchozího křemíkového plátku 1 je znázorněno na obr. 7. Zařízení zahrnuje vodící rám 3, v němž je na spodní desce uložen nosič 2, na němž je položen výchozí křemíkový plátek 1, na nějž seshora dosedá keramická tvarovací forma 5 kuželovitého tvaru, která současně působí přitlačnou silou kolmou na výchozí křemíkový plátek 1, jak je znázorněno šipkou. V tomto příkladném provedení keramická tvarovací forma 5 zastává funkci i přitlačné formy 4.

Výchozí křemíkový plátek 1 byl předem nadopován antimonem v množství $5,0 \cdot 10^{17}$ atomů v jednom cm^3 křemíkového materiálu. Výchozí křemíkový plátek 1 měl rozměry 100 x 100 mm a tloušťku 0,5 mm. Krystalografická orientace výchozího křemíkového plátku 1 byla $\langle 111 \rangle$. Střední hodnota mikrodrsnosti R_a výchozího křemíkového plátku 1 je 0,3 nm. Materiál výchozího křemíkového plátku 1 má měrný odpor $5 \cdot 10^4 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$.

Výchozí křemíkový plátek 1 se zahříval z teploty okolí po dobu cca 5 hodiny na tvarovací teplotu 1330 °C, s výdrží na této teplotě po dobu 4 hodiny, v ochranné atmosféře vodíku o atmosférickém tlaku. Současně se zahříváním, výdrží na konstantní teplotě a při ochlazování se na výchozí křemíkový plátek 1 působí přitlačnou silou 6 N keramickou tvarovací formou 5 zhotovenou z korundu. Doba ochlazování na okolní teplotu činila cca 5 hodin.

Tímto postupem byl získán neznázorněný výsledný křemíkový plátek 10 s kuželovitou funkční odrazovou plochou s maximální odchylkou od požadovaného kuželovitého tvaru 11 μm a se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a 0,9 nm.

Ing. Marie SMRČKOVÁ
patentový zástupce
Veleňskova 10, 160 00 Praha 6

Výsledný křemíkový plátek 10 je vhodný jako fokusační zrcadlo pro rentgenové vesmírné teleskopy nebo rentgenové zobrazovací optické prvky.

Příklad 5

5 (Obr. 8)

Na obr. 8 je znázorněno zařízení, zahrnující vodící rám 3, na jehož spodní desce je uložen nosič 2, na který je vložen výchozí křemíkový plátek 1. Na výchozí křemíkový plátek 1 seshora dosedá keramická tvarovací forma 5 válcového tvaru, která současně působí přitlačnou silou kolmou na výchozí křemíkový plátek 1, jak je znázorněno šipkou. Zde rovněž jako v předchozím příkladném provedení keramická tvarovací forma 5 zastává funkci i přitlačné formy 4.

Výchozí křemíkový plátek 1 byl předem nadopován borem v množství $3,0 \cdot 10^{18}$ atomů v jednom cm^3 křemíkového materiálu. Výchozí křemíkový plátek 1 měl rozměry 100 x 100 mm a tloušťku 0,5 mm. Krystalografická orientace výchozího křemíkového plátku 1 byla <100>. Střední hodnota mikrodrsnosti R_a výchozího křemíkového plátku 1 je 0,3 nm. Materiál výchozího křemíkového plátku 1 měl měrný odpor 50 k Ω .cm.

Výchozí křemíkový plátek 1 se zahříval z teploty okolí po dobu cca 5 hodin na tvarovací teplotu 1360 °C, s výdrží na této teplotě po dobu 4 hodiny, v ochranné atmosféře argonu s kyslíkem s parciálním tlakem kyslíku 4 kPa. Současně se zahříváním, výdrží na konstantní teplotě a při ochlazování se na výchozí křemíkový plátek 1 se působí přitlačnou silou 5 N keramickou tvarovací formou 5 ve tvaru válce o průměru 50 m. Doba ochlazování na okolní teplotu činila cca 6 hodin.

Tímto postupem byl získán neznázorněný výsledný křemíkový plátek 10 s válcovou funkční odrazovou plochou s maximální odchylkou od požadovaného válcového tvaru 8 μm a se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a 0,4 nm.

Výsledný křemíkový plátek 10 je vhodný jako fokusační zrcadlo pro rentgenové vesmírné teleskopy s vysokým rozlišením a velkou sběrnou plochou.

Vztahové značky

- 30 1 výchozí křemíkový plátek
- 2 nosič
- 3 vodící rám
- 4 přitlačná forma
- 5 keramická tvarovací forma
- 35 10 výchozí křemíkový plátek

Průmyslová využitelnost

Rentgenová optika nachází aplikace ve vědě a výzkumu a v mnoha dalších oblastech lidské činnosti. Jmenovitě v krystalografii, v makromolekulární biologii, v medicíně, v rentgenografii, ve studiu a konzervaci kulturních památek, v astrofyzice, v metodách pro bezpečnostní složky a v průmyslu.

Potenciální aplikace rentgenové optiky ve vědě a výzkumu se týkají především rentgenové difrakce, fluorescence a prvkové analýzy, rentgenografie a rentgenové mikroskopie, tomografie, mikrotomografie a nanotomografie, nanofokuzace rentgenového záření, rentgenové spektroskopie, astrofyziky a kosmických rentgenových teleskopů pro studium gama záblesků a ostatních jevů ve vesmíru, které vedou ke vzniku rentgenového záření.

Potenciální aplikace rentgenové optiky využívající křemíkové monokrystaly jsou aktuálně očekávané v astrofyzice, která je nyní silně závislá na stále výkonnějších kosmických rentgenových teleskopech. Úhlové rozlišení, váha, tepelné vlastnosti a cena jsou silně ovlivněné vlastnostmi zrcadel použitých v teleskopu. Potenciální aplikace rentgenové optiky využívající křemíkové monokrystaly jsou dále očekávané v oblasti difraktivní rentgenové optiky. Jmenovitě především mikro-fokusace a nano-fokusace rentgenového záření, monochromatické rentgenové zobrazování a rentgenová spektroskopie.

Aplikace rentgenové optiky v průmyslu se týkají především rentgenografie, rentgenové tomografie a NDT metod založených na využití rentgenového záření.

Ing. Marie SMRČKOVÁ
patentový zástupce
Sklářská 10, 160 00 Praha 6

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Tepelně tvarované křemíkové plátky pro přesnou rentgenovou optiku, jsou zhotoveny z monokrystalických křemíkových plátků (1), jsou přesně vytvarovány do optického tvaru a jejich funkční odrazová plocha vykazuje vysokou optickou kvalitu,
- 5 **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že každý monokrystalický výchozí křemíkový plátek (1)
- a) je předem dopovaný alespoň jedním prvkem ze skupiny, zahrnující bor, fosfor, arsen a antimon, v množství od 0 do $2,0 \cdot 10^{21}$ atomů v jednom cm^3 materiálu výchozího monokrystalického křemíkového plátku;
 - 10 b) je rovinný a vykazuje rovinnost pod $10 \mu\text{m}$;
 - a) má tloušťku pod $0,8 \text{ mm}$;
 - c) má krystalografickou orientaci $\langle 100 \rangle$ nebo $\langle 111 \rangle$;
 - d) má střední hodnotu mikrodrsnosti R_a povrchu menší než $R_a = 0,6 \text{ nm}$ na funkční odrazové ploše; - 15 přičemž výsledný křemíkový plátek (10) má
 - c) přesný optický tvar funkčního odrazového povrchu s odchylkou od požadovaného tvaru pod $20 \mu\text{m}$; a
 - f) vysokou optickou kvalitu se střední hodnotou mikrodrsnosti R_a pod $1,0 \text{ nm}$.

20

2. Tepelně tvarované křemíkových plátky podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že výchozí křemíkový plátek (1) má vysokou optickou kvalitu funkčního odrazového povrchu se střední hodnotou mikrodrsnosti v rozmezí R_a pod $0,4 \text{ nm}$.

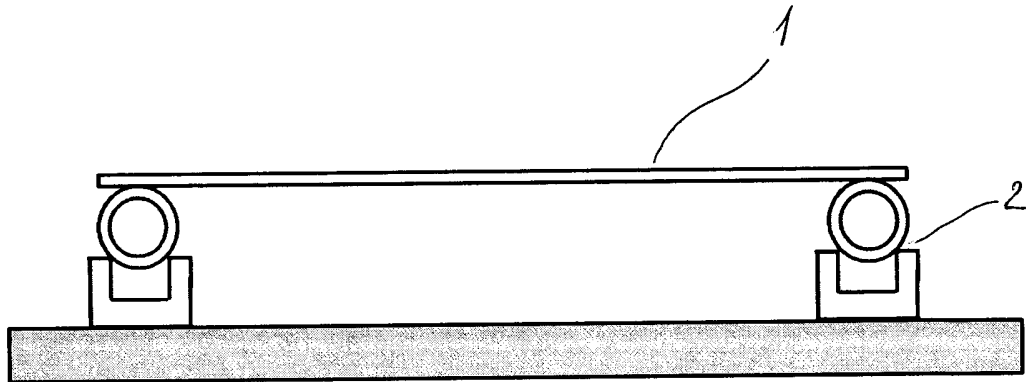
25

3. Tepelně tvarované křemíkových plátky podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že každý výchozí křemíkový plátek (1) má měrný elektrický odpor v rozmezí od $5 \cdot 10^{-3} - 185 \cdot 10^3 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$.

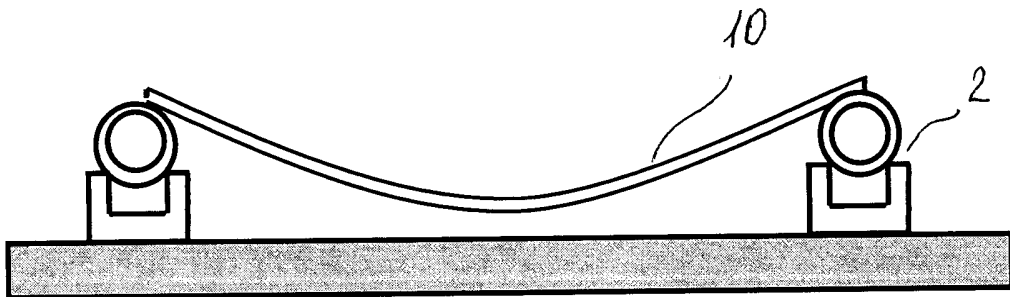
30

4. Tepelně tvarované křemíkových plátky podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že výsledný křemíkový plátek (10) má tvar válcový, kulovitý, parabolický či paraboloidní, hyperbolický či hyperboloidní, eliptický či elipsoidní nebo kuželovitý.

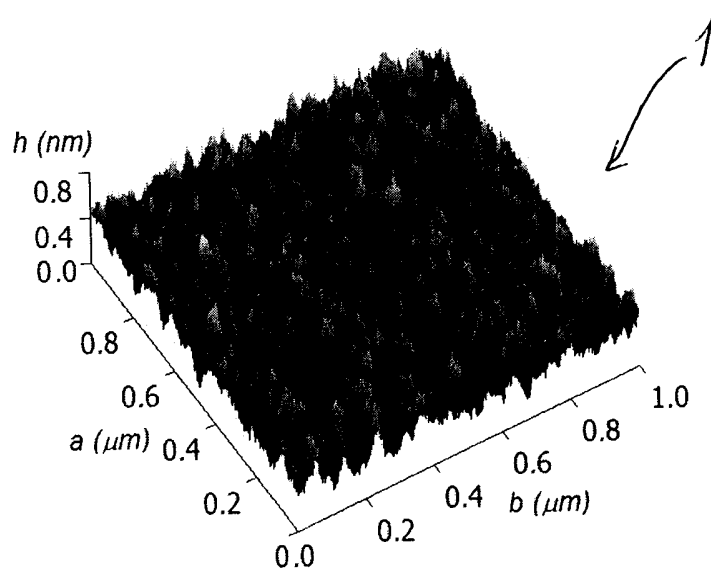
35



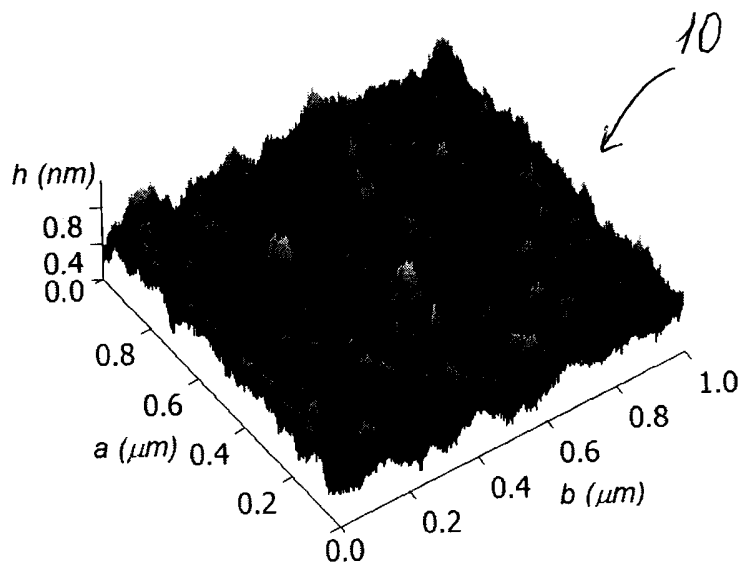
Obr. 1



Obr. 2

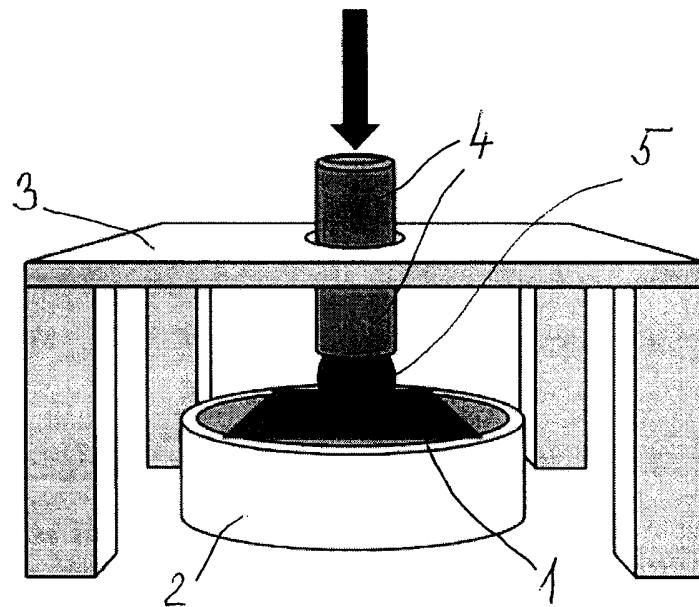


Obr. 3

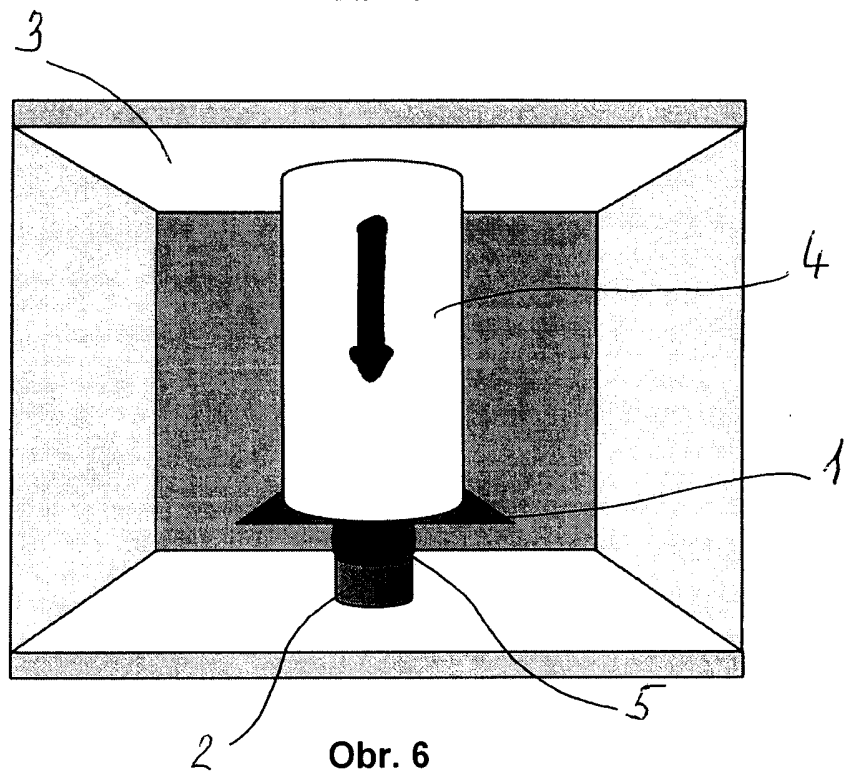


Obr. 4

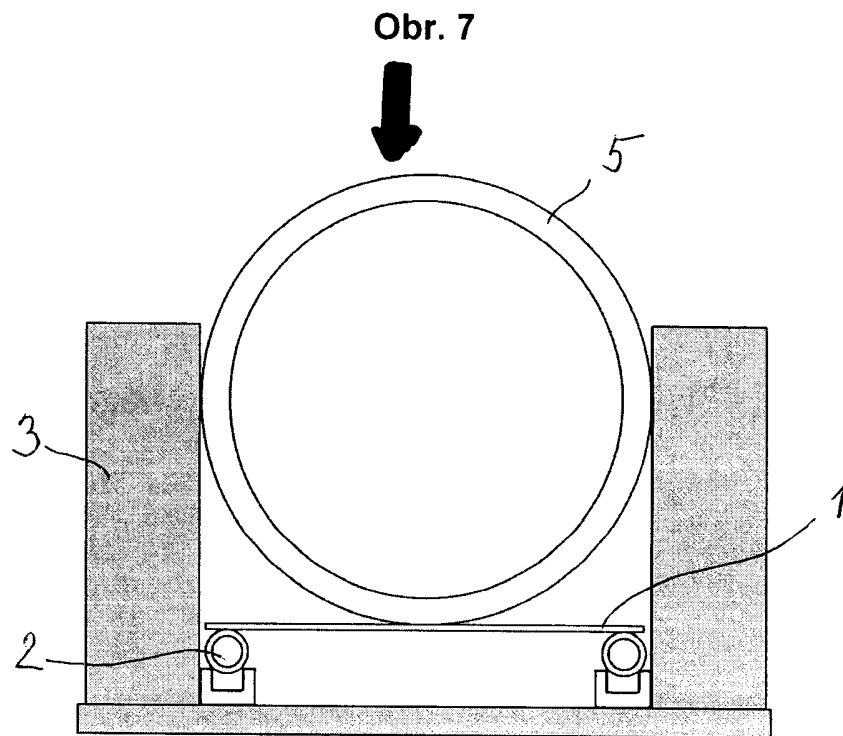
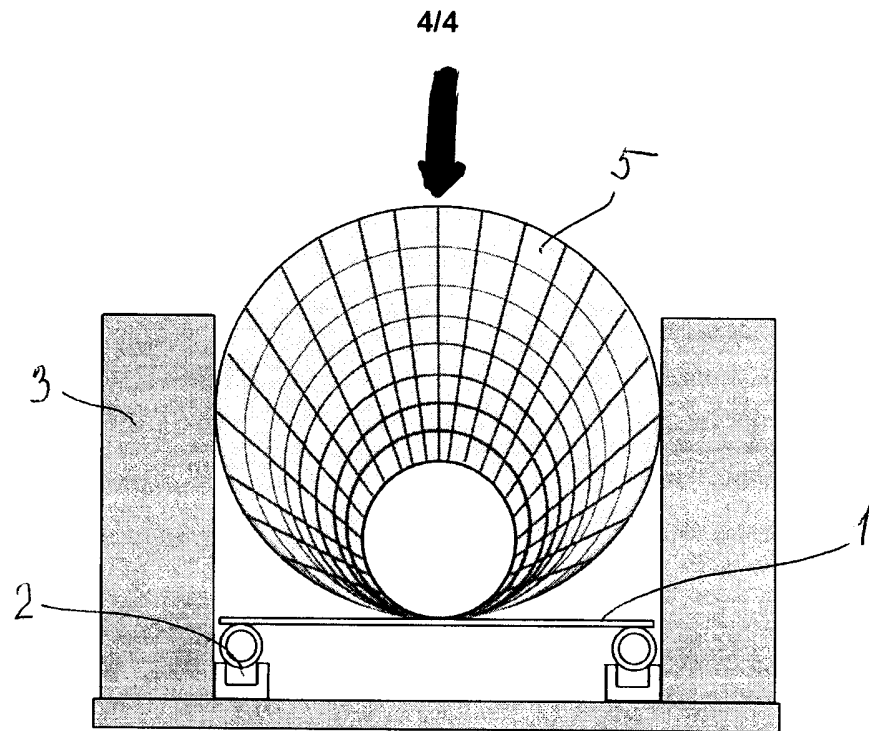
3/4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 8