

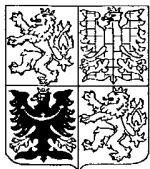
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2001 - 216

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **09.07.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **31.07.1998**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/127396**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.08.2001**
(Věstník č. 8/2001)

(86) PCT číslo: **PCT/US99/15421**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO00/07054**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

G 02 B 13/08

G 02 B 3/02

B 23 K 26/00

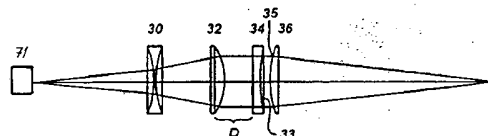
(71) Přihlašovatel:

THE UNIVERSITY OF TENNESSEE RESEARCH
CORPORATION, Knoxville, TN, US;

využití při povrchových úpravách pomocí laserového paprsku.

(72) Původce:

Hopkins John A., Tullahoma, TN, US;
Schwartz Frederick A., Woodbury, TN, US;
McCay MaryHelen, Monteagle, TN, US;
McCay Thurman Dwayne, Monteagle, TN, US;
Dahotre Narendra B., Tullahoma, TN, US;
Bible John Brice, South Pittsburg, TN, US;



(74) Zástupce:

Vobořil Bohuslav Ing., Nad Štolou 12, Praha 7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zařízení a způsob pro vytváření zlepšeného
laserového paprsku**

(57) Anotace:

Zařízení zahrnuje kolimační optický prvek (32), pro kolimaci laserového paprsku, emitovaného ze zdroje (71), kterým je optické vlákno, první válcový optický prvek (34) s prvním zakřiveným vnějším povrchem (33), přičemž první válcový optický prvek (34), je umístěn tak, aby do něho vstupoval kolimovaný laserový paprsek z kolimačního optického prvku (32), kde první válcový optický prvek (34) je od kolimačního optického prvku (32) vzdálen o 0,1 až 5000,0 mm. Zařízení dále zahrnuje druhý válcový optický prvek (36) s druhým zakřiveným vnějším povrchem (35), který je vzhledem k prvnímu zakřivenému povrchu (33) potočen o 89,5° až 90,5°, přičemž druhý válcový optický prvek (36) je umístěn 5 mm od prvního válcového optického prvku (34). Mezi zdrojem (71) laserového paprsku a kolimačním optickým prvkem (32) je umístěna bikonkávní čočka (30), která leží tak, aby na kolimační optický prvek (32) předávala více se rozbíhající laserový paprsek. Laserový paprsek vytvářený zařízením podle vynálezu má takovou distribuci výkonu, že intenzita v okrajových oblastech je větší než ve středové oblasti. Laserový paprsek a zařízení podle vynálezu jsou vhodné pro

Zařízení a způsob pro vytváření zlepšeného laserového paprsku

Oblast techniky

Vynález se týká zlepšeného laserového paprsku pro
5 zpracování povrchu materiálu a zařízení pro vytváření
takového laserového paprsku. Zlepšený laserový paprsek podle
vynálezu má takovou distribuci výkonu, že intenzita v
okrajových oblastech paprsku je větší než ve středové
oblasti. Vynález zahrnuje zařízení, které tvoří optické prvky
10 sestavené tak, aby zaostřovaly a/nebo tvarovaly laserový
paprsek do nového tvaru vhodného pro zpracování povrchu
materiálu. Laserový paprsek a zařízení podle vynálezu jsou
vhodné pro způsoby laserových povrchových úprav (Laser
Induced Surface Improvements), které budou dále označovány
15 jen zkratkou LISI.

Dosavadní stav techniky

Laserové paprsky se používají pro ošetření a/nebo
zpracování například kovových dílů. Dosud známá zařízení, v
20 nichž se využívá laserových paprsků ke zpracování materiálů,
se skládají ze systému generování paprsku a pohybového
systému pro pohyb dílu vzhledem k paprsku. Zpracovací účinek,
který má laserový paprsek na díl, je funkcí mnoha proměnných,
mezi něž patří i distribuce výkonu a tvar paprsku. Obvykle se
25 vyžaduje rovnoměrné zpracování povrchu dílu.

Jedna skupina dosud známých zařízení má Gaussovu nebo
normální distribuci výkonu a povrchy zpracované takovými
zařízeními tudíž vykazují značné nerovnoměrnosti. Podrobnosti
30 lze nalézt například v článku Jones a kol.: "Laser-beam
Analysis Pinpoints Critical Parameters" (Stanovení kritických
parametrů analýzou laserového paprsku), Laser Focus World,
leden 1993. Další druh známých laserových paprsků má v
příčném průřezu paprskem vyrovnanou nebo stejnoměrnou

distribuci výkonu. Takový paprsek je popsán například v U.S. patentu 5,124,993. Vnější hranice oblasti ozařované laserovým paprskem se stejnoměrnou distribucí výkonu však stejně pohlcejí méně energie, protože sousedí s chladnějšími, neozařovanými oblastmi, do kterých se hodně tepla odvádí.

Nestejnoměrnost zpracování vede k vadám a nepravidelnostem na povrchu zpracovávaného dílu a nestejnoměrné hloubce laserovým paprskem ovlivněného materiálu pod povrchem dílu. Dosavadní laserové paprsky mají převážně kruhový průřez. Výkonová hustota kruhových paprsků je největší uprostřed, takže maximální pohlcování energie zpracovávaným materiálem lze očekávat ve středu paprsku. Typická distribuce výkonu dosud používaných paprsků je na obr. 1A.

V LISI procesech, v nichž je bod A ozařován dle obr. 1, platí, že množství pohlcené energie v bodě A je úměrné součinu výkonu v bodě A a doby ozařování bodu A, tj.

$$ED_A \approx P_A \times T.$$

Pokud je distribuce výkonu prostorově nestejnoměrná, je příslušně nestejnoměrná i distribuce pohlcené energie.

Dalším nedostatkem normální distribuce výkonu dosud známých laserových paprsků je pokles výkonové hustoty a odpovídajícího pohlcování energie s rostoucí vzdáleností od středu paprsku. Díly zpracované dosud známými paprsky proto vykazují nadměrné zpracování v oblastech ozářených středem paprsku a jsou zpracovány nedostatečně v oblastech, kam paprsek zasahoval jen svými okraji. Hloubka zpracování je úměrná distribuci výkonu. Zpracovaná oblast se nazývá "natavená oblast" (melt region). Typický tvar natavené oblasti pro dosavadní paprsky s Gaussovou distribucí je ukázán na obr. 1B. Průběh teplot v jednotlivých bodech A, B a

C natavené oblasti dle obr. 1B zpracované paprskem s distribucí výkonu dle obr. 1A je na obr. 1C.

5 V současných způsobech zpracování dílů laserovým paprskem se paprsky překrývají. Zmenšuje se tím nestejnoměrnost zpracování zejména v okrajových oblastech. Hlavními důvody pro použití LISI technologií bývá obvykle dosažení větší tvrdosti a odolnosti proti korozi. Tyto
10 vlastnosti závisí zejména hladkosti a homogenitě složení povrchové vrstvy zpracovaného dílu. Překrývání paprsků podle dosud používaných způsobů však vede k nežádoucím nestejnoměrnostem ve zpracované hloubce, složení a profilu povrchu.

15 V některých LISI procesech se na díl, který se má ozařovat, nejprve umístí přídavný materiál. Nízká výkonová hustota ve vnějších oblastech kruhového paprsku může způsobit roztavení a odstranění přídavného materiálu ještě předtím, než se spojí s podkladem. Výsledkem je vznik nezpracovaných
20 ozářených oblastí.

Účinnost zpracovacích systémů pracujících s laserovými paprsky závisí na mnoha proměnných, jako jsou mimo jiné například tvar paprsku, jeho velikost a distribuce výkonu.
25 Dosavadní laserová zařízení trpí zejména malou rychlostí zpracování dílů, která je dána zejména malou plochou paprsku, nestejnoměrnou distribucí výkonu a kruhovým tvarem paprsku.

Vynález nabízí oproti dosud známým zařízením několik
30 výhod: a) zlepšenou distribuci výkonu; b) zvýšenou kvalitu zpracovaného povrchu; c) zvýšenou rychlost zpracovávání. Výhod se dosáhne použitím zařízení pro tvarování a zaměřování paprsku, které dává zlepšený laserový paprsek s novou distribucí výkonu, jehož intenzita je v okrajových částech
35 větší než v oblastech středových. Zvýšené kvality povrchu se

dosáhne přímo distribucí výkonu podle vynálezu. Zvýšení zpracovací rychlosti je důsledkem větší, nekruhové plochy paprsku a stejnoměrnosti distribuce výkonu.

5 Podstata vynálezu

Vynálezem je zlepšený laserový paprsek pro povrchové zpracování materiálu a zařízení pro generování zlepšeného laserového paprsku.

- 10 Laserový paprsek má distribuci výkonu, jehož intenzita je v podstatě stálá ve středové oblasti, zvýšená ve vnějších oblastech a která se prudce (skokově) snižuje v koncových oblastech. Termín "v podstatě stálá ve středové oblasti" ve
15 smyslu použitém v této přihlášce znamená, že maximální odchylka intenzity ve středové oblasti je menší než 7.5% maximální úrovně intenzity ve středové oblasti.

- Křivka distribuce výkonu podle vynálezu připomíná netopýří hlavu a proto se na ni dále odkazuje jako na
20 "netopýří" (bat ears) distribuci. Poměr špičkové intenzity nebo velikosti výkonu ve vnějších oblastech k průměrné intenzitě nebo velikosti výkonu ve středové oblasti je větší nebo roven 1.2.

- 25 V podstatě stálá intenzita ve středové oblasti zajišťuje v podstatě stejnoměrné pohlcování energie a zpracování ~~materiálu~~ ve středové oblasti. Zvýšená intenzita paprsku ve vnějších oblastech kompenzují zvýšený odvod tepla do nezpracovávaných (tj. chladnějších) oblastí.

30

Vynález se může použít pro LISI zpracování dílů s takovým objemem, kdy oblasti dílu mimo oblast ozařování pracují jako velká tepelná jímka. Tepelné vlastnosti

(teplotní vodivost) materiálu dílu poté způsobují značné tepelné toky mezi ozařovanými a neozařovanými oblastmi.

V podstatě skokový pokles v distribuci výkonu v
5 koncových oblastech umožňuje řízené zpracování materiálu v
oblasti o šířce přibližně rovné šířce paprsku. Tato vlastnost
je výhodná zejména v postupech, kdy se materiál dílu
zpracovává laserovým paprskem v dotýkajících se rovnoběžných
"pásech". Díky poměrně přesně ohraničené hranici ozařování je
10 možné minimalizovat překrytí pásů, čímž se zvýší rychlost
zpracování a zmenší nestejnomyšlnost ozáření na hranicích pásů
vzhledem k jejich středům.

Zařízení podle vynálezu je kombinací optických prvků pro
15 generování laserového paprsku podle vynálezu. Kombinace
optických prvků se skládá z kolimačního optického prvku,
prvního válcového optického prvku a druhého válcového
optického prvku.

20 Zařízení tvoří optické prvky uspořádané tak, aby se
získaly popsané vlastnosti paprsku. Zařízení umožňuje
odpovídající zaměřování kolimovaného (rovnoběžného) nebo
nekolimovaného vstupního laserového paprsku a může se
uspořádat tak, aby zabíralo minimálně místa. Ohnisková
25 vzdálenost zařízení je proměnná tak, aby bylo možné vyhovět
stávajícím nebo požadovaným výkonovým parametrům.

Protože zařízení podle vynálezu se bude provozovat za
podmínek odlišných od podmínek pro odpovídající kruhový
30 paprsek, lze množství nazpět odražené energie a
pravděpodobnost následného poškození minimalizovat použitím
laserového paprsku přiváděného po optickém vlákně. Pro
dosažení vysokých měrných výkonů se zařízení může
zkonstruovat s aktivním nebo pasívním chlazením optických
35 prvků.

Součástí zařízení může být i systém dodávky plynu, který podporuje vlastní zpracování paprskem, chladí zařízení a chrání optické prvky před možným znečištěním. Zařízení se
5 může vyrobit z libovolného materiálu, kvůli laserové bezpečnosti by však stěny zařízení měly být neprůhledné. Vnitřní i vnější stěny se mohou opatřit povlakem pro pohlcování vedlejších odražených paprsků. Optika se může před znečištěním chránit skleněným krytem, který nemění účinnost
10 zařízení. Zařízení lze navrhnout tak, aby se spíše uvolnilo z uložení, než aby se samo poškodilo.

Přehled obrázků

Na obr. 1A je Gaussova (normální) distribuce výkonu
15 dosavadních paprsků;

Na obr. 1B je typický vzhled natavené oblasti dosavadního paprsku dle obr. 1A;

20 Na obr. 1C je typická závislost teploty na čase na dílu zpracovaném dosavadním paprskem příslušná natavenému profilu dle obr. 1B a distribuci výkonu dle obr. 1A;

Na obr. 2A je distribuce výkonu laserového paprsku podle
25 vynálezu v příčném směru;

-----Na obr. 2B je distribuce výkonu laserového paprsku podle vynálezu v podélném směru;

30 Na obr. 2C je půdorys průřezu laserovým paprskem podle vynálezu;

Na obr. 3 je bokorys provedení zařízení podle vynálezu;

Na obr. 4 je půdorys provedení zařízení podle vynálezu;

Na obr. 5 je izometrický pohled na provedení zařízení podle vynálezu.

5

Příklady provedení vynálezu

V přednostním provedení má laserový paprsek podle vynálezu v příčném řezu 20 šířkový rozměr 22 a délkový rozměr 24 (viz obr. 2C). V přednostním provedení je šířka paprsku
10 nejméně osmkrát větší než délka. Poměr šířky a délky měřené v místě poloviny maximální intenzity se dále v této přihlášce nazývá "poměr stran".

Jak je ukázáno na obr. 2A, laserový paprsek dle vynálezu
15 má v příčném směru distribuci výkonu, která je ve středové oblasti 10 v podstatě konstantní, ve vnějších oblastech 12 se zvyšuje a v podstatě skokově klesá v koncových oblastech 14. Poměr intenzity nebo velikosti výkonu ve vnějších částech k intenzitě nebo velikosti výkonu ve středové oblasti je větší
20 než nebo roven 1.2. V dalším popisu se tento poměr nazývá "poměr vnější intenzity k střední intenzitě".

V přednostním provedení zobrazeném na obr. 2A sahá středová oblast po nejméně 50% šířky paprsku.. V dalším
25 přednostním provedení sahá středová oblast po 60-75% šířky paprsku.

V přednostním provedení je distribuce výkonu v podélném směru v podstatě konstantní (viz obr. 2B). Velikost délky je
30 s výhodou menší než 1 mm.

V přednostním provedení se může laserový paprsek podle vynálezu pohybovat podle potřeby ve směru rovnoběžném s délkovým rozměrem paprsku.

Zařízení podle vynálezu slouží k tvarování laserového paprsku, který vychází ze zdroje, tak, aby jeho poměr vnější intenzity k střední intenzitě byl větší než nebo rovný 1.2.

5 Zařízení podle vynálezu je zobrazeno na obr. 3 a 4. Zařízení zahrnuje kolimační optický prvek 32, který kolimuje (usměrňuje do přesně rovnoběžného uspořádání) laserový paprsek emitovaný ze zdroje. První válcový optický prvek 34 má první zakřivený vnější povrch 33. Kolimovaný laserový
10 paprsek putuje z kolimačního optického prvku 32 do prvního válcového optického prvku 34, který je od kolimačního optického prvku 32 vzdálen o 0.1 mm až 5 m. Na obr. 3 je tato vzdálenost naznačena písmenem D.

15 Další součástí zařízení podle vynálezu je druhý válcový optický prvek 36, který má druhý zakřivený vnější povrch 35, který je oproti prvnímu zakřivenému povrchu pootočen o 89.5 až 90.5 stupně. Laserový paprsek putuje z prvního válcového optického prvku 34 do druhého válcového optického prvku 36. V
20 přednostním provedení jsou první a druhý zakřivený povrch 33 a 35 otočeny směrem k sobě.

Jak je naznačeno na obr. 3 a 4, zahrnuje přednostní provedení vynálezu také bikonkávní (dvouvydutou) čočku 30,
25 která se nachází mezi zdrojem laserového paprsku a kolimačním optickým prostředkem. Čočka 30 rozbíhající se paprsek dále rozšiřuje.

V dalším přednostním provedení vynález zahrnuje také
30 laserový zdroj 71, který emituje paprsek koherentního světla s vlnovou délkou 1.06 μm , a optické vlákno 72 o průměru 600 μm , ze kterého paprsek výstupuje (viz obr. 5). V přednostním provedení se laserový paprsek rozbíhá (diverguje) pod úhlem 4.4 stupně. V takovém přednostním provedení se čočka může
35 vyrobit z taveného křemičitého skla a opatřit antireflexním

povlakem, který bude vhodný pro použití s normálním dopadajícím zářením s vlnovou délkou 1.06 μm .

5 V dalším přednostním provedení má bikonkávní čočka ohniskovou vzdálenost 75 mm a leží 98 mm od bodového zdroje laserového paprsku. Kolimační optický prvek je sférický optický prvek s ohniskovou vzdáleností 100 mm a leží 41.3 mm za bikonkávní čočkou.

10 V přednostním provedení je prvním válcovým optickým prvkem válcová čočka s ohniskovou vzdáleností 200 mm, která leží 22 mm za kolimačním optickým prvkem. V přednostním provedení je druhým válcovým optickým prvkem válcová čočka s ohniskovou vzdáleností 152.4 mm, která leží 5 mm od prvního
15 válcového optického prvku. Druhý válcový optický prvek je vzhledem k prvnímu válcovému optickému prvkem otočen podél osy dráhy paprsku o 90 stupňů. Zakřivený povrch druhého válcového optického prvku směřuje k prvnímu válcovému optickému prvkem (viz obr. 5). V přednostním provedení leží ohnisková rovina
20 73, ve které se dosahuje požadovaného průběhu distribuce energie, 167.2 mm od druhého válcového optického prvku.

Výše uvedený popis vynálezu je pouze ilustrativní a příkladný. Popsaná provedení lze realizovat s mnohými změnami
25 v tvaru, velikosti, použitých materiálech, apod., všechny takové změny je nutno posuzovat v duchu připojených patentových nároků.

PATENTOVÉ NÁROKY (UPRAVENÉ)

1. Laserový paprsek, zahrnující středovou oblast a dvě
5 vnější oblasti, kdy každá z vnějších oblastí zahrnuje vnější
hranu, mající distribuci výkonu, jenž je v podstatě
konstantní ve středové oblasti a zvýšená ve vnějších
oblastech a která klesá na vnějších hranách, takže poměr
špičkové vnější intenzity ku průměrné středové intenzitě
10 paprsku je větší než nebo roven 1,2.

2. Laserový paprsek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že
příčný řez paprskem má šířkový rozměr a délkový rozměr.

15 3. Laserový paprsek podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že
středová oblast sahá po nejméně 50% šířky paprsku.

4. Laserový paprsek podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že
středová oblast sahá po 60-75% šířky paprsku.
20

5. Laserový paprsek podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že
má poměr šířky ku délce větší než nebo rovný 8.

6. Laserový paprsek podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že
25 velikost délkového rozměru je menší než 1 mm.

7. Laserový paprsek, s obdélníkovým příčným průřezem s
šířkovým rozměrem a délkovým rozměrem, kdy šířka je nejméně
osminásobkem velikosti délkového rozměru, přičemž paprsek má
30 dále distribuci výkonu v šířkovém rozměru, distribuce výkonu
zahrnuje středovou oblast a vnější oblasti, zahrnující vnější
hrany, přičemž distribuce výkonu je v podstatě konstantní ve
středové oblasti a zvýšená ve vnějších oblastech a klesající
na vnějších hranách šířkového rozměru.

8. Laserový paprsek podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že středová oblast sahá po nejméně 50% šířky paprsku.

9. Laserový paprsek podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že
5 poměr špičkové vnější intenzity ku průměrné středové intenzitě paprsku v šířkovém rozměru je větší než nebo roven 1,2.

10. Zařízení pro tvarování laserového paprsku, emitovaného
10 ze zdroje laserového paprsku, aby poměr špičkové vnější intenzity ku průměrné středové intenzitě paprsku byl větší než nebo roven 1,2, **vyznačující se tím**, že zahrnuje:

a) kolimační optický prvek, umístěný tak, aby kolimoval
15 laserový paprsek, emitovaný ze zdroje - optického vlákna;

b) první válcový optický prvek, který má první zakřivený
vnější povrch, první válcový optický prvek, je umístěný
tak, aby do něho vstupoval kolimovaný laserový paprsek z
kolimačního optického prvku, kde první válcový optický
20 je od prvek kolimačního optického prvku vzdálen o 0,1 až 5000,0 milimetrů;

c) druhý válcový optický prvek, který má druhý zakřivený
vnější povrch, který je vzhledem k prvnímu zakřivenému
povrchu pootočen o 89,5 až 90,5 stupně, druhý válcový
25 optický prvek je umístěný 5 milimetrů od prvního válcového optického prvku; a

d) bikonkávní čočku, která leží mezi zdrojem laserového
paprsku a kolimačním optickým prvkem tak, aby na
kolimační optický prvek předávala více se rozbíhající
30 laserový paprsek.

11. Zařízení podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že kolimačním optickým prvkem je kolimační čočka.

12. Zařízení podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že prvním a druhým válcovým optickým prvkem jsou válcové čočky.

13. Zařízení podle nároku 13, **vyznačující se tím**, že
5 ohnisková vzdálenost prvního válcového optického prvku je 200 milimetrů.

14. Zařízení podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že
10 ohnisková vzdálenost druhého válcového optického prvku je 152,4 milimetrů.

15. Zařízení podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že první a druhý zakřivený povrch jsou otočeny směrem k sobě.

1/4

KRUHOVÝ

ENERGIE

OBR. 1A

VZDÁLENOST

PŘETAVENÁ STOPA

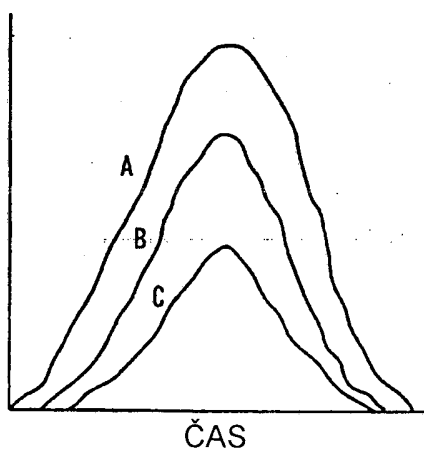
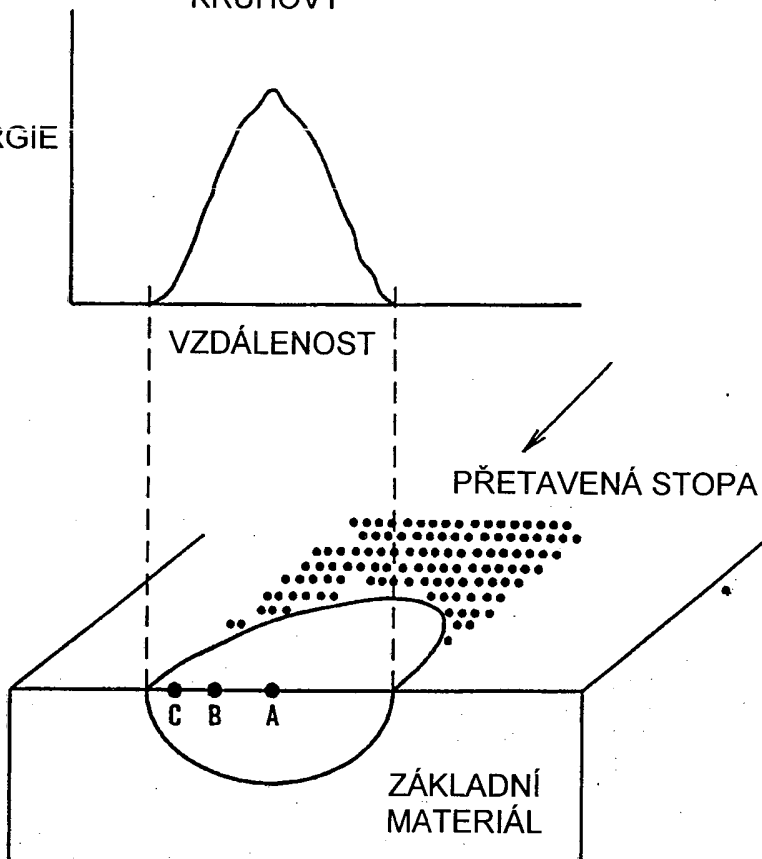
OBR. 1B

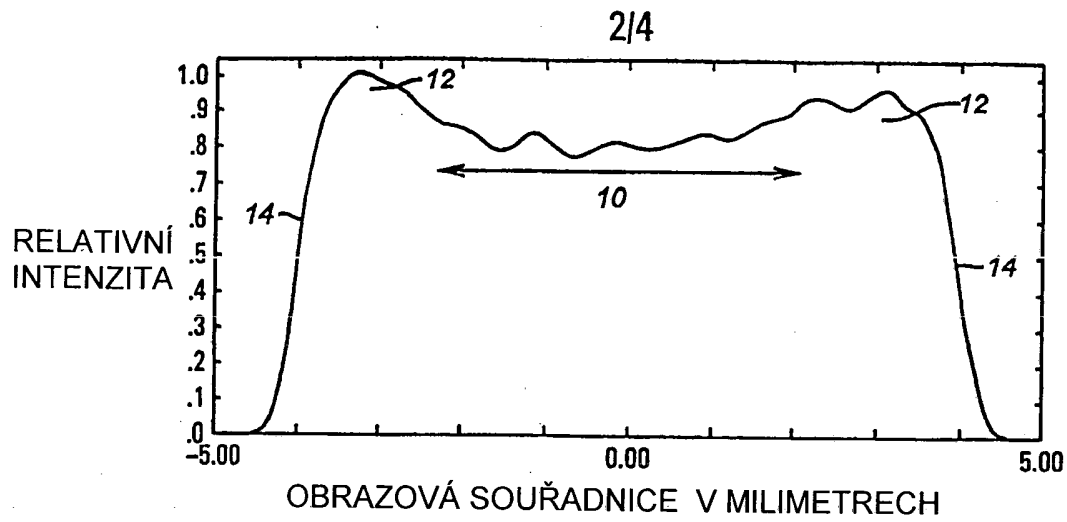
ZÁKLADNÍ
MATERIÁL

TEPĽOTA

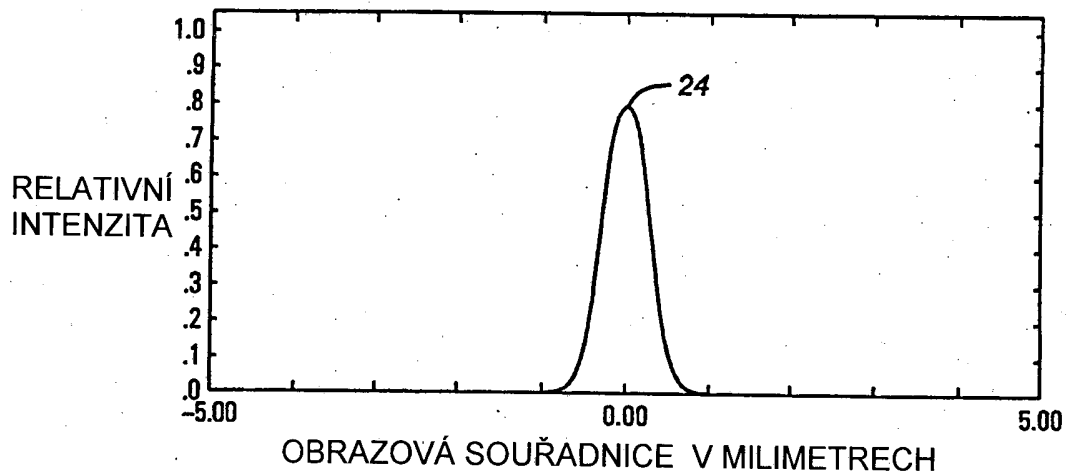
OBR. 1C

ČAS

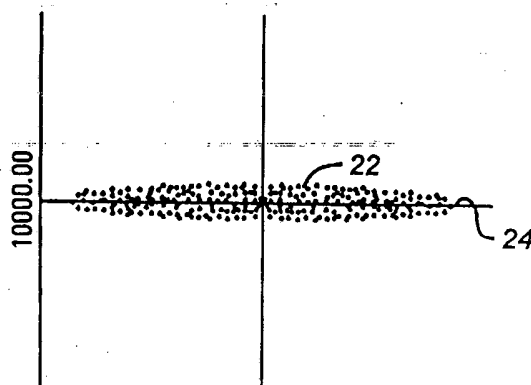




OBR. 2A



OBR. 2B



OBR. 2C

3/4

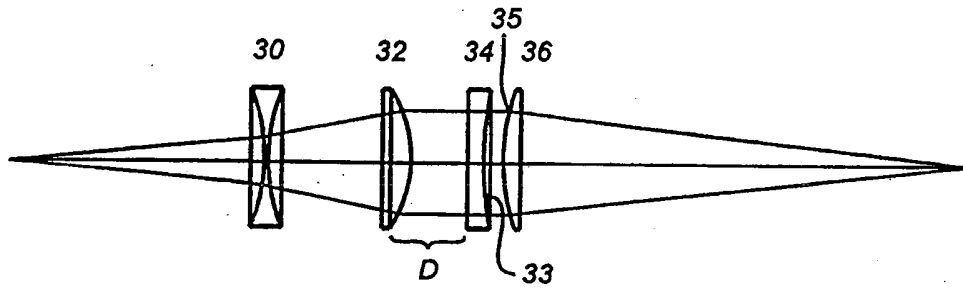


FIG. 3

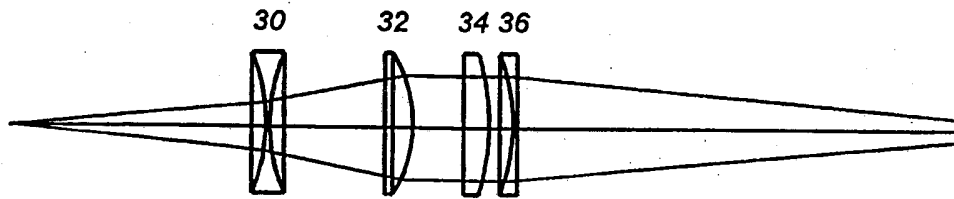
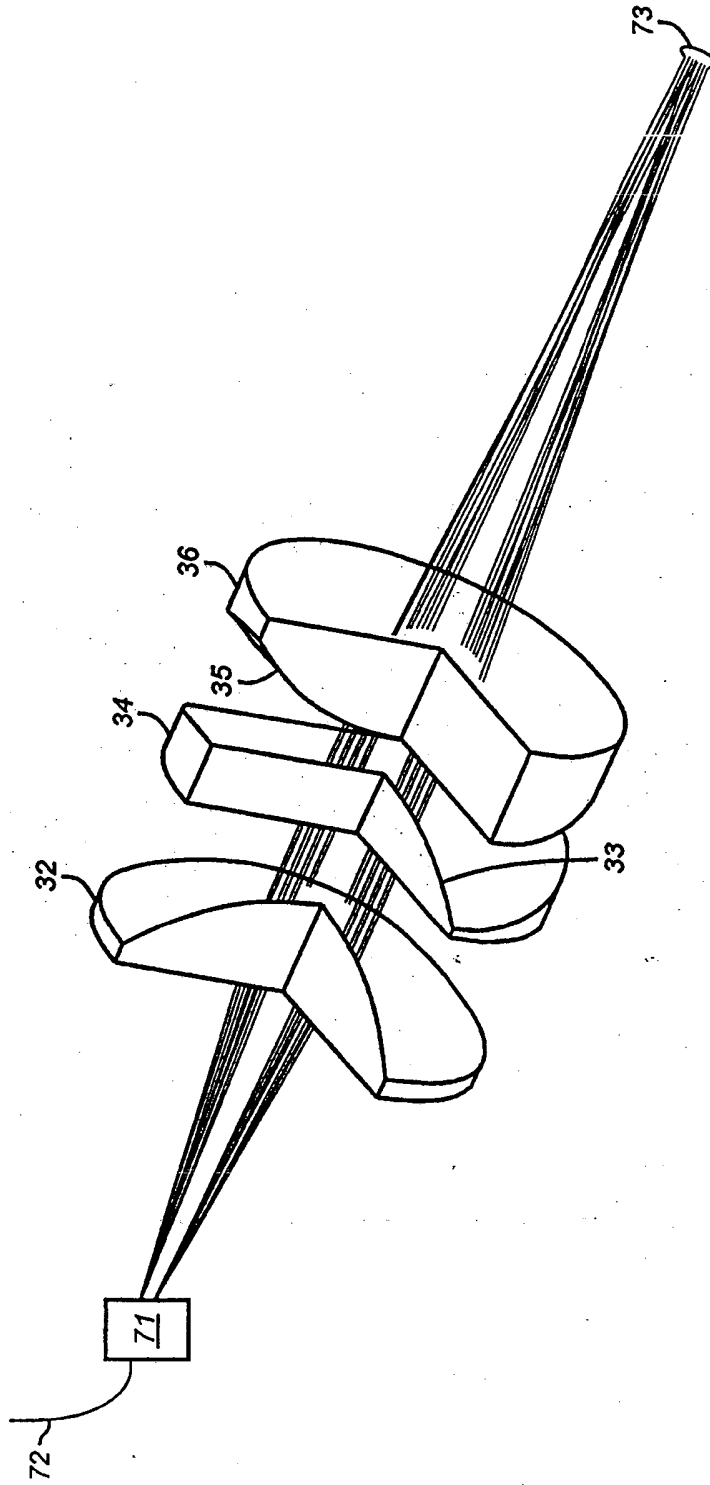


FIG. 4

[Handwritten signature]

US-477po

4/4



OBR. 5