

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



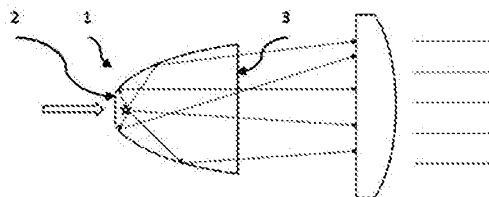
ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2020-667
(22) Přihlášeno: 10.12.2020
(40) Zveřejněno: 26.01.2022
(Věstník č. 4/2022)
(47) Uděleno: 16.12.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 26.01.2022
(Věstník č. 4/2022)

F21V 7/26 (2018.01)
F21V 5/10 (2018.01)
F21V 9/35 (2018.01)
C09K 11/64 (2006.01)
C09K 11/80 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
CZ 307024 B6; WO 2020073027 A1; US 5727108; US 2020088927 A1; US 10698150 B2.

(73) Majitel patentu:
CRYTUR, spol. s r.o., Turnov, CZ
(72) Původce:
Bc. Štěpán Novotný, Bakov nad Jizerou, CZ
Ing. RNDr. Jan Kubát, Ph.D., Žďár, CZ
RNDr. Martin Pokorný, Karlovice, CZ
(74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Okružní
2824, 370 01 České Budějovice, České Budějovice
3



(54) Název vynálezu:
Zdroj světla

(57) Anotace:
Zdroj světla využívající světlo-konvertující materiál, zejména pro konverzi kolimovaného nebo fokusovaného světla, nepracuje jenom na principu geometrické koncentrace, ale i na skutečnosti, že díky vysokému indexu lomu, případně za pomoci aplikované reflexní vrstvy, a vysoké vnitřní propustnosti se světlo v konverzním tělese (1) odráží směrem k výstupní ploše od rozhraní jeho povrchu s okolím, dokud se nevyváže výstupní plochou (3) z konverzního tělesa (1). Zdroj světla využívá vysoký index lomu a vysokou propustnost luminoformního materiálu jako vlastnosti potřebné pro směřování sekundárního světla požadovaným směrem již přímo samotným konverzním tělesem. Povrch konverzního tělesa (1) ležící mimo dopadovou plochu (2) a výstupní plochu (3) je uzpůsoben pro směřování světla odrazem především vhodným tvarem konverzního tělesa (1), jehož hlavním charakteristickým znakem je to, že obsah dopadové plochy (2) je mnohonásobně menší než obsah výstupní plochy (3). Zdroj světla emituje kolimované nebo fokusované intenzivní sekundární světlo, nebo zhomogenizovaný mix primárního a sekundárního světla.

Zdroj světla

Oblast techniky

5

Vynález se týká zdroje světla, ze kterého vystupují světelné paprsky emitovaného světla pouze do určitého směru. Zdroj světla spadá do oblasti světlo konvertujících zdrojů, ve kterých se primární světlo daných vlnových délek přeměňuje na sekundární světlo s jinými vlnovými délkami, případně na mix primárního a sekundárního světla.

10

Dosavadní stav techniky

V současné době je známa celá řada zdrojů světla pracujících na principu konverze primárního světla na sekundární světlo, případně na mix tvořený primárním a sekundárním světlem pro získání tzv. bílého světla. Konverzi světla zajišťují luminoformní materiály, které jsou používány jak ve formě monokrystalů, tak ve formě polykrystalů.

Jednou z nevýhod luminoformních materiálů při běžném užití, např. v bílých či zelených LED aplikacích je jejich vysoký index lomu, který limituje množství světla, které se z nich vyváže. Nejčastěji používané luminoformní materiály YAG:Ce a LuAG:Ce mají index lomu větší než 1,8. Mezní úhel totálního odrazu pro rozhraní vzduch – luminofor je tedy pro oba materiály cca 33° od kolmice na rozhraní, všechny paprsky dopadající pod větším úhlem jsou odraženy zpět do luminoforu a nikoli vyzařeny ven.

25

Ať už je luminofor vymodelován do libovolného tělesa, vždy je možné na něm definovat tzv. dopadovou plochu, na kterou dopadá primární záření, a tzv. výstupní plochu, ze které vystupuje sekundární záření, nebo mix sekundárního a primárního záření. V některých případech se mohou vstupní a výstupní plocha na tělese luminoforu vzájemně překrývat.

30

Častá nevýhoda zdrojů světla založených na konverzi primárního světla spočívá v tom, že sekundární světlo zpravidla vystupuje z výstupní plochy všemi směry do prostoru, viz obr. 1, a proto je nutné sekundární světlo pomocí optických členů kolimovat do kýženého směru. Nasazení optických členů se zpravidla projeví na velikosti zdroje světla a na jeho konstrukční složitosti. To je nevýhodné, neboť dnešní doba přeje miniaturizaci se zachováním co nejlepších výsledků. Navíc ve většině případů vede dodatečné kolimování přídáním kolimační optiky ke ztrátám světelných paprsků, které z výstupního čela (z výstupní plochy) vystupují pod takovými úhly, že je kolimační optika neposbírá (viz obr. 1), a dochází ke ztrátě světelného výkonu.

Optické členy pro kolimaci sekundárního záření mohou být ve zdrojích světla zastoupeny například zrcadly, čočkami, světlovody, atp. Všechna tato známá a používaná řešení spojuje to, že komplikují konstrukci zdroje světla a přidávají dodatečné nároky na tolerance rozměrů těchto elementů i jejich vzájemné vycentrování.

Dalším možným řešením, jak kolimovat sekundární světlo, nebo mix nezkonvertovaného primárního světla a sekundárního světla, je řešení z dokumentu WO 2017157742 A1. Řešení prezentuje zdroj světla, který je sestaven ze skupiny (pole) základních elementů. Každý element tvoří zdroj primárního světla, konverzní (luminoformní) těleso a přídavný parabolický koncentrátor. Základní uspořádání tohoto řešení popisuje, že konverzní těleso a zdroj primárního světla jsou uspořádány uvnitř parabolického koncentrátoru, který v podstatě pracuje jako duté zrcadlo, jenž koncentruje světelné paprsky dopadající na jeho vnitřní stěny, odkud se sekundární světlo šíří již v kolimované podobě.

Nevýhody uvedeného řešení spočívají v tom, že je konstrukce takového zdroje světla stále složitá, a tudíž nevhodná pro miniaturizaci.

55

V jiném známém řešení z dokumentu WO 2020073027 A1 je zdroj světla s kolimovaným sekundárním světlem vyřešen opět s použitím parabolického koncentrátoru. Tentokrát je koncentrátor ve svém vrcholu spojen s čelem trámečku luminoforu. Výstupní plocha luminoforu
 5 zavádí sekundární světlo do tělesa parabolického koncentrátoru. Oproti výše uvedenému řešení je výhodou, že je možné zvládnout hospodaření s odpadním teplem na trámečku luminoforu, a že je možné napájet trámeček luminoforu mnoha zdroji primárního světla skrz velkou dopadovou plochu.

10 Nevýhody tohoto řešení spočívají opět ve složité konstrukci, kdy je potřeba uspořádat tři komponenty (zdroj primárního světla, luminofor, optický člen – parabolický koncentrátor).

Podobným řešením je řešení z dokumentu US 2020/0088927 A1, který rovněž používá tři základní komponenty. Zdroje primárního světla, luminoformí těleso v podobě trámečku a parabolický
 15 koncentrátor v roli optického členu pro kolimaci sekundárního světla. Jako u předchozího řešení je vstupní plocha luminoforu osazená polem zdrojů primárního záření, načež je čelo trámečku (výstupní plocha) bondována s parabolickým koncentrátozem.

Úkolem vynálezu je vytvoření zdroje světla, zejména kolimovaného nebo fokusovaného světla,
 20 zahrnujícího optický člen a luminofor v jediném komponentu pro zjednodušení konstrukce zdroje světla, vhodné do aplikací podléhajících trendu miniaturizace a vykazujících vysokou celkovou účinnost a provozuschopnost i za vysokých výkonů.

25 Podstata vynálezu

Vytčený úkol je vyřešen vytvořením zdroje světla, zejména kolimovaného nebo fokusovaného světla, podle níže uvedeného vynálezu.

30 Zdroj světla, zejména kolimovaného nebo fokusovaného světla, je sestaven z alespoň jednoho zdroje primárního světla. Primárním světlem se rozumí světlo určité vlnové délky, jež bude ve zdroji změněna na požadovanou. Primárním zdrojem světla může být například jedna nebo více laserových diod (LD), nebo světlo-emitujících diod (LED). Dále je zdroj sestaven z alespoň jednoho konverzního tělesa, jež je alespoň z části vytvořené z materiálu pro konverzi primárního
 35 světla na sekundární světlo, tedy z tzv. luminoformího materiálu. Konverzní těleso obsahuje luminoformí materiál, který mění parametry primárního světla pronikajícího do jeho objemu. Sekundární světlo je tedy světlo s odlišnými parametry od primárního světla. Pokud není konverze primárního světla úplná, vystupuje z konverzního tělesa mix primárního a sekundárního světla. Konverzní těleso vykazuje na svém povrchu alespoň jednu dopadovou plochu pro primární světlo
 40 a alespoň jednu výstupní plochu pro sekundární světlo, či mix primárního a sekundárního světla. Jak je odvoditelné z názvů ploch, tak dopadová plocha slouží k dopadu primárního světla a k umožnění jeho průniku do objemu konverzního tělesa. Výstupní plochou uniká světlo pryč z konverzního tělesa.

45 Podstata vynálezu spočívá v tom, že obsah dopadové plochy je menší než obsah výstupní plochy. To je významný technický znak, neboť konverzní těleso neslouží jako známý optický člen geometrické koncentrace, ve kterém se primární světlo z velké dopadové plochy konvertuje do malé výstupní plochy, čímž je zajištěno zintenzivnění sekundárního světla. Namísto toho vynález pracuje s menší vstupní plochou, přičemž se světlo v konverzním tělese konvertuje, odráží, a
 50 jakmile dorazí k výstupní ploše, tak ji opouští ve formě intenzivního kolimovaného, homogenizovaného nebo fokusovaného svazku. Pro několikanásobný vnitřní odraz světla uvnitř konverzního tělesa tvoří zbývající povrch konverzního tělesa reflexní rozhraní.

Mezi výhody vynálezu patří čerpání konverzního tělesa malou vstupní plochou, což usnadňuje
 55 přívod primárního světla ve zdroji světla i následnou kolimaci nebo fokusaci sekundárního světla,

či mixu primárního nezkonvertovaného světla a sekundárního světla. Volitelně je výhodné, pokud je vstupní plocha buď leštěná, broušená, definovaně strukturovaná nebo opatřena antireflexní vrstvou pro zvýšení účinnosti vstupu primárního světla. Dále je výhodné, že světlo opouští výstupní plochu v požadovaném směru, a tudíž má zdroj světla vysokou svítivost a účinnost v porovnání s konvenčními zdroji světla, protože světelné paprsky neunikají do směrů, ze kterých by se nedaly zachytit, viz obr. 2 a jeho porovnání s obr. 1.

Další výhodou vynálezu je absence nutnosti použití vícero optických elementů v následné optické soustavě, poněvadž konverzní těleso plní kromě funkce konverze primárního světla na sekundární světlo ještě funkci efektivního nasměrování světla do požadovaného směru, jeho kolimaci, nebo fokusaci, a promíchání (homogenizaci – jak intenzitní, tak i barevnou). Použití takto vynalezené komponenty tedy zvyšuje celkovou systémovou integraci a účinnost zdroje světla.

Ve výhodných provedeních vynálezu je zbývající povrch konverzního tělesa opatřen reflexní vrstvou, nebo je konverzní těleso vytvořeno z materiálu s vysokým indexem lomu pro dosažení totálního odrazu. Reflexní vlastnost rozhraní tedy může být navozena buď aplikací reflexní vrstvy, nebo může být zapříčiněna fyzikálními vlastnostmi a geometrií samotného konverzního tělesa. Obě možnosti rozšiřují paletu variant konverzního tělesa, a to ať už tvarově, nebo materiálově.

Ve výhodném provedení zdroje podle vynálezu je velikost dopadové plochy menší než 2 mm^2 . Malá dopadová plocha nahrává miniaturizaci zdroje světla, neboť výstupní plocha může mít velikost v jednotkových násobcích mm^2 . Tato velikost dopadové plochy postačuje na čerpání intenzivním svazkem primárního světla, čímž může být celková velikost zdroje světla zmenšena, ať už zmenšením aparatury pro čerpání primárního světla, tak miniaturizací konverzního tělesa.

Je výhodné provedení zdroje podle vynálezu, ve kterém je konverzní těleso jako celek současně tvořeno ze dvou částí, přičemž jsou obě části uspořádány v řadě za sebou po směru optické osy konverzního tělesa, a to v libovolném pořadí, kde jedna část je tvořena luminoformním materiálem pro částečnou nebo úplnou konverzi primárního světla a druhá část je tvořena neluminoformním materiálem pro homogenizaci nebo fokusaci nebo kolimaci světla. Ukázalo se, že obě varianty řazení luminoformního a neluminoformního materiálu mají své výhody. Pokud je neluminoformní část první, slouží k dalšímu zafokusování primárního svazku a tím ke zlepšení směrovosti sekundárního světla a tedy i zvýšení účinnosti. Je-li neluminoformní část druhá, zlepši homogenitu, kolimaci nebo fokusaci při použití menšího množství luminoformního materiálu. Neluminoformním materiálem může být zejména monokrystal, keramika, či sklokeramika, s výhodou podobného složení jako luminoformní část, ale i běžné materiály pro výrobu optických členů, tedy zejména skla, kubická zirkonie ZrO_2 , silikony, PMMA, či polykarbonát. Kromě běžného způsobu spojování optických členů, lepením, může být použito natavování, difúzní bondování, spékání a jiné odborníky známé postupy.

S výhodou může konverzní těleso zahrnovat alespoň dva luminoformní materiály pro míchání svazků sekundárního světla do výsledné barevnosti světla. Kombinace dvou světlo konvertujících materiálů umožňuje získat kvalitního „bílého“, či jiného světla. Tvar konverzního tělesa, kromě efektivní přeměny, zajišťuje i usměrnění světla požadovaným směrem a jeho homogenizaci.

Ve výhodném provedení zdroje podle vynálezu je luminoformní materiál konverzního tělesa ze skupiny granátů popsaných vzorcem $(\text{A}_{1-x}\text{B}_x)_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, nebo ze skupiny perovskitů $\text{AAIO}_3:\text{Ti}^{3+}$, kde: A a B je alespoň jeden chemický prvek ze skupiny Lu, Y, Gd, Tb a x nabývá rozmezí mezi 0 a 1. Uvedené materiály jsou vhodnými adepty z hlediska fyzikálních vlastností, a to zejména co se týče světelné propustnosti, konverzní účinnosti, vhodných excitačních a emisních spekter, vysokého indexu lomu, tepelné vodivosti a mechanické odolnosti. Je známo, že nevýhodný v LED aplikacích bývá také malý vnitřní rozptyl světla v objemu luminoformu, což činí pro LED výhodnější použití práškových vrstev nebo zrnité, a tím pádem více rozptylující, sklokeramiky, avšak zde ve vynálezu se s výhodou uplatňuje právě malý rozptyl světla

v luminoformím materiálu, jež je vlastní zejména dokonale vnitřně propustným monokrystalickým luminoformům.

- 5 Výhodné provedení zdroje podle vynálezu zahrnuje chladič, jehož teplosměnná plocha obklopuje alespoň část povrchu konverzního tělesa mimo dopadovou a výstupní plochu. Povrch konverzního tělesa, který neslouží jako dopadová či výstupní plocha, je s výhodou použit k odvodu odpadního tepla do chladiče, který tento povrch obklopuje. S výhodou může být povrch konverzního tělesa a chladič spojeny teplovodivým materiálem.
- 10 Je výhodné, pokud je zdroj primárního světla uzpůsoben pro generování primárního světla s nízkou divergencí. Nízká divergence, tedy rozbíhavost, svazku primárního světla umožňuje efektivnější čerpání do konverzního tělesa, neboť svazek může být nasměrován v takovém směru, například pod Brewsterovým úhlem, aby docházelo, co k nejmenšímu odrazu nebo rozptylu na rozhraní dvou optických prostředí. Tím se jednak snižují ztráty v primárním svazku, a navíc je sekundární světlo
- 15 generováno v menším objemu, což vede k možnosti miniaturizace celého zařízení při zachování parametrů výstupního světla (svítivost, světelný tok, systémová účinnost). Navíc je to důležité i pro celkovou účinnost – světlo, které vznikne v ohnisku paraboloidu, pak vystupuje jako kolimované. Čím větší primární svazek, tím více rozbíhavý sekundární svazek.
- 20 Je výhodné, pokud má konverzní těleso tvar ze skupiny tvarů eliptický paraboloid, komolý eliptický paraboloid, část elipsoidu – zejména kulové úseče, výseče nebo vrstvy, složený parabolický koncentrátor, složený eliptický koncentrátor, jehlan, komolý jehlan, kužel, komolý kužel, složené tvary vzniklé kombinací předchozích. Tvary uvedené ve výčtu možnosti splňují podmínky pro použití ve zdroji světla dle vynálezu, neboť vykazují malou dopadovou plochu,
- 25 velkou výstupní plochu, a umožňují vnitřní odraz vázaného světla, včetně následného vyvázání světla v intenzivním kolimovaném nebo fokusovaném svazku.

Hlavní výhodou vynálezu je, že umožňuje produkovat intenzivní a usměrněné sekundární světlo

30 jedinou komponentou, tzn. konverzním tělesem, čímž se zjednoduší konstrukce zdroje světla pro aplikace vyžadující miniaturizaci či bezproblémový chod, spočívající v odbourání, nebo alespoň zjednodušení citlivé optické aparatury, čímž se sníží četnost servisních zásahů a oprav a prodlouží životnost zdroje, a dále jeho odolnost vůči mechanickému namáhání. Rovněž je výhodné, že je ve vynálezu využito vlastností, které jsou v současných známých aplikacích luminoformů typicky nevýhodné. Pro využití v LED zdrojích by byl podle odborného předpokladu výhodný nízký index

35 lomu pro snadné vyvazování sekundárního světla do vzduchu nebo silikonové optiky, avšak vynález používá materiál vykazující vysoký index lomu. Současně je oproti předpokladům výhodný menší rozptyl světla v objemu luminoformu, jež činí účinnější dokonale vnitřně propustné monokrystalické luminoformy proti zrnité sklokeramice.

40

Objasnění výkresů

Uvedený vynález bude blíže objasněn na následujících vyobrazeních, kde:

- 45 obr. 1 znázorňuje dosavadní stav techniky, kdy se konvertované světlo vyvazuje z konverzního tělesa do směrů s nezachytitelnými světelnými paprsky;
- obrá. 2 znázorňuje konverzní těleso podle vynálezu, které usměrňuje vystupující světlo do zachytitelného směru světelných paprsků;
- obrá. 3 znázorňuje konverzní těleso zdroje čerpané z více zdrojů primárního světla;
- 50 obr. 4 znázorňuje konverzní těleso s chladičem přiléhajícím ke zbývajícimu povrchu konverzního tělesa;
- obrá. 5 znázorňuje konverzní těleso mající tvar možného nepravidelného jehlanu;
- obrá. 6 znázorňuje konverzní těleso mající tvar komolého hranolu;
- obrá. 7 znázorňuje konverzní těleso mající tvar komolého kuželu;
- 55 obr. 8 znázorňuje konverzní těleso mající tvar jiného možného dvojitého komolého kuželu;

- obr. 9 znázorňuje konverzní těleso mající tvar kombinace komolého kuželu s kulovou úsečí;
 obr. 10 znázorňuje konverzní těleso mající tvar plochého paraboloidu;
 obr. 11 znázorňuje konverzní těleso mající tvar paraboloidu;
 obr. 12 znázorňuje konverzní těleso mající tvar komolého paraboloidu;
 5 obr. 13 znázorňuje konverzní těleso mající tvar kombinace komolého paraboloidu a válce;
 obr. 14 znázorňuje konverzní těleso mající tvar kombinace komolého paraboloidu a válce a kulové úseče;
 obr. 15 znázorňuje konverzní těleso mající tvar parabolického koncentrátoru;
 obr. 16 znázorňuje konverzní těleso mající tvar komolého kuželu zakončeného kulovou úsečí;
 10 obr. 17 znázorňuje konverzní těleso mající tvar nepravidelného jehlanu;
 obr. 18 znázorňuje konverzní těleso mající tvar elipsoidu;
 obr. 19 znázorňuje konverzní těleso mající tvar jiného elipsoidu s komolou špičkou;
 obr. 20 znázorňuje konverzní těleso mající tvar čtyřstranného parabolického koncentrátoru;
 obr. 21 znázorňuje konverzní těleso mající tvar jehlanu;
 15 obr. 22 znázorňuje konverzní těleso mající tvar jiného jehlanu s plochou špičkou;
 obr. 23 znázorňuje konverzní těleso mající tvar komolého čtyřbokého jehlanu;
 obr. 24 znázorňuje konverzní těleso mající tvar kulové úseče;
 obr. 25 znázorňuje konverzní těleso mající tvar kulové vrstvy;
 obr. 26 znázorňuje konverzní těleso mající tvar šestibokého parabolického koncentrátoru;
 20 obr. 27 znázorňuje konverzní těleso mající tvar šestibokého komolého dvojjeblanu;
 obr. 28 znázorňuje konverzní těleso mající tvar šestibokého komolého jehlanu a komolého kuželu;
 obr. 29 znázorňuje konverzní těleso mající tvar šestibokého komolého jehlanu;
 obr. 30 znázorňuje dvousložkové konverzní těleso mající tvar komponenta – paraboloid, ve kterém je luminofor druhý v pořadí;
 25 obr. 31 znázorňuje dvousložkové konverzní těleso mající tvar komponenta – paraboloid, ve kterém je luminofor první v pořadí;
 obr. 32 znázorňuje dvousložkové konverzní těleso mající tvar komponenta – komolý hranol, ve kterém je luminofor první v pořadí; a
 30 obr. 33 znázorňuje dvousložkové konverzní těleso mající tvar komponenta – komolý kužel, ve kterém je luminofor první v pořadí.

Příklad uskutečnění vynálezu

35 Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění vynálezu jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení vynálezu na uvedené příklady. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním vynálezu, která jsou zde popsána.

40 Zdroj světla podle vynálezu zahrnuje dvě základní komponenty. První komponentou je alespoň jeden zdroj primárního světla. Tento zdroj je tvořen například laserovou diodou, která dokáže produkovat intenzivní koherentní světelný svazek s vysokou hustotou výkonu. Je žádoucí, aby zdroj primárního světla produkoval primární světlo s nízkou divergencí. Odborník volí parametry, zejména emisní vlnovou délku, primárního světla s ohledem na luminoformní materiál konverzního
 45 tělesa 1, aby docházelo ke konverzi na sekundární světlo, a současně s ohledem na to, zda se jedná o úplnou, nebo částečnou, konverzi, aby došlo k vytvoření mixu primárního a sekundárního světla, např. pro vznik bílého světla.

50 Zdroje primárního světla mají svůj svazek primárního světla zaměřen na dopadovou plochu 2 konverzního tělesa 1. Zdrojů primárního světla může být více, pokud jsou jejich světelné svazky dobře zacíleny. Ukázka čerpání konverzního tělesa 1 více svazky primárního světla je vyobrazena na obr. 3.

Konverzní těleso 1 je alespoň z části z luminoformního materiálu. Konverzní těleso 1 musí vykazovat dobrou světelnou propustnost, aby světlo do něj čerpané, spolu se světlem v něm vzniklým, se dobře vyvázalo skrz výstupní plochu 3. Primární světlo se do konverzního tělesa 1 čerpá dopadovou plochou 2, na kterou jsou zaměřeny svazky primárního světla. Dopadová plocha 2 musí být menší než výstupní plocha 3, přičemž v kombinaci s tvarem a rolí reflexního rozhraní zbývajícího povrchu konverzního tělesa 1 dojde k tomu, že konverzní těleso 1 neslouží jako známý optický člen geometrické koncentrace, ale že se světlo v konverzním tělese 1 konvertuje, odráží, a jakmile dorazí k výstupní ploše 3, tak ji opouští ve formě kolimovaného, homogenizovaného nebo fokusovaného svazku s vysokým jasnem. Postup světla skrz konverzní těleso 1 od dopadové plochy 2 k výstupní ploše 3 je zajištěn odrazem světla v konverzním tělese 1 od zbývajícího povrchu konverzního tělesa 1, který slouží jako reflexní rozhraní.

Vlastnost reflexního rozhraní může získat zbývající povrch konverzního tělesa 1 dvěma způsoby. Za prvé se na zbývající povrch konverzního tělesa 1 aplikuje reflexní vrstva, např. vrstva stříbra. Alternativně může vlastnost reflexního rozhraní vyplývat z materiálového složení konverzního tělesa 1, a to zejména pokud se jedná o materiál s vysokým indexem lomu. Pokud rozdíl indexu lomu mezi materiálem konverzního tělesa 1 a okolního prostředí splňuje podmínku pro existenci totálního odrazu na rozhraní, tak v kombinaci s tvarem zbývajícího povrchu konverzního tělesa 1 se světlo obsažené v konverzním tělese 1 nedokáže skrz zbývající povrch vyvázat a je odráženo směrem k výstupní ploše 3 tak, aby na ní již podmínka na totální odraz nebyla splněna.

Velikost dopadové plochy 2 je menší než 2 mm^2 , zpravidla se velikost dopadové plochy 2 ve vynálezu pohybuje okolo hodnoty $0,05 \text{ mm}^2$. Dopadovou plochu 2 je možné vytvořit takto malou, neboť primární světlo ve formě laserového svazku je možné dobře zaostřit. Podmínkou je, aby materiál konverzního tělesa 1 dokázal z takto energeticky koncentrované plochy dobře odvést teplo do zbytku svého objemu, a aby byl dostatečně tepelně odolný. O vhodném typu materiálu se bude psát dále v textu.

Ke zbývajícímu povrchu konverzního tělesa 1 může být přiložen chladič 4. To znamená, že chladič 4 nezastiňuje dopadovou plochu 2, ani výstupní plochu 3. Chladič 4 může být ke konverznímu tělesu 1 upevněn pomocí teplovodivého materiálu, např. pomocí pájky, teplovodivého lepidla, či teplovodivou pastou. Chladič 4 je např. kovový (hliníkový, měděný, z jiného kovu), nebo keramický. Vyobrazení chladiče 4 je na obr. 4.

Vhodným materiálem pro výrobu konverzního tělesa 1 jsou materiály ze skupiny granátů popsaných vzorcem $(A_{1-x}, B_x)_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, nebo ze skupiny perovskitů $AAIO_3:Ti^{3+}$, kde: A a B je alespoň jeden chemický prvek ze skupiny Lu, Y, Gd, Tb a x nabývá rozmezí mezi 0 a 1. Tyto materiály jsou voleny odborníkem zejména pro své konverzní vlastnosti (excitační a emisní spektra, kvantovou účinnost), vysoký index lomu, pro své mechanické, teplotní a fyzikální vlastnosti, což znamená, že je materiál odolný vůči tepelnému namáhání, je dobře opracovatelný, mechanicky stabilní.

Konverzní těleso 1 může být tvořeno ze dvou částí spojených do integrálního celku. Části jsou za sebou řazeny po směru optické osy, to znamená, že světlo prochází nejprve jednou a posléze druhou částí konverzního tělesa 1. Viz obr. 30 až 33. Jedna část je z luminoformního materiálu, druhá část je z neluminoformního materiálu. Pořadí obou částí lze libovolně zaměnit. Zatímco úkolem luminoformní části je konverze světla, tak úkolem nekonverzní části je usměrnění anebo homogenizace svazků světla. Navíc je možné, aby luminoformní část tvořily dva luminoformní materiály, např. pro získání světla s určitou barvou. Luminoformní část může být menší než neluminoformní. Např. luminoformní část může být tvořena dvěma atomárně bondovanými plátky, zatímco neluminoformní část tvoří zbytek objemu konverzního tělesa 1.

Co se týče samotného tvaru konverzního tělesa 1, tak musí být splněna podmínka, že je dopadová plocha 2 menší než výstupní plocha 3. Vzhledem k tomu, že musí být část světla v objemu tělesa 1 reflektována, aby se od vstupní plochy 2 dostala do výstupní plochy 3, těleso 1 obecně vykazuje

tvár prostorově rozšiřujícího se objektu směrem od dopadové plochy 2 k výstupní ploše 3. Ukázkové tvary konverzního tělesa 1 jsou na obrázcích 5 až 33. Uvedené ukázkové tvary bude odborník schopen upravovat, např. změnou rozměrů, zvětšením/zmenšením počtu boků, kombinací, atp.

5

Příklad 1 – parabolické konverzní těleso 1

Svazek primárního světla, kterým je laserový svazek o vlnové délce 445 nm, vstupuje do vrcholu celoleštěného konverzního tělesa 1 z monokrystalu LuAG:Ce ve tvaru rotačního paraboloidu o délce 6 mm, který reprezentuje konverzní těleso 1. Dopadová plocha 2 na vrcholu tělesa je definována průřezem svazku primárního záření. Samotný paraboloid má ohniskovou vzdálenost 0,16 mm. Veškeré záření z laseru je luminoforem konvertováno na širokospektrální zelené až žluté světlo o vlnových délkách 470 až 680 nm. Takto generované záření se v materiálu luminoforu šíří náhodně všemi směry, následně je pomocí totálních odrazů na rozhraní konverzního tělesa 1 a okolního prostředí kolimováno a vystupuje přednostně předním rovinným čelem paraboloidu tvořícím výstupní plochu 3. Díky vysokému indexu lomu monokrystalu LuAG:Ce ($n = 1,84$) se plocha mimo dopadovou plochu 2 a výstupní plochu 3 chová jako parabolické zrcadlo – dochází zde k totálnímu odrazu. Mezní úhel totálního odrazu pro rozhraní vzduch – LuAG:Ce je 33° od kolmice na rozhraní, všechny paprsky dopadající pod větším úhlem jsou tedy odraženy zpět do luminoforu. Pro parabolické zrcadlo zároveň platí, že všechny paprsky procházející jeho ohniskem jsou jím kolimovány. Je-li tedy vhodně zvolena ohnisková vzdálenost a míra absorpce primárního záření tak, aby velká část sekundárního záření vznikala v ohnisku nebo v jeho těsné blízkosti, pak většina tohoto záření opouští konverzní těleso 1 kolimována.

Zároveň dle dříve uvedeného platí, že účinnost je tím vyšší, čím více paprsků vzniká v ohnisku. Je tedy zřejmé, že účinnost optického zdroje s tímto konverzním tělesem 1 se zvyšuje zároveň se zmenšováním paprsku primárního světla.

Příklad 2 – konverzní těleso 1 ve tvaru složeného parabolického koncentrátoru

30

Laserový svazek o vlnové délce 460 nm vstupuje do celoleštěného konverzního tělesa 1 z optické keramiky YAG:Ce ve tvaru složeného parabolického koncentrátoru s akceptačním úhlem 0° (tedy s rovnoběžnými optickými osami parabolických ploch), ohniskovou vzdáleností 0,16 mm a vzdáleností optických os 0,5 mm do dopadové plochy 2, jež je v úrovni ohniska. Veškeré záření z laseru je luminoforem konvertováno na širokospektrální zelené až žluté světlo o vlnových délkách 505 až 700 nm. Takto generované záření se v materiálu luminoforu šíří náhodně všemi směry, následně jsou pomocí totálních odrazů na rozhraní tyto paprsky kolimovány a vystupují přednostně předním rovinným čelem paraboloidu tvořícím výstupní plochu 3. Pro složený parabolický koncentrátor platí, že všechny paprsky vstupující do něj pod úhlem menším než je jeho akceptační úhel, jsou odraženy do plochy mezi ohnisky parabol, jež definují jeho tvar. Toto platí i obráceně – paprsky, jež vzniknou v ohniskové rovině, jsou parabolickým koncentrátorem usměrněny. Opět se zde uplatní vysoký index lomu optické keramiky YAG:Ce ($n = 1,82$), neboť účinnost parabolického koncentrátoru stoupá s indexem lomu prostředí, jež ho tvoří.

Příklad 3 – konverzní těleso 1 pro bílou barvu světla

Konverzní těleso 1 – luminofor ve tvaru na sebe navazujících komolých kuželů je složen ze dvou částí – tenké světlo konvertující destičky z YAG:Ce a kuželových světlovodů z nedotovaného YAG. Na menší rovnou plochu nejmenšího komolého kuželu je metodou difuzního bondování připevněna destička YAG:Ce o tloušťce 0,2 mm. Tloušťka konvertující části je určena tak, aby na výstupu tvořilo konvertované žluté světlo spolu se zbytkem pronikajícího modrého primárního světla bílé světlo.

Primární světlo vstupuje do konverzního tělesa 1 dopadovou plochou 2 přes vstupní broušený povrch. Ostatní povrchy jsou leštěné. Světlo vznikající konverzí modrého laserového záření

55

v tenké destičce konvertoru se dostává do světlovodu, kde je usměrněno pomocí totálního odrazu od vnějšího rozhraní krystal-vzduch, kolimováno a vystupuje přednostně předním čelem tvořícím výstupní plochu 3. Výsledné bílé světlo má korelovanou barevnou teplotu (CCT) 6700 K.

5 Příklad 4 – konverzní těleso 1 s vrchlíkem

Konverzní těleso 1 - celoleštěný luminofor ve tvaru rotačního paraboloidu. Část mezi vrcholem a ohniskem je z nedotovaného monokrystalu YAG a pomáhá soustředit laserový svazek primárního světla do ohniska. Primární světlo tak vniká do druhé části ze světlo konvertujícího monokrystalu GdYAG:Ce v mnohem menší ploše, čímž se zvýší účinnost, jak již bylo vysvětleno v příkladu 1. Obě části konverzního tělesa 1 jsou spojeny metodou difuzního bondování.

Příklad 5 – konverzní těleso 1 s vysokoindexovým vrchlíkem

15 Konverzní těleso 1 – celoleštěný luminofor složený ze dvou částí. Luminoformní část tvoří monokrystal LuAG:Ce ve tvaru komolého rotačního paraboloidu seříznutého v rovině ohniska. Druhou část před ohniskem tvoří polokoule z kubické zirkonie. Laserový svazek primárního světla touto půlkuličkou prochází a je fokusován do ohniska paraboly, kde dochází ke konverzi na sekundární světlo. Paprsky sekundárního světla šířící se nežádoucím směrem od vstupní dopadové
20 plochy 2 jsou díky vysokému indexu lomu kubické zirkonie (typicky 2,15) udrženy díky totálnímu odrazu uvnitř konverzního tělesa 1 a odrazeny zpět, žadoucím směrem k výstupní ploše 3.

Příklad 6 – konverzní těleso 1 ve tvaru kulové výseče s chladičem

25 Konverzní těleso 1 - celoleštěný luminofor ve tvaru kulové výseče (části elipsoidu) je opatřen na kuželové ploše stříbrnou vrstvou tak, aby jej bylo možné pomocí techniky pájení trvale připevnit k chladiči 4, ve kterém se nachází kuželový otvor odpovídající velikosti. Kuželový tvar je s výhodou zvolen kvůli jednoduchosti výroby kuželových děr. Díky zlepšenému odvodu tepla je možné použít silnější excitační laserový svazek primárního světla, což umožňuje konstrukci intenzivnějšího
30 zdroje světelného záření.

Chladič 4 je s výhodou z AlN keramiky, jež má vysokou tepelnou vodivost a tepelnou roztažnost podobnou jako monokrystal konverzního tělesa 1 tak, aby se zabránilo poškození vrstvy pájky teplotním cyklováním.

35 Konverzní těleso 1 může být také ve tvaru kuželu nebo komolého kuželu, ale i komplexnějšího tvaru, neboť chladič 4 nemusí být obráběn, ale například sintrován či odléván.

Příklad 7 – vláknová aplikace

40 Zdroj barevného světla pro vláknové aplikace sestávající z laserové diody, konverzního tělesa 1 ve tvaru složené kulové úseče a komolého kuželu a z měděného držáku, jež slouží zároveň k odvodu tepla jako chladič 4. Světlo z laserové diody vstupuje přímo do konverzního tělesa 1, není kolimováno žádnou čočkou, což zjednodušuje celkovou konstrukci zdroje. Pokud je ale
45 požadována vyšší účinnost, je možné mezi laserovou diodu a konverzní těleso 1 umístit kolimační čočku. Světlo z konverzního tělesa 1 tvoří sbíhavý kužel světla, který je nejvíce zaostřen ve vzdálenosti 2,7 mm od výstupní plochy 3 tělesa 1. Do tohoto místa je pak možné umístit vstupní plochu světlovodu o malém průměru nebo čelo optického vlákna. Při měření s kolimační čočkou byla naměřena 32% optická účinnost přeměny primárního modrého světla na sekundární
50 žlutozelené světlo.

Příklad 8 – konverzní těleso 1 se dvěma luminoformními materiály

55 Konverzní těleso 1 – celoleštěný luminofor skládající se ze tří částí. Z LuAG:Ce, konvertující modré záření na zelené, titanem dopovaného safiru, konvertujícího zelené záření dále na červené

a blízké infračervené, a nedotovaného safíru či skla, usměrňujícího vzniklé světlo do požadovaného směru. První část tělesa 1 má tvar rotačního paraboloidu, nebo komolého kuželu, druhá a třetí část má tvar komolého kuželu či komolého rotačního paraboloidu.

5 Příklad 9 – konverzní těleso 1 se dvěma luminoformními materiály

Konverzní těleso 1 – celoleštěný luminofor skládající se ze dvou částí. Z BAM:Eu/SAM:Eu/(LY)SO:Ce, konvertující UV záření na modré, a YAG:Ce, konvertujícího modré záření částečně na žluté až zelené, tak aby výsledné složené světlo bylo bílé. První část konverzního tělesa 1 má tvar rotačního paraboloidu, nebo komolého kuželu, druhá část má tvar nízkého válce nebo komolého kuželu.

Příklad 10 – antireflexní vrstva na dopadové ploše 2

15 Dopadová plocha 2 tělesa 1 je opatřena antireflexní vrstvou optimalizovanou pro oblast 430 až 470 nm, tedy pro vlnové délky primárního záření.

Příklad 11 – dichroická vrstva na dopadové ploše 2

20 Dopadová plocha 2 tělesa 1 je opatřena dichroickou vrstvou, jež propouští excitační světlo v oblasti 430 až 470 nm do tělesa 1 a odráží zpět do tělesa 1 sekundární světlo vzniklé luminiscencí (tj. vše nad 500 nm).

Příklad 12 – antireflexní vrstva na výstupní ploše 3

25 Výstupní plocha 3 je opatřena antireflexní vrstvou pro oblast vlnových délek 500 až 700 nm, díky níž se vyváže z tělesa 1 více světla. Opět se tak zvyšuje celková účinnost zařízení.

Příklad 13 – dichroická vrstva na výstupní ploše 3

30 Těleso 1 je opatřeno na výstupní ploše 3 dielektrickou vrstvou – optickým filtrem, který propouští pouze požadovanou část světelného spektra. Díky tomu není nutné používat samostatný optický filtr, jehož použití by vedlo ke zvětšení celého zdroje a snížení efektivity kvůli ztrátám na rozhraních. Takto upravené těleso 1 má užší vyzařovací spektrální charakteristiku.

35 Příklad 14 – strukturace

Pro další zvýšení efektivity je výstupní plocha 3 tělesa 1 opatřena speciální strukturou, která zvyšuje množství vystupujícího světla. Tato struktura může sloužit i k směrování paprsků světla. Obdobně je možné strukturovat dopadovou plochu 2 pro lepší průnik primárního světla do konverzního tělesa 1.

Příklad 15 – Brewster

45 Vstupní plocha 2 tělesa 1 je zkosena pod úhlem 61,5°, jenž odpovídá Brewsterovu úhlu pro materiál s indexem lomu 1,845 při 450 nm. Díky tomu nedochází na této ploše 2 ke ztrátám kvůli odrazu a celková účinnost navázání záření do monokrystalické komponenty tělesa 1 je zvýšena.

Příklad 16 – polarizační kombinér

50 Kompaktní zdroj světla sestává ze dvou výkonných laserových diod o výkonu 3.5 W o emisní vlnové délce 445 nm, jejichž výstupní svazky primárního světla jsou nejprve kolimovány a následně spojeny pomocí půlvlnné destičky a polarizačního kombinéru (polarisation beam combiner).

55

Příklad 17 – jedna dioda

5 Jednoduchý a kompaktní zdroj využívá vysokovýkonné diody o optickém výkonu 6 W. Laserový paprsek primárního světla vycházející z diody je kolimační čočkou zaostřen na vstupní plochu 2 tělesa 1, průměr laserového svazku na vstupu je méně než 200 μm .

Příklad 18 – více diod v prostoru

10 Výkonný zdroj využívá pole laserových diod, jejichž výstupní laserové svazky po kolimaci směřují do středu vstupní plochy 2 tělesa 1, jež je opatřeno antireflexní vrstvou.

Příklad 19 – více diod v prostoru + Brewster

15 Výkonný zdroj využívá pole několika laserových diod, jejichž výstupní laserové svazky po kolimaci směřují na vstupní plochu 2 tělesa 1 pod Brewsterovým úhlem, jenž pro materiál s indexem lomu 1,845 při 450 nm odpovídá $61,5^\circ$. Toto uspořádání minimalizuje ztráty odrazem na rozhraní dvou optických prostředí.

Příklad 20 – zdroj světla vícenásobný

20 Zdroj světla je tvořen uspořádaným polem konverzních těles 1 a k nim přiřazených zdrojů primárního světla. Výstupní plochy 3 jsou ve zdroji světla orientovány do společného směru pro zdroj světla.

25

Průmyslová využitelnost

Zdroj kolimovaného světla podle vynálezu nalezne uplatnění v osvětlovacím odvětví průmyslu, dále v automobilovém průmyslu a elektronice.

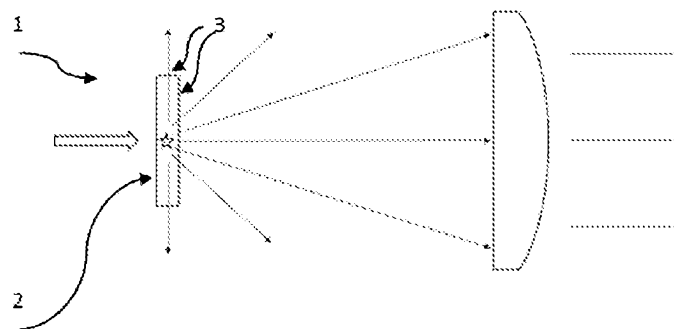
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zdroj světla, zejména pro vyzařování kolimovaného nebo fokusovaného světla, sestávající z alespoň jednoho zdroje primárního světla a z alespoň jednoho konverzního tělesa (1), jenž je alespoň z části vytvořené z luminoformního materiálu pro konverzi primárního světla na sekundární světlo, kde konverzní těleso vykazuje na svém povrchu alespoň jednu dopadovou plochu (2) pro primární světlo a alespoň jednu výstupní plochu (3) sekundárního světla, nebo mixu světla z primárního a ze sekundárního světla, **vyznačující se tím**, že obsah dopadové plochy (2) je menší než obsah výstupní plochy (3), a že zbývající povrch konverzního tělesa (1) tvoří tvarované reflexní rozhraní pro směřování světla odrazem uvnitř konverzního tělesa (1) směrem k výstupní ploše (3).
2. Zdroj podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že zbývající povrch konverzního tělesa (1) je opatřen reflexní vrstvou, nebo je konverzní těleso (1) vytvořeno z materiálu s vysokým indexem lomu pro dosažení totálního odrazu.
3. Zdroj podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že velikost dopadové plochy (2) je menší než 2 mm^2 .
4. Zdroj podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že konverzní těleso (1) je jako celek současně tvořeno ze dvou částí, přičemž jsou obě části uspořádány v řadě za sebou po směru optické osy konverzního tělesa (1) a to v libovolném pořadí, kde jedna část je tvořena luminoformním materiálem pro částečnou nebo plnou konverzi primárního světla, a druhá část je tvořena neluminoformním materiálem pro směřování nebo homogenizaci světla.
5. Zdroj podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že konverzní těleso (1) zahrnuje alespoň dva luminoformní materiály.
6. Zdroj podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že luminoformní materiál konverzního tělesa (1) je ze skupiny granátů popsanych vzorcem $(A_{1-x}B_x)_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, nebo ze skupiny perovskitů $AAIO_3:Ti^{3+}$, kde: A a B je alespoň jeden chemický prvek ze skupiny Lu, Y, Gd, Tb a x nabývá rozmezí mezi 0 a 1.
7. Zdroj podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že zahrnuje chladič (4), jehož teplosměnná plocha přiléhá k alespoň části povrchu konverzního tělesa (1) mimo dopadovou plochu (2) a výstupní plochu (3).
8. Zdroj podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že konverzní těleso (1) a chladič (4) jsou spojeny teplovodivým materiálem.
9. Zdroj podle některého z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že zdroj primárního světla je uzpůsoben pro generování primárního světla s nízkou divergencí.
10. Zdroj podle některého z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že konverzní těleso (1) má tvar ze skupiny eliptický paraboloid, komolý eliptický paraboloid, část elipsoidu – zejména kulové úseče, výseče nebo vrstvy, složený parabolický koncentrátor, složený eliptický koncentrátor, jehlan, komolý jehlan, kužel, komolý kužel, komolý hranol, složené tvary vzniklé kombinací předchozích, složené tvary vzniklé kombinací předchozích a hranolu nebo válce, nebo kulové úseče.

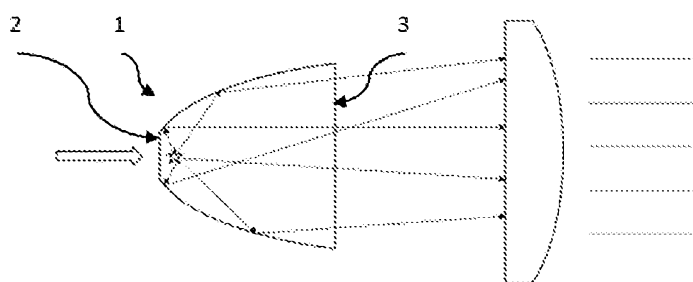
13 výkresů

Seznam vztahových značek

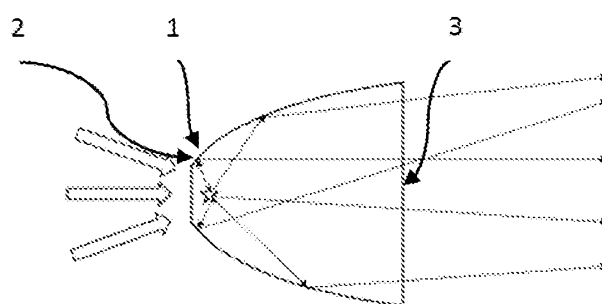
- 1 konverzní těleso
- 2 dopadová plocha
- 3 výstupní plocha
- 4 chladič



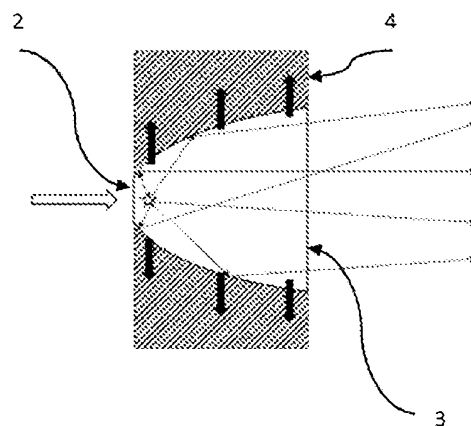
Obr. 1



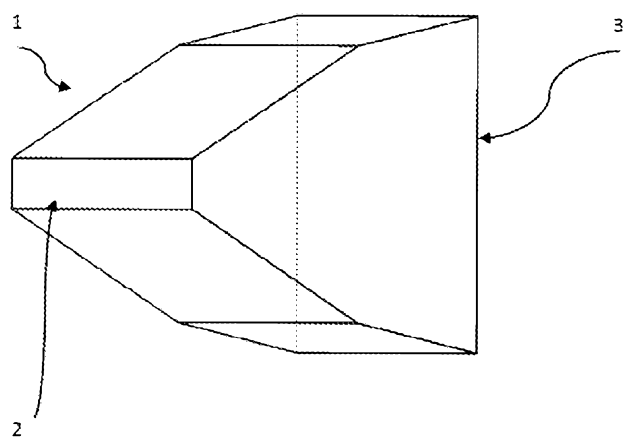
Obr. 2



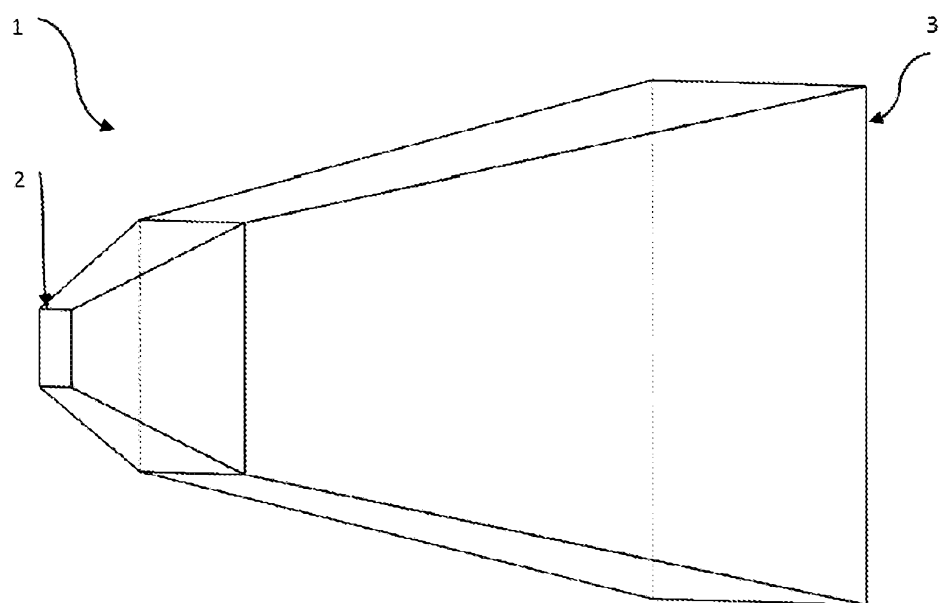
Obr. 3



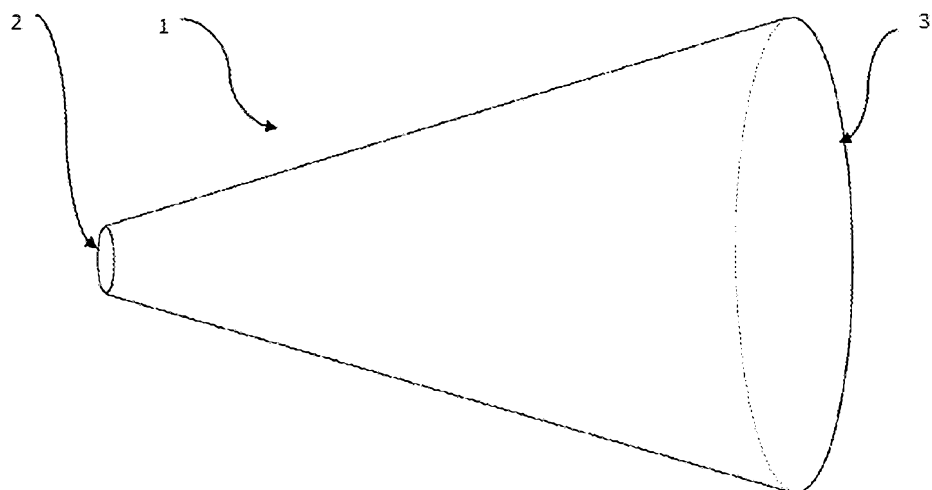
Obr. 4



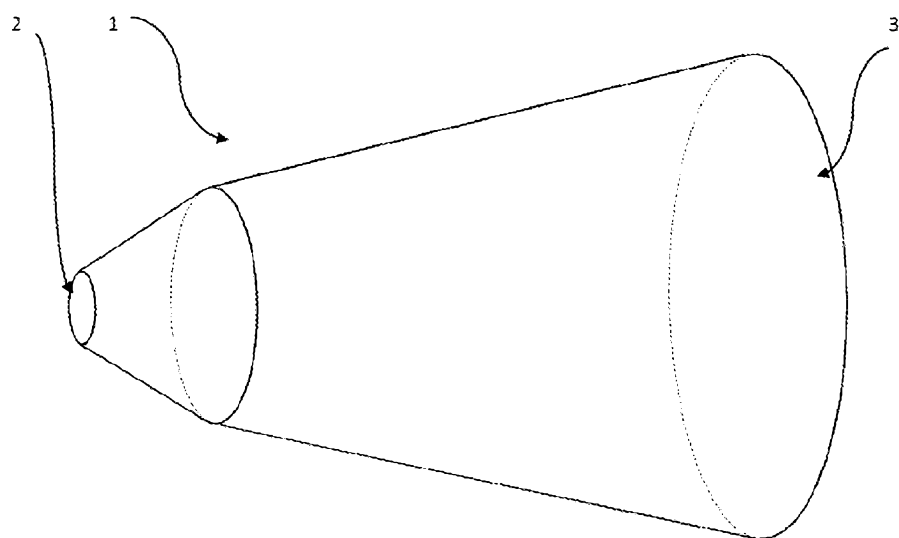
Obr. 5



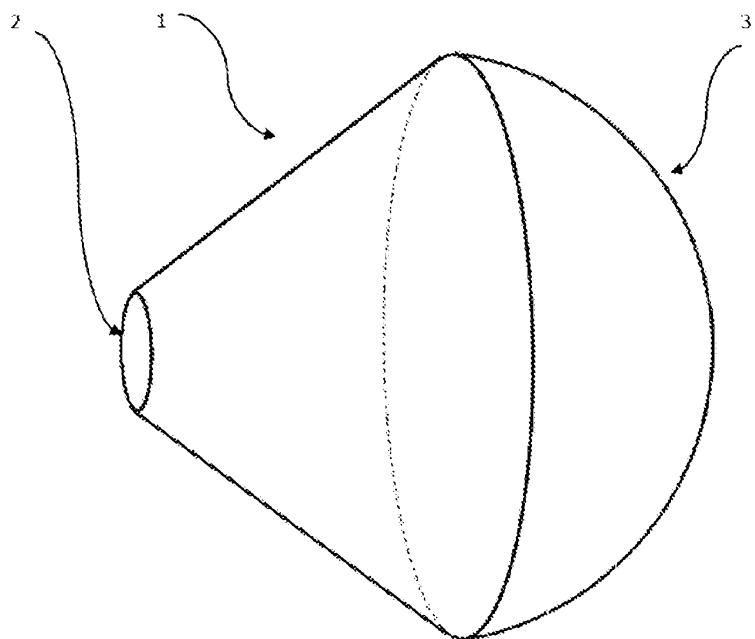
Obr. 6



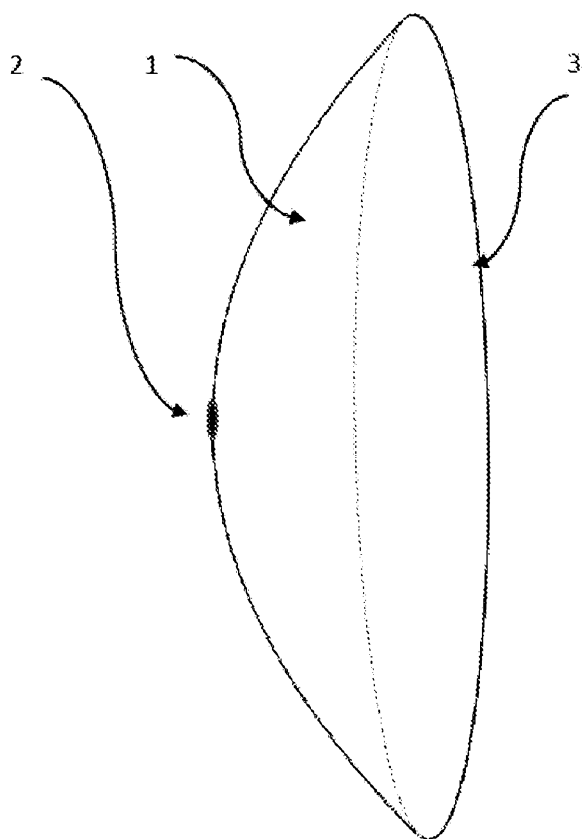
Obr. 7



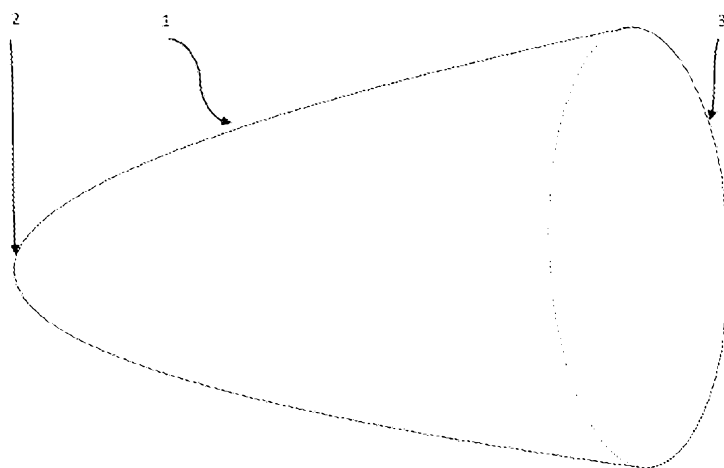
Obr. 8



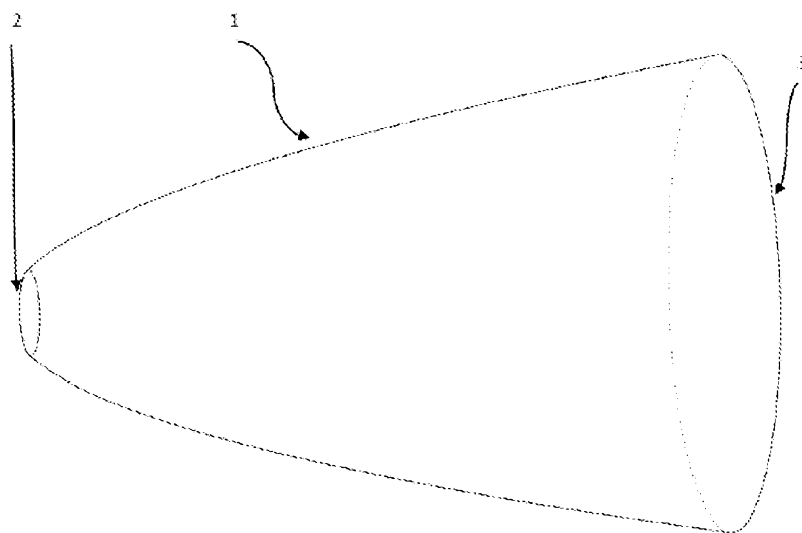
Obr. 9



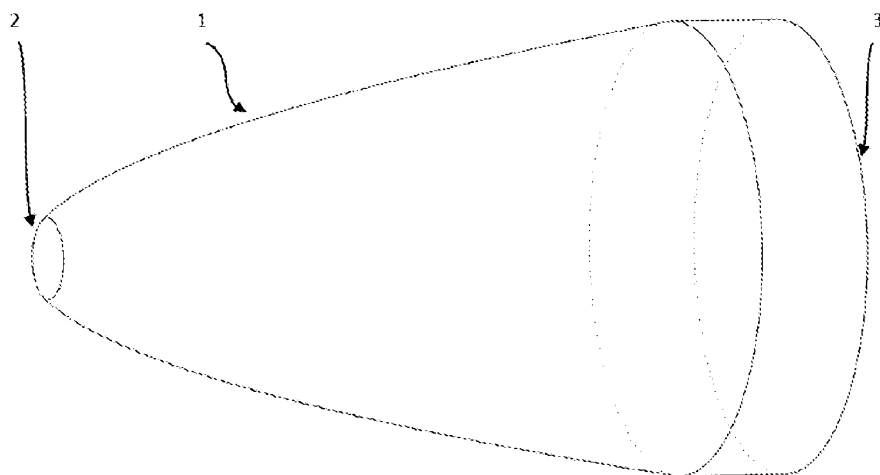
Obr. 10



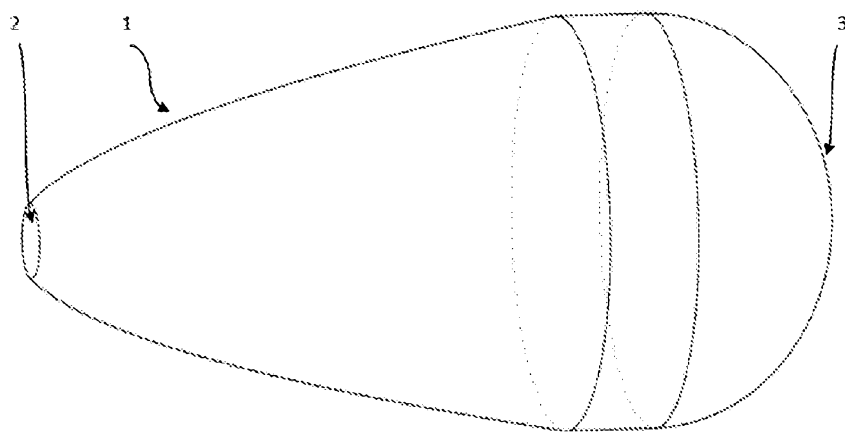
Obr. 11



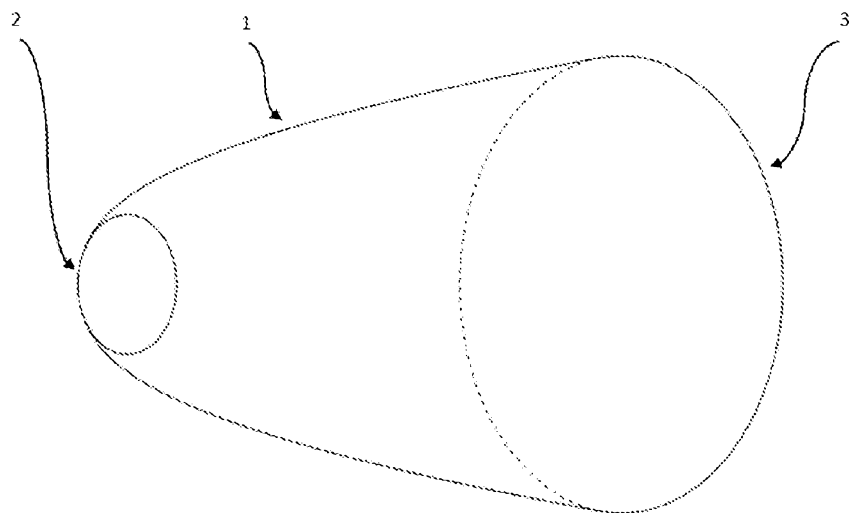
Obr. 12



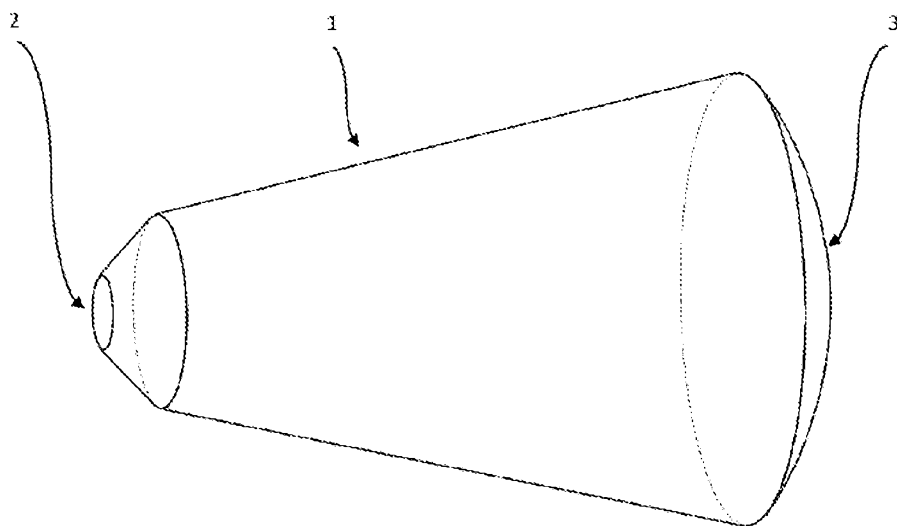
Obr. 13



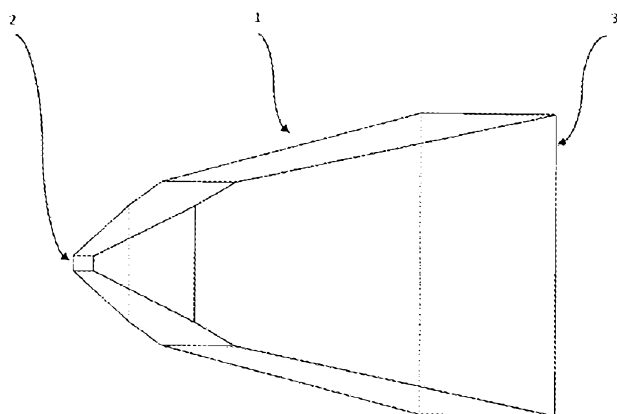
Obr. 14



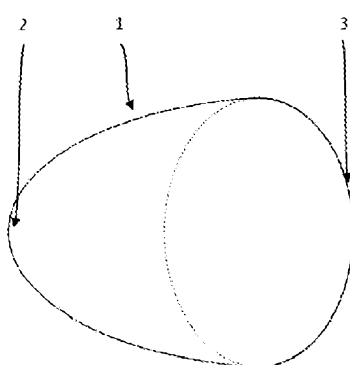
Obr. 15



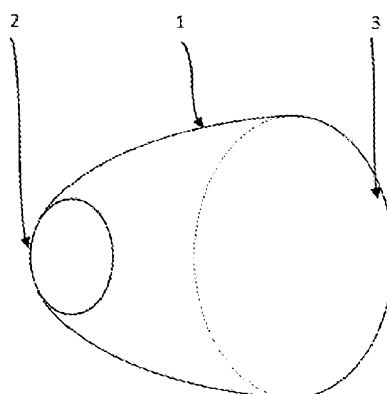
Obr. 16



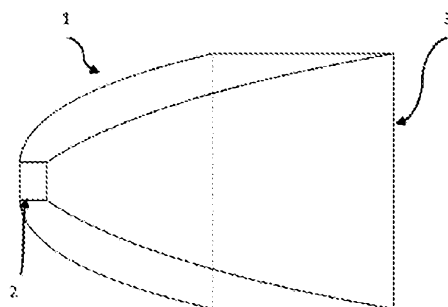
Obr. 17



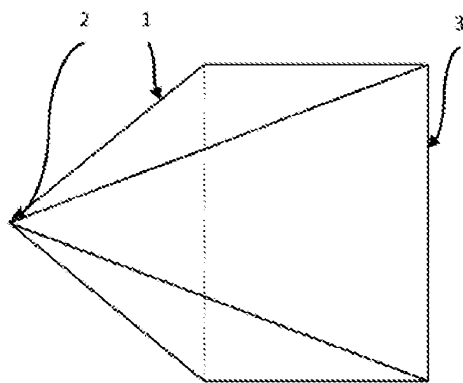
Obr. 18



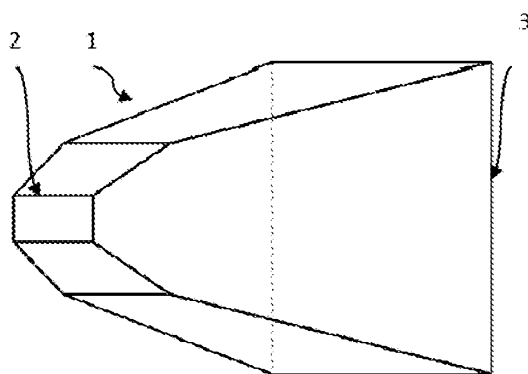
Obr. 19



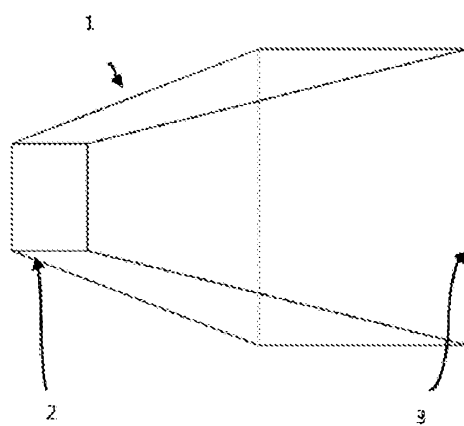
Obr. 20



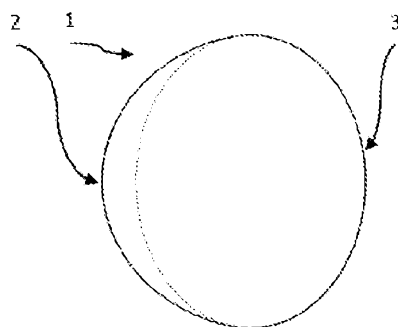
Obr. 21



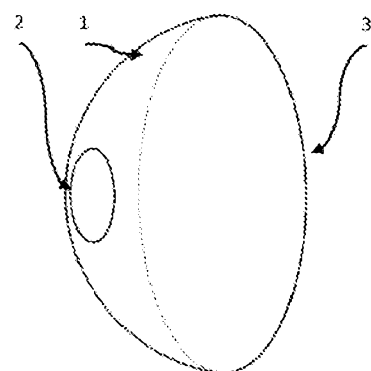
Obr. 22



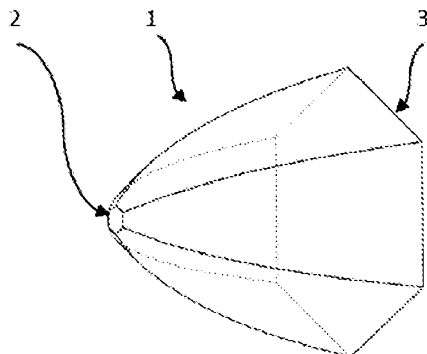
Obr. 23



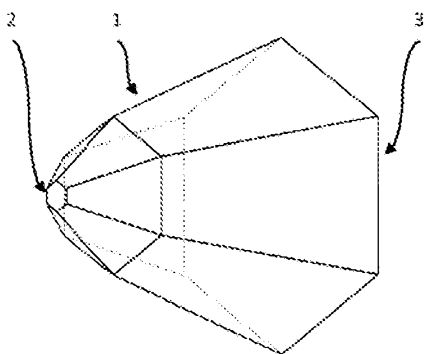
Obr. 24



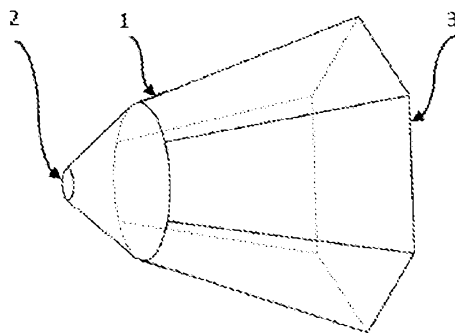
Obr. 25



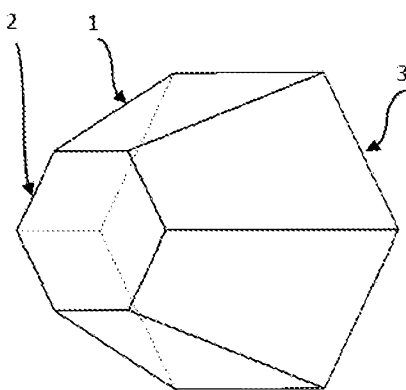
Obr. 26



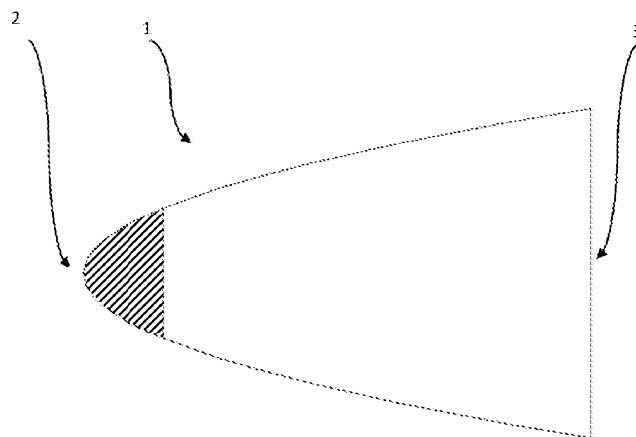
Obr. 27



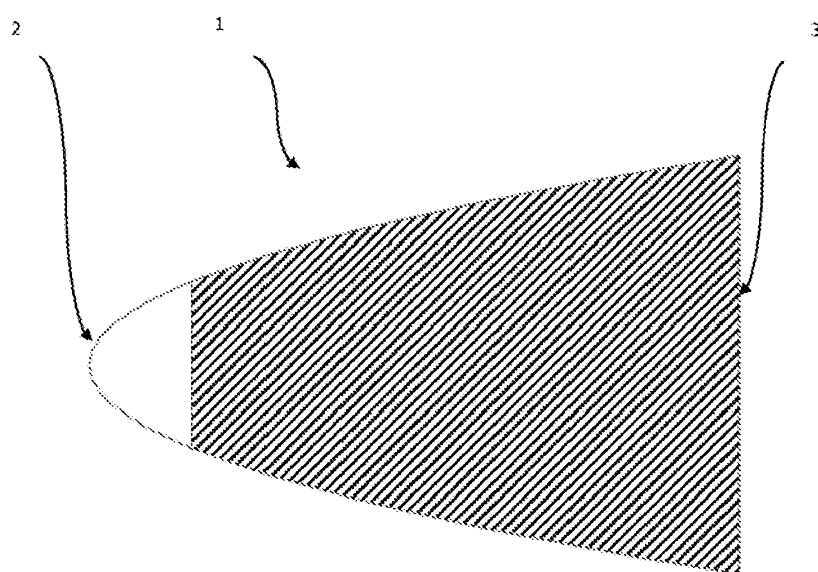
Obr. 28



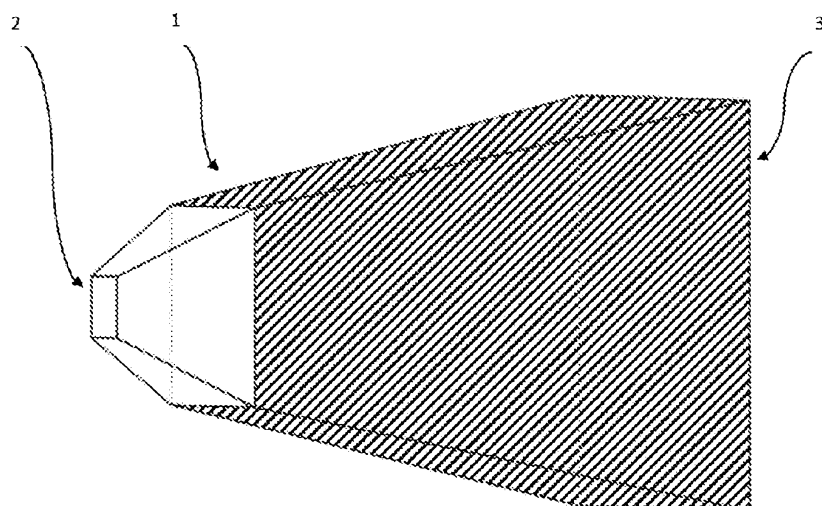
Obr. 29



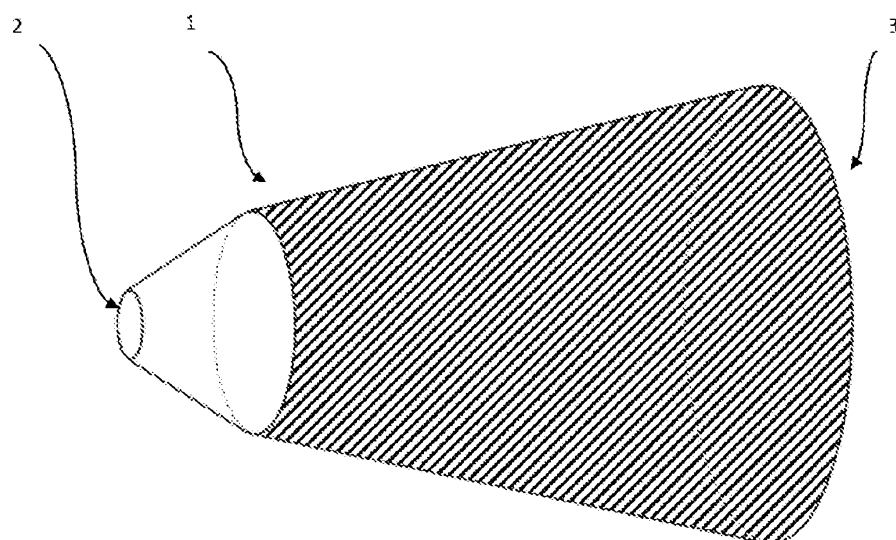
Obr. 30



Obr. 31



Obr. 32



Obr. 33