



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

256115

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 03 02 86
(21) PV 714-86.P

(40) Zveřejněno 13 08 87
(45) Vydáno 15 12 88

(51) Int. Cl.⁴

G 02 B 26/08,
G 02 B 27/10,
G 03 B 27/32

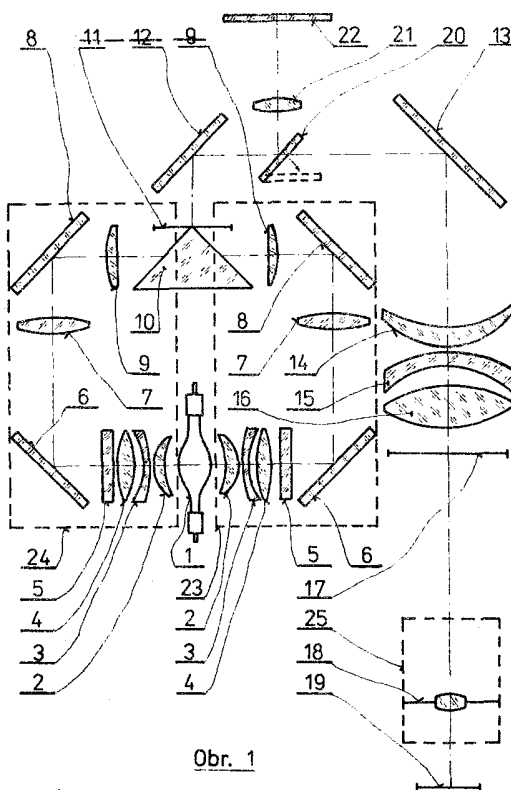
(75)

Autor vynálezu

PRŮCKNER JIŘÍ ing., PRAHA

(54) Čtyřvětвовá kondenzorová optická soustava

Čtyřvětвовou kondenzorovou optickou soustavou je zajišťována vysoká koncentrace světla a rovnoměrnost osvětlení v předměťové rovině objektivu zejména kamery pro přímou expozici křemíkového substrátu. Sestává ze světelného zdroje, čtyřbokého odrazného jehlanu, matnice a je připojena k objektivu, mezi něž jsou zařazeny jednotlivé optické lámavé členy, interferenční filtry a rovinná zrcadla. Optická dráha mezi světelným zdrojem a čtyřbokým odrazným jehlanem je rozdělena do čtyř samostatných shodně uspořádaných větví a vůči sobě pootočených vždy o 90°. Soustava poskytuje dobrý energetický výkon. Průměr osvětlené plochy v předměťové rovině objektivu je měnitelný, stejně jako stupeň zaplnění vstupní pupily objektivu. Soustava zajišťuje justáž polohy světelného zdroje bez potřeby dalšího optického justážního systému.



Vynález řeší vzájemné uspořádání jednotlivých optických členů čtyřvětlové kondenzorové optické soustavy se čtyřbokým odrazným jehlanem, zajišťující vysokou koncentraci světla a rovnoměrné osvětlení předmětové roviny objektivu monochromatickým světlem při expozici mikrostruktur.

Kondenzorové optické soustavy se používají při expozici mikrostruktur v kameře pro přímou expozici křemíkového substrátu. Do předmětové roviny objektivu se vkládá skleněná podložka s chromovou vrstvou, na které je fotolitograficky zhotoven např. motiv jedné z vrstev integrovaného obvodu. Tento motiv se opakovaně zobrazuje objektivem o vysoké rozlišovací schopnosti do obrazové roviny objektivu, např. na křemíkový substrát, opatřený fotocitlivým lakem. Vzhledem k vysoké spektrální citlivosti používaných fotolaků je nutné dodržet rovnoměrnost osvětlení chromové předlohy v předmětové rovině objektivu s přesností $\pm 2,5\%$. Další požadavek na kondenzorovou optickou soustavou vyplývá z použitého objektivu. Aby objektiv zobrazil i struktury na hranici fyzikální rozlišovací schopnosti světla, je nutné zajistit osvětlení předmětové roviny objektivu monochromatickým světlem o definované vlnové délce a současně musí kondenzorová optická soustava vyplnit vstupní pupilu objektivu sekundárním světelným zdrojem pro zachování zobrazovacích vlastností objektivu. Požadavek na maximální energetickou účinnost kondenzorové optické soustavy vyplývá z nutnosti minimalizace času, potřebného k exponování fotocitlivého laku na křemíkovém substrátu, protože k expozici dochází přibližně 3 000 x za hodinu.

Doposud se kondenzorové optické soustavy řešily dvěma způsoby. Podstatným rysem prvního způsobu je použití světlovodu resp. vláknového svazku, který má čtyři vstupní plochy a jednu plochu většího průměru jako výstupní. Tento systém zaručuje rovnoměrné vyplnění vstupní pupily objektivu, ale neumožňuje plynulou změnu stupně zaplnění vstupní pupily objektivu. Druhý způsob se vyznačuje především použitím osmibokého odrazného jehlanu. Toto řešení zaručuje sice požadovanou rovnoměrnost osvětlení, avšak je složitější jak po stránce použitých optických dílů, tak i z hlediska mechanické konstrukce. Při obou způsobech potom dochází též ke ztrátám světla, buď ve světlovodu, nebo při odrazu na stěnách osmistěnu, kde se vzhledem k daným geometrickým poměrům neodrazí celý dopadající svazek světla.

Popsané nevýhody odstraňuje čtyřvětlová kondenzorová optická soustava, uspořádaná podle tohoto vynálezu, která sestává ze skříňového tělesa, v jehož svislé ose jsou umístěny jednak vertikálně posuvný světelný zdroj a jednak vertikálně posuvný čtyřboký odrazný jehlan, kolem nichž jsou uspořádány optické lámavé a odrazné členy a za nimi v optické ose je jednak pozorovací matnice a jednak připojený objektiv. Její podstatou je to, že kolem světelného zdroje jsou ve vzájemné vždy o 90° podle svislé osy světelného zdroje pootočených polorovinách uspořádány čtyři shodné vytvořené větve kondenzorové optické soustavy a nad světelným zdrojem je v jeho svislé ose umístěn čtyřboký odrazný jehlan tak, že hrany jeho podstavy jsou kolmé vždy na jednu z tvarovaných optických os jednotlivých větví kondenzorové optické soustavy.

Nad čtyřbokým odrazným jehlanem jsou umístěny jednak třetí zrcadlo a jednak ve směru odražených paprsků jednak odklopné zrcadlo, nad nímž je čtvrtá bikonvexní spojka s matnicí, jednak čtvrté zrcadlo, za nímž ve směru odražených paprsků jsou uspořádány postupně aplanát, druhý záporný meniskus, třetí bikonvexní spojka a objektiv. Dále je podstatné to, že v optické ose první, druhé, třetí i čtvrté větve kondenzorové optické soustavy jsou uspořádány postupně první kladný meniskus, první záporný meniskus, první bikonvexní spojka, interferenční filtr, první zrcadlo a ve směru odražených paprsků druhá bikonvexní spojka, druhé zrcadlo a ve směru odražených paprsků plankonvexní spojka.

Výhodou takto uspořádané čtyřvětlové kondenzorové optické soustavy je zejména velmi dobrý energetický výkon, asi o 15 % vyšší, než u dosavadních řešení. Energetické ztráty je možné snižovat také změnou polohy druhých bikonvexních spojek a plankonvexních spojek a měnit tak průměr osvětlené plochy v předmětové rovině objektivu v rozmezí $\pm 20\%$. Stupeň zaplnění vstupní pupily objektivu sekundárním světelným zdrojem lze měnit vertikálním posuvem jak

čtyřbokého odrazného jehlanu, tak i světelného zdroje, a ovlivňovat tak kvalitu zobrazovacích vlastností objektivu. K justáži polohy světelného zdroje je využit obraz sekundárního světelného zdroje, není tedy nutný žádný další justážní optický systém.

Konkrétní příklad čtyřvětвовé kondenzorové optické soustavy, jejíž optické členy jsou uspořádány podle tohoto vynálezu, je nakreslen na přiložených výkresech, na nichž znázorňuje: Obr. 1 optické schéma v nárysu, kde pro vyšší přehlednost jsou zakresleny pouze první a třetí větve soustavy. Druhá a čtvrtá větve leží v rovině kolmé na nárysu, vedené osou světelného zdroje a obr. 2 zachycuje půdorys čtyřbokého odrazného jehlanu, kde současně je do tohoto půdorysu promítnut i sekundární světelný zdroj ve tvaru kříže.

Jako světelný zdroj 1 slouží rtuťová výbojka 350 W, která je vertikálně posuvná a kolem níž jsou ve vzájemně vždy o 90° podle její svislé osy pootočených polorovinách uspořádány čtyři shodně vytvořené větve 23, 23a, 24, 24a kondenzorové optické soustavy a nad rtuťovou výbojkou je v její svislé ose umístěn vertikálně posuvný čtyřboký odrazný jehlan 10 tak, že hrany jeho podstavy jsou kolmé vždy na jednu z tvarovaných optických os jednotlivých větví 23, 23a, 24, 24a kondenzorové optické soustavy.

Nad čtyřbokým odrazným jehlanem 10 jsou umístěny třetí zrcadlo 12 a ve směru odražených paprsků jednak odklopné zrcadlo 20, nad nímž je čtvrtá bikonvexní spojka 21 s matnicí 22, jednak čtvrté zrcadlo 13, za nímž ve směru odražených paprsků jsou uspořádány postupně aplanát 14, druhý záporný meniskus 15, třetí bikonvexní spojka 16 a objektiv 25. V optické ose první 23, druhé 23a, třetí 24 i čtvrté větve 24a kondenzorové optické soustavy jsou uspořádány postupně první kladný meniskus 2, první záporný meniskus 3, první bikonvexní spojka 4, interferenční filtr 5, první zrcadlo 6 a ve směru odražených paprsků druhá bikonvexní spojka 7, druhé zrcadlo 8 a ve směru odražených paprsků plankonvexní spojka 9.

Shodně uspořádané první větve 23, druhá větve 23a, třetí větve 24 a čtvrtá větve 24a kondenzorové optické soustavy ze čtyř stran obklopují vertikálně posuvný světelný zdroj 1 - rtuťovou výbojku 350 W - a sbírají asi 80 % vyzařované energie. Svazek světla vstupuje do prvního kladného menisku 2 pod úhlem $\pm 35^\circ$ a lámavá soustava prvního kladného menisku 2, prvního záporného menisku 3 a první bikonvexní spojky 4 oblouk světelného zdroje 1 promítá do nekonečna. Do interferenčního filtru 5 vstupuje světlo s divergencí $\pm 4^\circ$, vlastně tedy rovnoběžně s optickou osou, čímž je splněna podmínka pro dobrou funkci interferenčního filtru 5, který vymezí vlnovou délku světla.

Druhá bikonvexní spojka 7 a plankonvexní spojka 9 převedou téměř rovnoběžné paprsky na paprsky sbíhavé s úhlem $\pm 7^\circ$, tedy přenesou obraz světelného zdroje 1 z nekonečna do reálné vzdálenosti, přičemž změnou polohy obou těchto lámavých členů lze korigovat úhel sbíhavých paprsků i polohu obrazu světelného zdroje 1. První zrcadlo 6 a druhé zrcadlo 8 slouží pouze ke tvarování optické cesty. Takto vznikne v první větvi 23, druhé větvi 23a, třetí větvi 24 i ve čtvrté větvi 24a kondenzorové optické soustavy po jednom obrazu světelného zdroje 1. Sloučením těchto obrazů pomocí vertikálně posuvného čtyřbokého odrazného jehlanu 10 je získán sekundární světelný zdroj 11 v rovině kolmé na svislou osu čtyřbokého odrazného jehlanu 10, proložené jeho vrcholem. Sekundární světelný zdroj 11 má tvar kříže, jehož ramena jsou složena z obrazů oblouku světelného zdroje 1 - Hg výbojky.

Sekundární světelný zdroj 11 se promítá přes další lámavé členy, tj. přes aplanát 14, druhý záporný meniskus 15 a třetí bikonvexní spojku 16 do vstupní pupily 18 objektivu 25, přičemž zajišťuje rovnoměrné osvětlení $\pm 2\%$ v předmětové rovině 17 objektivu 25 na ploše o průměru 145 mm. Druhé zrcadlo 8 je nastaveno tak, že optickou dráhu neláme v pravém úhlu, nýbrž v úhlu o $0,8^\circ$ větším. Potom osy světelných kuželů, vycházejících ze sekundárního světelného zdroje 11, nejsou rovnoběžné, ale protínají se ve středu předmětové roviny 17 objektivu 25. Energetický výkon činí $3,5 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ který je měřen v předmětové rovině 17 objektivu 25 v čáře 436 nm. Třetí zrcadlo 12 a čtvrté zrcadlo 13 slouží opět pouze k úpravě geometrie optické dráhy. Pro minimalizaci světelných ztrát, vznikajících pohlcováním energie při průchodu světla lámavými členy, jsou všechny lámavé členy vyrobeny výhodně z křemenného skla.

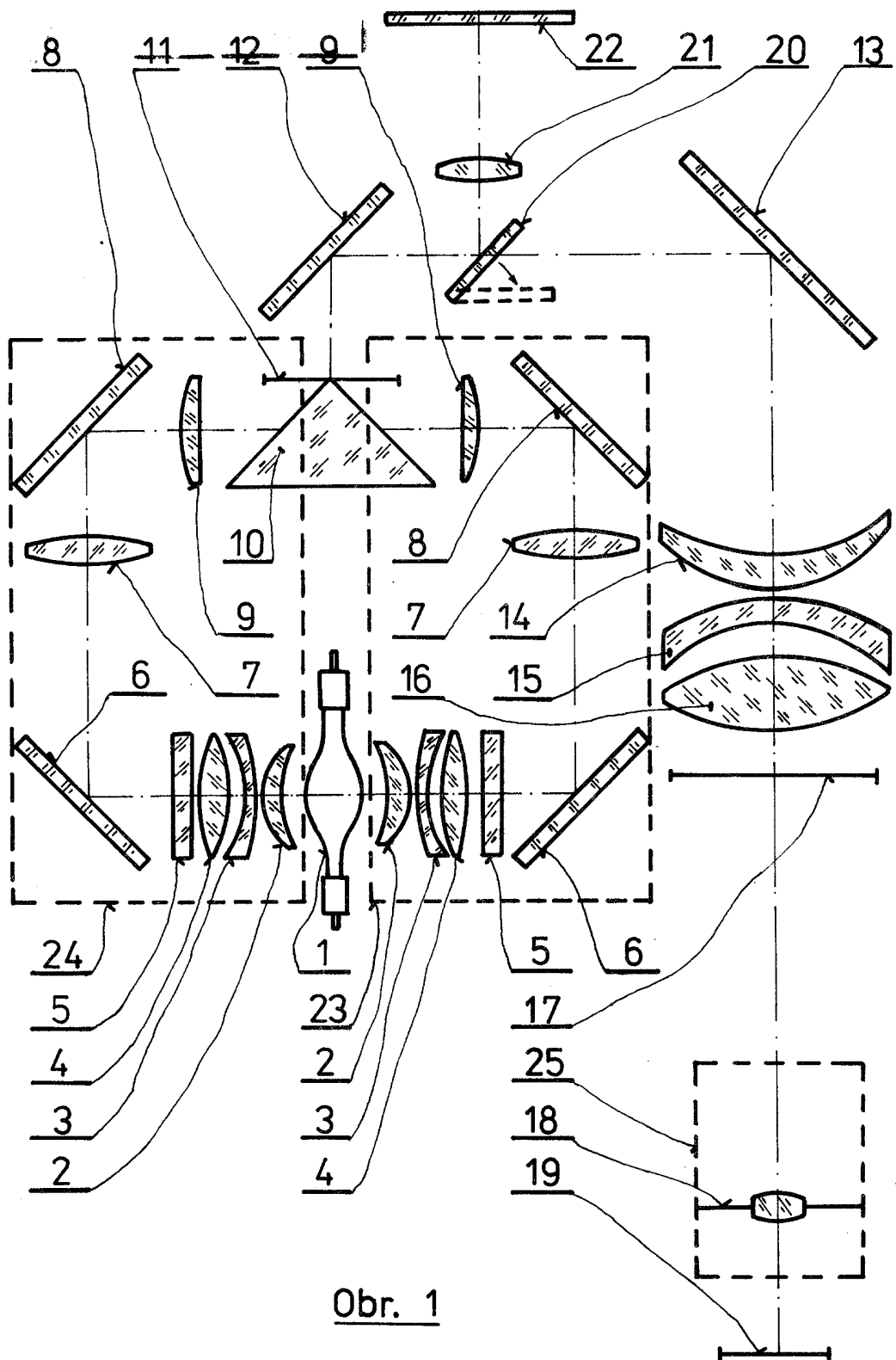
Při justáži zdroje 1 tj. rtuťové výbojky - lze do optické cesty zařadit odklopné zrcadlo 20 a čtvrtou bikonvexní spojkou 21 zobrazit sekundární světelný zdroj 11 na matnici 22, na které je možné potom pozorovat polohu nastavení světelného zdroje 1.

Čtyřvětвовá kondenzorová optická soustava kromě využití u kamery pro přímou expozici křemíkového substrátu se může uplatnit také při fotolitografickém zhotovování lineárních a rotačních odměřovacích rastů, jakož i v různých optických kopírovacích a projekčních zařízeních.

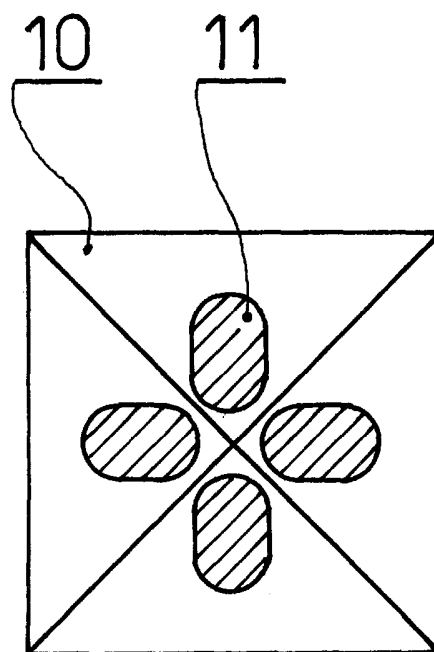
P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Čtyřvětвовá kondenzorová optická soustava pro vysokou koncentraci světla a rovnoměrné osvětlení předmětové roviny objektivu monochromatickým světlem při expozici mikrostruktur, sestávající ze skříňového tělesa, v jehož svislé ose jsou umístěny jednak vertikálně posuvný světelný zdroj a jednak vertikálně posuvný čtyřboký odrazný jehlan, kolem nichž jsou uspořádány optické lámavé a odrazné členy a za nimi v optické ose je jednak pozorovací matnice a jednak objektiv, vyznačená tím, že kolem světelného zdroje (1) jsou ve vzájemně vždy o 90° podle svislé osy světelného zdroje (1) pootočených polorovinách uspořádány čtyři shodně vytvořené větve (23, 23a, 24, 24a) kondenzorové optické soustavy a nad světelným zdrojem (1) je v jeho svislé ose umístěn čtyřboký odrazný jehlan (10) tak, že hrany jeho podstavy jsou kolmé vždy na jednu z tvarovaných optických os jednotlivých větví (23, 23a, 24, 24a) kondenzorové optické soustavy, přičemž nad čtyřbokým odrazným jehlanem (10) je umístěno třetí zrcadlo (12) a ve směru odražených paprsků jednak odklopné zrcadlo (20), nad nímž je čtvrtá bikonvexní spojka (21) s maticí (22) a jednak čtvrté zrcadlo (13), za nímž ve směru odražených paprsků jsou uspořádány postupně aplanát (14), druhý záporný meniskus (15), třetí bikonvexní spojka (16) a objektiv (25).

2. Čtyřvětвовá kondenzorová optická soustava podle bodu 1, vyznačená tím, že v optické ose první větve (23), druhé větve (23a), třetí větve (24) i čtvrté větve (24a) kondenzorové optické soustavy jsou uspořádány postupně první kladný meniskus (2), první záporný meniskus (3), první bikonvexní spojka (4), interferenční filtr (5), první zrcadlo (6) a ve směru odražených paprsků druhá bikonvexní spojka (7), druhé zrcadlo (8) a ve směru odražených paprsků plankonvexní spojka (9).



256115



Obr. 2