

# PATENTOVÝ SPIS

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2000-4038**  
(22) Přihlášeno: **26.04.1999**  
(30) Právo přednosti: **01.05.1998 US 1998/070772**  
(40) Zveřejněno: **13.06.2001**  
**(Věstník č. 6/2001)**  
(47) Uděleno: **01.02.2008**  
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **12.03.2008**  
**(Věstník č. 11/2008)**  
(86) PCT číslo: **PCT/US1999/006550**  
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 1999/056827**

(11) Číslo dokumentu:

## 298 928

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:  
**A61N 5/06** (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

US 4 100 415 A; US 4 103 175 A; WO 93/21842 A1; GB 2 300 253 A; US 5 079 262 A; DE 3 630 060 A1; GB 2 149 490 A.

(73) Majitel patentu:

DUSA PHARMACEUTICALS, INC., Toronto, CA

(72) Původce:

Lundhal Scott, Norwell, MA, US

Kozodoy Rebecca, Norwell, MA, US

Carroll Ronald, Norwell, MA, US

Leppelmeier Elton, Highland Height, OH, US

(74) Zástupce:

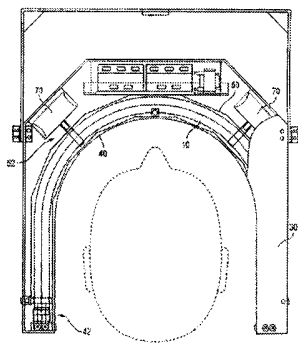
Ing. Bohuslav Vobořil, Nad Štolou 12, Praha 7, 17000

(54) Název vynálezu:

**Svítilno pro fotodynamickou terapii**

(57) Anotace:

Svítilno je určeno pro diagnostikování nebo léčení tvarových ploch. Svítilno obsahuje skříň (30) pro uložení množiny světelných zdrojů (10) ozařujících plochu v podstatě stejnoměrnou intenzitou světla. Světelné zdroje (10) jsou tvořeny sadou světelných zdrojů (10(1) až 10(7)), z nichž každý má příčný průřez, zahrnující obecně obloukovitou část (10A) a ramena (10B), protahující se od příslušných konců uvedené obloukovité části (10A). Světelné zdroje (10) jsou obecně přizpůsobeny tvarové ploše a ozařují plochu viditelným světlem a skříň (30) nese sadu světelných zdrojů (10) s ohledem na tvarovou plochu.



**CZ 298928 B6**

## Svítilo pro fotodynamickou terapii

### Oblast techniky

5

Vynález se týká svítidla s rovnoměrnou distribucí viditelného světla pro fotodynamickou terapii. Vynález se týká zvláště zařízení a způsobu pro fotodynamickou terapii (PDT – Photodynamic Treatment) nebo diagnostiku (PD) aktinické keratózy kůže na hlavě nebo na obličeji. Vynález se týká také zařízení a způsobu PDT dalších indikací (např. akné) a jiných oblastí pacientova těla (např. ruce, nohy, atd.).

10

V dalším textu termín „viditelné světlo“ označuje zářivou energii ve viditelné části spektra elektromagnetického záření, termín „světlo“ označuje zářivou energii v ultrafialové (UV – ultra-violet), viditelné a infračervené (IR – infrared) části spektra elektromagnetického záření.

15

### Dosavadní stav techniky

Fotodynamická terapie (PDT) a fotochemoterapie se v současné době začíná používat k léčení několika druhů nemocí kůže, kůže blízkých tkání i dalších tkání, např. v tělních dutinách. PDT se navrhuje například k léčení několika druhů rakoviny kůže a předrakovinových stavů. Při PDT se pacientovi podá fotoaktivovatelná látka (fotosenzitizér), nebo předchůdce fotoaktivovatelné látky, která se akumuluje v diagnostikované nebo léčené tkáni. Oblast pacientova těla, která zahrnuje diagnostikovanou nebo léčenou tkáň, se poté vystaví viditelnému světlu. Viditelné světlo vyvolá ve fotoaktivovatelné látce chemické a/nebo biologické změny, kterými dále výběrově zjistí a zničí nebo změní cílovou tkáň. Ostatní tkáň v léčené oblasti se poškodí jen mírně nebo vratně.

20

25

Obecné informace o PDT, ve kterém se používá jako předchůdce fotoaktivovatelné látky kyseliny 5–aminolevulové (ALA), lze nalézt v patentu US 5 079 262 nazvaném „Způsob zjišťování a léčení zhoubných a nezahubných poškození pomocí kyseliny 5–aminolevulové“, uděleného Jamesovi C. Kennedymu a kol. dne 7. ledna 1992, a v patentu US 5 211 938 nazvaném „Způsob zjišťování zhoubných a nezahubných poškození fotochemoterapií předchůdců protoporfyrinu IX“, uděleného Jamesovi C. Kennedymu a kol. dne 18. května 1993. Oba tyto patenty jsou jako reference obsahem této přihlášky. Jako reference je součástí této přihlášky také článek Jamese C. Kennedyho a kol. v „Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery“ ze dne 5. listopadu 1996 nazvaný „Fotodynamické léčení (PDT) a fotodiagnostika (PD) pomocí endogenní fotosensitizace vyvolané kyselinou 5–aminolevulovou (ALA): Mechanismus a klinické výsledky“. Výroční zpráva za rok 1996 firmy DUSA Pharmaceuticals, Inc. (Tarrytown, NY, USA) obsahuje v části „První fáze III“ obrázky a příklady použití vynálezu a je rovněž jako reference součástí této přihlášky.

30

35

40

Termín ALA nebo kyselina 5–aminolevulová v této přihlášce označuje samotnou ALA, její předchůdce a její farmaceuticky akceptovatelné soli.

45

Nelaserová svítidla se obvykle skládají z pouhých tří základních funkčních bloků: zářiče pro generování fotonů; prvků pro usměrnění, filtraci a jiné vedení emitovaného světla tak, aby do cílové oblasti dorazilo v použitelné formě; a řídicího systému pro zahájení, udržování a zastavení emise světla. Vhodným příkladem takového systému je obyčejné kancelářské fluorescentní osvětlovací těleso. Bílé viditelné světlo vzniká řízeným výbojem na rtuťovém oblouku, který excituje anorganickou látku na bázi fosforu uvnitř skleněné trubice. Přenos energie z oblouku vyvolává emisi viditelného bílého světla z trubice. Emitované bílé světlo se do pracovního prostoru usměřňuje reflektory (odražeči) v krytu lampy. Distribuce viditelného světla do cílové oblasti se často dále zvyšuje pomocí difúzního systému. V typickém kancelářském uspořádání se světlo ovládá jednoduchým dvoupolohovým vypínačem, který přerušuje tok elektrické energie k lampě.

50

55

Výstup svítidla by pro léčebné účely měl mít stejnoměrnou intenzitu a barvu. Zvláště žádoucí je svítidlo, jehož výstupní spektrum přesahuje optické aktivační spektrum cílového fotosenzitizéru. V jednom z provedení vynálezu je pro určité diagnostické a léčebné účely, zvláště použije-li se pro PD a PDT aktinické keratózy jako fotoaktivovatelné látky ALA, nejvýhodnější modré světlo s vlnovými délkami většími než 400 nm (nanometrů). Lze však použít i viditelné světlo z jiných částí spektra, zejména ze zelené a červené části s vlnovými délkami mezi 400 a 700 nm.

Konvenční svítidla nelze pro PDT a PD použít, protože nevydávají viditelné světlo s dostatečnou stejnosměrností nad prostorově tvarovaným povrchem.

#### Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je přinést zlepšené svítidlo pro PDT a/nebo PD.

Svítidlo je určeno pro diagnostikování nebo léčení tvarových ploch. Svítidlo obsahující skříň pro uložení množiny světelných zdrojů ozařujících plochu v podstatě stejnoměrnou intenzitou světla, spočívá v tom, že světelné zdroje jsou tvořeny sadou světelných zdrojů z nichž každý má příčný průřez, zahrnující obecně obloukovitou část a ramena, protahující se od příslušných konců uvedené obloukovité části, světelné zdroje jsou přizpůsobeny tvarové ploše a ozařují plochu viditelným světlem a skříň nese sadu světelných zdrojů s ohledem na tvarovou plochu.

Každý ze světelných zdrojů zahrnuje obloukovitou střední část a ramena, protahující se od odpovídajících konců střední části, přičemž skříň zahrnuje otvor pro umožnění vložení/vyjmutí tvarové plochy mezi ramena směrem ke střední části.

Střední část je obecně půlkruhová a ramena jsou protažena navzájem rovnoběžně z odpovídajících konců střední části.

Obloukovitá střední část má poloměr křivosti kolem 19 cm.

Chladicí systém svítidla je uzpůsobený pro zabezpečení většího chlazení ramen a konců střední části než střední části.

Reflektor je uložený ve skříni a je umístěn mezi množinou světelných zdrojů a tvarovou plochou a kryt je uložený rovněž ve skříni a je umístěn mezi množinou světelných zdrojů a tvarovou plochou, přičemž chladicí systém zahrnuje vstupní otvory v krytu uzpůsobené pro přenos teplého okolního vzduchu z první zóny mezi reflektorem a krytem do druhé zóny mezi reflektorem a skříni a výstupní otvory ve skříni jsou uzpůsobené pro výstup ohřátého okolního vzduchu.

Svítidlo obsahuje alespoň jeden ventilátor uzpůsobený pro nasávání okolního vzduchu vstupními otvory a vyfukování ohřátého vzduchu výstupními otvory.

Vstupní otvory tvoří perforace v krytu bezprostředně u volných konců ramen, a střední otvory tvoří perforace v reflektoru bezprostředně u konců střední části.

Světelné zdroje jsou obecně navzájem rovnoběžné a rozestupy mezi přilehlými z množiny světelných zdrojů se mění podél tvarové plochy.

Rozestupy jsou větší mezi vnitřními z množiny světelných zdrojů než mezi vnějšími z množiny světelných zdrojů.

Skříň zahrnuje vyzářovací plochu a množina světelných zdrojů zahrnuje sedm světelných zdrojů, které mají první rozestupy od nejnvnitřnějšího světelného zdroje ze světelných zdrojů ke každému

ze sousedních světelných zdrojů, druhé rozestupy mezi středními světelnými zdroji a odpovídajícími sousedními světelnými zdroji druhé strany nejnvnitřnějšího světelného zdroje, třetí rozestupy mezi nejkrajnějšími ze světelných zdrojů a odpovídajícími sousedními prostředními světelnými zdroji, a čtvrté rozestupy mezi nejkrajnějšími světelnými zdroji a okraji vyzařovací plochy, přičemž první rozestupy jsou přibližně 7cm, druhé rozestupy jsou přibližně 5cm, třetí rozestupy jsou přibližně 3,5 cm a čtvrté rozestupy jsou přibližně 2,5 cm.

Světelné zdroje vytvářejí viditelné světlo v podstatě pouze v modré části spektra.

10 Světlo má spektrum s nominální vlnovou délkou  $417 \pm 5$  nm a nominální šířkou 30 nm.

Množina světelných zdrojů zahrnuje fluorescenční trubice s vnitřním povlakem Sr2 P2 07 : Eu.

15 Množina světelných zdrojů poskytuje maximální celkovou vyzařovací plochu přibližně  $2850 \text{ cm}^2$  a minimální terapeuticky aktivní vyzařovací plochu asi  $1350 \text{ cm}^2$ .

20 Kryt je uložený mezi množinou světelných zdrojů a tvarovou plochou, přičemž intenzita záření z množiny světelných zdrojů na aktivní vyzařovací plochu ve vzdálenosti přibližně 5 cm (2 palce) od krytu a ve vzdálenosti přibližně 10 cm (4palce) od krytu je alespoň 70 % maximální intenzity ozáření.

Intenzita záření z množiny světelných zdrojů na aktivní vyzařovací plochu je alespoň 60 % maximální intenzity záření ve všech pracovních vzdálenostech od krytu.

25 Výstupní výkon množiny světelných zdrojů je přibližně 9 až  $11 \text{ mW/cm}^2$ .

Výstupní výkon je přibližně  $10 \text{ mW/cm}^2$ .

30 Kryt je uložený ve skříni a umístěný mezi množinou světelných zdrojů a tvarovou plochou, přičemž kryt je pro odfiltrování ultrafialového světla vyzařovaného množinou světelných zdrojů směrem k tvarové ploše. Kryt je vyroben z polykarbonátu. Kryt zahrnuje rozptylovač světla.

35 Svítidlo obsahuje alespoň jeden elektrický obvod pro napájení množiny světelných zdrojů, elektrický obvod zahrnuje aktivační/deaktivační ovladač pro zapnutí/vypnutí množiny světelných zdrojů, expoziční ovladač pro vypnutí napájení množiny světelných zdrojů poté, co vybraná dávka světla ozařuje tvarovou plochu, a startér pro spuštění a udržování napětí na množině světelných zdrojů.

40 Expoziční ovladač je časovač pro vypnutí napájení množiny světelných zdrojů po uplynutí zvolené doby.

Časovač zahrnuje alespoň jeden ovladač pro nastavení časového limitu pro vystavení tvarové plochy světlu.

45 Alespoň jeden elektrický obvod zahrnuje optické čidlo pro zjišťování světa z alespoň jednoho z množiny světelných zdrojů a pro vysílání prvního signálu, který odpovídá zjištěnému světlu; snímač pro sledování vstupního napětí startéru a pro vysílání druhého signálu, který odpovídá zjištěnému vstupnímu napětí; transformátor pro napájení startéru množinou možných vstupních napětí; spínací pole pro výběr jednoho z množiny vstupních napětí pro napájení startéru; a procesor pro řízení alespoň jednoho elektrického obvodu a pro přijímání prvního a druhého signálu a pro řízení spínacího pole; přičemž procesor nastavuje vstupní napětí na startéru pro korekci výstupu světla z množiny světelných zdrojů, aby se udržovala v podstatě stejná intenzita viditelného světla ozařujícího plochu.

55 Transformátor je snižovací/zvyšovací auto-transformátor.

Alespoň jeden elektrický obvod dále obsahuje: ukazatel pro indikování stavu svítidla, který je řízen procesorem.

- 5 Aktivační/deaktivační ovladač zahrnuje hlavní síťový vypínač pro ovládání vstupu energie z vnějšího zdroje a zámkový spínač pro zamezení neoprávněného používání svítidla.

10 Svítidlo dále obsahuje optické čidlo uložené ve skříni; reflektor uložený ve skříni a umístěný mezi optickým čidlem a množinou světelných zdrojů, první šterbinu v reflektoru přizpůsobenou pro propouštění viditelného světla z prvního světelného zdroje z množiny světelných zdrojů k optickému čidlu, přičemž první šterbina je vzdálena od optického čidla o první vzdálenost a má první plochu příčného průřezu. Druhá šterbina v reflektoru je přizpůsobena pro propouštění viditelného světla z druhého světelného zdroje z množiny světelných zdrojů k optickému čidlu, přičemž druhá šterbina je vzdálena od optického čidla o druhou vzdálenost a má druhou plochu příčného průřezu. Poměr první a druhé plochy průřezu je úměrný převráceným čtvercům první a druhé vzdálenosti a optické čidlo je uzpůsobeno pro sledování výstupu z prvního a druhého světelného zdroje z množiny světelných zdrojů a vysílání signálu pro nastavení výstupu viditelného světla z množiny světelných zdrojů pro zajištění v podstatě stejnoměrné intenzity světla ozařujícího tvarovou plochu.

20 Třetí šterbina v reflektoru je uzpůsobena pro propouštění viditelného světla z třetího světelného zdroje z množiny světelných zdrojů k optickému čidlu, přičemž třetí šterbina je vzdálena od optického čidla o třetí vzdálenost a má třetí plochu příčného průřezu. Druhý světelný zdroj a třetí světelný zdroj z množiny světelných zdrojů jsou stejně vzdáleny od protilehlých stran prvního světelného zdroje z množiny světelných zdrojů, přičemž druhá a třetí vzdálenost jsou v podstatě stejné a druhá a třetí plocha příčného průřezu jsou rovněž v podstatě stejné. Optické čidlo je uzpůsobeno pro sledování výstupu světla z prvního, druhého a třetího světelného zdroje z množiny světelných zdrojů a pro vysílání signálu pro nastavení výstupu viditelného světla z množiny světelných zdrojů pro zajištění v podstatě stejnoměrné intenzity viditelného světla ozařujícího tvarovou plochu.

30 Pro napodobení nekonečné roviny zářiče je zajištěna: ohraničená vyzařovací plocha; a množina světelných zdrojů, vzájemně rovnoběžných a uzpůsobených pro ozařování v podstatě stejnoměrnou intenzitou světla z vyzařovací plochy; přičemž první postranní mezera mezi sousedními z množiny světelných zdrojů se mění s ohledem na ohraničenou plochu.

První postranní mezera je větší mezi sousedními ze světelných zdrojů dále od ohraničené plochy, než mezi sousedními z množiny světelných zdrojů blíže k ohraničené plochy.

40 Množina světelných zdrojů zahrnuje první pár světelných zdrojů, protahující se rovnoběžně navzájem a vzdálených od ohraničené plochy o první vzdálenost; druhý pár světelných zdrojů, protahující se rovnoběžně s prvním párem a vzdálený od odpovídajícího jednoho z prvního páru o druhou laterální vzdálenost; třetí pár světelných zdrojů, protahující se rovnoběžně s prvním a druhým párem a vzdálený od odpovídajícího jednoho z druhého páru o třetí laterální vzdálenost; a alespoň jeden střední světelný zdroj, protahující se rovnoběžně s prvním druhým a třetím párem a vzdálený od sousedního světelného zdroje o čtvrtou laterální vzdálenost; přičemž první, druhá, třetí a čtvrtá laterální vzdálenost mají relativní poměr rozestupu asi 2,5 : 3,5 : 5 : 7, v daném pořadí.

50 Svítidlo je uzpůsobeno pro použití na ozařovací tvarové plochy topicky ošetřené kyselinou 5-aminolevulinovou světlem z modré části spektra.

Ozařování zahrnuje asi 1000 sekund světla, které má nominální maximální vlnovou délku  $417 \pm 5$  nm a nominální šířku pásma 30 nm.

55

Ozařující světlo je v podstatě výhradně z oblasti viditelného světla.

Skříň obsahuje otvor pro umožnění vložení/vyjmutí tvarové plochy mezi ramena směrem ke střední části.

5

Svítilno je uspořádáno pro ozařování tvarové plochy v podstatě stejnoměrnou intenzitou viditelného světla.

10

Sada světelných zdrojů má podélnou osu a otevření mezi rameny je uspořádáno pro umožnění relativního pohybu pacienta kolmo k uvedené podélné ose.

Sada světelných zdrojů je uspořádána pro ozařování tváře pacienta.

15

Svítilno pro PDT vydává stejnoměrné, ve spektrálním složení i intenzitě, viditelné světlo nad rozmanitým, prostorově tvarovaným povrchem. Termínem prostorově tvarovaný povrch se v této přihlášce označuje ve dvou směrech zakřivený povrch, tj. povrch, který nelze „rozbalit“ do roviny.

20

Cílem vynálezu je přinést svítilno pro PDT nebo PD, které vydává viditelné světlo téměř výhradně ve vybraném rozsahu vlnových délek.

25

Svítilno podle vynálezu pracuje na stejném principu, jako kancelářské fluorescentní osvětlovací těleso ve výše popsaném příklade. V provedení vynálezu viditelné světlo vydávají fluorescentní trubice, které sledují prostorově tvarovaný povrch, a jsou řízeny příslušnou elektronikou; světelný výstup z trubice se k diagnostikované nebo léčené oblasti směřuje pomocí tvarování trubice, které sledují prostorově tvarovaný povrch, a dalších prvků, jako je reflektor. Aktivace fluorescentních trubice a osvětlování prostorově tvarovaného povrchu viditelným světlem se řídí elektronickými obvody.

30

Kvůli biologickým požadavkům kladeným na PDT světelný zdroj se svítilno podle vynálezu liší od konvenčních světelných zdrojů. Výstupní spektrum, ozařování i stejnoměrnost ozařování je nutné řídit. Vlastnosti zařízení musí odpovídat požadavkům na světelný zdroj pro ozařování poškození (lézí) a vyvolání fotodynamické reakce. Proto se každý funkční blok svítilna podle vynálezu skládá pouze z pečlivě vybraných a navržených částí. Činnost každé z těchto částí je podrobně popsána níže.

35

Zákony optiky praví, že intenzita světla z bodového zdroje přijímaného objektem je nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti objektu od zdroje. Proto je vzdálenost od zdroje důležitou proměnnou všech optických systémů. Kvůli stejnoměrnému ozáření pacientovy kůže na hlavě nebo tváře by se však intenzita ozařování se změnami vzdáleností příliš měnit neměla. To je však v příkrém rozporu s fyzikálními zákony. Pokud by se tvář nebo celá hlava s jejími mnohými prostorovými útvary vystavila světlu z plochého zářícího povrchu, není možné rovnoměrné dávkování světla všem částem tváře nebo hlavy zajistit, protože každá část bude mít od zářiče jinou vzdálenost. Vynález tento problém řeší použitím zářících povrchů ve tvaru U, které svým tvarem do jisté míry sledují tvar lidské hlavy a zmenšují rozdíly ve vzdálenostech mezi svítilnem a různými částmi ozařovaného povrchu a tudíž i rozdíly v intenzitě ozařování tohoto povrchu.

45

Protože výstup z trubicových světelných zdrojů se může měnit s teplotou, má teplotní pole podstatný vliv na stejnoměrnost ozařování. Protože výstup trubice se může měnit po její délce, lze stejnoměrnost ozařování řídit modulací teplotního pole svítilna.

50

Další cíle, rysy a výhody vynálezu budou zřejmé z následujícího podrobného popisu přednostních provedení a případného používání vynálezu. Cílů a výhod vynálezu lze dosáhnout pomocí zařízení a jejich kombinací vymezených připojenými patentovými nároky.

Přehled obrázků

5 Doprovodné výkresy, které jsou nedílnou součástí této patentové přihlášky, zobrazují přednostní provedení vynálezu a spolu s popisem vynálezu, který byl uveden výše, a popisem příkladných provedení, které následuje, osvětlují principy, na nichž je vynález založen.

- Na obr. 1 je půdorys, částečně v řezu, svítidla podle vynálezu;  
 Na obr. 2 je bokorys, částečně v řezu, svítidla dle obr. 1;  
 10 Na obr. 3 je nárys, částečně v řezu, svítidla dle obr. 1;  
 Na obr. 4 je detail fluorescenčního trubcového světelného zdroje dle obr. 1;  
 Na obr. 5 je detail reflektoru dle obr. 1;  
 Na obr. 6 je detail krytu dle obr. 1;  
 Na obr. 7 je schéma elektrického zapojení svítidla dle obr. 1;  
 15 Na obr. 8 je schéma elektrického zapojení startéru svítidla dle obr. 1;  
 Na obr. 9 je schéma upraveného elektrického zapojení svítidla podle vynálezu;  
 Na obr. 9A až 9D jsou detaily elektrického zapojení dle obr. 9;  
 Na obr. 10 je typické fluorescenční emisní spektrum fluorescenčního trubcového světelného zdroje dle obr. 4;  
 20 Na obr. 11 je schéma monitorovacího systému podle vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

25 V přednostním provedení zobrazeném na obr. 1 až 8 je sedm fluorescenčních U trubíc představovaných světelnými zdroji 10(1) až 10(7) napájeno třemi elektronickými startéry 20. Světelné zdroje 10(1) až 10(7) ve tvaru trubíc jsou uloženy ve skříni 30 a překryty polykarbonátovým krytem 40, který usměrňuje proud chladicího vzduchu a chrání pacienta před možným zraněním v případě poškození trubice. Hliníkový reflektor 50 za trubícemi usměrňuje záření směrem  
 30 k pacientovi a zvyšuje stejnoměrnost výstupního záření. Celkové rozměry jednotky jsou přibližně 38 cm (výška) x 45 cm (šířka) x 44,5 cm (hloubka). Na obr. 1 je naznačena poloha pacientovy hlavy v průběhu ozařování.

Světelný zdroj

35 V přednostním provedení vynálezu tvoří světelný zdroj 10(1) až 10(7) svítidla sedm 36" dlouhých fluorescenčních U trubíc s označením F34T8 Ultra Blue. Plocha vyzařování viditelného světla může být maximálně 36 cm vysoká a 46 cm široká (přibližně 2850 cm<sup>2</sup>), léčebně aktivní plocha je minimálně 30 cm vysoká a 46 cm široká (přibližně 1350 cm<sup>2</sup>). Jak je ukázáno na obr. 1, trubice mají obecně obloukovou střední část 10A a obecně přímá ramena 10B, která vychází z obou konců obloukové střední části 10A.

45 Fluorescenční trubice pracuje na principu výboje v plynu. Elektrickým výbojem ve zředěném plynu vznikne plazma, která reaguje s fluorescenčním fosforem a elektrická energie se tak mění na světlo. Obvyklou fluorescenční trubicí tvoří uzavřená skleněná trubice s elektrodami (katodami) na obou koncích. Zvnitřku je trubice povlečena stejnoměrnou vrstvou luminiscenčního anorganického krystalického fosforu. Trubice je naplněna inertním plynem, obvykle argonem, o nízkém tlaku, ke kterému se před uzavřením trubice přidalo malé množství rtuti. Nízký tlak v trubicí způsobí odpaření malé části rtuti a vznik argono-rtuťové atmosféry v trubicí. Dostatečně vysoké  
 50 napětí přivedené na elektrody trubice vyvolá na katodě emisi elektronů, které putují po délce trubice a ionizují plyn v trubicí. Jakmile je plyn dostatečně ionizován, plynná směs v trubicí zač-

ne být vodivá a procházející elektrický proud budí (excituje) rtuťové atomy. Velikost proudu řídí množství excitovaných atomů a tudíž i světelný výstup trubice. Když se atom rtuti vrací ze stavu excitovaného do stavu s nižší energií, vyzáří foton s vlnovou délkou z ultrafialové (UV) části spektra. UV záření se absorbuje fosforem na vnitřní stěně trubice a ten začne fluoreskovat. Podstatou tohoto jevu je pohlcení fotonu o vlnové délce hlavní spektrální čáry rtuti, excitace atomu fosforu a při jeho přechodu na nižší energetickou hladinu vyzáření fotonu s větší, viditelnou, vlnovou délkou. Chemickým složením materiálu fosforové vrstvy lze měnit charakteristické emisní spektrum světelného výstupu svítidla. Toho lze využít k naladění vlnové délky výstupu světelného zdroje v souladu s požadavky aplikace.

Výstup z fluorescenční trubice není přirozeně stejnoměrný. Výstup v blízkosti elektrod je obvykle mnohem nižší než v ostatních částech trubice. Ionizovaný plyn v blízkosti elektrod totiž nevyzařuje tolik UV fotonů jako ve větší vzdálenosti od elektrod. Tato oblast snížené emise je známá jako tmavý Faradayův prostor. Aby se předešlo problémům se stejnoměrností výstupu svítidla, využívá jedno provedení vynálezu množství světelných zdrojů 10(1) až 10(7) U trubice. V takovém uspořádání se elektrody a tmavé prostory dostanou mimo aktivní ozařovací oblast (v podstatě za pacientovy uši). Pro léčení se použije pouze stejnoměrnější výstup ze středové části trubice. Další výhodou takového uspořádání je to, že stejnoměrnost lze nastavit změnou příčných rozestupů trubice (viz obr. 2). To je důležité také po kompenzaci skutečností, že výstup z plochého světelného zdroje směrem k jeho okrajům klesá. Změna příčných rozestupů trubice (jejich zmenšování směrem k okrajům zářící plochy) má stejný účinek jako založení okrajů dovnitř u většího svítidla. Kompaktní jednotkou tak lze nahradit i nekonečný rovinný zářič.

U tvar trubice byl zvolen proto, že minimalizuje změny ve vzdálenostech mezi zářičem a cílem, jinak řečeno distribuce viditelného světla na pacientovu tvář nebo kůži na hlavě je rovnoměrnější. Rozměry trubice byly zvoleny tak, aby odpovídaly průměrným rozměrům hlavy dospělého člověka. Uložení trubice minimalizuje vliv tmavých oblastí na koncích trubice. Celkově je svítidlo podle vynálezu kompaktnější a umožňuje snadnější vystředění pacientovy hlavy v zářiči. U-trubice zajišťují jak požadované vlastní ozařování, tak stejnoměrnost ozařování, tváře a kůže na hlavě. V průběhu PDT umožňují přesnější dávkování viditelného světla do všech cílových tkání.

Počet trubice se zvolí tak, aby se dosáhlo požadovaného výstupního výkonu a jeho distribuce. Optimálním uspořádáním se jeví sedm světelných zdrojů 10(1) až 10(7) (trubice) uložených v rámu symetricky s následujícími rozestupy: 7 cm mezi prostředním světelným zdrojem 10(4) a s prostředním světelným zdrojem 10(4) sousedícími světelnými zdroji 10(3) a 10(5); 5 cm mezi světelnými zdroji 10(3) a 10(2), a 10(5) a 10(6), tj. mezi následujícími páry trubek od středu jednotky; a 3.5 cm mezi světelnými zdroji 10(2) a 10(1), a 10(6) a 10(7), tj. mezi vnějšími páry trubek po stranách jednotky. Vnější světelné zdroje 10(1) a 10(7) leží přibližně 2.5 cm od okrajů skříně 30. Svítidlo podle vynálezu dává vysoce stejnoměrné výstupní záření i bez dodatečných difúzních prvků. Pokud je to však potřeba, lze difúzní prvek vestavět do krytu 40.

Fluorescenční trubice v přednostním provedení vynálezu využívají komerčně dostupnou sloučeninu fosforu –  $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}$ , která se používá v procesech diazotypového kopírování. Když tento fosfor absorbuje UV záření vydávané rtuťí, září s emisním spektrem modrého světla se šířkou pásma asi 30 nm s vrcholem na 417 nm (nominální). Typické fluorescenční emisní spektrum trubice podle vynálezu je ukázáno na obr. 10. V přednostním provedení vynálezu se spektrální výstup vybere tak, aby odpovídal absorpčnímu spektru fotoporfyrinu IX, fotosenzitizéru, o němž se věří, že se vytvoří z ALA v cílové tkáni. Pokud se v trubicích použije jiné formy fosforu, lze vytvořit i jiná emisní spektra viditelného světla. Jiná spektra viditelného světla lze vytvořit i pomocí jiných technologií generování viditelného světla.

#### Elektrického zapojení

Pro uspokojivou činnost fluorescenční trubice je nutné nejprve mezi obě elektrody přivést startovací napětí, kterým se spustí ionizace náplně trubice, a poté udržovat a řídit trubicí procházející



proud. Fluorescenční trubice, jako jsou plynové výbojky, jsou zvláště citlivé na správné nastavení napětí a proudu. Větší proudy sice zvětší ionizaci a počet elektronů, které excitují fluorescenční látku, a tudíž i světelný výkon trubice, ale na druhé straně zvyšují teplotu elektrod a zkracují jejich životnosti. Z katody se uvolňují částice, které mohou kontaminovat atmosféru v trubici, v každém případě se však zkracuje životnost trubice. Příliš nízký proud může vést k příliš nízké teplotě stěny trubice, na které mohou potom páry rtuti kondenzovat a tak nepříznivě ovlivňovat stejnoměrnost vystupujícího světla. Dále, ve většině konstrukcí výbojkových trubic je pro správný průběh startu žádoucí nebo i nezbytné elektrody vytápět. Řízení napětí a/nebo proudu a vytápění elektrod mají obvykle na starosti vnější elektronické obvody, které jsou většinou integrovány do jediného zařízení, kterému se říká „startér“ (stabilizátor, zapalovač). Existuje mnoho různých konstrukcí startéru, od jednoduchých elektromagnetických induktorů až po komplikované elektronické obvody, které činnost trubice nejen řídí, ale i optimalizují.

V přednostním provedení vynálezu se každý ze startérů 20 skládá ze tří hlavních funkčních částí: vstupního filtračního obvodu, obvodu výkonového oscilátoru a vysokofrekvenčního výstupního transformátoru.

Vstupní filtrační obvod usměrňuje střídavé napětí 120 V na stejnoměrné, které využívá výkonový oscilátor. Filtr rovněž brání případným rušením ze sítě nepříznivě ovlivňovat činnost startéru a nedovoluje pronikání spínacích pulzů oscilátoru zpět do sítě. Nakonec, tento okruh rovněž vyhlazuje špičky ve spotřebě startéru, takže špičkový odebíraný proud startéru je nižší než u jednoduchého usměrňovače. Přednostní provedení vynálezu je možné provozovat i s napájením ze stejnoměrného zdroje.

Výkonový oscilátor je prvkem přenosu elektrické energie v každém ze startérů 20; skládá se z páru spínacích tranzistorů spojených do rezonančního obvodu, do kterého vstupuje i signál z výstupního transformátoru. Slabý signál z výstupního transformátoru se vede zpět na vstup spínacích tranzistorů, takže přivede-li se do oscilátoru stejnoměrné napětí, začne kmitat. Energie z oscilace se přes transformátor vede do trubice. V této konstrukci startéru 20 je velikost kmitů úměrná stejnosměrnému napětí, které je úměrné napájecímu napětí střídavému. Protože transformátor je spojen přímo s elektrodami trubice, je velikost proudu procházejícího trubicemi přímo úměrná napájecímu střídavému napětí. Taková konstrukce startéru 20 (s proměnným wattovým výkonem) umožňuje snadné nastavení výstupního výkonu trubice.

Vysokofrekvenční transformátor přímo napájí trubice a mimo to plní některé další důležité funkce. Zajišťuje elektrickou transformaci mezi napětíovými úrovněmi a tvoří proud omezující impedanci. Zajišťuje i zpětnou vazbu k oscilátoru, která napomáhá stabilizaci jeho činnosti, a tvoří mechanismus pro generování počátečního vysokonapětového startovacího pulzu.

Přidaná vinutí transformátoru také zajišťují proud pro vytápění elektrod trubice. Zahřátím elektrod se sníží startovací napětí a omezí se poškození elektrod vlivem počátečního proudového nárazu.

Kvůli výrobním tolerancím trubice musí být možné nastavení výstupního výkonu trubice podle požadavků konkrétního PDT použití. Nastavování výkonu také kompenzuje změny způsobené degradací samotné trubice vlivem jejího stárnutí. V přednostním provedení jsou startéry 20 startéry s proměnným wattovým výkonem, u kterých lze výstup trubice nastavovat jednoduše změnou napájecího napětí startéru. V přednostním provedení vynálezu je možné měnit výstupní výkon trubice v rozsahu až 40 % pomocí dvou přídatných snižovacích / zvyšovacích auto-transformátorů 60 zařazených do napájecího síťového vedení.

Napájecí napětí se může nastavovat ručně nebo automaticky. V jednom provedení vynálezu se napětí nastavuje ručně. Odpovídající napájecí napětí nastaví obsluha manuálně výběrem příslušné odbočky na dvou auto-transformátorech 60. Protože kolísání napětí ve střídavém napájecím vedení ovlivňuje napětí startéru 20, lze stabilitu výstupu svítidla zlepšit stabilizací napájecího

síťového napětí. Jiné přednostní provedení vynálezu má proto automatické nastavování napětí včetně „aktivního“ systému mikropočítačem aktivovaných elektronických spínačů. Použití takového systému samozřejmě nepotřebuje vnější napěťovou stabilizaci ani ruční nastavování napětí startéru 20. Do mikropočítače vstupují vstupní signály od optického a napěťového čidla a na jejich základě se aktivuje příslušný elektronický spínač na odbočce transformátoru tak, aby výstupní záření zůstávalo v požadovaných mezích. Aktivní spínací systém je rovněž schopen reagovat na změny výstupního výkonu vlivem změn napájecího napětí a teploty v průběhu léčení; vnější napěťová stabilizace tedy není u přednostního provedení s aktivním spínacím systémem potřeba. Aktivní spínací systém v přednostním provedení vynálezu bude podrobně popsán dále v textu.

V přednostním provedení vynálezu přísluší sedmi světelným zdrojům 10(1) až 10(7) představovaných fluorescenčními trubnicemi tři rychlé elektrické startéry 20. Startér 20(1) napájí dva světelné zdroje 10(1) a 10(7), startér 20(3) napájí také dva světelné zdroje 10(2) a 10(6) a startér 20(2) napájí tři trubice 10(3), 10(4) a 10(5). Startér převádí 120 V střídavého napájecího napětí z normálního síťového rozvodu na vysokofrekvenční (asi 25 kHz) napětí se sinusovým průběhem. Vysoká frekvence je velmi žádoucí, protože se tak omezí zvlnění optického výstupu, které doprovází záření ze všech fluorescenčních trubic, a zvýší celkový výstupní výkon. Výstupní zvlnění je slabé kolísání výstupu trubice způsobené sinusovým průběhem proudu, který udržuje plazmový oblouk v trubici.

#### Přenos viditelného světla

Kvůli využití viditelného světla vyzařovaného ze zadní části trubice a kvůli zlepšení stejnoměrnosti výstupní výkonu je svítidlo vybaveno reflektorem 50, který se nachází asi 10 mm od zadního povrchu trubic. Reflektor 50 je vyroben z leštěného hliníkového plechu, který je vytvarován tak, aby přibližně sledoval tvar trubic.

Vyzařovací plocha svítidla je překryta plastovým krytem 40 s nízkou prostupností pro UV záření. V přednostním provedení je plastový kryt 40 z polykarbonátu. Výstupní spektrum fluorescenčních trubic obsahuje malou část UV světla. Polykarbonát má velmi nízkou prostupnost pro UV záření a v podstatě odfiltruje veškeré zbytkové UV záření ve viditelném výstupu jednotky. Kryt 40 rovněž chrání pacienta před zraněním v případě prasknutí trubice.

#### 35 Chlazení

Protože teplota elektrod a stěn trubice silně ovlivňuje rozložení výstupního výkonu, je svítidlo vybaveno chladicím systémem, který se stará o správnou teplotu všech částí, které mají vliv na celkovou činnost. V přednostním provedení vynálezu se chladicí systém skládá z otvorů v polykarbonátovém krytu 40, reflektoru 50 a skříni 30, a ventilátoru 70, které odsávají ohřátý vzduch.

Okolní vzduch vstupuje do svítidla vstupního otvory 42 v polykarbonátovém krytu 40. Prostor mezi krytem 40 a reflektorem 50 tvoří první zónu, ve které okolní vzduch proudí okolo světelných zdrojů 10(1) až 10(7). Okolní vzduch se od trubic ohřeje a otvory 52 v reflektoru přejde z první zóny do druhé zóny, která je vymezená prostorem mezi reflektorem 50 a skříní 30. Otvory 52 v reflektoru 50 leží v místech  $\pm 45^\circ$  od podélné osy jednotky (v blízkosti přechodu obloukového segmentu trubice do přímého) přibližně v místech přechodu přímého segmentu trubice do segmentu obloukového. Ohřátý vzduch se odsává přes výstupní otvory 32 v skříni 30 čtyřmi ventilátory 70.

V přednostním provedení vynálezu je množství (na obr. 6 je jejich třicet šest) vstupních otvorů 42 v polykarbonátovém krytu 40 rozmístěno s pravidelnými rozestupy podél hrany krytu 40 přímo nad oblastí elektrod. Otvory 52 v reflektoru 50 tvoří dva páry štěrbin ve dvou řadách odshora až dolů; otvory 52 leží přímo oproti ventilátorům 70, které jsou umístěny na  $\pm 45^\circ$  od podélné osy jednotky.

Přímý segment trubice mezi elektrodou a přechodem do obloukového segmentu U trubice vydává o něco větší světelný výkon než střední část oblouku. Důvodem je pravděpodobně nerovnoměrná tloušťka fosforového povlaku, která může být důsledkem ohýbání trubice. Pro zvýšení stejno-  
 5 měrnosti výstupu svítidla jsou proto otvory 52 v reflektoru 50 umístěny tak, aby chladicí vzduch omýval přednostně přímé segmenty a koncové části obloukových segmentů trubice. Pro střední část trubic mezi otvory 52 v reflektoru 50 je chlazená jen málo, takže teplota stěny trubice je v této oblasti větší. Protože výstupní výkon fluorescenční trubice se zvyšuje s teplotou (do určitého bodu) stěny trubice, vydává teplejší střední oblast více záření než chladnější ostatní části a kompenzuje tak horší účinnost v přeměně elektrické energie na optickou.

#### Základní ovládání

V přednostním provedení svítidla ovládací prvky zahrnují hlavní síťový vypínač 80, který se  
 15 nachází na zadní stěně skříně 30, a zámkový spínač 90 a časovač 100, které se nachází na boční stěně skříně 30. Časovač obsahuje ukazatel 102 expoziční doby, který zobrazuje čas zbývající do ukončení léčebného zásahu.

Hlavní síťový vypínač 80 je částí jištěného síťového modulu, který tvoří dvupolohový kolébkový spínač a IEC (International Electrotechnical Commission) standardní kabel se zástrčkou.  
 20 Přesunutím vypínače do polohy „zapnuto“ se zapne napájení systému. Tím se spustí ventilátory 70, ale světelné zdroje 10(1) a 10(7) zůstanou bez proudu, dokud se nezapne zámkový spínač 90 a nenastaví se a nespustí časovač 100. Když je hlavní síťový vypínač 80 v poloze „vypnuto“, je systém od síťového střídavého napájení odpojen. Jištění síťového modulu zaručuje proudovou ochranu svítidla a omezuje proud pro případ rázů; v případě, že jedna ze dvou pojistek vyhoří, proud do jednotky přes hlavní síťový vypínač 80 neprojde.

Zámkový spínač 90 zajišťuje, že nakládání se svítidlem podle vynálezu zůstane vyhrazeno pouze  
 30 povolaným osobám. V přednostním provedení vynálezu je pro nastavení časovače 100 a rozsvícení světelných zdrojů 10(1) až 10(7) nutné vložit do zámků spínače 90 klíč a otočit jím o 1/4 otáčky ve směru hodinových ručiček. Tím se aktivuje časovač 100, takže je možné nastavit požadovaný čas expozice.

V přednostním provedení vynálezu časovač 100 přímo řídí činnost světelných zdrojů 10(1) až  
 35 10(7) představovaných fluorescenčními trubicemi. Časovač 100 má tři nastavovací/řídící tlačítka 104: jedno start/stop tlačítko a dvě tlačítka pro nastavení času, a ukazatel 102 expoziční doby. Časovač 100 slouží pro nastavení požadované expoziční doby a spuštění procesu generování viditelného světla. Po uplynutí nastavené expoziční doby časovač trubice automaticky vypne.

Dvě tlačítka 104 nastavení času jsou s výhodou membránové spínače. Stisknutím tlačítka 104 se  
 40 šipkou „nahoru“ se expoziční doba prodlužuje a stisknutím tlačítka 104 se šipkou „dolů“ se expoziční doba zkracuje. Při prvním stisknutí těchto tlačítek se hodnota na ukazateli 102 mění pomalu. Pokud stisk trvá, rychlost vzroste. Jemné změny zobrazené doby lze provést rychlým stisknutím a okamžitým uvolněním příslušného tlačítka. Popsaným způsobem může uživatel nastavit požadovanou expoziční dobu.

Start/stop tlačítko 104 je také membránový spínač, který řídí činnost trubic; jeho stisknutím se  
 50 trubice a časovač buď vypnou, nebo zapnou, podle toho, jaký byl předchozí stav. Po nastavení expoziční doby se stisknutím tohoto tlačítka 104 aktivují trubice a spustí se odpočítávání časovače 100. Opakované stisknutí trubic vypne a časovač 100 zastaví, takže léčení je možné podle potřeby přerušit. Pokud se start/stop tlačítko 104 v průběhu expozice podruhé nestiskne, vypne trubice časovač 100 automaticky po uplynutí nastavené expoziční doby. Léčení lze ukončit také, pokud je to nutné, otočením klíče v zámkovém spínači 90 do polohy „vypnuto“ nebo přesunutím hlavního síťového vypínače 80 do polohy „vypnuto“.

55

Ukazatel 102 expoziční doby na časovači 100 je přednostně čtyřmístný LED zobrazovač, který ukazuje minuty a sekundy. Před stisknutím start/stop tlačítka 104 ukazatel 102 ukazuje, jaká expoziční doba byla nastavena. Po stisknutí start/stop tlačítka 104 začne časovač odpočítávat a zobrazovač ukazuje dobu, která do ukončení expozice zbývá. Když se na zobrazovači objeví „00:00“, trubice se automaticky vypnou.

Elektrická energie se ke svítidlu přivádí třížilovým napájecím kabelem. Požadavky na napájení jsou v přednostním provedení vynálezu 120 VAC, 2.5 A, 60 Hz stabilizovaný standardním vnějším napěťovým regulátorem (např. SOLA MCR1000 transformátorem s konstantním napětím).

#### Automatické řízení

Jak bylo uvedeno výše, výkon trubic časem klesá vlivem stárnutí a je proto nutné zvyšovat napětí startéru 20, kterým se snížení výkonu vyrovná. V přednostním provedení vynálezu je potřeba ručního nastavení napětí startéru 20 nahrazena automatickým systémem samočinného nastavování napětí. Místo ručního přestavování propojek odboček transformátoru je součástí svítidla „aktivní“ systém mikropočítačem aktivovaných elektronických spínačů (obr. 9 a 9A až 9D). Mikropočítač přijímá vstupy od optického a napěťového čidla a na základě vyhodnocení těchto vstupů aktivuje odpovídající elektronický spínač tak, aby se výstupní výkon udržoval v předem stanovených mezích. Aktivní přepínací systém je schopen korigovat změny ve výkonu způsobené kolísáním síťového napětí a teploty v průběhu léčení; stabilizace síťového napětí tedy není v přednostním provedení, které má automatické nastavování napětí startéru 20, potřeba. Ostatní prvky provedení s automatickým nastavováním napětí startéru 20, jako jsou světelné zdroje 10(1) až 10(7), startéry 20, reflektor 50 a polykarbonátový kryt 40, jsou shodné s provedením s ručním nastavováním.

V přednostním provedení vynálezu se elektronický řídicí systém 110 skládá ze šesti funkčních bloků. Mikropočítač 200 je centrální procesorovou jednotkou (CPU); obsahuje firemní programové vybavení (firmware), které čte hodnoty ze snímačů, určuje stav systému, řídí napětí startéru 20 (a tudíž i výstupní výkon trubic) a poskytuje uživatelské informace pomocí stavové luminescenční diody (LED) 112 (programové vybavení bude podrobně popsáno dále). Mikropočítač 200 sleduje výstupní výkon trubic pomocí optického čidla 120, které se nachází za reflektorem 50 (viz obr. 11). Difúzní viditelné světlo k čidlu 120 přichází od tří středních trubic 10(3) až 10(5) přes štěrby 122(3) až 122(5) v reflektoru 50, které jsou umístěny mírně vlevo od středu. Obvod 210 snímání napětí informuje mikropočítač 200 o zahájení odpočítávání časovačem 100 a o dosažení maximálního dovoleného napětí startéru 20. Oba tyto vstupy mikropočítač 200 vyhodnotí, porovná okamžitý stav systému s hodnotami, které si uložil do paměti při kalibraci, a určí, zda je nutné změnit nastavení napětí startéru 20.

Nastavení napětí startéru 20 probíhá pomocí pole elektronických spínačů, které jsou od výstupů mikropočítače 200 galvanicky odděleny opto–izolátory 222. Nakonec, pokud systém nepracuje správně nebo není schopen dosáhnout předepsaných parametrů výstupního výkonu, aktivuje mikropočítač 200 stavovou LED diodu 112. Jednotlivé funkční bloky elektronického řídicího systému 110 budou nyní popsány podrobně.

V přednostním provedení vynálezu je mikropočítačem 200 plně programovatelný jednočipový mikropočítač (např. Microchip PIC16F84), který v jediném monolitním integrovaném obvodu zahrnuje aritmetickou logickou jednotku, systémovou RAM, stálou RAM, ROM a obvody rozhraní. Mikropočítač 200 zahrnuje také elektronicky nezávislý hlídací (watch–dog) časovací obvod, který se naprogramuje tak, aby CPU v případě poruchy hardwaru nebo chyby ve vykonávání programu vynuloval. Se snímači, stavovou LED diodou 112 a polem elektronických spínačů je mikropočítač 200 propojen dvanácti programovatelnými vstupně–výstupními (I/O) trasami. Parametry z kalibrace systému jsou uloženy v integrované stálé RAM paměti a systémové programové vybavení je uloženo v integrované ROM paměti. Programové vybavení se do ROM naprogramuje a ověří pomocí vnějšího programovacího hardwaru.

V přednostním provedení vynálezu se pro zjišťování světelného výstupu trubic použije optické čidlo 120 (např. optické čidlo Texas Instruments TSL230B) a jeho výstup se použije jako regulační kritérium. Velkoplošná fotodioda a integrovaný proudově–frekvenční převodník (v případě TSL230B čidla) dávají výstupní signál v podobě série digitálních pulzů. Přímý převod optického signálu do digitálního formátu zjednodušuje zapojení, nevyžaduje kalibraci a netrpí problémy kolísání výstupu jako obdobná analogová zařízení.

Optické čidlo 120 se nachází za střední trubicí 10(4) a reflektorem 50 mírně vlevo od osy svítidla. Kvůli měření příspěvků od více trubic je reflektor 50 opatřen třemi štěrbinami 122(3) až 122(5) za třemi prostředními světelnými zdroji 10(3) až 10(5). Průřezy a polohy těchto štěrbin 122(3) až 112(5) se zvolí tak, aby světlo přicházející od všech tří světelných zdrojů 10(3) až 10(5) mělo u čidla 120 stejnou energii. V přednostním provedení vynálezu je podíl ploch průřezů libovolných dvou štěrbin 122(3) až 122(5) nepřímě úměrný čtverci jejich vzdálenosti od optického čidla 120. Optické čidlo 120 je překryto filtrem, který má sladit spektrální odezvu čidla 120 se spektrální odezvou optometru, který byl použit jako měřicí standard pro kalibraci. Dále je optické čidlo 120 překryto skleněným difuzérem, který minimalizuje vliv polohy snímače vzhledem ke štěrbinám 122(3) až 122(5).

Obvod 210 snímání napětí zajišťuje dvě funkce: za prvé koordinuje činnost mikropočítače 200 se systémovým časovačem 100, za druhé mikropočítač 200 informuje o dosažení maximálního dovoleného napětí startéru 20. V přednostním provedení vynálezu (viz obr. 9A) je obvodem 210 snímání napětí CD4046 CMOS PLL (phase lock loop) obvod 214, který pracuje jako napěťově řízený oscilátor (VCO – voltage controlled oscillator). Vzorek síťového napětí přiváděného ke startéru 20 se usměrní a použije pro napájení CD4046 a zpracování do VCO výstupu. Obvod vysílá sled digitálních pulzů, jejichž frekvence je úměrná napětí startéru 20. Sled se přes optizolátor 222 vede do mikropočítače 200, který z měření délky pulzu určuje napětí startéru 20.

Zjišťování stavu systémového časovače 100 se dosáhne tak, že se kontakty relé časovače 100 zapojí do série s přivodním vedením napájení startéru 20. Když je časovač 100 vypnutý (např. neprobíhá-li ozařování), není pod napětím ani startér 20, ani obvod 210 snímání napětí. Pokud mikropočítač 200 takový stav zjistí, vynuluje všechny systémové proměnné a smyčky. Při inicializaci odpočítávání kontakty relé časovače 100 sepnou a jak ke startéru 20, tak k obvodu 210 snímání napětí se přivede proud. Mikropočítač 200 zjistí sled pulzů od obvodu 210 a zahájí regulování (viz níže). Ačkoliv obvod regulátoru umí nastavovat napětí startéru 20, ovládá se doba trvání léčení hardwarově časovačem 100 a sériovým zapojením jeho reléových kontaktů do napájecí trasy.

Po zahájení léčení viditelným světlem mikropočítač 200 sleduje VCO pulzy a porovnává je s hodnotou uloženou do jeho paměti v průběhu nastavování a kalibrace. Pokud je měřená hodnota větší než hodnota uložená, není další zvýšení napětí startéru 20 možné. Hodnota uložená v paměti mikropočítače 200 odpovídá napětí startéru 20 z té odbočky transformátoru, která je nejbližší nižší maximálnímu pracovnímu napětí startéru 20. Brání se tak možné volbě takové odbočky transformátoru, která by mohla způsobit překročení dovoleného napětí startéru 20. Tímto postupem se předchází zbytečnému přepínání a zároveň je zajištěno, že napětí startéru 20 nikdy nepřekročí jeho maximální dovolené pracovní napětí (v přednostním provedení vynálezu je to 133 VAC).

Na obr. 9C a 9D je elektrické schéma pole elektronických spínačů pro výběr odbočky transformátoru. Pole tvoří šest tyristorových elektronických spínačů 220, které propojují napájecí vedení startéru 20 a odbočky snižovacích / zvyšovacích auto–transformátorů 60. Řídící hradla tyristorových spínačů 220 jsou elektro–opticky připojena k mikropočítači 200. Mikropočítač 200 tak může zvyšovat nebo snižovat napětí přiváděné ke startérům 20 (zvyšovat nebo snižovat výkon trubic) tím, že aktivuje odpovídající řídicí hradlo a vybere odpovídající odbočku.

Pokud výstupní záření neodpovídá požadovaným parametrům nebo pokud došlo k poruše řídicího systému, projeví se to v přednostním provedení vynálezu na stavové LED diodě 112. Zásah s vnějším měřicím přístrojem není nutný.

- 5 V přednostním provedení vynálezu je stavovým ukazatelem jediná LED dioda 112 a možným různým stavům odpovídají různé světelné projevy.

10 Okamžitě po otočení klíče do polohy „zapnuto“, LED dioda 112 třikrát blikne aby naznačila, že systém je funkční a připravený pro provoz. Pokud to neudělá, znamená to, že buď dioda 112 nebo mikropočítač 200 nepracuje správně, nebo že byl zámkový spínač 90 zapnut, vypnut a znovu zapnut příliš rychle a mikropočítač 200 nestačil ovládnout LED diodu 112 vynulovat. Pokud dioda 112 třikrát nezabliká po vypnutí napájení na dobu několika sekund a opakovaném zapnutí, neměla by se jednotka použít.

15 Rychlé blikání okamžitě po zapnutí zámkového spínače 90 ukazuje na chybu kontrolního součtu (checksum error) v mikropočítači 200. K tomu může dojít v případě problémů s hodnotami pro optickou regulaci a omezení napětí startéru 20, které jsou uloženy v paměti mikropočítače 200. V takovém případě je jednotka neprovozuschopná a nerozsvítí se.

20 Pokud LED dioda 112 pomalu bliká po zahájení časovaného ozařování, znamená to, že se regulátor pokusil a opakovaně se mu 10x nepovedlo snížit výstupní výkon svítidla tak, aby byl v požadovaných mezích. Výstupní výkon může být příliš vysoký a napětí startéru 20 již nejde snížit. Příčinou může být porucha mikropočítače 200 nebo některého jiného prvku. Pokud v průběhu léčení LED dioda 112 pomalu bliká, je nutno ozařování přerušit, protože výkon může  
25 být vyšší než předepsané maximum.

30 Pokud LED dioda 112 po zahájení časovaného ozařování nepřerušovaně svítí, znamená to, že se regulátor pokusil a opakovaně se mu 10x nepovedlo zvýšit výstupní výkon svítidla tak, aby byl v požadovaných mezích. Výstupní výkon může být příliš nízký a napětí startéru 20 již nejde zvýšit. Příčinou může být porucha mikropočítače 200 nebo některého jiného prvku. Pokud v průběhu léčení LED dioda 112 pomalu nepřerušovaně svítí, ale neblinká, lze s ozařováním pokračovat, ale je nutné počítat s tím, že kvůli nižšímu výkonu nemusí mít předpokládanou účinnost. Pokud se výstupní výkon dostane do předepsaných mezí, LED dioda 112 zhasne.

35 Firemní programové vybavení mikropočítače 200 má tři hlavní moduly: startovní (power-on setup), kalibrační a regulační. Při léčení pacientů dojdou uplatnění pouze startovní modul a regulační modul.

40 Startovní modul se spouští po zapnutí napájení mikropočítače 200, tj. poté, co se do zámkového spínače 90 vloží klíč a otočí se jím do polohy „zapnuto“. Vynulují se systémové proměnné a ze stálé RAM paměti se nahrají uložené kalibrační hodnoty. Dále se provede kontrola celkového součtu a porovnání se s uloženou hodnotou. Nesouhlas způsobí odstavení systému a spuštění rychlého blikání LED diody 112. Po proběhnutí úspěšného startu se řízení předá regulačnímu modulu.

45 Při spuštění regulačního modulu mikropočítač 200 začne zjišťovat napětí. V této napětí zajišťující smyčce mikropočítač 200 setrvává, dokud nezjistí buď sled pulzů z napětového obvodu, nebo uzavření servisních kontaktů na jedné z obsluze přístupných propojek. V této smyčce se také nulují vnitřní hodiny a chybové návěsti. Pokud se zjistí uzavření servisních kontaktů, řízení se  
50 předá kalibračnímu modulu (bude popsán dále). Po nastavení expoziční doby na časovači 100 a stisknutí „START“ tlačítka 104, zjišťuje mikropočítač 200 sled pulzů z VCO a přejde do hlavní regulační smyčky. Tím se zároveň spustí vnitřní hodiny (nezávisle na časovači 100). Hlavní regulační smyčka podle dále popsaného algoritmu každé tři sekundy čte výstupy VCO, optického čidla 120 a vnitřních hodin; vybírá novou odbočku (pokud je to potřeba); a zobrazuje systémové

chyby. Provádění smyčky pokračuje až do chvíle, kdy časovač ukončí léčení a tedy i VCO sled pulzů.

5 Po zahájení odpočítávání časovačem 100 nastaví mikropočítač 200 spínací pole tak, aby pustilo napětí ke startérům 20. V průběhu prvních 2.5 minut léčení (podle vnitřních hodin) měří optické čidlo 120 výstupní výkon a odbočky transformátoru se volí tak, aby výstupní záření bylo mezi polovinou spodní regulační meze a horní regulační mezí (9.3 a 10.7 mW/cm<sup>2</sup> v přednostním provedení vynálezu), které jsou uloženy v paměti. Tím se umožní optimální zahřátí trubic při dodržení požadovaných parametrů výstupu.

10 Po prvních dvě a půl minutách provozu přepne mikropočítač 200 spodní regulační mez na uloženu hodnotu (9.3 mW/cm<sup>2</sup> v přednostním provedení vynálezu), horní regulační mez se nezmění. Pět minut po každém regulačním zásahu, tj. nastavení napětí startéru 20, by výstupní výkon měl zůstat v požadovaném rozsahu. Dále se meze již nemění, takže výstupní záření zůstane v těchto mezích po celou dobu léčení.

20 Pokud nelze výstupní výkon udržet v požadovaném rozmezí, chybová návěstí aktivují stavovou LED diodu 112. Systémová chyba se objeví až po deseti neúspěšných pokusech regulátoru chybový stav napravit. Trubice tak mají čas reagovat na řídicí vstupy a předchází se indikací chyb z „rušení“.

25 V každém průchodu smyčkou mikropočítač 200 pomocí VCO změří napětí startéru 20 a, pokud je napětí na maximální hodnotě, nastaví zákazové návěstí. Ačkoliv tato akce chybu přímo nezpůsobí, může se stát, že se chybový stav objeví později, až výstup bude příliš nízký, ale kvůli zákazovému návěstí jej nebude možné zvýšit. Po ukončení léčení vypršením časovače 100 se zastaví i sled pulzů z VCO a mikropočítač 200 se vrátí do napětí zjišťující smyčky, ve které setrvá až do zahájení dalšího ozařování.

30 Data pro kalibrační modul se do mikropočítače 200 nahrají ještě před instalací přístroje na lékařském pracovišti. Hodnoty maximálního dovoleného napětí startéru 20 pro obvod 210 snímání napětí a signálů optického čidla 120, které odpovídají spodní a horní regulační mezí, se do paměti mikropočítače 200 naprogramují pomocí nastavovacího a kalibračního algoritmu.

35 Pro nastavení maximálního napětí startéru 20 se zkratuje kalibrační propojka na desce plošných spojů a mikropočítač 200 po zapnutí přejde do napěťového kalibračního režimu. Pomocí zdroje referenčního střídavého napětí se napětí startéru 20 nastaví na napětí té odbočky transformátoru, která je nejbližší nižší maximálnímu dovolenému napětí startéru (127 VAC v přednostním provedení vynálezu). Druhým zkratováním kalibrační propojky se hodnota napětí i její kontrolní součet uloží do stálé paměti mikropočítače 200. Dokončení akce indikuje při každém zkratování propojky stavová LED dioda 112 blikáním.

40 V dalším kroku se v optickém kalibračním režimu do paměti mikropočítače 200 uloží hodnoty spodní a horní regulační meze optického výkonu. Do referenčního místa se vloží referenční UDT optometr (například přístroj UDT S370 se sestavou detektoru 247 a kosinového difuzéru).  
45 V přednostním provedení vynálezu je referenčním bodem místo ve středu terapeuticky aktivní oblasti ve vzdálenosti 7,5 cm (3 palců) od polykarbonátového krytu 40. Napětí startéru 20 se mění pomocí zdroje střídavého napětí tak, aby optometr ukázal požadovaný maximální výkon. Odpovídající výstupní signál z optického čidla 120 se uloží do paměti mikropočítače 200 jako horní regulační mez. Postup se zopakuje i pro dolní regulační mez. Nakonec se vypočte a uloží i kontrolní součet a mikropočítač 200 se vrátí do startovacího modulu a zahájí normální provoz.  
50 Stejně jako v případě napěťové kalibrace i zde LED dioda 112 bliká při každém z uložení kalibračních dat do paměti.

Zjistilo se, že u přednostního provedení vynálezu se (při měření kosinovým detektorem) změřený výstupní výkon pohybuje nad 70 % změřeného maximálního výkonu ve vzdálenostech 10 cm (4") a 5 cm (2") a nad 60 % změřeného maxima ve všech pracovních vzdálenostech.

5 Příkladná diagnostická a léčebná metoda

Nyní bude popsán příklad léčení předrakovinného poškození (léze), jako je aktinická keratóza, metodou PDT pomocí svítidla podle vynálezu spolu s kyselinou 5-aminolevulinovou (ALA).

10 V podstatě bezvodá ALA se těsně před použitím rozmíchá v kapalném rozpouštědle. ALA směs se místně aplikuje do poškození pomocí bodového aplikátoru. Vhodný aplikátor je popsán v patentu US 5 954 703 (podané 31. října 1997) a vlastnosti ALA jsou popsány v patentu US 5 856 566 (podané 2. září 1997). Obsah těchto patentů je jako reference součástí tohoto textu.

15 Poté, co počáteční aplikace ALA směsi vyschne, lze aplikaci ještě jednou nebo dvakrát opakovat. Celkem se podá asi  $2 \text{ mg/cm}^2$  ALA. Vznik fotocitlivého porfyrinu a fotosenzitizace léčeného poškození proběhne v příštích 14 až 18 hodinách, ve kterých by se pacient měl vyhnout ozáření přímým sluncem nebo jiným jasným světelným zdrojem. Čtrnáct až osmnáct hodin po podání ALA se poškození ozáří svítidlem podle vynálezu. Svítidlo poškození ozařuje stejnoměrným  
20 modrým světlem po předepsanou dobu. V přednostním způsobu léčení má viditelné světlo jmenovitou vlnovou délku 417 nm.

Protože celková dávka ( $\text{J/cm}^2$ ) se vypočte jako součin intenzity ( $\text{W/cm}^2$ ) a doby (s) je jediným dalším parametrem, který je nutné řídit pro správné léčebné dávkování světla, expoziční čas.  
25 V přednostním provedení vynálezu se expoziční doba řídí časovačem 100, který ovládá napájení startérů 20 a který může být nastaven lékařem. Zkušenosti ukazují, že  $10 \text{ J/cm}^2$  ze zdroje s intenzitou záření  $10 \text{ mW/cm}^2$  dává klinicky uspokojivé výsledky. Z výše uvedeného vztahu lze vypočítat expoziční dobu jako 1000 s (16 minut, 40 sekund). Zvolenou dávku světelného záření lze podat také při jiných intenzitách záření.

30 Další výhody a úpravy vynálezu budou jistě odborníkům zřejmé. Ačkoliv byl vynález výše popsán na příkladných provedeních, neměla by tato provedení být chápána v omezujícím smyslu. Všechny možné úpravy a změny by se měly posuzovat v duchu a rozsahu připojených patentových nároků.

35

## PATENTOVÉ NÁROKY

40

1. Svítidlo pro diagnostikování nebo léčení tvarových ploch obsahující skříň (30) pro uložení množiny světelných zdrojů (10) ozařujících plochu v podstatě stejnoměrnou intenzitou světla, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že světelné zdroje (10) jsou tvořeny sadou světelných zdrojů (10(1) až 10(7)) z nichž každý má příčný průřez, zahrnující obecně obloukovitou část (10A) a ramena (10B), protahující se od příslušných konců uvedené obloukovité části (10A), světelné zdroje jsou přizpůsobeny tvarové ploše a ozařují plochu viditelným světlem a skříň (30) nese sadu světelných zdrojů s ohledem na tvarovou plochu.

50 2. Svítidlo podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že každý ze světelných zdrojů (10) zahrnuje obloukovitou střední část (10A) a ramena (10B), protahující se od odpovídajících konců střední části; a skříň (30) zahrnuje otvor pro umožnění vložení/vyjmutí tvarové plochy mezi ramena (10B) směrem ke střední části (10A).



3. Svítidlo podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že střední část (10A) je obecně půlkruhová a ramena (10B) jsou protažena navzájem rovnoběžně z odpovídajících konců střední části (10A).
- 5 4. Svítidlo podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že obloukovitá střední část (10A) má poloměr křivosti kolem 19 cm.
- 10 5. Svítidlo podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje chladicí systém uzpůsobený pro zabezpečení většího chlazení ramen (10B) a konců střední části než střední části (10A).
- 15 6. Svítidlo podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje reflektor (50) uložený ve skříni (30) a umístěný mezi množinou světelných zdrojů (10) a tvarovou plochou; a kryt (40) je uložený ve skříni (30) a je umístěný mezi množinou světelných zdrojů a tvarovou plochou, přičemž chladicí systém zahrnuje: vstupní otvory (42) v krytu (40) uzpůsobené pro přenos teplého okolního vzduchu z první zóny mezi reflektorem (50) a krytem (40) do druhé zóny mezi reflektorem (50) a skříni (30); a výstupní otvory (32) ve skříni (30) uzpůsobené pro výstup ohřátého okolního vzduchu.
- 20 7. Svítidlo podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje alespoň jeden ventilátor (70) uzpůsobený pro nasávání okolního vzduchu vstupními otvory (42) a vyfukování ohřátého vzduchu výstupními otvory (32).
- 25 8. Svítidlo podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že vstupní otvory (42) tvoří perforace v krytu (40) bezprostředně u volných konců ramen (10B), a střední otvory (52) tvoří perforace v reflektoru (50) bezprostředně u konců střední části (10A).
- 30 9. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že světelné zdroje (10) jsou obecně navzájem rovnoběžné a rozestupy mezi přílehlými z množiny světelných zdrojů (10) se mění podél tvarové plochy.
- 35 10. Svítidlo podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že rozestupy jsou větší mezi vnitřními z množiny světelných zdrojů (10) než mezi vnějšími z množiny světelných zdrojů (10).
- 40 11. Svítidlo podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že skříň (30) zahrnuje vyzařovací plochu; a množina světelných zdrojů (10) zahrnuje sedm světelných zdrojů (10(1),...10(7)), které mají první rozestupy od nejnvnitřnějšího světelného zdroje (10(4)) ze světelných zdrojů ke každému ze sousedních světelných zdrojů (10(3), 10(5)), druhé rozestupy mezi středními světelnými zdroji (10(2), 10(6)) a odpovídajícími sousedními světelnými zdroji (10(3), 10(5)) druhé strany nejnvnitřnějšího světelného zdroje (10(4)), třetí rozestupy mezi nejkrajnějšími ze světelných zdrojů (10(1), 10(7)) a odpovídajícími sousedními prostředními světelnými zdroji (10(2), 10(6)), a čtvrté rozestupy mezi nejkrajnějšími světelnými zdroji (10(1), 10(7)) a okraji vyzařovací plochy; a první rozestupy jsou přibližně 7 cm, druhé rozestupy jsou přibližně 5 cm, třetí rozestupy jsou přibližně 3,5 cm a čtvrté rozestupy jsou přibližně 2,5 cm.
- 45 12. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že světelné zdroje (10) vytvářejí viditelné světlo v podstatě pouze v modré části spektra.
- 50 13. Svítidlo podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že světlo má spektrum s nominální vlnovou délkou  $417 \pm 5$  nm a nominální šířkou 30 nm.
14. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že množina světelných zdrojů (10) zahrnuje fluorescenční trubici s vnitřním povlakem  $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Eu}$ .

15. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že množina světelných zdrojů (10) poskytuje maximální celkovou vyzařovací plochu přibližně 2850 cm<sup>2</sup> a minimální terapeuticky aktivní vyzařovací plochu asi 1350 cm<sup>2</sup>.
- 5 16. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje kryt (40) uložený mezi množinou světelných zdrojů (10) a tvarovou plochou; přičemž intenzita záření z množiny světelných zdrojů (10) na aktivní vyzařovací plochu ve vzdálenosti přibližně 5 cm (2 palce) od krytu (40) a ve vzdálenosti přibližně 10 cm (4 palce) od krytu je alespoň 70 % maximální intenzity ozáření.
- 10 17. Svítidlo podle nároku 16, **vyznačující se tím**, že intenzita záření z množiny světelných zdrojů (10) na aktivní vyzařovací plochu je alespoň 60 % maximální intenzity záření ve všech pracovních vzdálenostech od krytu (40).
- 15 18. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že výstupní výkon množiny světelných zdrojů (10) je přibližně 9 až 11 mW/cm<sup>2</sup>.
19. Svítidlo podle nároku 18, **vyznačující se tím**, že výstupní výkon je přibližně 10 mW/cm<sup>2</sup>.
- 20 20. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje kryt (40) uložený ve skříni (30) a umístěný mezi množinou světelných zdrojů (10) a tvarovou plochou, přičemž kryt (40) je pro odfiltrování ultrafialového světla vyzařovaného množinou světelných zdrojů (10) směrem k tvarové ploše.
- 25 21. Svítidlo podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že kryt (40) je vyroben z polykarbonátu.
22. Svítidlo podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že kryt (40) zahrnuje rozptylovač světla.
- 30 23. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje alespoň jeden elektrický obvod pro napájení množiny světelných zdrojů (10), elektrický obvod zahrnuje: aktivaci/deaktivaci ovladač pro zapnutí/vypnutí množiny světelných zdrojů (10); expoziční ovladač pro vypnutí napájení množiny světelných zdrojů (10) poté, co vybraná dávka světla ozařuje tvarovou plochu; a startér (20) pro spuštění a udržování napětí na množině světelných zdrojů (10).
- 35 24. Svítidlo podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že expoziční ovladač je časovač (100) pro vypnutí napájení množiny světelných zdrojů (10) po uplynutí zvolené doby.
- 40 25. Svítidlo podle nároku 24, **vyznačující se tím**, že časovač (100) zahrnuje alespoň jeden ovladač pro nastavení časového limitu pro vystavení tvarové plochy světlu.
- 45 26. Svítidlo podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že alespoň jeden elektrický obvod zahrnuje: optické čidlo (120) pro zjišťování světla z alespoň jednoho z množiny světelných zdrojů (10) a pro vysílání prvního signálu, který odpovídá zjištěnému světlu; snímač pro sledování vstupního napětí startéru (20) a pro vysílání druhého signálu, který odpovídá zjištěnému vstupnímu napětí; transformátor (60) pro napájení startéru (20) množinou možných vstupních napětí; spínací pole pro výběr jednoho z množiny vstupních napětí pro napájení startéru (20); a procesor pro řízení alespoň jednoho elektrického obvodu a pro přijímání prvního a druhého signálu a pro řízení spínacího pole; přičemž procesor nastavuje vstupní napětí na startéru (20) pro korekci výstupu světla z množiny světelných zdrojů (10), aby se udržovala v podstatě stejná intenzita viditelného světla ozařujícího plochu.
- 50

27. Svítidlo podle nároku 26, **vyznačující se tím**, že transformátor (60) je snižovací/zvyšovací auto-transformátor.
28. Svítidlo podle nároku 26, **vyznačující se tím**, že alespoň jeden elektrický obvod dále obsahuje: ukazatel (112) pro indikování stavu svítidla, který je řízen procesorem.
29. Svítidlo podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že aktivační/deaktivační ovladač zahrnuje hlavní síťový vypínač (80) pro ovládání vstupu energie z vnějšího zdroje; a zámkový spínač (90) pro zamezení neoprávněného používání svítidla.
30. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje: optické čidlo (120) uložené ve skříni (30); reflektor (50) uložený ve skříni (30) a umístěný mezi optickým čidlem (120) a množinou světelných zdrojů (10(3), 10(4), 10(5)); první štěrbinu (122(4)) v reflektoru (50) přizpůsobenou pro propouštění viditelného světla z prvního světelného zdroje (10(4)) z množiny světelných zdrojů k optickému čidlu (120), přičemž první štěrbinu (122(4)) je vzdálena od optického čidla (120) o první vzdálenost a má první plochu příčného průřezu; a druhá štěrbinu (122(3)) v reflektoru (50) je přizpůsobena pro propouštění viditelného světla z druhého světelného zdroje (10(3)) z množiny světelných zdrojů k optickému čidlu (120), přičemž druhá štěrbinu (122(3)) je vzdálena od optického čidla (120) o druhou vzdálenost a má druhou plochu příčného průřezu; přičemž poměr první a druhé plochy průřezu je úměrný převráceným čtvercům první a druhé vzdálenosti; a přičemž optické čidlo (120) je uzpůsobeno pro sledování výstupu z prvního a druhého světelného zdroje z množiny světelných zdrojů a vysílání signálu pro nastavení výstupu viditelného světla z množiny světelných zdrojů pro zajištění v podstatě stejnoměrné intenzity světla ozařujícího tvarovou plochu.
31. Svítidlo podle nároku 30, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje: třetí štěrbinu (122(5)) v reflektoru (50) uzpůsobenou pro propouštění viditelného světla z třetího světelného zdroje (10(5)) z množiny světelných zdrojů k optickému čidlu (120), přičemž třetí štěrbinu (122(5)) je vzdálena od optického čidla (120) o třetí vzdálenost a má třetí plochu příčného průřezu; přičemž druhý světelný zdroj (10(3)) a třetí světelný zdroj (10(5)) z množiny světelných zdrojů jsou stejně vzdáleny od protilehlých stran prvního světelného zdroje (10(4)) z množiny světelných zdrojů, přičemž druhá a třetí vzdálenost jsou v podstatě stejné a druhá a třetí plocha příčného průřezu jsou rovněž v podstatě stejné; a přičemž optické čidlo (120) je uzpůsobeno pro sledování výstupu světla z prvního, druhého a třetího světelného zdroje z množiny světelných zdrojů a pro vysílání signálu pro nastavení výstupu viditelného světla z množiny světelných zdrojů pro zajištění v podstatě stejnoměrné intenzity viditelného světla ozařujícího tvarovou plochu.
32. Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pro napodobení nekonečné roviny zářiče je zajištěna: ohraničená vyzařovací plocha; a množina světelných zdrojů (10), vzájemně rovnoběžných a uzpůsobených pro ozařování v podstatě stejnoměrnou intenzitou světla z vyzařovací plochy; přičemž první postranní mezera mezi sousedními z množiny světelných zdrojů (10) se mění s ohledem na obvod.
33. Svítidlo podle nároku 32, **vyznačující se tím**, že první postranní mezera je větší mezi sousedními ze světelných zdrojů dále od ohraničené plochy, než mezi sousedními z množiny světelných zdrojů (10) blíže k ohraničené ploše.
34. Svítidlo podle nároku 32, **vyznačující se tím**, že množina světelných zdrojů (10) zahrnuje: první pár světelných zdrojů (10(1), 10(7)) protahující se rovnoběžně navzájem a vzdálených od ohraničené plochy o první vzdálenost; druhý pár světelných zdrojů (10(2), 10(6)), protahující se rovnoběžně s prvním párem a vzdálený od odpovídajícího jednoho z prvního páru o druhou laterální vzdálenost; třetí pár světelných zdrojů (10(3), 10(5)), protahující se rovnoběžně s prvním a druhým párem a vzdálený od odpovídajícího jednoho z druhého páru o třetí laterální vzdálenost; a alespoň jeden střední světelný zdroj (10(4)), protahující se rovnoběžně

s prvním, druhým a třetím párem a vzdálený od sousedního světelného zdroje o čtvrtou laterální vzdálenost; přičemž první, druhá, třetí a čtvrtá laterální vzdálenost mají relativní poměr rozestupu asi 2,5 : 3,5 : 5 : 7, v daném pořadí.

5     **35.** Svítidlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že je uzpůsobeno pro použití na ozařování tvarové plochy topicky ošetřené kyselinou 5-aminolevulinovou světlem z modré části spektra.

10     **36.** Svítidlo podle nároku 35, **vyznačující se tím**, že ozařování zahrnuje asi 1000 sekund světla, které má nominální maximální vlnovou délku  $417 \pm 5$  nm a nominální šířku pásma 30 nm.

15     **37.** Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že ozařující světlo je v podstatě výhradně z oblasti viditelného světla.

15     **38.** Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že skříň (30) obsahuje otvor pro umožnění vložení/vyjmutí tvarové plochy mezi ramena (10B) směrem ke střední části (10A).

20     **39.** Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že svítidlo je uspořádané pro ozařování tvarové plochy v podstatě stejnou intenzitou viditelného světla.

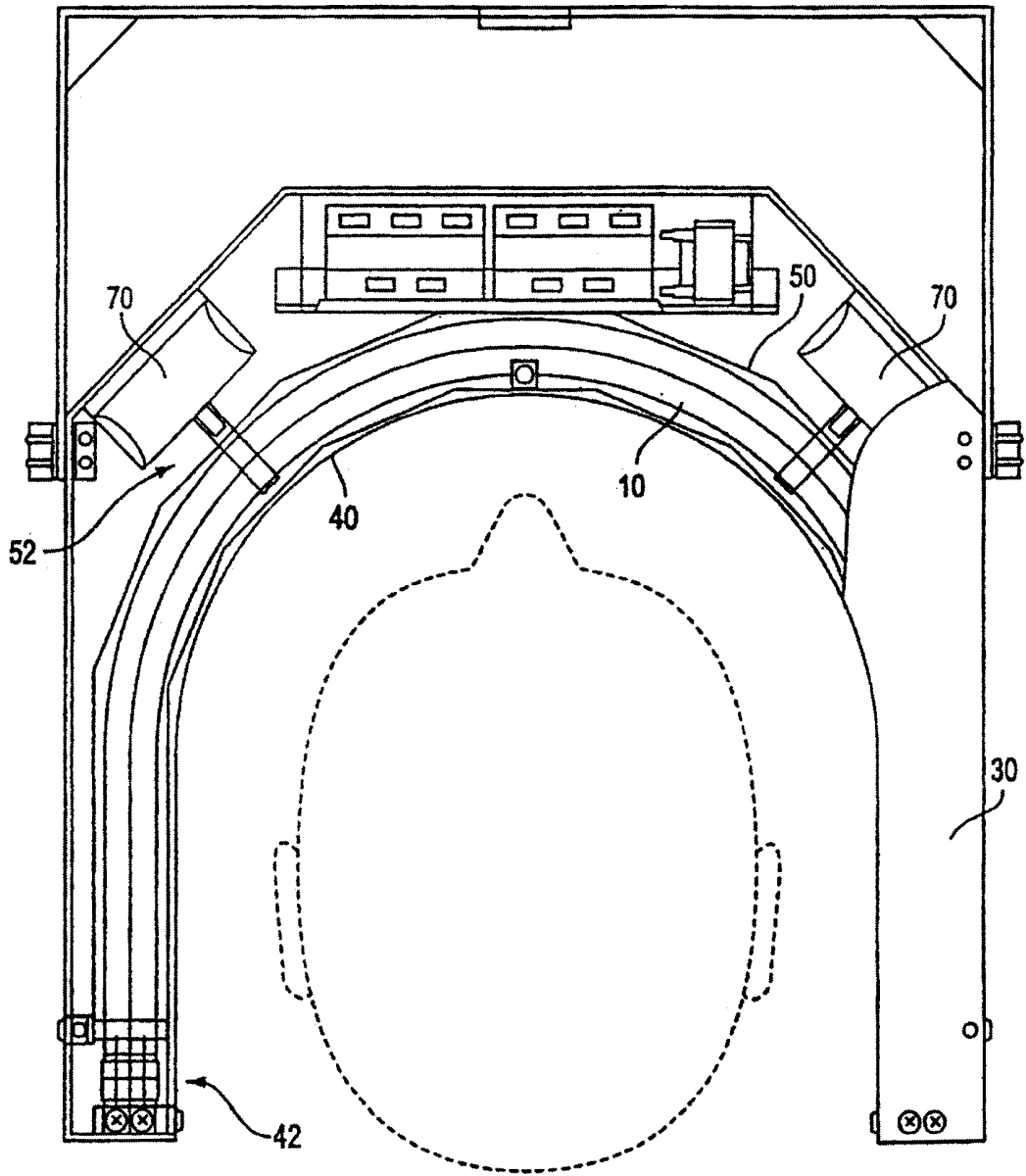
25     **40.** Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že sada světelných zdrojů (10(1) až 10(7)) má podélnou osu a otevření mezi rameny (10B) je uspořádáno pro umožnění relativního pohybu pacienta kolmo k uvedené podélné ose.

25     **41.** Svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že sada světelných zdrojů je uspořádána pro ozařování tváře pacienta.

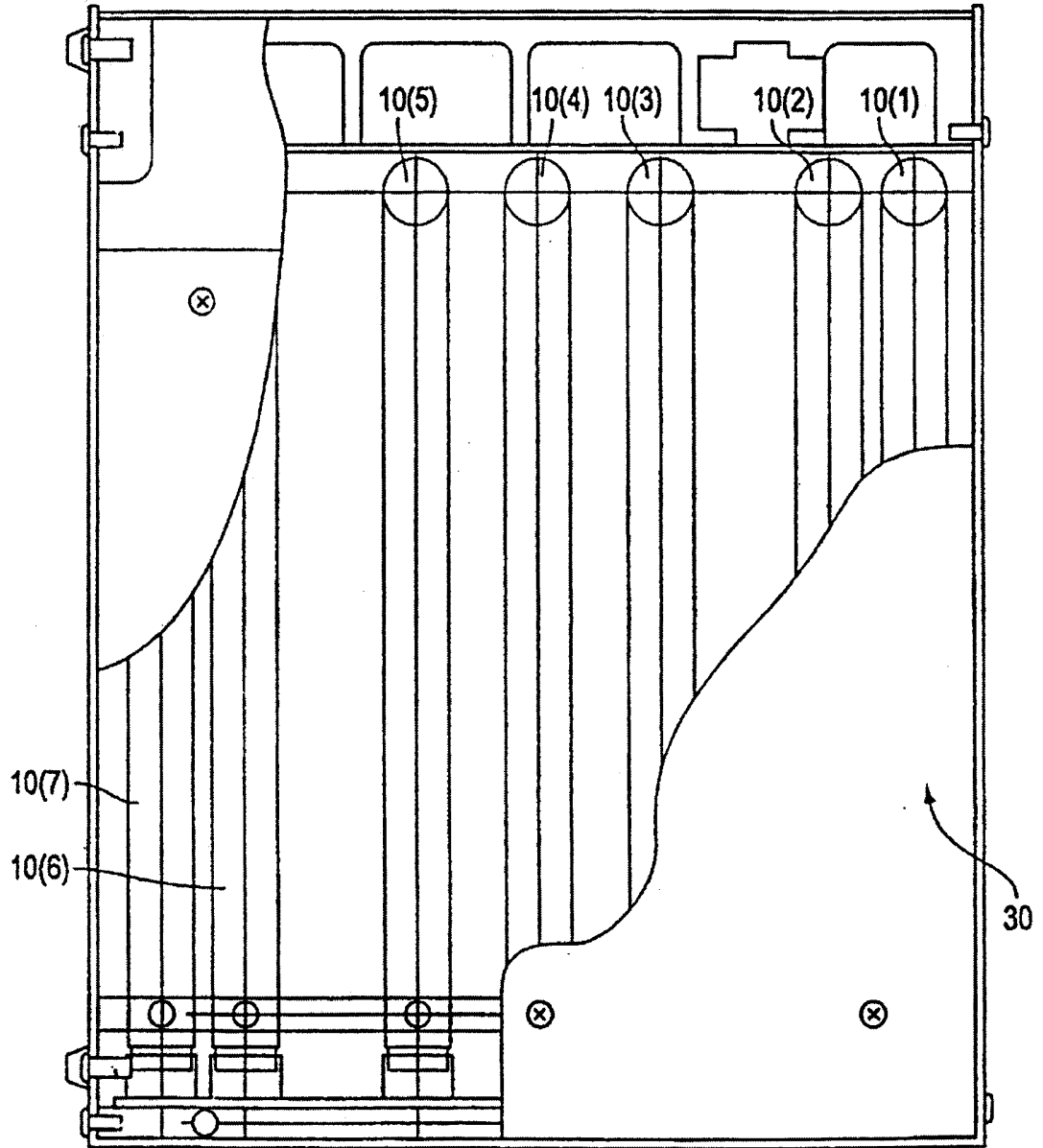
30

15 výkresů

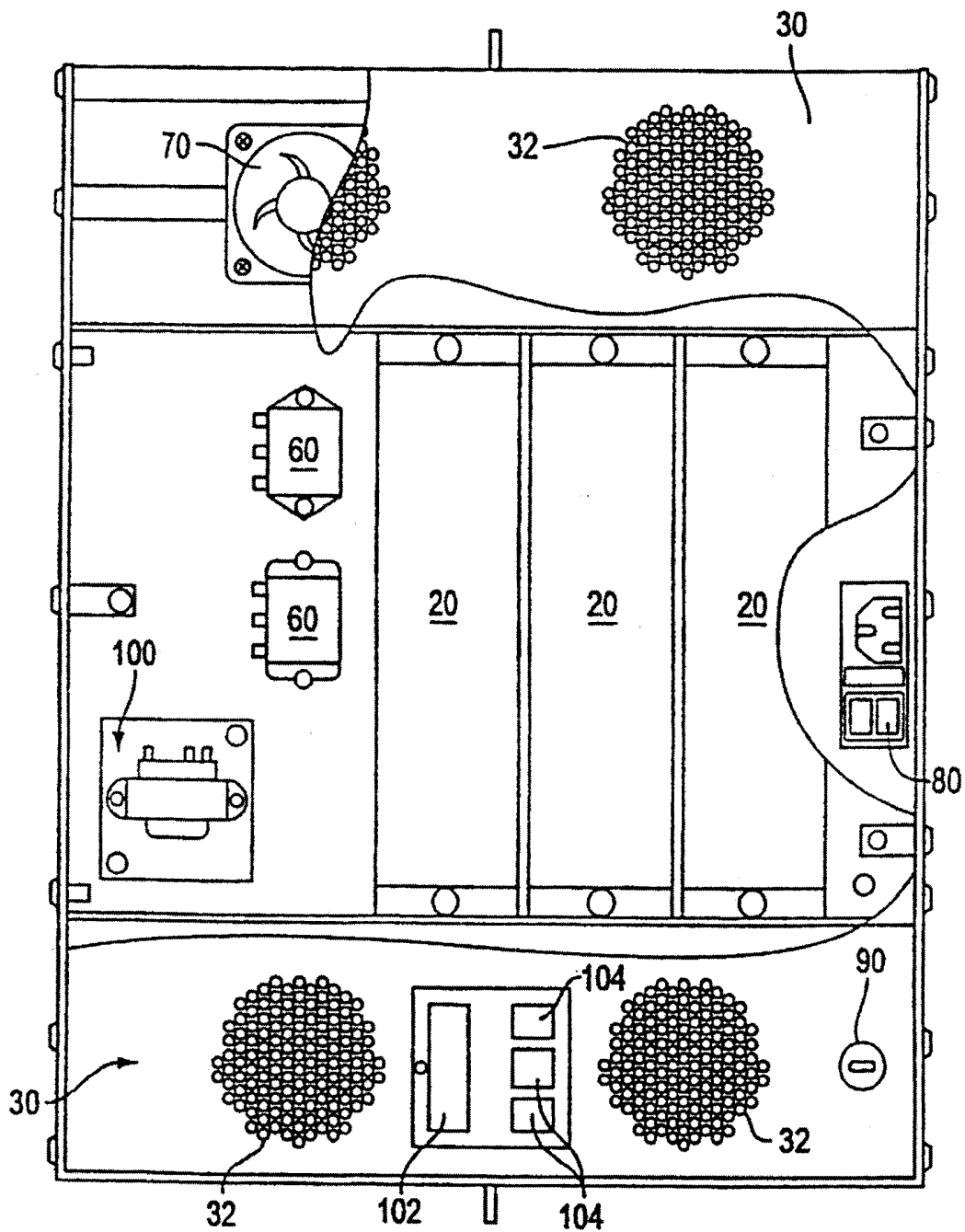
OBR. 1

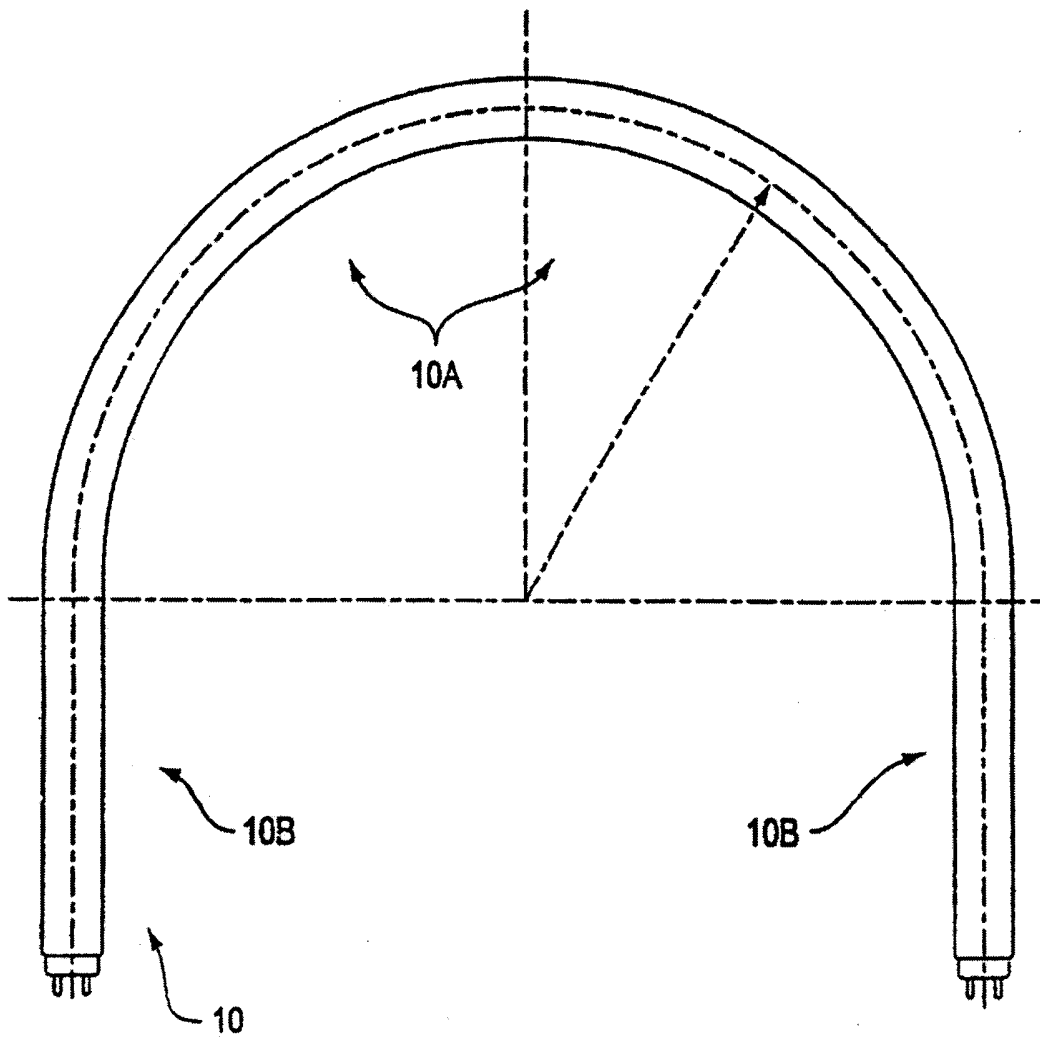


OBR. 2

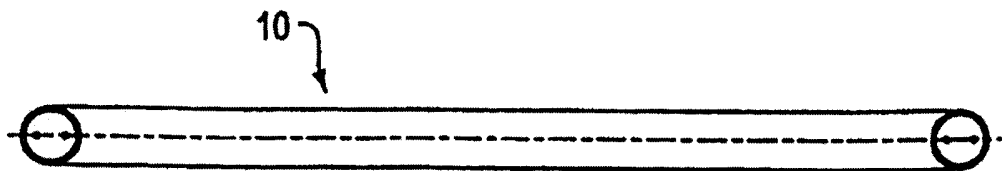


OBR. 3





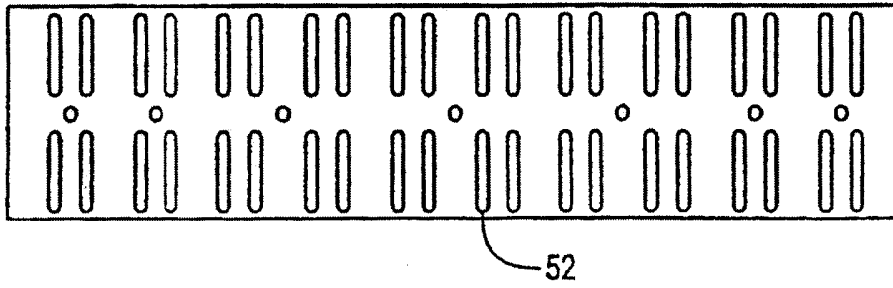
OBR. 4A



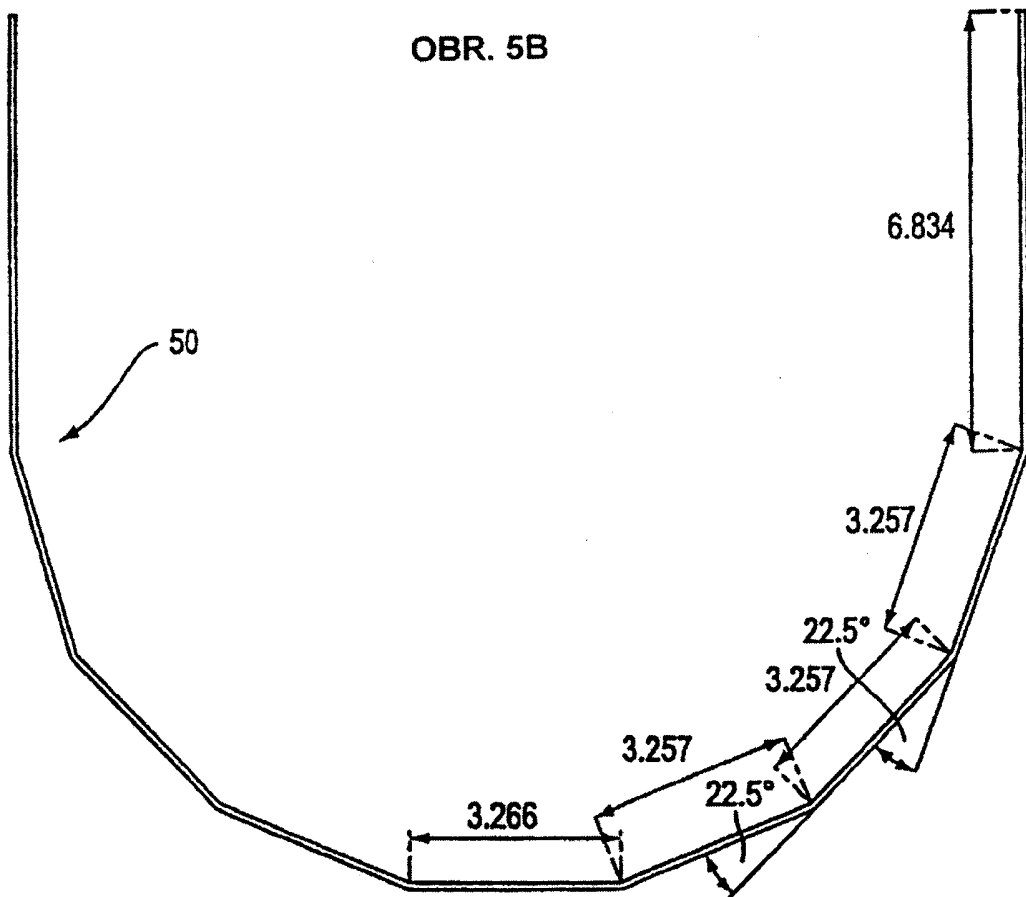
OBR. 4B



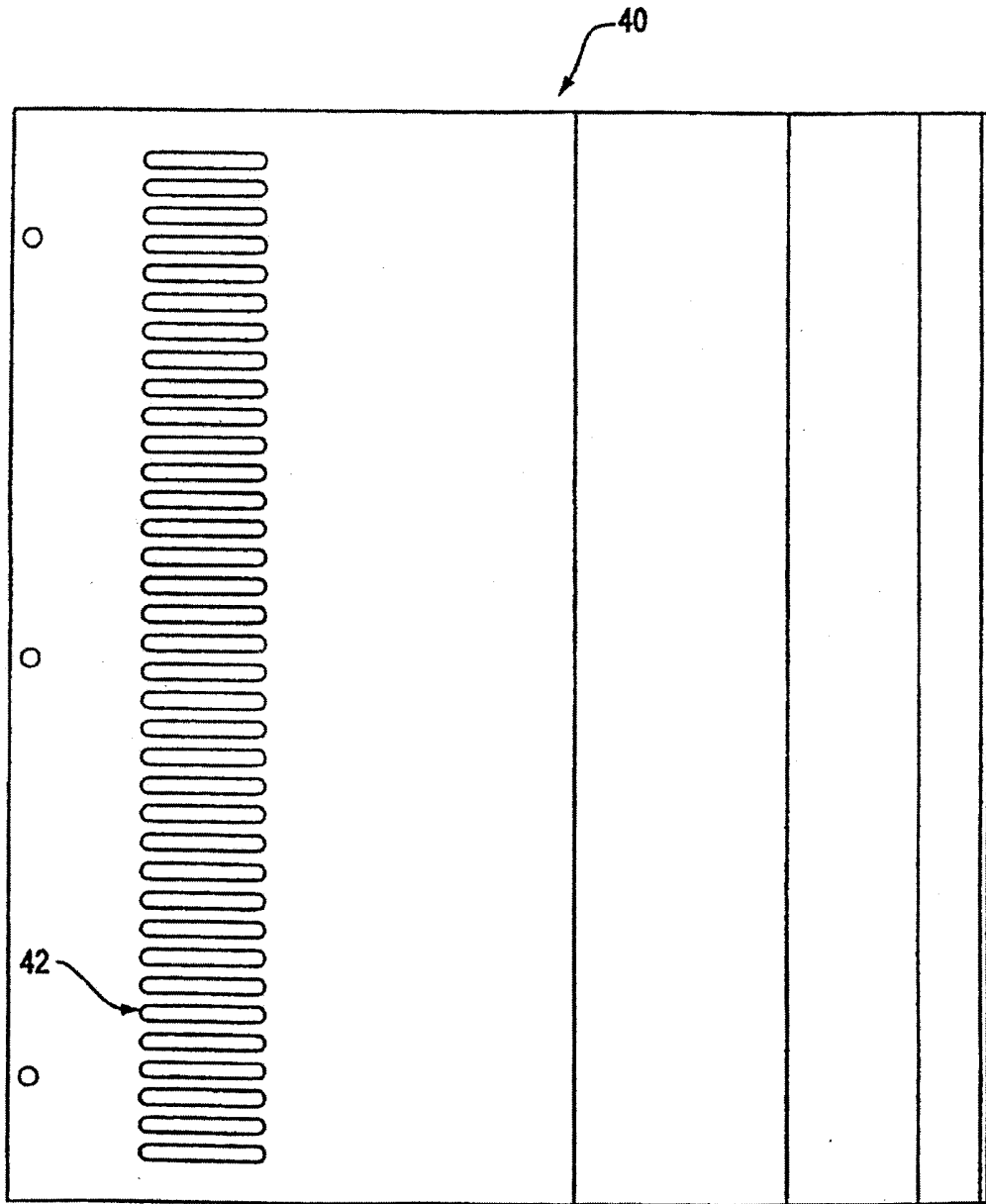
OBR. 5A

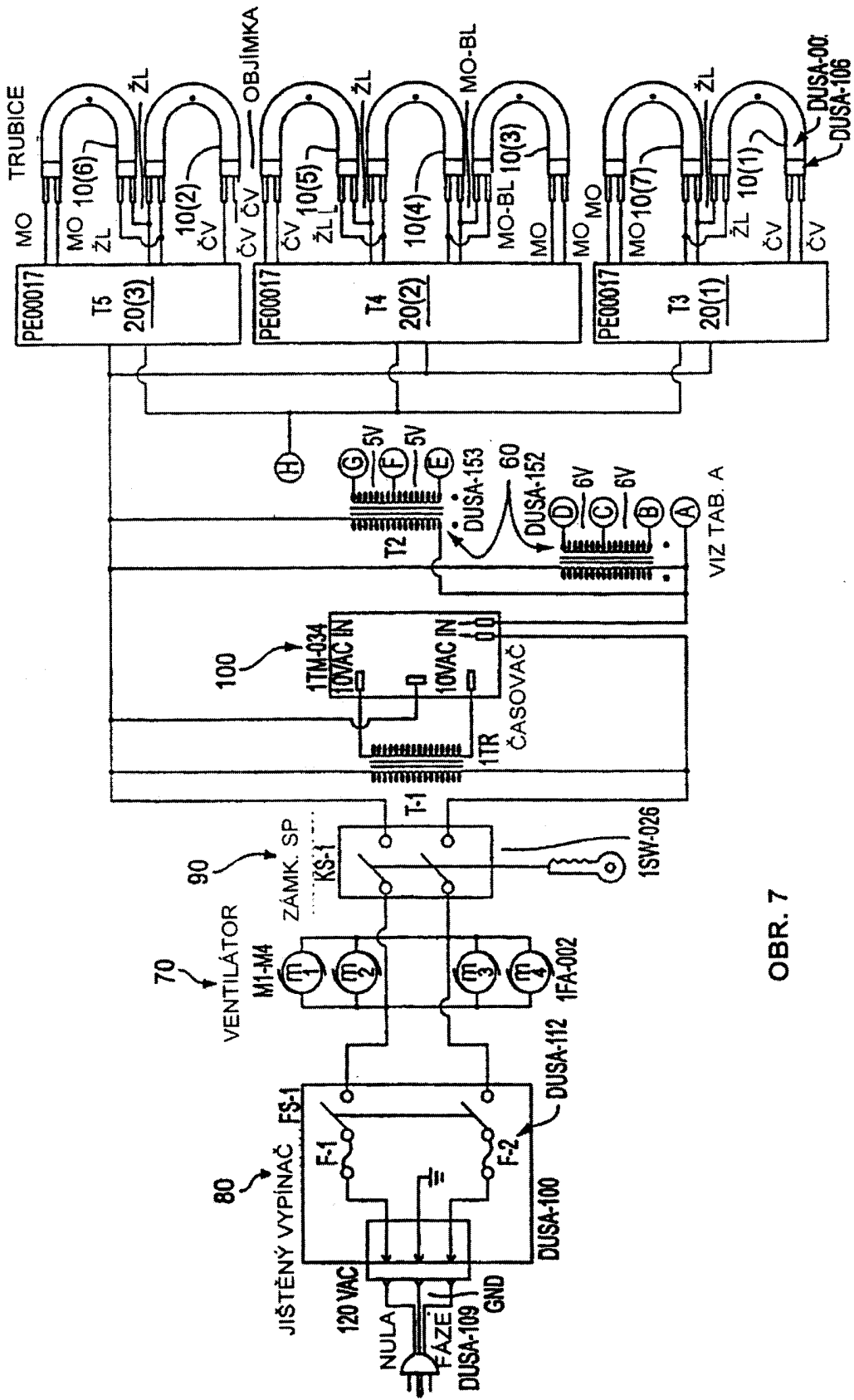


OBR. 5B

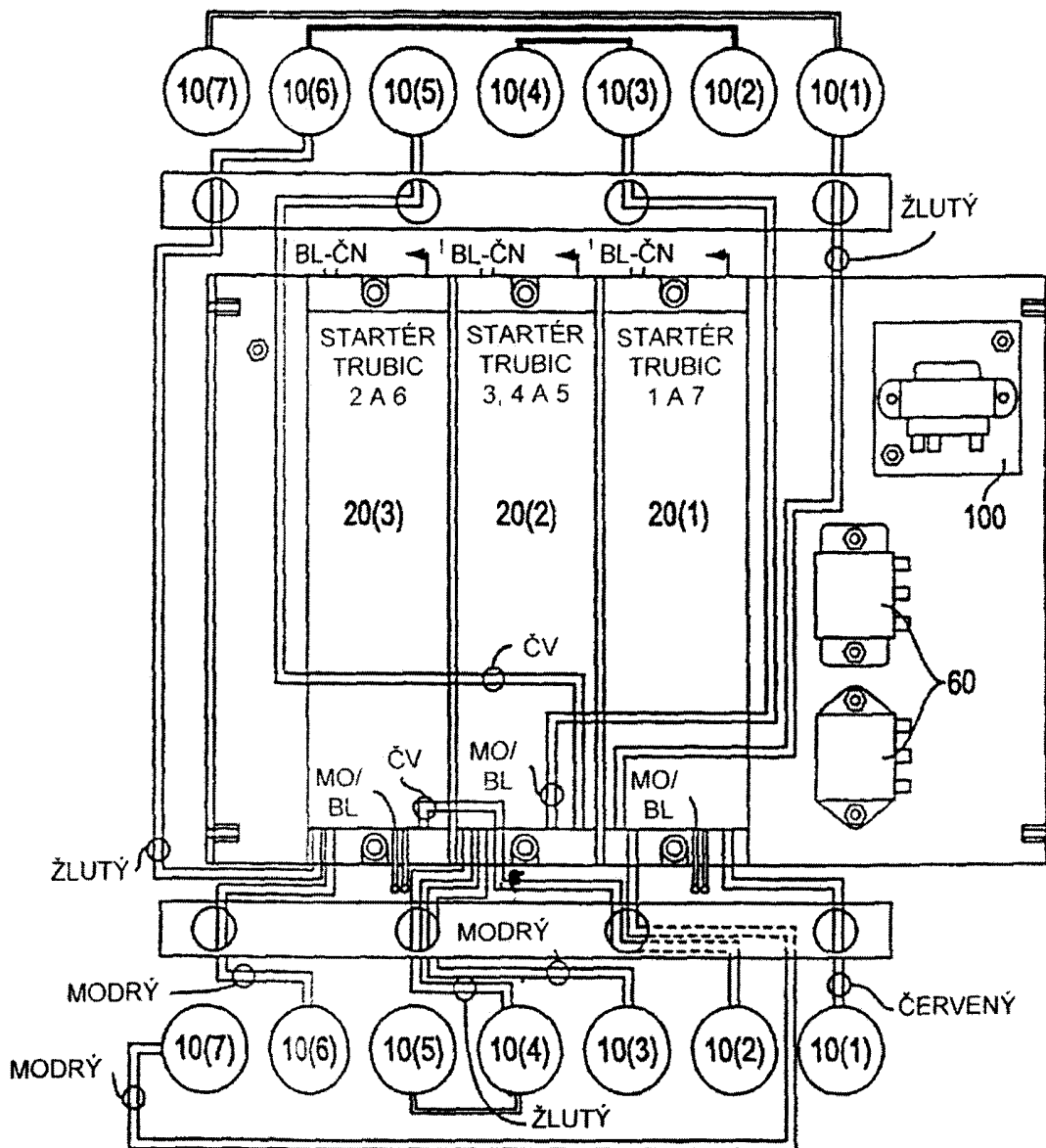


OBR. 6

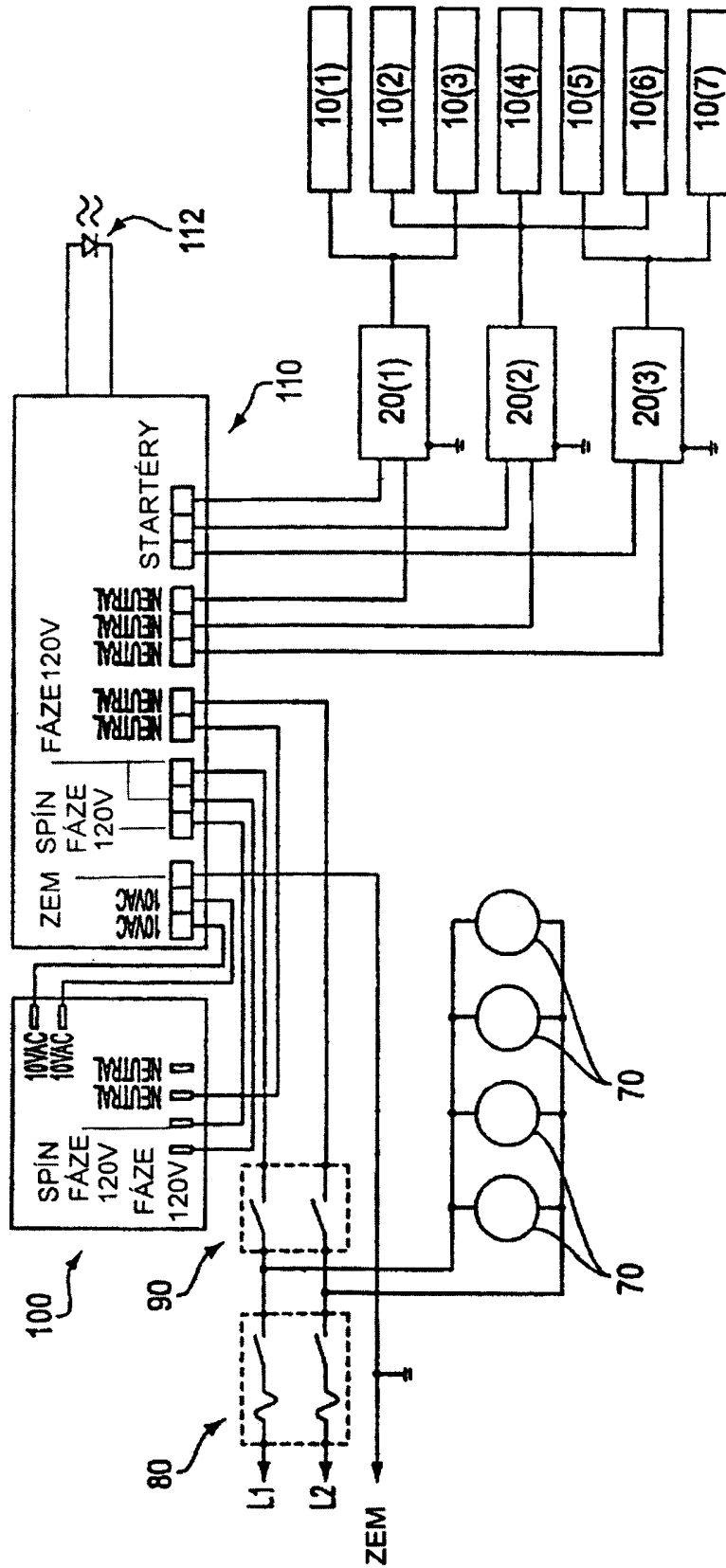




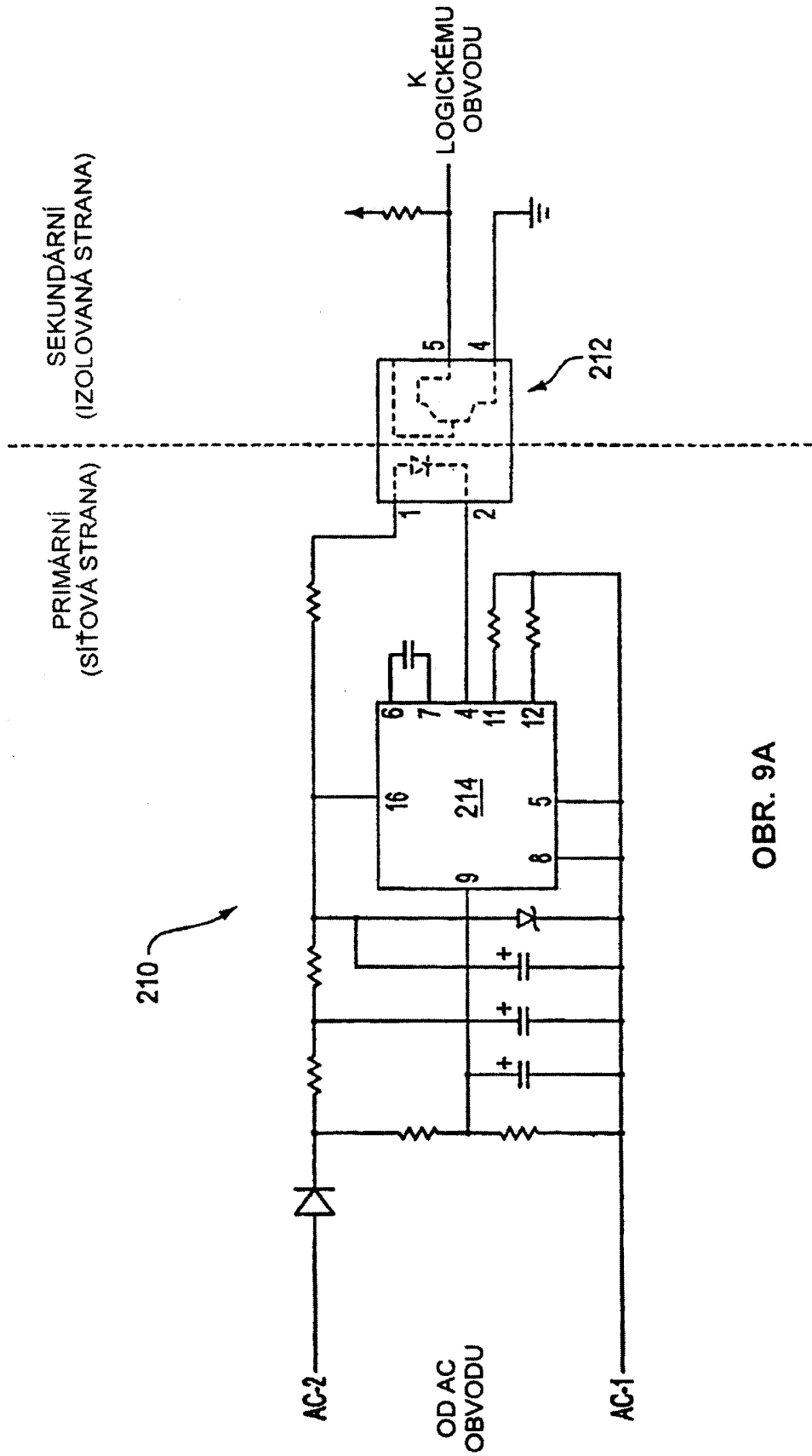
OBR. 7



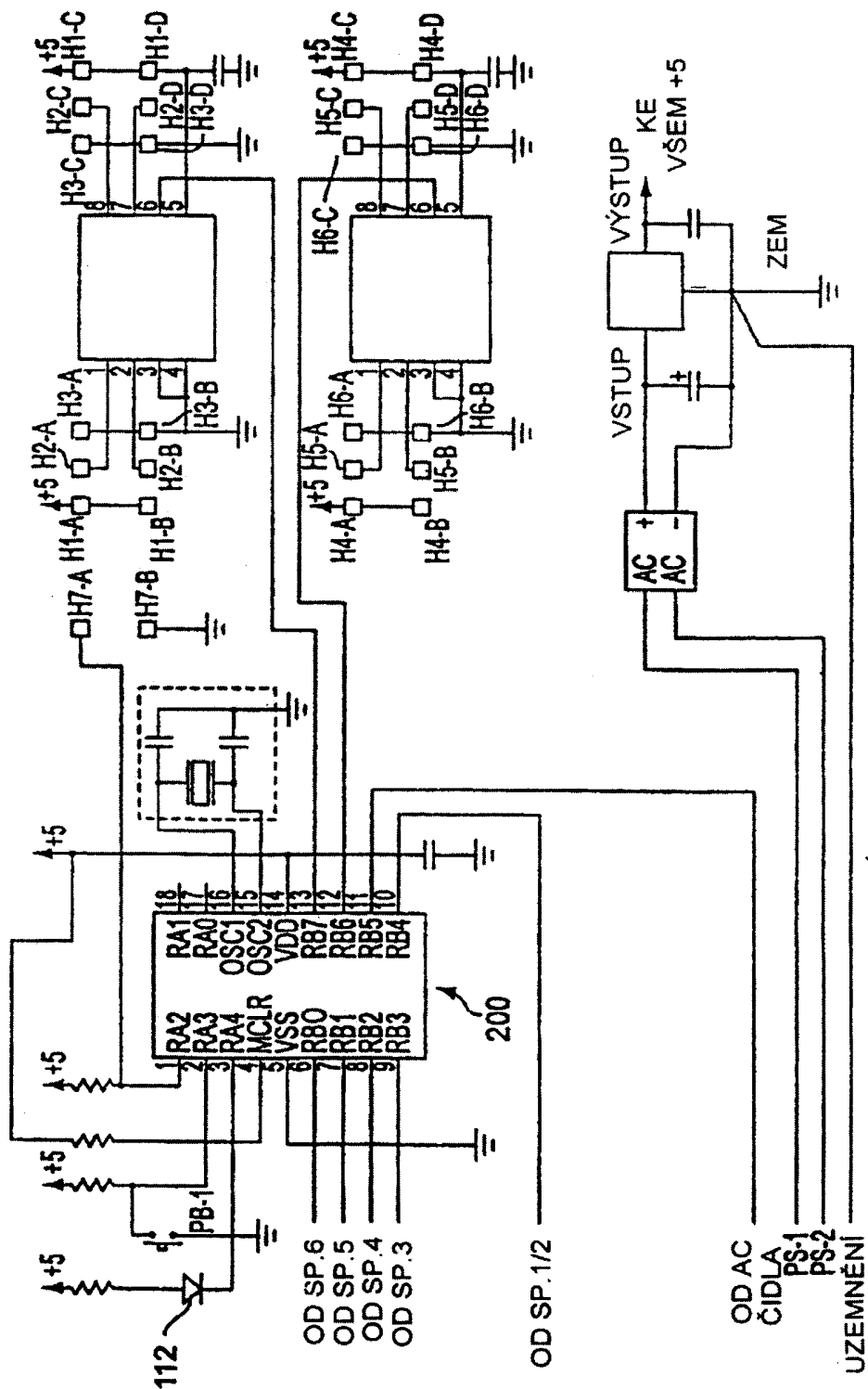
OBR. 8



OBR. 9

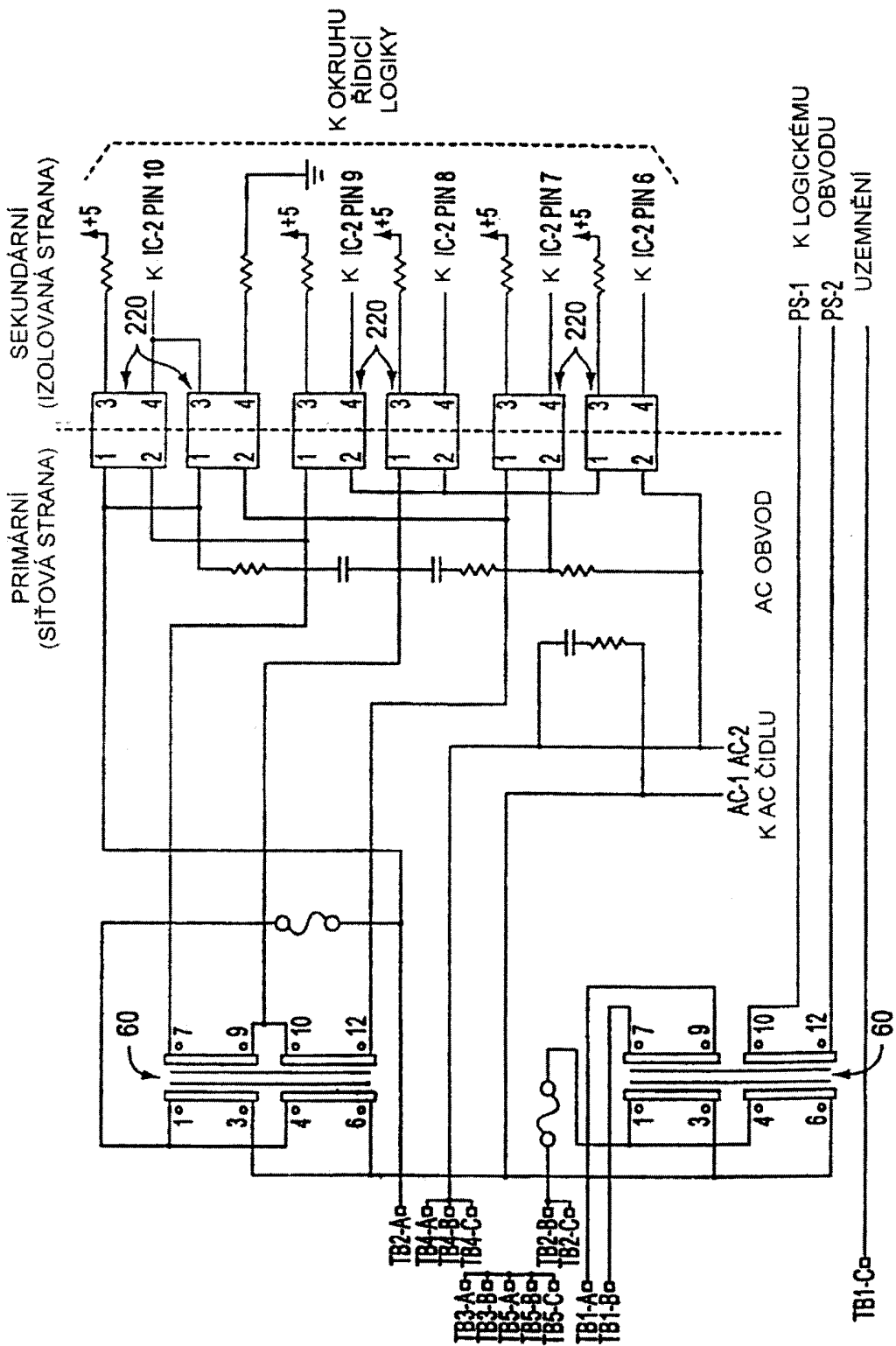


OBR. 9A



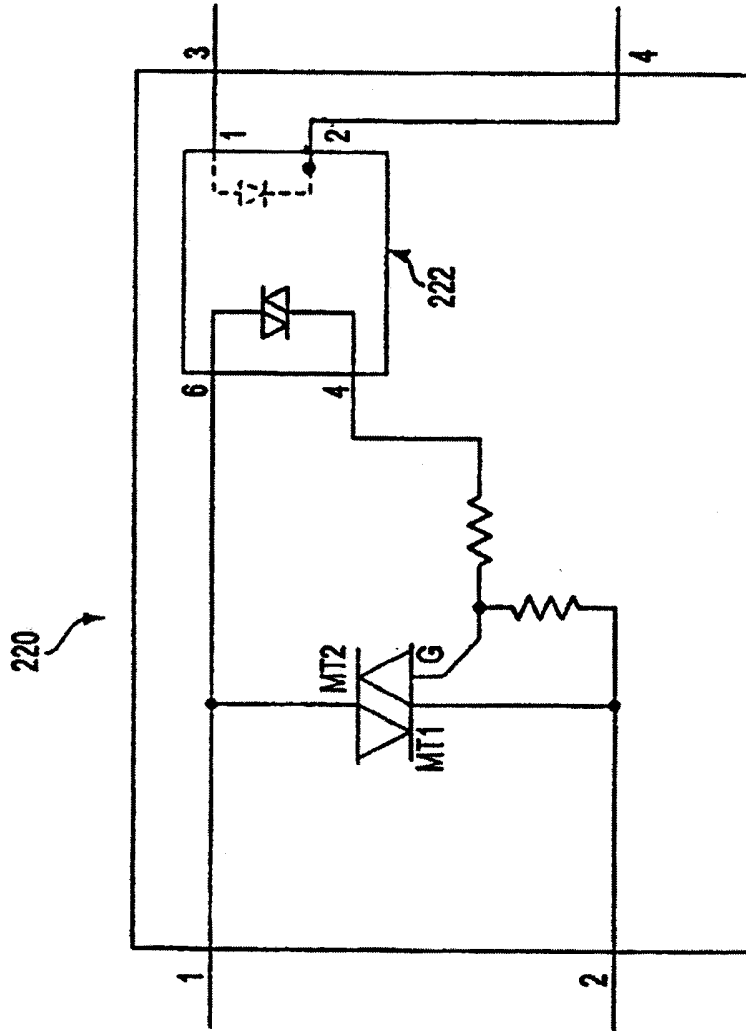
LOGICKÝ OBVOD

OBR. 9B

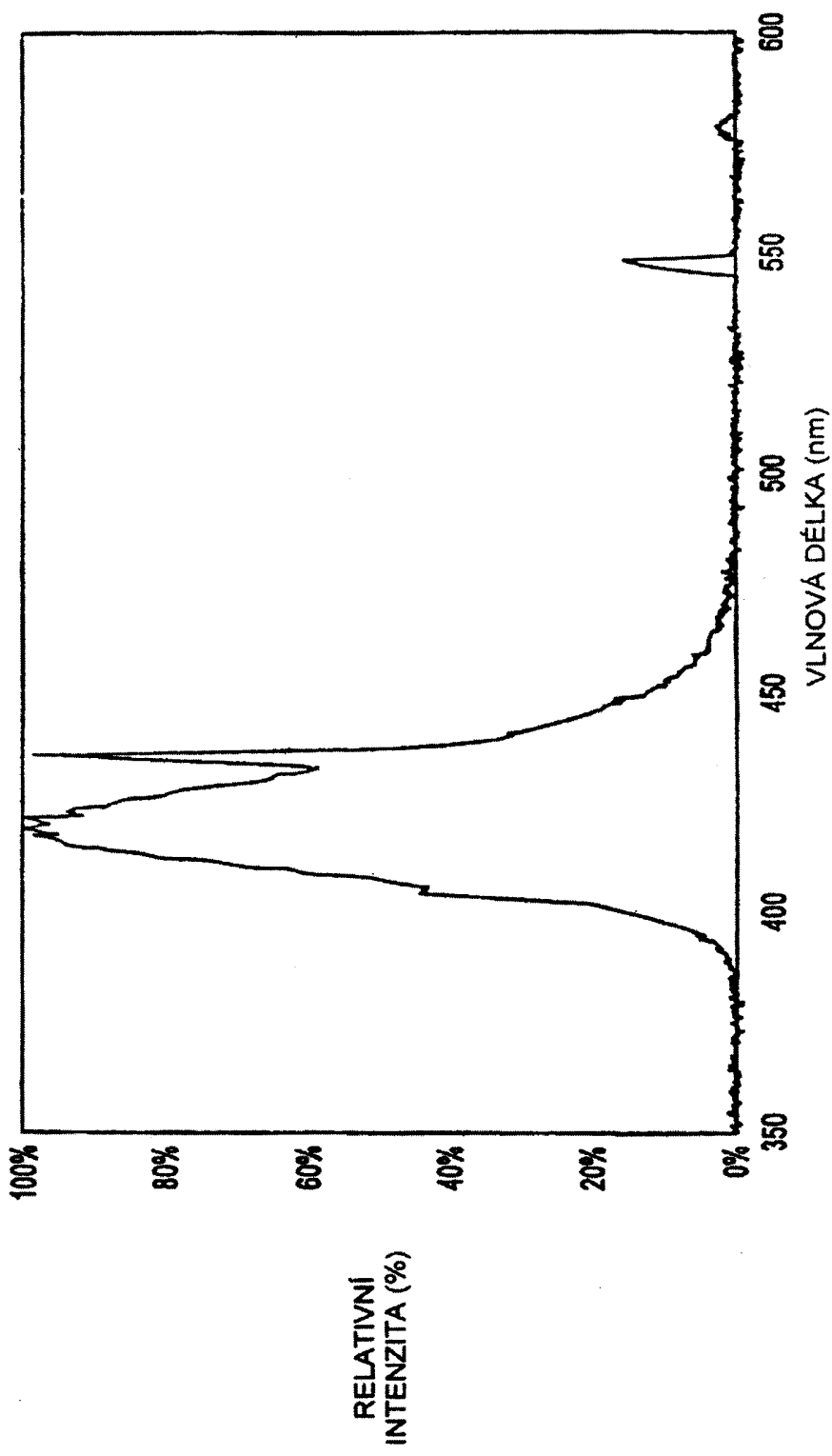


OBR. 9C

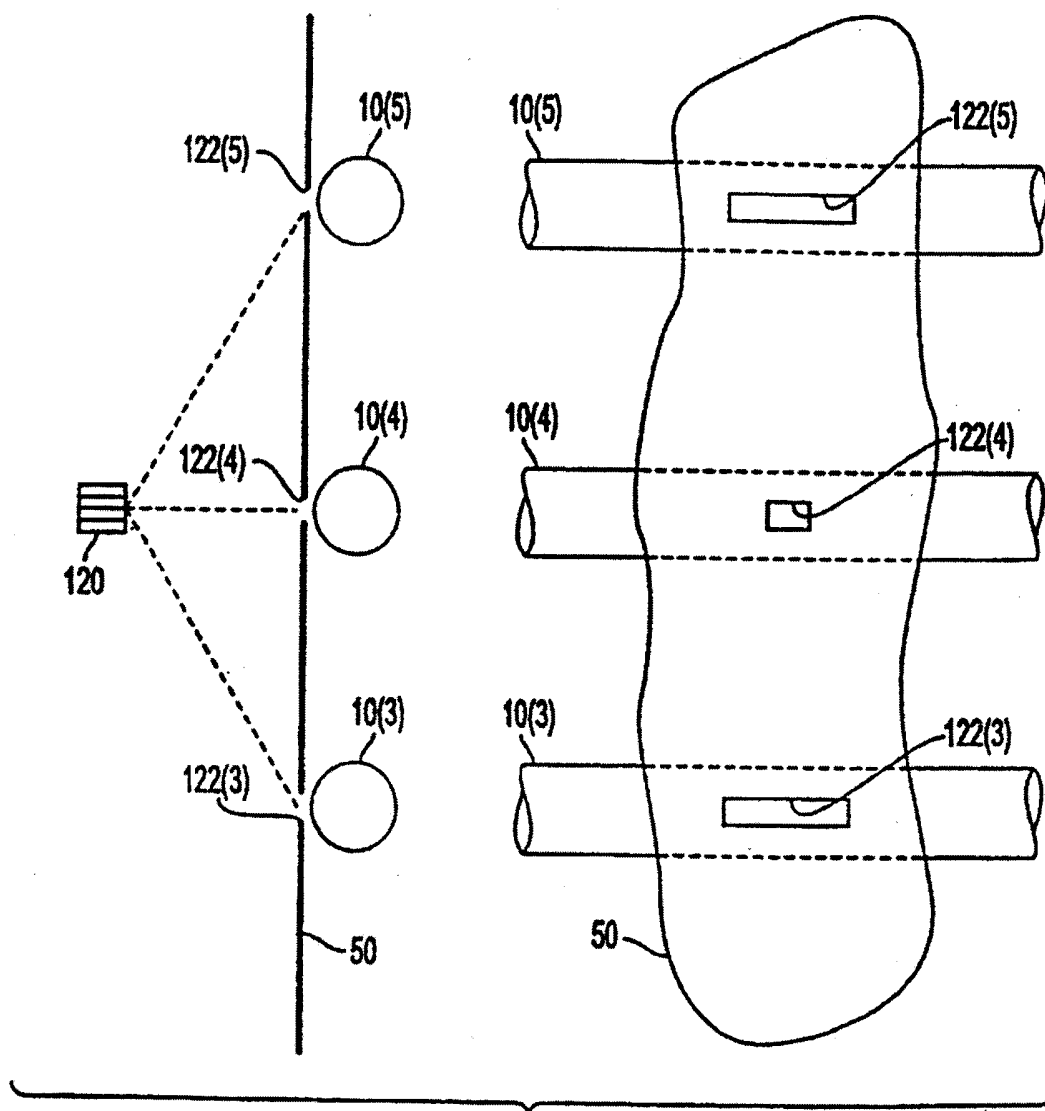




OBR. 9D



OBR. 10



OBR. 11

Konec dokumentu