

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

23567

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C03C 4/12 (2006.01)

C03C 3/085 (2006.01)

C03C 3/087 (2006.01)

C03C 3/089 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2012 - 25550**
(22) Přihlášeno: **30.01.2012**
(47) Zapsáno: **20.03.2012**

(73) Majitel:

Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, Praha, CZ

(72) Původce:

Mika Martin Ing. Ph.D., Praha, CZ

Špírková Jarmila Ing. CSc., Praha, CZ

Lahodný František Ing. Ph.D., Počátky, CZ

Stará Stanislava Ing. Ph.D., Liberec, CZ

Nekvindová Pavla Ing. Ph.D., Benátky nad Jizerou, CZ

Švecová Blanka Ing. Ph.D., Nový Bor, CZ

Staněk Stanislav Ing. Ph.D., Nové Město pod Smrkem, CZ

(74) Zástupce:

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

(54) Název užitého vzoru:

Optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo dopované oxidy kovů a určené pro fotoniku

CZ 23567 U1

Optické luminiscenční sodnohlinítokřemičité sklo dopované oxidy kovů a určené pro fotoniku

Oblast techniky

5 Technické řešení se týká optického luminiscenčního sodnohlinítokřemičitého skla, které je dopované kovovými oxidy a je určeno pro fotoniku.

Dosavadní stav techniky

10 Pokrok v optice byl vždy umožněn vývojem nových materiálů potřebných ke konstrukci dokonalejších zařízení na zpracování optického signálu. Mezi ně patří například pasivní rozbočnice a slučovače nebo aktivní zesilovače a lasery nacházející široké uplatnění v řadě oblastí, mezi něž patří telekomunikace, počítače, medicína a řada dalších vědeckých oborů.

Optické sklo představovalo vždy jeden z nejdokonalejších optických materiálů. Mezi optická skla patří i laserová skla s luminiscenčními vlastnostmi, jejichž vhodně vytvořená skelná matrice je optimalizována pro laserově aktivní ionty a jejich koaktivátory (senzitizery).

15 Luminiscenci skel a laserová skla popisuje např. Ivan Fanderlik (Barvení skla, Střední umělecko-průmyslová škola sklářská, Valašské Meziříčí, 1999, str. 445 až 452).

Absorpce a následná luminiscence jsou uskutečněny různými dopanty, které pracují jako diskretní luminiscenční centra absorbující budící (čerpací) světelnou energii, jíž následně emitují.

20 Luminiscenční pochody můžeme podle způsobů buzení a podle trvání luminiscence po ukončení buzení dělit do několika skupin. Z hlediska způsobů buzení lze luminiscenční skla dělit na fotoluminiscenční a termoluminiscenční. Z hlediska doby trvání luminiscence se skla dělí na materiály s fluorescencí, která po ukončení buzení velmi rychle mizí, a na fosforescenční skla, jejichž luminiscence trvá určitý čas i po ukončení buzení.

25 Má-li dojít k fluorescenci, je třeba, aby se ve skle pohltilo určité množství energie. Mezi excitačním pochodem, tj. absorpcí záření a emisí pohlcené energie, je krátký časový interval, řádově 10^{-7} až 10^{-9} s. V případě fluorescence oba děje probíhají prakticky současně. Vyšší koncentrace dopantů a jejich vzájemná interakce způsobuje tzv. koncentrační zhášení vedoucí k poklesu luminiscence.

30 Jestliže se však při excitaci dostane elektron do orbitalu, z něhož je přechod do základního stavu zakázán, nastane stav, jehož trvání je ovlivněno srážkami s jinými atomy. Po ukončení buzení pak nastává vyzařování - luminiscence po delší časový úsek, a tento děj se nazývá fosforescencí.

Optickými luminiscenčními skly se zabývá řada patentů.

Jsou známa, např. dopovaná fosforečná skla vhodná pro optická skla.

35 GB 121 83 02 A, s prioritou 13. 3. 1968, přihlašovatele American Optical Corp. US, o názvu „Laserové sklo“. Vynález se týká skla na bázi P_2O_5 , kde jako laserově aktivní složka působí Er_2O_3 v množství 0,01 až 30 % hmotn. a Yb_2O_3 v množství 0,01 až 55 % hmotn., přičemž suma těchto oxidů $Er_2O_3 + Yb_2O_3$ není vyšší než 70 % hmotn. ve skle. Obsah P_2O_5 podle technického řešení je 30 až 90 % hmotn. a dále v množství 52 hmotn. % a 61,3 hmotn. % P_2O_5 .

Tento opticky aktivní materiál skla může být užit jakožto opticky čerpaný Q-spínaný laser, nastavitelný na vlnovou délku 1536 nm.

40 Nevýhodou je vysoký obsah P_2O_5 , který může způsobit horší chemickou odolnost a sklo je pak nevhodné pro optickou technologii iontové výměny v prostředí tavenin dusičnanů za teplot nad 200 °C. Je známo, že složky fosforečných skel při tavení velmi snadno tékají, což může vést k významným změnám složení během tavby. Omezení tohoto jevu je vždy technologicky poměrně náročné a může být i nákladné.

Další typ fosforečného skla popisuje JP 321 89 41 A, s prioritou 25. 1. 1990 JP, přihlašovatele Hoya Corp. JP, o názvu „Sklo pro laserový systém“. Sklo též obsahuje vysoký obsah P_2O_5 v množství 60 až 74 % hmotn. Dále sklo obsahuje alkalické oxidy, oxidy kovů alkalických zemin a ZnO , Al_2O_3 , ZrO_2 , Nb_2O_5 . Dále obsahuje La_2O_3 , Y_2O_3 a Gd_2O_3 .

- 5 Sklo je vhodné jako polarizátor do laserových optických systémů s vysokým výkonem.

Nevýhodou je opět vysoký obsah P_2O_5 s obdobnými nevýhodami, které neumožňují vytvoření laserově aktivních fotonických struktur technologií iontové výměny.

- DE 3 305 853 C2, s prioritou 19. 2. 1983 DE, majitele Schott Glaswerke GmbH, DE, o názvu „Fluorescenční sklo nebo sklokeramika pro solární kolektory“. Kompozice je na bázi křemičitého, fosforečného, boritého nebo boritořemičitého skla, kde jako aktivní dopanty působí v % hmotn. 0,5 až 10 Yb_2O_3 ; 0,5 až 10 Nd_2O_3 ; 0,005 až 0,8 Cr_2O_3 .

Tento typ skla je vhodný jako fluorescenční solární kolektor.

- 15 Složení základního skla je poměrně široké, bez konkrétního obsahu složek, takže se obtížně posuzují optické vlastnosti skla. Vzhledem k přítomnosti polyvalentního prvku Cr lze očekávat, že toto sklo nebude vhodné pro optické vlnovody s ionty Ag^+ , které by mohly být v tomto prostředí redukovány na kovové Ag^0 , což by mohlo mít za následek vysoký optický útlum a optická součástka by nebyla vhodná pro fotonickou aplikaci. Existuje také riziko nízké rozpustnosti Cr ve zmíněných sklech a vytváření krystalických rozptylových center, zejména pokud není jasně uvedena koncentrace alkalických prvků a přítomnost Al_2O_3 .

- 20 Jiný typ skla popisuje CN 101 318 773 A, s prioritou 4. 7. 2008 C, přihlašovatele Univ East China & Tech, CN o názvu „ Pr^{3+} dopované scintilační sklo s vysokou měrnou hmotností a způsobem přípravy tohoto skla“. Vynález se týká bismutitoboritokřemičitého skla dopovaného Pr^{3+} . Sklo obsahuje v % mol. 40 až 60 Bi_2O_3 , 10 B_2O_3 , 30 až 50 SiO_2 , 1 až 2 Pr^{3+} .

- 25 Sklo má vysokou měrnou hmotnost, a lze ho využít jako zdroj optického signálu a pro světlo emitující diodu.

Vysoký obsah bismutu výrazně zvyšuje index lomu skla, což při napojování na křemenná optická vlákna může být na závadu. Při takto vysoké koncentraci Bi_2O_3 ve skle, je pravděpodobné, že polyvalentní Bi bude způsobovat redukcí Ag^+ při technologii iontové výměny. Při takovéto koncentraci Bi_2O_3 lze očekávat výrazné těkání složek tohoto skla, způsobující technologické potíže.

- 30 Teluričitý typ skla popisuje GB 121 65 14 A (US 342 33 26 A), s prioritou 20. 2. 1967 US, majitele Kennecott Copper Corp., US o názvu „Zlepšení týkající se složení skla“. Sklo obsahuje jako hlavní složky TeO_2 , podle příkladů provedení 65 až 75 % mol. TeO_2 a dále 20 až 40 % mol. ZnO . Když je toto základní sklo dopováno oxidy vzácných zemin, např. do 10 % hmotn. Nd_2O_3 , nebo oxidy přechodných prvků, jako je např. CuO , pak vykazuje fluorescenční aktivitu.

- 35 Tato skla jsou vhodná jako laserová skla.

- 40 Teluričitá skla mají výrazně nižší chemickou odolnost a teplotní stabilitu ve srovnání, např. s běžnými hlinitokřemičitými skly, což znemožňuje přípravu optických vlnovodných struktur technologií iontové výměny v taveninách dusičnanů. Sklo je svým složením ekonomicky poměrně dost nákladné, a není běžné, takže provádění tavení probíhá nestandardně. Sloučeniny Te značně těkají ze skla, a v tavenině proto zůstává pouze část vneseného Te. Ve spise je uvedeno, že tavení se provádí v platině, a je doporučeno tavit v ochranné atmosféře, což lze předpokládat vzhledem ke korozivním vlastnostem taveniny tohoto typu skla. Proto je pravděpodobné, že se tato skla netaví průmyslově, ale jen v malém množství.

- 45 Germaničitá skla popisuje např. v EP 957 069 B1, korespondující US 6,271 160 B1, s prioritou JP 13. 5. 1998 JP, majitele Sumita Optical Glass, JP o názvu „Oxidové fosforeskující sklo schopné dlouhotrvajícího dosvitu a fotostimulační luminiscence“. Toto sklo obsahuje v % mol.:

21 až 80 GeO_2

0 až 50 ZnO

0 až 55 Gd_2O_3 , kde $ZnO + Gd_2O_3 = 3$ až 55 %,

- 0 až 10 Tb_2O_3
 0 až 2 MnO , kde $MnO + Tb_2O_3 = 0,01$ až 10 %,
 0 až 45 R_2O kde R je jeden prvek z alkalických kovů Na , K , Li , a Cs ,
 0 až 40 $R'O$, kde R' je jeden prvek vybraný ze skupiny Mg , Ca , Sr a Ba ,
 5 a kde $R_2O + R'O = 0,5$ až 45 %,

0 až 50 SiO_2
 0 až 20 B_2O_3
 0 až 20 Al_2O_3
 0 až 7 Yb_2O_3 a Ln_2O_3 , kde Ln_2O_3 je jeden prvek vybrán ze skupiny Sm , Dy , Tm , Pr , Y , La , Gd ,
 10 Lu a Nd .

Sklo je vhodné pro noční iluminaci nebo noční signál, nebo pro nastavování infračerveného laseru. Sklo je schopné dlouhodobého luminiscenčního dosvitu po fotostimulaci gama zářením, rtg zářením nebo UV zářením. Z tohoto skla je možno vyrábět optická vlákna a zařízení na záznam a reprodukci obrazu výše zmíněného záření.

- 15 Ze shora uvedených aplikací je zřejmé, že se jedná o sklo velmi specifických vlastností.
 Proto obsahuje velmi drahou složku GeO_2 , jakožto základní sklotvorný oxid. Dá se předpokládat, že sklo s vysokým nárokovaným obsahem GeO_2 bude fotocitlivé, a jeho optické vlastnosti se tedy mohou měnit při dlouhodobém osvitu uvedeným zářením. Při tavení skla s GeO_2 se zvyšuje pravděpodobnost rizika nežádoucí krystalizace.
- 20 Alkalickokřemičité sklo dopované Y_2O_3 a Er_2O_3 je uvedeno v EP 2 408 000 A1, s prioritou 26. 6. 2009 WO2009/CN24267CN, přihlašovatele Oceans King lighting science, CN, o názvu „Luminiscenční skleněný prvek, způsob jeho přípravy, a způsob pro luminiscenční užití tohoto prvku“.
 Luminiscenční skleněný prvek má na povrchu luminiscenčního substrátu skla kovovou vrstvu, která má vytvořenu kovovou mikrostrukturu. Luminiscenční substrát skla má složení
 25 $aM_2O.bY_2O_3.cSiO_2.dPr_2O_3$,
 kde M představuje alkalický kov, a v % mol. $a = 25$ až 60, $b = 1$ až 30, $c = 20$ až 70, $d = 0,001$ až 10, tedy substrát skla obsahuje v % mol.
 25 až 60 alkalického kovu Na , K , Li ,
 1 až 30 Y_2O_3
 30 20 až 70 SiO_2
 0,001 až 10 Pr_2O_3 .

Luminiscenční prvek může být využit v luminiscenčních zařízeních s vysokým jasnem nebo s vysokou provozní rychlostí.

- 35 Pro sklo je typický vysoký obsah alkalických oxidů, takže lze očekávat, že sklo bude mít velmi nízkou chemickou odolnost. V případě vysoké koncentrace Li_2O ve skle lze očekávat výrazný sklon ke krystalizaci skla, což významně omezuje průmyslové využití. Kompenzace vysokého obsahu alkálií dopanty Y_2O_3 a Pr_2O_3 sklo významně prodraží.

- Lathanoidy dopované alkalickoboritokřemičité sklo uvádí US 5,039,631 A, s prioritou 11. 1. 1990 US, majitele Schott Glass Tech Inc., US, o názvu „Zpevnitelné sklo bez Nd_2O_3 a s vysokým obsahem lathanoidů“.

Sklo obsahuje v % mol.:

- 54 až 75 SiO_2
 5 až 17 B_2O_3
 0 až 4 Li_2O
 45 3 až 18 Na_2O
 0 až 4 K_2O
 0 až 7 Al_2O_3
 0 až 4 PbO
 0 až 3 MgO
 50 0 až 3 CaO

0 až 3 SrO
0 až 3 BaO
0,1 až 10 ZnO

0 až 5 TiO₂
5 3 až 7 Ln₂O₃
0 až 5 V₂O₅ + Cr₂O₃ + Mn₂O₃
0 až 0,04 Fe₂O₃ + CoO + NiO + CuO + As₂O₃/Sb₂O₃,

kde Ln je La, Ce, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm a/nebo Yb.

10 Je nárokována možnost zvýšení chemické pevnosti povrchové vrstvy iontovou výměnou. Též je nárokováno chemické zpevnění povrchu křemičitého skla obsahujícího 3 až 7 % mol. lanthanoidů jiných než Nd₂O₃ nebo jejich směs bez Nd₂O₃ nebo s Nd₂O₃, ve skle obsahujícího 3 až 18 % mol. Na₂O, 0,1 až 10 % mol. ZnO, a méně než 3 % mol. každého z oxidů K₂O, PbO, CaO, BaO a SrO.

15 Sklo podle vynálezu nachází uplatnění všude tam, kde je nutná vysoká koncentrace lathanoidů. Skla jsou vhodná jako filtrová skla, např. pro laserovou optiku, ke zvýšení kontrastu, pro oční čočky, filtry pro laserové dutiny apod.

20 V případě obsahu B₂O₃ nad 10 % mol. a za přítomnosti nárokových vysokých koncentrací lanthanoidů nad 3 % mol., lze očekávat odmísení vysocoborité fáze během tavení skloviny, a tím výrazně nehomogenní rozložení koncentrace lanthanoidů ve skle, což může mít za následek obtíže při reprodukovatelné výrobě skla požadovaných optických vlastností. Sklo má speciální užití s požadavky na zvýšenou pevnost povrchové vrstvy skla, a proto má i poměrně vysoký obsah lanthanoidů ve skle, které se tak stává poměrně nákladným materiálem vhodným jen pro velmi specifické účely.

25 US 7,515,332 B2, s prioritou 18. 4. 2004 US, majitele Nippon Sheet Glass Company, JP o názvu „Složení skla, které emituje fluorescenci v infračervené oblasti a způsob jeho využití pro zesílení světelného signálu“. Běžné složení skla, obsahující Bi jako fluoreskující prvek, má širokou zesilovací spektrální oblast, ale nedovoluje, aby intenzita emise v oblasti 1,3 mikrometrů byla dost silná při excitaci světlem v oblasti 0,8 až 0,98 μm. Předložený vynález poskytuje složení skla zahrnující: Bi jako sklotvorný prvek mřížky; a alespoň jeden prvek ze skupiny: Dy, Er, Yb, Nd, 30 Tm, Ho, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu a Mo (s výjimkou Ti^{IV} a Fe^{III}), kde sklo fluoreskuje v IČ oblasti, s Bi jako zdrojem fluorescence při ozáření excitačním světlem. Intenzita emise se zvyšuje zcitlivěním alespoň jedním prvkem. Sklo obsahuje jakožto obligatorní složky v % mol.:

30 až 80 SiO₂
0,01 až 2 Bi₂O₃,
35 0,01 až 12 nejméně jednoho kationtu, vybraného ze skupiny Dy³⁺, Er³⁺, Yb³⁺, Nd³⁺, Tm³⁺, Ho³⁺, Ti³⁺, V³⁺, V⁴⁺, V⁵⁺, Cr³⁺, Cr⁶⁺, Mn²⁺, Mn³⁺, Fe²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu⁺, Cu²⁺, Mo³⁺, Mo⁴⁺,
ve formě oxidu nejméně jednoho kationtu,

kde celkové množství Li₂O + Na₂O + K₂O + CaO + SrO + BaO + ZnO + B₂O₃ je v rozmezí 0,1 až 60 % mol.,

40 a kde složení skla emituje fluorescenci v infračervené oblasti vlnových délek, s Bi jako zdrojem fluorescence po ozáření excitačním světlem,

a kde nečistoty jsou nižší než 1 % mol.

V příkladech provedení je vždy jakožto alkalický kov využit pouze Li₂O, a v žádném příkladném použití není přítomen Na₂O či K₂O. Koncentrace Li₂O ve skle je poměrně vysoká. Sklo obsahuje:

45 v tabulce 1 pro tři vzorky 30 % mol. Li₂O,
v tabulce 2 pro sedm vzorků 15,69 % mol. Li₂O a
v tabulce 3 pro 7 vzorků 9,78 až 9,95 % mol. Li₂O.

Ve všech příkladech provedení skla je využit jako dopant Bi_2O_3 o obsahu v rozmezí 0,20 až 1,96 % mol., a to buď samotný, a pokud je v kombinaci, vždy pouze jen s Yb_2O_3 o obsahu v rozmezí 0,1 až 6,0 % mol.

Podle příkladů se sklo využívá na výrobu optických vláken pro světelné zesilovače charakteristických vlastností. Je zřejmé, že toto sklo bylo vyvinuto pro speciální využití.

Sklo tohoto typu není vhodné pro nejběžnější průmyslovou výrobu planárních Ag^+ kanálkových vlnodů iontovou výměnou, protože Li^+ ion má tak malý poloměr, že by iontová výměna probíhala velmi obtížně. Navíc hrozí riziko vzniku trvalého mechanického napětí ve struktuře skla a vytvoření dvojlohu, který znehodnotí optické vlastnosti skla. Vysoký obsah Li_2O v tomto skle může způsobovat pokles viskozity taveniny a zvýšený sklon ke krystalizaci, což může vést k obtížím při výrobě objemových vzorků skla pro substráty planárních optických vlnodů.

Podstata technického řešení

Uvedené nevýhody se odstraní nebo omezí u optického luminiscenčního sodnohlinitokřemičitého skla, které je dopované kovovými oxidy a je určeno pro fotoniku, podle tohoto technického řešení.

Podstata tohoto technického řešení spočívá v tom, že sklo obsahuje v % mol.:

60 až 80 SiO_2

10 až 20 Na_2O

0,5 až 10 Al_2O_3

0 až 20 MO, kde MO představuje alespoň jeden z dvojmocných oxidu kovů, vybraných ze skupiny MgO , CaO , ZnO ;

0 až 10 B_2O_3 ; přičemž

suma oxidů $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ je v rozmezí 70,5 až 95 % mol. a

suma oxidů Al_2O_3 a/nebo B_2O_3 je v rozmezí 0,5 až 20 % mol.

Dále sklo obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny oxidů kovů

Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_2O_3 , Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v rozmezí 0,001 až 8 % mol.

Toto sklo vykazuje: absorpci v UV a/nebo ve VIS a/nebo v IČ oblastech vlnových délek a současně fotoluminiscenci ve VIS a/nebo IČ oblastech vlnových délek;

index lomu 1,49 až 1,56; a střední optickou bazicitu v intervalu 0,40 až 0,65.

Je výhodné, když optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3 v rozmezí 0,05 až 8 % mol.

Též je výhodné, když optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v rozmezí 0,001 až 5,0 % mol.

Také je výhodné, když optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo obsahuje jednak: alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3 v rozmezí 0,05 až 8 % mol., a jednak současně obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v rozmezí 0,001 až 5,0 % mol.

Také je výhodné, když optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo dále obsahuje v % mol. 0,1 až 15 ZnO , 0,1 až 15 MgO , 0,1 až 15 CaO a 0,1 až 10 B_2O_3 .

Hlavní výhodou skla podle tohoto technického řešení je dosahování vysoké intenzity luminiscence, respekt. fotoluminiscence ve VIS (viditelné) a IČ oblasti spektra. Vzhledem k příznivě vytvořeným absorbním pásům v UV a/nebo ve VIS a/nebo v IČ oblastech vlnových délek u dopovaných nebo kodopovaných skel podle tohoto technického řešení je možné tuto intenzivní luminiscenci vybudit pomocí řady laserových zdrojů. Optické sodnohlinitokřemičité sklo podle tohoto

technického řešení je vhodné jakožto matrice pro dopování laserově aktivními prvky. Nároková-
né rozpětí indexu lomu u skel zaručí bezproblémové napojení vlnovodné kanálkové struktury na
optická vlákna s velmi nízkými optickými ztrátami, což je velká výhoda křemičitých skel. Náro-
kovaná střední optická bazicita zajistí vytvoření optimálního chemického okolí iontů kovů dopo-
vaných oxidů za účelem dosažení maximální intenzity luminiscence, vhodné šířky emisního pásu
5 a dostatečně dlouhé doby dosvitu. Předložené sklo je určeno především pro výrobu aktivních
fotonických prvků, jako jsou vlnovodné kanálkové zesilovače optického signálu nebo laserové
zdroje s aplikací, v poslední době velmi žádané, integrované optice.

Sklo podle tohoto technického řešení lze také využít pro výrobu optických struktur s gradientním
indexem lomu technologií iontové výměny Ag^+ případně K^+ za Na^+ v tomto skle. Tato iontová
10 výměna se provádí známým a běžným způsobem v taveninách dusičnanů příslušných kationtů
kovů.

Předložené sklo lze využít pro výrobu pasivních optických prvků s gradientním indexem lomu
technologií iontové výměny Ag^+ nebo K^+ za Na^+ v tomto skle. Tato iontová výměna se provádí
15 známým a běžným způsobem v taveninách dusičnanů příslušných kationtů kovů. Přítomnost Na^+
ve skle podle tohoto technického řešení je tedy nezbytná. Za zmínku stojí, že sklo podle tohoto
technického řešení neobsahuje ionty K^+ , které by v kombinaci s Na^+ zpomalovaly proces iontové
výměny a mohly by vyvolat vznik trvalého mechanického napětí. Sklo podle tohoto technického
řešení slouží jako substrát pro vytváření planárních optických kanálkových struktur. Sklo podle
20 tohoto technického řešení umožňuje vytvořit optické struktury s vysokou změnou indexu lomu, a
to až o $\Delta n_d = 0,12$.

Optické sodnohliníto-křemičité sklo podle tohoto technického řešení je velmi vhodné jakožto mat-
rice pro dopování laserově aktivními prvky. Základní nárokové složení skla, zahrnujícího SiO_2 ,
 Na_2O , Al_2O_3 , případně dvojmocné oxidy kovů, jako je MgO , CaO , ZnO a B_2O_3 umožňuje široké
25 rozpětí nastavení optické bazicity skla podle potřeb dopantů k dosažení optických vlastností lu-
miniscenčního skla vzhledem k požadavkům aplikace skla. Tento typ skla se připravuje z běžné
dostupných sklářských surovin obvyklým technologickým postupem tavení skla.

Oxid SiO_2 jako základní složka skla vytváří strukturní síť skla s dostatečnou mechanickou pev-
ností a s chemickou odolností. Tato složka zajišťuje dostatečnou viskozitu sklotvorné taveniny a
30 výrazně potlačuje krystalizaci při ochlazování taveniny, a tak umožňuje vysokou rozpustnost
dopantů, a tím potlačení koncentračního zhášení luminiscence skla.

Přítomnost Na_2O umožňuje přípravu skla tavením za běžných tavicích teplot v rozmezí 1380 až
1580 °C. Ionty Na^+ umožňují následnou efektivní iontovou výměnu zejména za Ag^+ případně K^+ .

Přítomnost oxidů alkalických zemin CaO a MgO , a rovněž i přítomnost ZnO , v celkovém množ-
35 ství 0 až 20 % mol., umožňuje nastavit požadovanou optickou bazicitu, která je přímo úměrná
parciálnímu zápornému náboji na kyslíkových atomech skelné sítě.

Obsah oxidů Al_2O_3 a/nebo B_2O_3 v množství 0,5 až 20 % mol., výrazně zvyšuje chemickou odol-
nost a umožní následnou efektivní iontovou výměnu. Tyto oxidy zvyšují rozpustnost trojmoc-
ných oxidů dopantů.

Velkou předností tohoto technického řešení je, že sklo podle tohoto technického řešení má při
40 teplotě 280 °C interdifuzní koeficient iontové výměny Ag^+ za Na^+ v rozmezí $1 \cdot 10^{-16}$ až $1 \cdot 10^{-15}$
 $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, pro zajištění dostatečně vysoké rychlosti následné iontové výměny.

Střední optická bazicita skla podle tohoto technického řešení v intervalu 0,40 až 0,65 vytváří
vhodné prostředí pro laserově aktivní dopanty, které pak dosahují vysoké intenzity luminiscence
45 a nízké optické ztráty ve vytvořených kanálkových vlnovodech.

Další předností skla podle tohoto technického řešení je velmi dobrá hydrolytická odolnost pod
0,3 $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$ [ml HCl ($C = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$)], a spadá do hydrolytické třídy III. až II. Sklo podle tohoto
technického řešení je proto dobře odolné proti vzdušné vlhkosti.

Optické sklo podle tohoto technického řešení splňuje náročné podmínky pro dosažení vysoké
50 optické homogenity potřebné pro zajištění nízké optické ztráty ve vytvořených strukturách.

Optická homogenita vyjadřuje směrodatnou odchylku indexu lomu naměřeného alespoň v 10 různých místech vzorku skla, a u těchto skel se pohybuje pod $2 \cdot 10^{-4}$.

Nízké optické ztráty představují útlum optického signálu pod hodnotu $0,5 \text{ dB} \cdot \text{cm}^{-1}$ v přímém jednovodovém optickém vlnovodném kanálku vytvořeného ve skle iontovou výměnou Ag^+ za Na^+ .

- 5 Nečistoty, a zejména oxidy, Fe může sklo obsahovat v koncentraci do 0,01 % mol., s výhodou 0,001 % mol.

Vsázka pro optické sklo podle tohoto technického řešení vzhledem k jeho složkám, se čerí za přítomnosti SO_4^{2-} , např. Na_2SO_4 , pro optimální vyčerení skloviny a dosažení příznivé oxidačně-redukční rovnováhy.

- 10 Pro dosažení optimálních vlastností skla podle tohoto technického řešení lze jeho složení modifikovat v uvedených rozpětích koncentrací, sklo tedy může obsahovat 0,1 až 15 % mol. ZnO ; 0,1 až 15 % mol. MgO ; 0,1 až 15 % mol. CaO ; a 0,1 až 10 % mol. B_2O_3 .

- Vsázka pro optické sklo podle tohoto technického řešení musí splňovat podmínky pro dosažení vysoké optické čistoty skla a požadované světelné propustnosti skla. Takže nečistoty a zejména oxidy polyvalentních prvků, jako je Sb, As, Fe, může obsahovat nad 100 % mol. složek skla, v množství do 0,01 % mol.

- 20 Oxidy kovů Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_2O_3 , Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v rozmezí 0,001 až 8 % mol. ve skle, představují ve skle podle tohoto technického řešení velmi účinné dopanty, vyvolávající fotoluminiscenci skla ve viditelné oblasti a infračervené oblasti, např. od vlnových délek 400 nm do 2200 nm. Minimální nárokované množství dopantů, vyvolávající požadovanou luminiscenci je 0,001 % mol. Pokud koncentrace dopantů překročí 8 % mol., nastává nebezpečí shlukování těchto částic, vedoucí k nežádoucím zhasíním luminiscence a tvorbě krystalických center. Pro dopanty Er_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3 je optimální rozmezí ve skle 0 až 4 % mol. pro každý jednotlivý oxid, v případě Yb_2O_3 je optimální rozmezí 0 až 6 % mol.

- 30 Mezi dopanty je velká skupina oxidů kovů vzácných zemin, lanthanoidů, Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3 . Lanthanoidy ve skle podle tohoto technického řešení zajišťují velmi intenzivní fotoluminiscenci o požadované vlnové délce a s dostatečně dlouhou dobou dosvitu vhodnou pro laserové komponenty a optické zesilovače. Lanthanoidy zvyšují viskozitu skla. Řada z nich, při vhodném kodopování, působí jako senzitizerý luminiscence a výrazně zvyšují její účinnost. Pro dopanty Er_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3 je optimální rozmezí ve skle 0 až 4 % mol. pro každý jednotlivý oxid, v případě Yb_2O_3 je optimální rozmezí 0 až 6 % mol.

- 35 Oxidy Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v optimálním nárokováném rozmezí vyvolávají fotoluminiscenci skla ve viditelné oblasti a infračervené oblasti, např. od vlnových délek 400 nm do 1200 nm. Tyto oxidy v kodopaci s lanthanoidy působí jako senzitizerý, výrazně rozšiřují vlnová pásma pro buzení (čerpání) a to především ve viditelné oblasti, což vede ke zvýšení účinnosti luminiscence těchto lanthanoidů.

- 40 Pro dopanty Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 je optimální množství ve skle 0 až 4 % mol. pro každý jednotlivý oxid.

Přehled obrázků na výkresech

Technické řešení je podrobně popsáno na příkladných provedeních, z nichž pro příkladné provedení složení skla 2 a 3 v Tabulce I je blíže osvětleno pomocí fotoluminiscenčního spektra, znázorněného na obrázku 1.

Příklady provedení technického řešení

Příkladná provedení složení optických luminiscenčních sodnohliníkokřemičitých skel dopovaných oxidy kovů jsou vedena v Tabulkách I., II., a III. Složení jednotlivých složek je uvedeno v % mol.

- 5 Ve všech Tabulkách I., II., III. jsou pro každé sklo uvedeny charakteristické vlastnosti, jako jsou významné absorpční a emisní pásy v nm, index lomu n_d , střední optická bazicita a interdifuzní koeficient $D_{Ag^+/Na^+} \cdot 10^{15} \text{ v m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, při teplotě 280 °C

Tabulka I

Příklady provedení 1 až 3:

Složky skla [% mol.]	1	2	3
Na ₂ O	14,73	13,15	12,86
ZnO	0,10	0,29	10,88
MgO	5,89	0,10	0,30
CaO	5,89	12,57	0,10
B ₂ O ₃	0,00	0,00	1,98
Al ₂ O ₃	0,49	0,97	1,98
SiO ₂	71,10	69,62	70,80
Er ₂ O ₃	0,00	0,30	0,50
Yb ₂ O ₃	0,00	3,00	0,60
Ho ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00
Tm ₂ O ₃	0,70	0,00	0,00
Dy ₂ O ₃	1,10	0,00	0,00
Suma	100,00	100,00	100,00
Absorpční pásy [nm]	808	980	980
IČ emisní pásy [nm]	1700 až 2000	1535,1543	1520 až 1580
Index lomu n_d	1,5351	1,5596	1,5328
Střední optická bazicita	0,574	0,584	0,546
$D_{Ag^+/Na^+} \cdot 10^{15} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$	0,7	0,6	3,2

10

Všechna příkladná provedení složení skel 1 až 3 v Tabulce I mají vyšší obsah SiO₂, kolem 70 % mol. a nízký obsah Al₂O₃ a B₂O₃, a to u obou oxidů jednotlivě do 2 % mol. Tato složení jsou příznivá pro kodopování následujícími dvojicemi lanthanoidů, pro které byla vždy nastavena optimální optická bazicita matrice základního skla.

- 15 V příkladu 1 je použito kodopování Dy/Tm, v množství 0,70 % mol. Tm₂O₃ a 1,1 mol % Tm₂O₃. Sklo obsahuje 5,89 % mol. CaO a stejný obsah MgO. Tyto oxidy zajišťují mírně vyšší střední optickou bazicitu. Toto sklo je vhodné pro optické zesilovače pro IČ pásmo 1700 až 2000 nm, při účinném čerpání na vlnové délce 808 nm. Index lomu n_d se pohybuje ve středních hodnotách pro tato tři příkladná provedení. Vyšší hodnota střední optické bazicity zajišťuje širší emisní pás.
- 20 Interdifuzní koeficient D_{Ag^+/Na^+} při teplotě 280 °C charakterizuje pomalejší iontovou výměnu s dobrou reprodukovatelností.

Příklad 2 využívá kodopování Er/Yb. Sklo obsahuje 12,57 % mol. CaO, který výrazně zvyšuje optickou bazicitu. Sklo je vhodné pro laserové zdroje s luminiscencí při vlnových délkách v ma-

ximech 1535 a 1543 nm, při účinném čerpání na vlnové délce 980 nm. Index lomu n_d patří k vyšším hodnotám. Vysoká hodnota střední optické bazicity zajišťuje užší emisní pásy. Interdifuzní koeficient D_{Ag^+/Na^+} při teplotě 280 °C charakterizuje delší iontovou výměnu s dobrou reprodukovatelností.

- 5 Příklad 3 představuje opět kodopování Er/Yb. Sklo obsahuje ZnO v množství 10,8 % mol., který výrazně snižuje střední optickou bazicitu. Sklo je pak vhodné pro optické zesilovače s luminiscencí v pásmu 1520 až 1580 nm, při účinném čerpání na vlnové délce 980 nm. Index lomu n_d patří též k vyšším hodnotám. Vysoká hodnota střední optické bazicity zajišťuje široký emisní pás. Interdifuzní koeficient D_{Ag^+/Na^+} při teplotě 280 °C charakterizuje středně rychlou iontovou výměnu.

- 10 Na obr. 1 jsou znázorněna tři fotoluminiscenční spektra Er, zachycující intenzitu luminiscence v závislosti na vlnové délce. Každé spektrální křivce odpovídá jedna konstantní hodnota koncentrace Yb. Každá křivka odpovídá jiné koncentraci Yb ve skle, kde emisní spektrum s nejnižší intenzitou odpovídá nejnižší hodnotě Yb. Je ilustrován velmi příznivý vliv senzitizeru Yb na fotoluminiscenci Er, která výrazně narůstá s rostoucí koncentrací Yb.

Tabulka II

Příklady provedení 4 až 7:

Složky skla [% mol.]	4	5	6	7
Na ₂ O	12,84	12,82	12,77	12,84
ZnO	6,92	0,10	3,93	8,89
MgO	0,00	11,83	3,93	0,00
CaO	0,00	0,10	4,12	0,00
B ₂ O ₃	8,89	0,00	0,00	4,84
Al ₂ O ₃	9,88	9,86	9,82	9,88
SiO ₂	60,27	63,89	63,63	62,35
Ho ₂ O ₃	0,70	0,80	1,00	0,70
Tm ₂ O ₃	0,50	0,00	0,00	0,50
Pr ₂ O ₃	0,00	0,60	0,00	0,00
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,80	0,00
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00
Absorpční pásy [nm]	440 až 670 808	440 až 540 1490	440 až 585 670	440 až 540 808
IČ emisní pásy [nm]	1600 až 2200	1941,1997, 2056	1870 až 2200	1941,2056
Index lomu n_d	1,5409	1,5260	1,5389	1,5377
Střední optická basicita	0,545	0,579	0,581	0,552
$D_{Ag^+/Na^+} \cdot 10^{15} [m^2 \cdot s^{-1}]$	5,1	4,4	3,6	7,8

- 20 Všechna příkladná provedení složení skel 4 až 7 v Tabulce II mají nižší obsah SiO₂ do 64 % mol. a vysoký obsah Al₂O₃ do 10 % mol a B₂O₃ do 9 % mol. Tato složení jsou příznivá pro kodopování dvojicí lanthanoidů, konkrétně Ho s Tm, nebo s Nd, pro něž byla vždy nastavena optimální optická bazicita matrice základního skla.

V příkladu 4 a 7 je použito kodopování Ho/Tm. Sklo 4 obsahuje 0,70 % mol Ho₂O₃ a 0,50 % mol Tm₂O₃. Sklo 7 obsahuje 0,70 % mol. H₂O₃ a 0,50 % mol. Tm₂O₃. Obě základní skla se výrazně

liši v obsahu B_2O_3 a ZnO a SiO_2 . Sklo podle příkladu 4 má nižší optickou bazicitu a širší emisní pás o vysoké intenzitě luminiscence. Interdifuzní koeficient D_{Ag^+/Na^+} při teplotě $280^\circ C$ charakterizuje vysokou rychlost iontové výměny, ve srovnání s příklady 1 až 3, za vzniku hlubokých vlnovodných vrstev s velkým gradientem indexu lomu.

- 5 Sklo 4 je vhodné pro optické zesilovače pro IČ pásmo 1600 až 2200 nm, při účinném čerpání na vlnové délce buď ve viditelné oblasti v pásmu 440 až 670 nm, nebo při vlnové délce 808 nm.

Sklo 7 je vhodné pro laserové zdroje o vlnové délce 1941 a 2056 nm, při účinném čerpání na vlnové délce buď ve viditelné oblasti v pásmu 440 až 540 nm, nebo při vlnové délce 808 nm. Jeho vyšší hodnota střední optické bazicity zajišťuje užší emisní pás.

- 10 Příkladné základní složení skla 5 obsahuje velmi nízké množství 0,1 % mol. ZnO a vysoký obsah MgO a neobsahuje B_2O_3 . Sklo je kodopováno Ho/Pr , pro nějž byla nastavena optická bazicita základní matrice skla. Sklo obsahuje dopanty v množství 0,80 % mol. H_2O_3 a 0,60 % mol. Pr_2O_3 . Sklo podle tohoto příkladu 5 je vhodné pro výkonné laserové zdroje s úzkými emisními pásy a vlnovými délkami maxim 1941, 1997 a 2056 nm, při účinném čerpání ve vlnových délkách v pásmu 40 až 540 nm, případně 1490 nm.

- 15 Sklo podle příkladného provedení 6 obsahuje všechny tři trojmocné kationty oxidů v základním skle o koncentraci cca 4 % mol., což zajišťuje nižší symetrii okolí atomu Ho , vedoucí k širším emisním pásům. Sklo obsahuje dopanty v množství 1,00 % mol. H_2O_3 a 0,80 % mol. Nd_2O_3 . Sklo je vhodné pro miniaturní vlnovodné zesilovače integrované optiky s luminiscencí v pásmu 440 až 585, případně 670 nm.

20 Nastavená střední hodnota optické bazicity v obou příkladných sklech 5, 6 zajišťuje vysokou účinnost čerpání na uvedených vlnových délkách. Sklo podle příkladu 6 má výrazně nižší index lomu než sklo 5. U obou skel je vyšší interdifuzní koeficient, který zabezpečuje dostatečně rychlou tvorbu složitějších vlnovodných struktur s dostatečným kontrastem indexu lomu.

Tabulka III

Příklady provedení 8 až 11:

Složky skla [% mol.]	8	9	10	11
Na ₂ O	12,92	10,95	10,97	13,50
ZnO	3,98	12,05	14,96	0,30
MgO	3,98	5,98	3,99	0,10
CaO	4,17	0,00	0,00	12,90
B ₂ O ₃	0,00	4,88	4,89	0,00
Al ₂ O ₃	9,94	4,98	4,09	0,99
SiO ₂	64,86	60,75	60,80	71,45
Er ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,70
Cr ₂ O ₃	0,15	0,01	0,00	0,00
Bi ₂ O ₃	0,00	0,40	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,30	0,00
Cu ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,06
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00
Absorpční pásy [nm]	470 až 900	470 až 800	460 až 620	260 550 až 1100
VIS emisní pásy [nm]	440, 630	400 až 440	490	400 až 700
IČ emisní pásy [nm]	1020 1600 až 2000	1020 až 1600	1100 až 1600	900 až 1200 1520 až 1580
Index lomu n_d	1,5263	1,5297	1,5351	1,5315
Střední optická basicita	0,575	0,540	0,537	0,576
$D_{Ag+/Na+} \cdot 10^{15} [m^2 \cdot s^{-1}]$	5,1	7,2	6,3	0,9

5 Všechna příkladná základní provedení skel byla optimalizována zejména pro dopování oxidy kovů vybrané ze skupiny Bi₂O₃, Cu₂O, CuO, Cr₂O₃, CrO₃ a NiO v rozmezí 0,001 až 5,0 % mol. za účelem dosažení intenzivní fotoluminiscence, především ve viditelné části spektra.

10 Sklo podle příkladu 8 je dopováno Cr₂O₃ v množství 0,15 % mol. Sklo má vyšší optickou basicitu, která zajišťuje intenzivní široké emisní pásy ve viditelné oblasti kolem 440 a 630 nm, a v infračervené oblasti kolem 1020 nm, a v pásmu 1600 až 2000 nm; to je zajištěno při čerpání v širokém pásmu na vlnových délkách 470 až 900 nm. Sklo je určeno jako zdroj záření v uvedených délkách v žádané viditelné a infračervené oblasti.

15 Sklo podle příkladu 9 je kodopováno 0,4 % mol. Bi₂O₃ a 0,01 % mol. Cr₂O₃. Sklo má středně vysokou hodnotu optické basicity, která zajišťuje výraznou luminiscenci skla s širokými emisní pásy ve viditelné oblasti 400 až 440 nm a v infračervené oblasti 1020 až 160 nm. Čerpání je možné v širokém pásmu 470 až 80 nm. Sklo je vhodné jakožto efektivní zdroj žádaného záření v uvedených oborech spektra.

20 Příkladné provedení skla 10 je dopováno 0,30 % mol. NiO. Sklo o nižší basicitě se vyznačuje emisním pásem ve viditelné oblasti s maximum při 490 nm a širokým emisním pásem v infračervené oblasti 1100 až 1600 nm. Pro čerpání je možné využít oblast vlnových délek 460 až 620 nm. Sklo nachází využití jako ekonomicky výhodný zdroj záření v uvedených oblastech.

Sklo podle příkladu 11 je kodopováno Er/Cu, a to v množství 0,70 % mol Er_2O_3 a 0,06 % mol. Cu_2O , kde ionty mědi jsou přítomny s lanthanoidem Er_2O_3 . Vyšší hodnota bazicity skla zajišťuje intenzivní luminiscenci v žádané viditelné oblasti 400 až 700 nm a současně v infračervené oblasti 900 až 1200 nm a v oboru telekomunikačních vlnových délek 1520 až 1580 nm. Oblast pro čerpání se nachází v oblastech vlnových délek kolem 260 nm a v pásmu 550 až 1100 nm. Sklo je určeno jako integrovaný zdroj záření a optický zesilovač s využitím v optoelektronice.

Index lomu u skel podle příkladů 1 až 8 leží v intervalu 1,526 až 1,535. Interdifuzní koeficient $D_{\text{Ag}^+/\text{Na}^+}$ při teplotě 280 °C je vysoký pro skla 8 až 10. Tato skla jsou vhodná pro tvorbu miniaturních planárních struktur s vysokým kontrastem indexu lomu, s možností jejich vytvoření technologií iontové výměny. Sklo podle příkladu 11 má výrazně nižší interdifuzní koeficient $D_{\text{Ag}^+/\text{Na}^+}$, při teplotě 280 °C, který zajišťuje nízkou pohyblivost a stabilitu iontů mědi během procesu iontové výměny.

Průmyslová využitelnost

Sklo je určeno pro optické aplikace všude tam, kde je vyžadována luminiscence, respektive fotoluminiscence, především v oblastech fotoniky, laserové optiky, optoelektroniky a integrované optiky.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Optické luminiscenční sodnohliníto-křemičité sklo dopované oxidy kovů určené pro fotoniku, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že obsahuje v % mol.

60 až 80 SiO_2

10 až 20 Na_2O

0,5 až 10 Al_2O_3

0 až 20 MO, kde MO představuje alespoň jeden z dvojmocných oxidů kovů, vybraných ze skupiny MgO , CaO , ZnO ;

0 až 10 B_2O_3 ; přičemž

suma oxidů $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ je v rozmezí 70,5 až 95 % mol. a

suma oxidů Al_2O_3 a/nebo B_2O_3 je v rozmezí 0,5 až 20 % mol.;

a dále sklo obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny oxidů kovů Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_2O_3 , Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v rozmezí 0,001 až 8 % mol.;

přičemž toto sklo vykazuje:

absorpci v UV a/nebo ve VIS a/nebo v IČ oblastech vlnových délek a současně fotoluminiscenci ve VIS a/nebo IČ oblastech vlnových délek;

index lomu 1,49 až 1,56; a

střední optickou bazicitu v intervalu 0,40 až 0,65.

2. Optické luminiscenční sodnohliníto-křemičité sklo podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny

Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3

v rozmezí 0,05 až 8 % mol.

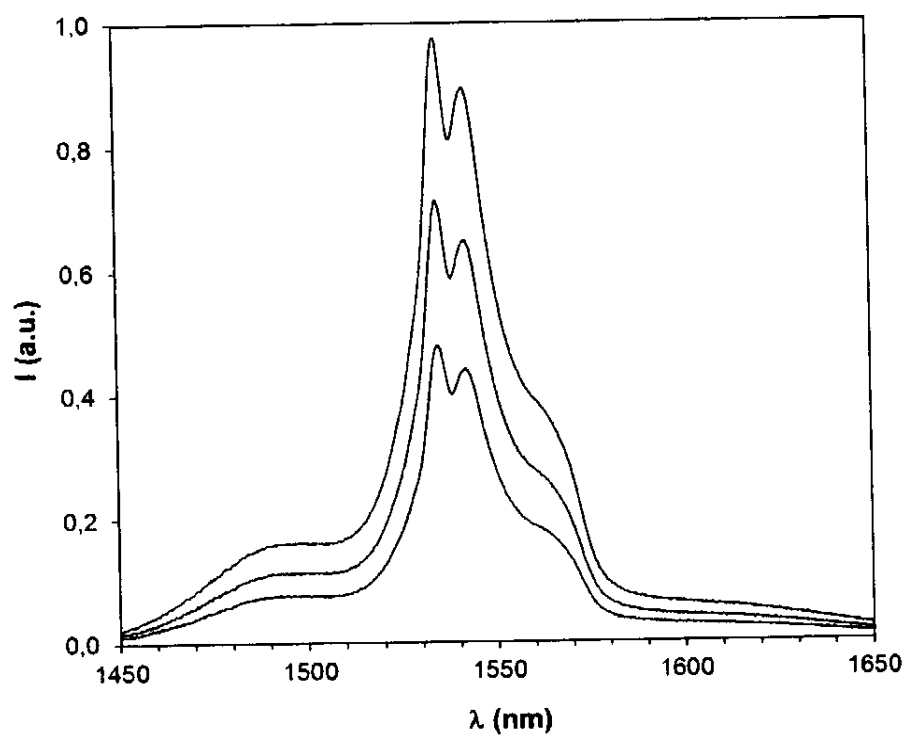
3. Optické luminiscenční sodnohliníto-křemičité sklo podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny

Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO

v rozmezí 0,001 až 5,0 % mol.

4. Optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny Er_2O_3 , Yb_2O_3 , Ho_2O_3 , Dy_2O_3 , Tm_2O_3 , Nd_2O_3 a Pr_2O_3 v rozmezí 0,05 až 8 % mol.
- 5 a současně obsahuje alespoň jeden oxid kovu, vybraný ze skupiny Bi_2O_3 , Cu_2O , CuO , Cr_2O_3 , CrO_3 a NiO v rozmezí 0,001 až 5,0 % mol.
- 10 5. Optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje v % mol. 0,1 až 15 ZnO .
6. Optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje v % mol. 0,1 až 15 MgO .
- 15 7. Optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje v % mol. 0,1 až 15 CaO .
8. Optické luminiscenční sodnohlinitokřemičité sklo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje v % mol.
- 20 0,1 až 10 B_2O_3 .

I výkres



Obr. 1

Konec dokumentu
