

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10)

**PL 242719 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **427015**

(22) Data zgłoszenia: **2018.09.14**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.03.23 BUP 07/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.04.11 WUP 15/2023**

(51) MKP:

**B82Y 10/00** (2011.01)

**B82Y 20/00** (2011.01)

**H01L 33/02** (2010.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**ENSEMBLE3 SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**DOROTA ANNA PAWLAK, Warszawa, PL**

**RAFAŁ NOWACZYŃSKI, Marki, PL**

**MARCIN GAJC, Warszawa, PL**

**MARTA BUZA, Warszawa, PL**

**ANDRZEJ KŁOS, Warszawa, PL**

**BARBARA SURMA, Warszawa, PL**

**PAWEŁ OSEWSKI, Suwałki, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Jakub Siewewiesiuk, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Materiał dielektryczny emitujący światło**

**PL 242719 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest materiał dielektryczny emitujący światło mający zastosowanie w plazmonice, optoelektronice, optyce, fotonice, telekomunikacji, medycynie, biologii.

Znane są objętościowe materiały luminescencyjne zawierające matrycę szklaną domieszkowaną kropkami kwantowymi. Z publikacji Achermann M., Petruska M.A., Kos S., Smith D.L., Koleske D.D., Klimov V.I. *Nature* **2004**, 429, 642–6, wiadomo, że przerwa energetyczna w kropkach kwantowych zależy od ich średnicy. W związku z tym długość emitowanej fali świetlnej zależy nie tylko od chemicznego składu kropek, ale też od ich rozmiarów i kształtu. Ta własność oraz wąskie widmo luminescencji umożliwia szerokie wykorzystanie kropek kwantowych, w takich obszarach współczesnej techniki jak: wytwarzanie diod luminescencyjnych – Nozik A. *Physica E. Low Dimens. Syst. Nanostruct.* **2002**, 14, 1 15–20, biosensory – Resch-Genger U., Grabolle M., Cavaliere-Jaricot S., Nitschke R., Nann T. *Nat. Methods* **2008**, 5, 763–75, w technice laserowej – Sellers I. i in. *Electron. Lett.* 2004, 40, 1. Jeżeli matryca zawiera kilka rodzajów kropek, to dzięki szerokiemu pasmu absorpcji, możliwe jest ich wzbudzenie przez jedno źródło o określonej długości fali i wytworzenie materiału emitującego światło o dwóch lub nawet wielu długościach fal. W publikacji Dabbousi B.D. i in. *J. Phys. Chem. B* **1997**, 101, 9463–9475, pokazano możliwość wytworzenia przestrajalnych urządzeń optycznych, natomiast autorzy pracy Steckel, i in. *J. Soc. Info Display* **2015**, 23, 294–305, wykazali możliwość wytworzenia ekranów LCD, w których zastosowanie mikrowłókien domieszkowanych różnego rodzaju kropkami kwantowymi umożliwia transformację niebieskiego światła na białe.

Z pracy Pang L., Shen Y., Tetz K., Fainman Y. *Opt. Express* **2005**, 13, 44–9, znane są objętościowe materiały aktywne zawierające kropki kwantowe, gdzie matrycą są polimery. Matryce polimerowe mogą być jednak stosowane tylko w stosunkowo niskich temperaturach, a procedura domieszkowania kropkami kwantowymi często prowadzi do ich aglomeracji.

Z publikacji Rajh T., Vucemilovic M., Dimitrijevic N., Mieic O., Nozik A., *Chem. Phys. Lett.* **1988**, 143, 305–8, znane są materiały, w których matryca szklana domieszkowana jest nanokryształami przy wykorzystaniu metody zol-żel. Wykorzystanie tej metody ogranicza się jednak głównie do szkielek krzemionkowych, a domieszkowanie jednej matrycy kilkoma rodzajami nanokryształów jest procesem trudnym technologicznie.

Materiał według wynalazku może być otrzymywany przy wykorzystaniu metody bezpośredniego domieszkowania nanocząsteczkami, znanej z publikacji Gaje M. i in. *Adv. Funct. Mater.* **2013**, 23, 3443–5, oraz z patentu nr EP2570396 A2. Metoda ta umożliwia łatwe domieszkowanie objętościowej matrycy szklanej kilkoma rodzajami domieszek w postaci nanocząstek, kropek kwantowych czy też jonów aktywatorów.

Materiał dielektryczny emitujący światło, zawierający dielektryczną matrycę szklaną w postaci szkła nieorganicznego boranowo-fosforanowego z dodatkiem sodu o wzorze chemicznym  $\text{Na}_5\text{B}_2\text{P}_3\text{O}_{13}$ , o wysokiej transmisji w zakresie długości fal od 0,35  $\mu\text{m}$  do 5  $\mu\text{m}$ , o dodatniej wartości rzeczywistej części przenikalności elektrycznej  $\text{Re}(\epsilon) > 0$  w zakresie długości fali elektromagnetycznej UV/VIS/NIR i o niskich stratach dielektrycznych, zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że jest jednocześnie domieszkowany półprzewodnikowymi kropkami kwantowymi CdTe o stężeniu powyżej 0,1% wag., o średnicy od 1,5 nm do 10 nm i kropkami kwantowymi CdSe/ZnS lub nanocząstkami Ag o stężeniu od 0,1 do 10% wag. w postaci sfer lub nanodrutów, o temperaturze topnienia wyższej od temperatury topnienia matrycy oraz o ujemnej wartości rzeczywistej części przenikalności elektrycznej  $\text{Re}(\epsilon) < 0$  w zakresie długości fali elektromagnetycznej UV/VIS/NIR, wykazującymi rezonans plazmoniczny w zakresie długości fali od 0,35  $\mu\text{m}$  do 5  $\mu\text{m}$ .

Korzystnie, materiał zawiera w matrycy jednocześnie kropki kwantowe CdSe/ZnS i CdTe o stężeniu większym niż 0,1% wag. każde.

Korzystnie, materiał w matrycy dielektrycznej zawiera jednocześnie nanocząstki plazmoniczne oraz kropki kwantowe.

Materiał według wynalazku jest objętościowym materiałem, który może być domieszkowany jednocześnie kilkoma rodzajami kropek kwantowych i nanocząstkami metali lub półprzewodników w jednym procesie technologicznym.

Materiał według wynalazku poprzez możliwość zastosowania kropek kwantowych o różnej średnicy i różnym składzie chemicznym umożliwia kontrolę długości emitowanej fali świetlnej. Jednoczesne domieszkowanie kilkoma rodzajami kropek kwantowych, umożliwi wytworzenie materiału emitującego

światło o dwóch lub nawet wielu długościach fal. Natomiast współdomieszkowanie kropkami kwantowymi i nanocząstkami o własnościach plazmonicznych, dzięki wykorzystaniu zjawiska transferu energii pomiędzy nanocząstkami a kropkami kwantowymi, powoduje wzmocnienie emisji kropek kwantowych.

Materiał według wynalazku ma zastosowanie zależnie od potrzeb w postaci prętów, taśm, bądź warstw lub odpowiednio przygotowanych ich fragmentów.

Podane niżej przykłady ilustrują materiał według wynalazku w konkretnym przypadku jego wykonania, nie ograniczając zakresu jego stosowania, w oparciu o rysunek, na którym fig. 1 przedstawia pręt z matrycą szklaną NBP otrzymany metodą bezpośredniego domieszkowania kropkami kwantowymi CdSe/ZnS (0,3% wag.) oraz CdTe, (0,3% wag.), fig. 2 – widmo luminescencji zmierzone dla tego pręta, fig. 3 – widmo luminescencji zmierzone dla matrycy NBP domieszkowanej pojedynczo kropkami kwantowymi CdTe o średnicy 1,5 nm oraz podwójnie: kropkami kwantowymi CdTe o średnicy 1,5 nm i nanocząstkami srebra w ilości 0,4% wag.

#### Przykład 1

Matryca szklana ze szkła boranowo-fosforanowego o wzorze  $\text{Na}_5\text{B}_2\text{P}_3\text{O}_{13}$  zawierająca 0,3% wag. kropek kwantowych CdTe o średnicy 5,4 nm i 0,3% wag. kropek kwantowych CdSe/ZnS o średnicy 3,1 nm. Z przygotowanego materiału wykonuje się pręt o średnicy 5 mm, wykorzystując metodę mikrowyciągania. Widmo luminescencji wykazuje dwa piki o długości fali 596 nm i 720 nm będące wynikiem emisji odpowiednio kropek CdSe/ZnS oraz CdTe, co pokazano na fig. 2.

#### Przykład 2

Matryca szklana ze szkła boranowo-fosforanowego o wzorze  $\text{Na}_5\text{B}_2\text{P}_3\text{O}_{13}$  domieszkowana 0,3% wag. kropek kwantowych CdTe o średnicy 1,5 nm i 0,4% wag. nanocząstek srebra o średnicy 20 nm. Widmo luminescencji w przypadku jednoczesnego domieszkowania kropkami kwantowymi i nanocząstkami wykazuje znaczne wzmocnienie krótkofalowej emisji CdTe o długości fali 502,5 nm, co pokazano na fig. 3. Szerokość połowkowa piku FWHM wynosi 13 nm.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Materiał dielektryczny emitujący światło, zawierający dielektryczną matrycę szklaną w postaci szkła nieorganicznego boranowo-fosforanowego z dodatkiem sodu o wzorze chemicznym  $\text{Na}_5\text{B}_2\text{P}_3\text{O}_{13}$ , o wysokiej transmisji w zakresie długości fal od  $0,35\ \mu\text{m}$  do  $5\ \mu\text{m}$ , o dodatniej wartości rzeczywistej części przenikalności elektrycznej  $\text{Re}(\epsilon) > 0$  w zakresie długości fali elektromagnetycznej UV/VIS/NIR i o niskich stratach dielektrycznych, **znamienny tym**, że jest jednocześnie domieszkowany półprzewodnikowymi kropkami kwantowymi CdTe o stężeniu powyżej 0,1% wag., o średnicy od 1,5 nm do 10 nm i kropkami kwantowymi CdSe/ZnS lub nanocząstkami Ag o stężeniu od 0,1 do 10% wag. w postaci sfer lub nanodrutów, o temperaturze topnienia wyższej od temperatury topnienia matrycy oraz o ujemnej wartości rzeczywistej części przenikalności elektrycznej  $\text{Re}(\epsilon) < 0$  w zakresie długości fali elektromagnetycznej UV/VIS/NIR, wykazującymi rezonans plazmoniczny w zakresie długości fali od  $0,35\ \mu\text{m}$  do  $5\ \mu\text{m}$ .
2. Materiał według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zawiera w matrycy jednocześnie kropki kwantowe CdSe/ZnS i CdTe o stężeniu większym niż 0,1% wag. każde.
3. Materiał według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w matrycy dielektrycznej zawiera jednocześnie nanocząstki plazmoniczne oraz kropki kwantowe.

## Rysunki

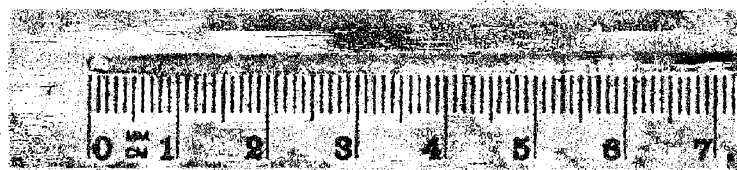


Fig. 1

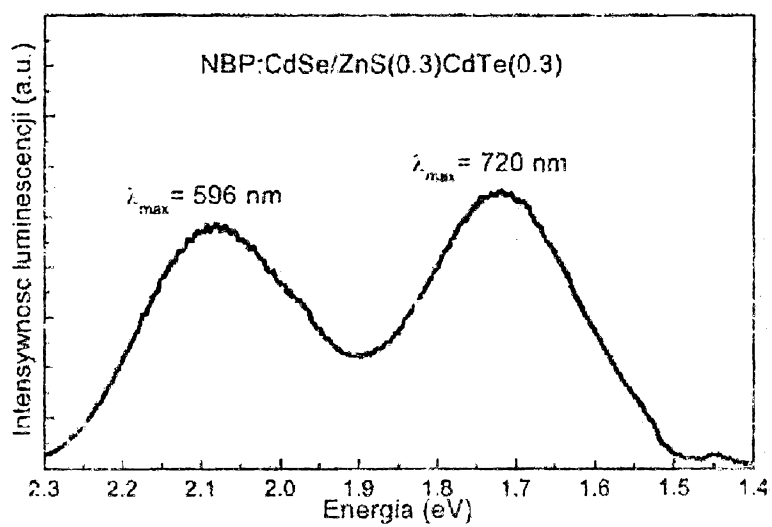


Fig. 2

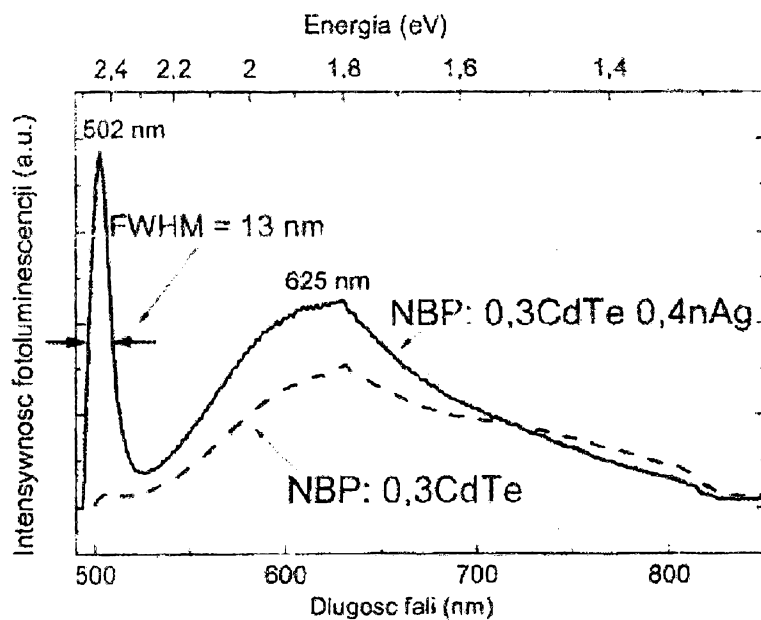


Fig. 3