

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2007 00239**

(22) Data de depozit: **03.04.2007**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.01.2013** BOPI nr. 1/2013

(41) Data publicării cererii:
30.10.2008 BOPI nr. 10/2008

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR.EROU IANCU NICOLAE NR. 32B,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **MOAGĂR-POLADIAN GABRIEL,
ALEEA FUIORULUI NR.6, BL.Y3A, SC.1,
ET.6, AP.27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 109246 B1; RO 118610 B1;
GB 754411 A; GB 1082022 A**

(54) DISPOZITIV PENTRU DETECȚIA RADIAȚIEI INFRAROȘII

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv pentru detecția radiației în infraroșu. Dispozitivul este alcătuit dintr-un substrat (1) și un electrod (2), între care poate exista un strat (9) suplimentar, care asigură o aderență bună a electrodului (2) pe substrat (1), precum și dintr-un strat (3) de semiconductor electroluminiscent, care formează un contact ohmic cu un electrod (2), dintr-un electrod (4) transparent sau semitransparent la fasciculul (6) de radiație în infraroșu, care formează un contact Schottky cu stratul (3) de semiconductor electroluminiscent, structura fiind alimentată cu o tensiune electrică produsă de către o sursă (5) de tensiune, astfel că se asigură conversia simultană a fasciculului (6) de radiație electromagnetică în fasciculul (7) de radiație vizibilă, precum și în curent electric, valoarea acestuia din urmă fiind citită cu ajutorul unui sistem (11), imaginea vizibilă produsă de către fasciculul (7) de radiație vizibilă fiind pozitivul imaginii produse de către fasciculul (6) de radiație infraroșie, imaginea conținută de fasciculul (7) de radiație vizibilă fiind citită cu ajutorul unei camere (8).

Revendicări: 12
Figuri: 5

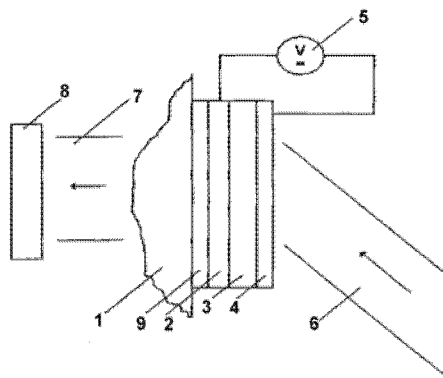


Fig. 1



RO 123505 B1

1 Invenția se referă la un dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii.

2 Se cunosc mai multe astfel de dispozitive, care sunt utilizate la detecția radiației în
3 infraroșu, unele dintre acestea convertind semnalul incident în semnal electric, altele conver-
tind semnalul incident în radiație electromagnetică, în domeniul vizibil sau infraroșu apropiat.

5 Dezavantajele dispozitivelor care convertesc radiația infraroșie în semnal electric
sunt:

7 - nu oferă și varianta citirii optice;

8 - sunt destul de complicat de realizat, fiind realizate din materiale speciale, pentru
9 care tehnologia de realizare a unor arii de pixeli ori nu este bine pusă la punct ori este foarte
scumpă;

11 - unele dintre acestea necesită răcire, ceea ce complică realizarea lor.

12 Dezavantajele dispozitivelor care convertesc radiația infraroșie în radiație vizibilă
13 sunt:

14 - au eficiență mică de conversie;

15 - sunt realizate din materiale relativ scumpe;

16 - nu oferă și varianta citirii electrice a semnalului produs de radiația infraroșie.

17 Problema pe care o rezolvă invenția constă în faptul că aceasta convertește radiația
infraroșie în radiație vizibilă, ușor de detectat cu mijloacele actuale de preluare de imagini,
19 și că totodată oferă convertirea simultană a radiației infraroșii în curent electric, curent
electric care poate fi citit prin mijloace cunoscute.

21 Soluția propusă, conform invenției, elimină dezavantajele de mai sus, prin aceea că
asigură conversia radiației infraroșii simultan în radiație vizibilă și în curent electric, acest
23 lucru fiind posibil prin folosirea unui contact Schottky între un conductor și un semiconductor
electroluminescent, radiația infraroșie având rolul de a îmbunătăți injecția de electroni din
25 electrod în semiconductorul electroluminescent.

26 Avantajele structurii de dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform invenției,
27 sunt:

28 - oferă conversia radiației infraroșii în radiație vizibilă:

29 - în cazul detecției semnalului vizibil emis ca urmare a radiației infraroșii, dispozitivul
nu are pixeli pe suprafață, ceea ce înseamnă că poate lucra în orice format de imagine în
31 ceea ce privește numărul de pixeli;

32 - emisia are loc în vizibil, ceea ce face ca radiația emisă ca urmare a radiației
33 infraroșii incidente să fie extrem de ușor de detectat cu mijloace de preluare de imagini, cum
ar fi dispozitive CCD sau CMOS;

35 - oferă conversia simultană și în curent electric, putându-se opta între varianta citirii
optice și cea a citirii electrice, în acest ultim caz, fiind necesară însă realizarea de pixeli pe
37 suprafața dispozitivului;

38 - este ușor de fabricat, mai ales, în cazul citirii optice;

39 - nu necesită răcire;

40 - poate fi realizat pe orice tip de substrat, rigid sau flexibil.

41 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...5, care
reprezintă:

42 - fig. 1, structura dispozitivului pentru detecția radiației infraroșii, în varianta citirii
optice în transmisie;

44 - fig. 2, structura dispozitivului pentru detecția radiației infraroșii, în varianta citirii
optice în reflexie;

46 - fig. 3, structura dispozitivului pentru detecția radiației infraroșii, în varianta citirii
47 electrice, un pixel reprezentativ;

RO 123505 B1

- fig. 4, structura dispozitivului pentru detecția radiației infraroșii, în varianta citirii mixte optice și electrice, un pixel reprezentativ;	1
- fig. 5, structura dispozitivului pentru detecția radiației infraroșii, în varianta utilizării unei joncțiuni p-n, citire optică.	3
Structura de dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii este format dintr-un substrat	5
1 peste care este depus electrodul 2 , peste electrodul 2 este depus stratul 3 de semiconductor electroluminescent, peste stratul 3 de semiconductor electroluminescent, este	7
depus electrodul 4 . Electrocul 2 și electrocul 4 sunt conectați la sursa 5 de tensiune electrică. Electrocul 2 formează cu stratul 3 de semiconductor electroluminescent un contact	9
ohmic, în timp ce electrocul 4 formează, cu stratul 3 de semiconductor electroluminescent, un contact de tip Schottky, cu o înălțime a barierei cuprinsă între 0,1 și 0,8 eV. Electrocul 4	11
este un electrod transparent sau semitransparent atât pentru fasciculul 6 de radiație infraroșie, cât și pentru fasciculul 7 de radiație vizibilă. Electrocul 2 este reflectiv pentru	13
radiația infraroșie, în acest fel măbind eficiența de conversie a dispozitivului, prin faptul că întoarce fasciculul 6 de radiație infraroșie înapoi către joncțiunea Schottky, formată de	15
electrocul 4 și stratul 3 de semiconductor electroluminescent. De asemenea, electrocul 2 poate fi, după necesități, reflectiv sau transparent, pentru fasciculul 7 de radiație vizibilă.	17
Dacă electrocul 2 este transparent, atunci și substratul 1 este transparent.	
Sistemul 8 este un sistem în sine cunoscut, pentru preluarea imaginilor în vizibil.	19
Fasciculul 7 de radiație vizibilă este preluat și citit de către sistemul 8 în sine cunoscut, de exemplu, o cameră CCD sau CMOS, sensibilă în vizibil.	21
De asemenea, între substratul 1 și electrocul 2 mai poate fi un strat conductor 9 care are rolul de a asigura aderența electrodului 2 pe substratul 1 .	23
De asemenea, dispozitivul mai poate conține un strat 10 de semiconductor de tip opus celui care este în stratul 3 , adică având purtători majoritari de tip opus față de stratul	25
3 , acest strat 10 semiconductor fiind plasat între electrocul 4 și stratul 3 semiconductor, stratul 10 formând, cu electrocul 4 , un contact ohmic, iar cu stratul 3 semiconductor, o	27
joncțiune p-n, în acest caz, dispozitivul funcționând ca un LED, iar în altă situație, dată de tipul de semiconductor al stratului 3 , injecția de goluri este controlată de intensitatea radiației	29
infraroșii incidente.	
Substratul 1 este de regulă un material dielectric transparent sau, după caz, opac. Poate fi rigid sau flexibil, după necesități.	31
Electrocul 2 poate fi un strat conductiv anorganic, de tip metal sau amestec de oxizi metalici conductori, metalele respective putând fi din grupele principale sau secundare ale sistemului periodic al elementelor, condiția esențială fiind ca să formeze un contact ohmic	33
cu stratul 3 semiconductor sau, după caz, cu stratul 10 semiconductor. Poate fi transparent sau reflectiv în domeniul vizibil, după necesități, în infraroșu trebuind să fie reflectiv. De	35
asemenea, electrocul 2 poate fi realizat din materiale organice conductoare, cum ar fi polianilina sau alți compuși conductori.	37
Stratul 3 este realizat dintr-un semiconductor care prezintă electroluminescență, putând avea conductivitate de tip p sau de tip n, putând fi un semiconductor de tip A III - B	39
V, A II - B VI, A IV - B VI sau un semiconductor organic, cum ar fi Alq3 (aluminum ths(8-hydroxyquinoline)) sau orice alt semiconductor organic electroluminescent, condiția	41
fiind ca să formeze un contact Schottky cu electrocul 4 și un contact ohmic cu electrocul 2 , respectiv, să formeze o joncțiune p - n cu stratul 10 semiconductor.	43
	45

RO 123505 B1

1 Electrocul **4** poate fi un strat conductiv anorganic, de tip metal sau amestec de oxizi
2 metalici conductori, metalele respective putând fi din grupele principale sau secundare ale
3 sistemului periodic al elementelor, condiția esențială fiind ca să formeze un contact Schottky
4 cu stratul **3** semiconductor. Trebuie să fie transparent pentru radiația infraroșie. De
5 asemenea, electrocul **4** poate fi realizat din materiale organice conductoare, cum ar fi
6 polianilina sau alți compuși conductori.

7 Stratul **9** este un strat dintr-un material conductor electric sau dielectric și poate fi
8 realizat dintr-un strat metalic cu metale din grupele principale sau secundare ale sistemului
9 periodic al elementelor, din oxizi ai metalelor respective, din materiale organice cu rol de
10 adeziv, cum ar fi rășinile, gelatina sau alte asemenea materiale, după caz. Alegerea unuia
11 dintre aceste materiale se face în funcție de electrocul **2** și de necesitatea de a avea un
12 substrat **1** rigid sau flexibil.

13 Stratul **10** este realizat dintr-un semiconductor, care poate avea conductivitate de tip
14 p sau de tip n, putând fi un semiconductor de tip A III - B V, A II - B VI, A IV - B VI sau un
15 semiconductor organic, cum ar fi PVK (Poly Vinyl Karbazole) sau orice alt semiconductor
16 organic electroluminescent, condiția fiind ca să formeze un contact ohmic cu electrocul **2**,
17 respectiv, să formeze o joncțiune p - n cu stratul **3** semiconductor. De asemenea, stratul **10**
18 semiconductor trebuie să fie transparent la radiația vizibilă emisă de către stratul **3**
19 semiconductor.

20 Dispozitivul pentru detecția radiației infraroșii funcționează după cum urmează. În
21 mod normal, atunci când se aplică o tensiune electrică pe electrozii **2** și, respectiv, **4**, semnul
22 "-" fiind pe electrocul **4**, electronii intră, din electrocul **4**, în stratul **3** de semiconductor
23 electroluminescent. Pentru aceasta, electronii din electrocul **4** sar peste barieră, dacă au
24 suficientă energie sau tunelează bariera, dacă energia lor cinetică nu depășește vârful
25 barierei. În momentul în care fasciculul **6** de radiație infraroșie cade incident pe electrocul
26 **4**, atunci o parte dintre electronii din electrocul **4** vor absorbi câte un foton infraroșu și vor
27 căpăta astfel suficientă energie, pentru a sări peste bariera Schottky. În acest fel, curentul
28 prin dispozitiv crește. Este o funcționare analoagă detectorului de infraroșu cu contact Pt-Si,
29 respectiv, cu contact Ir-Si.

30 Creșterea curentului prin dispozitiv, ca urmare a absorbției fotonilor de radiație
31 infraroșie, are ca rezultat două fenomene: a. creșterea intensității luminoase în vizibil, emisă
32 de către stratul **3** de semiconductor electroluminescent, ca urmare a creșterii numărului de
33 electroni, care recombina cu golurile în acest strat, golurile fiind injectate de către contactul
34 ohmic dintre electrocul **2** și stratul **3** de semiconductor electroluminescent; b. creșterea
35 curentului electric prin circuitul în care este inclus acest dispozitiv, măsurat cu ajutorul unui
36 aparat **11**, în sine cunoscut. Generarea de fotoni prin recombinație în stratul **3** de
37 semiconductor electroluminescent duce la generarea fasciculului **7** de radiație vizibilă.
38 Fasciculul **7** este detectat, la rândul lui, de către un sistem **8** uzual de captură a imaginii, cum
39 ar fi o cameră CCD sau CMOS, sau este vizualizat direct.

40 În acest fel, citirea semnalului de infraroșu se poate face atât optic, prin intermediul
41 fasciculului **7**, cât și electric, prin intermediul curentului din circuit.

42 Dacă pe dispozitiv se proiectează o imagine în infraroșu, atunci în zonele mai intens
43 iluminate de către fasciculul **6**, vor fi mai mulți electroni care vor trece în stratul **3** de
44 semiconductor electroluminescent, iar în zonele mai puțin iluminate de către fasciculul **6**, vor
45 fi mai puțini electroni care vor trece peste bariera de potențial. Aceasta are ca rezultat o
46 emisie mai pronunțată pentru fasciculul **7** de radiație vizibilă în zonele în care fasciculul **6** de
47 radiație infraroșie este mai intens, respectiv, o emisie mai slabă pentru fasciculul **7** de

RO 123505 B1

radiație vizibilă în zonele în care fasciculul 6 de radiație infraroșie este mai puțin intens. Rezultă astfel că imaginea în vizibil, care se obține, este identică cu cea în infraroșu sau, cu alte cuvinte, reprezintă pozitivul acesteia.	1 3
În unele situații, fasciculul 6 de radiație infraroșie este incident pe electrodul 4, iar fasciculul 7 de radiație vizibilă este detectat după acesta, emis în stratul 3 de semiconductor electroluminescent, trece prin electrodul 2 transparent și prin substratul 1 transparent și este detectat de către sistemul 8 de captură a imaginii în vizibil. Electrodul 2 este reflectiv pentru fasciculul 6 de radiație infraroșie.	5 7
În alte situații, electrodul 2 este reflectiv atât pentru fasciculul 6, cât și pentru fasciculul 7, în acest caz, sistemul 8 de captură a imaginii în vizibil fiind situat în aceeași parte cu fasciculul 6 de radiație infraroșie.	9 11
În cazurile în care citirea se face optic, stratul 3 de semiconductor electroluminescent este depus uniform pe toată suprafața substratului 1, rezoluția sa spațială fiind determinată de granulația stratului 3 de semiconductor electroluminescent. Limitarea rezoluției spațiale la citire mai este dată și de către numărul de pixeli al sistemului 8 de preluare a imaginii în vizibil.	13 15
În alte situații, este preferată citirea electrică dispozitivului. În acest caz, pe suprafața stratului 3 de semiconductor electroluminescent, sunt creați pixelii respectivi, iar pe substrat, se realizează întreaga electronică de multiplexare și de citire a pixelilor, respectiv, de transfer a informației către unitatea de prelucrare și/sau de afișare a imaginii.	17 19
De asemenea, dispozitivul poate fi citit mixt, adică și optic și electric, în același timp.	21
Tensiunea electrică produsă de sursa 5 este continuă și astfel aleasă, încât să maximizeze emisia electroluminescentă, păstrând totodată un zgomot/semnal de întuneric cât mai redus.	23
Se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției. Astfel, substratul 1 este din sticlă, electrodul 2 fiind din ITO (oxid de indiu și de staniu). Stratul 3 de semiconductor electroluminescent este format din Alq3 (aluminum tris(8-hydroxyquinoline)), iar electrodul 4 este format din aluminiu cu o grosime de 10 nm. Fasciculul 6 are o lungime de undă de 4 μ, iar fasciculul 7 are o lungime de undă de 550 nm. În acest caz, dispozitivul funcționează prin transmisie.	25 27 29
Într-o altă variantă, substratul 1 este din sticlă, electrodul 2 este dintr-un bistart aluminiu - ITO, cu aluminiu în contact direct cu substratul 1. Stratul 3 de semiconductor electroluminescent este format din Alq3 (aluminum tris(8-hydroxyquinoline)), iar electrodul 4 este format din aluminiu cu o grosime de 10 nm. Fasciculul 6 are o lungime de undă de 4 μ, iar fasciculul 7 are o lungime de undă de 550 nm. În acest caz, dispozitivul funcționează prin reflexie.	31 33 35
Într-o altă variantă, substratul 1 este din plexiglas subțire, iar dispozitivul funcționează prin reflexie sau prin transmisie, după caz.	37
Într-o altă variantă, dispozitivul este structurat cu 1024 x 980 pixeli și este citit electric.	39

RO 123505 B1

Revendicări

1

3 1. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii. **caracterizat prin aceea că** este
5 alcătuit dintr-un substrat (1), dintr-un electrod (2), între substrat (1) și electrod (2) putând
7 exista un strat suplimentar (9), care să asigure o aderență mai bună a electrodului (2) pe
9 substrat (1), dintr-un strat (3) de semiconductor electroluminescent, care formează un
contact ohmic cu electrodul (2), dintr-un electrod (4) transparent sau semitransparent la
fasciculul (6) de radiație infraroșie, electrod (4) care formează un contact Schottky cu stratul
(3) de semiconductor electroluminescent, structura fiind supusă unei tensiuni electrice,
produsă de către sursa (5) de tensiune.

11 2. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat**
13 **prin aceea că** asigură conversia simultană a fasciculului (6) de radiație electromagnetică în
fasciculul (7) de radiație vizibil și, respectiv, în curent electric, imaginea vizibilă, produsă de
către fasciculul (7) de radiație vizibilă, fiind pozitivul imaginii produse de către fasciculul (6)
15 de radiație infraroșie, conversie datorată faptului că fotonii fasciculului (6) de radiație
infraroșie sunt absorbiți de către electronii din electrodul (4) și ajung să sară astfel peste
17 bariera de potențial Schottky, ceea ce se traduce atât printr-un curent mai mare prin
dispozitiv, cât și printr-un curent mai mare de recombinare radiantă în stratul (3) de
19 semiconductor electroluminescent, ceea ce duce la generarea fasciculului (7) de radiație
vizibilă.

21 3. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat**
23 **prin aceea că** asigură citirea optică prin transmisie sau, după caz, prin reflexie, citirea optică
putându-se face atât prin captarea imaginii produse de fasciculul (7) de radiație
electromagnetică cu ajutorul unui sistem (8) de captare de imagini, cât și, după caz, prin
25 vizare directă, în altă situație, citirea semnalului produs de fasciculul (6) de radiație
electromagnetică făcându-se pe cale electronică, prin citirea curentului care trece prin
27 dispozitiv, într-o altă situație, citirea făcându-se mixt, optic și electronic.

29 4. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat**
prin aceea că substratul (1) este de regulă un material dielectric transparent sau, după caz,
opac, putând fi rigid sau flexibil, după necesități.

31 5. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat**
33 **prin aceea că** electrodul (2) poate fi un strat conductiv anorganic, de tip metal sau amestec
de oxizi metalici conductori, metalele respective putând fi din grupele principale sau
secundare ale sistemului periodic al elementelor, condiția esențială fiind ca să formeze un
35 contact ohmic cu stratul (3) semiconductor, electrodul (2) putând fi transparent sau reflectiv
în domeniul vizibil, după necesități, în infraroșu trebuind să fie reflectiv, de asemenea,
37 electrodul (2) poate fi realizat din materiale organice conductoare, cum ar fi polianilina sau
alți compuși conductori.

39 6. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat**
41 **prin aceea că** stratul (3) semiconductor este realizat dintr-un semiconductor care prezintă
electroluminescență, putând avea conductivitate de tip p sau de tip n, putând fi un
semiconductor de tip A III - B V, A II - B VI, A IV - B VI sau un semiconductor organic, cum
43 ar fi Alq3 (aluminum tris(8-hydroxyquinoline)), sau orice alt semiconductor organic
electroluminescent, condiția fiind ca să formeze un contact Schottky cu electrodul (4) și un
45 contact ohmic cu electrodul (2), respectiv, să formeze o joncțiune p - n cu stratul (10)
semiconductor.

RO 123505 B1

7. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** electrodul (4) poate fi un strat conductiv anorganic, de tip metal sau amestec de oxizi metalici conductori, metalele respective putând fi din grupele principale sau secundare ale sistemului periodic al elementelor, condiția esențială fiind ca să formeze un contact Schottky cu stratul (3) semiconductor, de asemenea, trebuie să fie transparent pentru radiația infraroșie și, în plus, electrodul (4) poate fi realizat din materiale organice conductoare, cum ar fi polianilina sau alți compuși conductori. 1
3
5
7
8. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul (9) este realizat dintr-un material conductor electric sau dielectric și poate fi realizat dintr-un strat metalic cu metale din grupele principale sau secundare ale sistemului periodic al elementelor, din oxizi ai metalelor respective, din materiale organice cu rol de adeziv, cum ar fi rășinile, gelatina sau alte asemenea materiale, după caz, alegerea unuia dintre aceste materiale se face în funcție de natura electrodului (2) și de necesitatea de a avea un substrat (1) rigid sau flexibil. 9
11
13
9. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul (10) plasat între electrodul (4) și stratul (3) semiconductor este realizat dintr-un semiconductor, care poate avea conductivitate de tip p sau de tip n, putând fi un semiconductor de tip A III - B V, A II - B VI, A IV - B VI sau un semiconductor organic, cum ar fi PVK sau orice alt semiconductor organic electroluminescent, condiția fiind ca să formeze un contact ohmic cu electrodul (2), respectiv, să formeze o joncțiune p - n cu stratul (3) semiconductor, o altă condiție fiind ca să fie transparent la radiația vizibilă, emisă de către stratul (3) semiconductor. 15
17
19
21
10. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul (3) de semiconductor electroluminescent este uniform la citirea optică, în cazul citirii electronice, stratul (3) fiind configurat cu pixeli, iar dispozitivul conform invenției având adăugat, în acest ultim caz, părțile în sine cunoscute, de multiplexare, citire și transfer, ale semnalului electronic generat de către imaginea de infraroșu pe aria de pixeli, respectiv, în cazul citirii mixte, optice și electronice, stratul (3) de semiconductor electroluminescent fiind configurat cu pixeli, iar dispozitivul conform invenției având adăugat, în acest ultim caz, părțile în sine cunoscute, de multiplexare, citire și transfer, ale semnalului electronic generat de către imaginea de infraroșu, pe aria de pixeli. 23
25
27
29
31
11. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, în cazul citirii optice, tensiunea electrică produsă de sursa (5) este continuă și astfel aleasă, încât să maximizeze emisia electroluminescentă, păstrând totodată un zgomot/semnal de întuneric cât mai redus. 33
35
12. Dispozitiv pentru detecția radiației infraroșii, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** substratul (1) poate fi rigid sau flexibil, după caz. 37

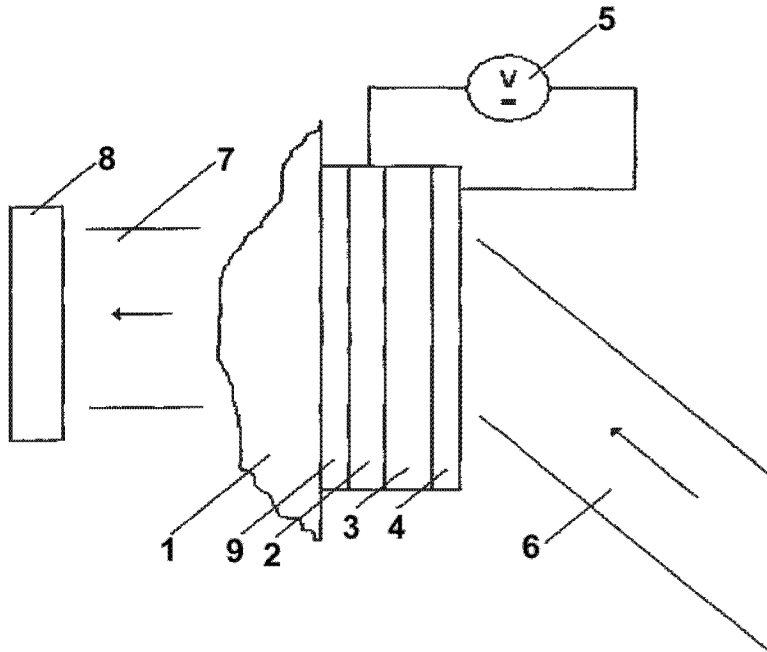


Fig. 1

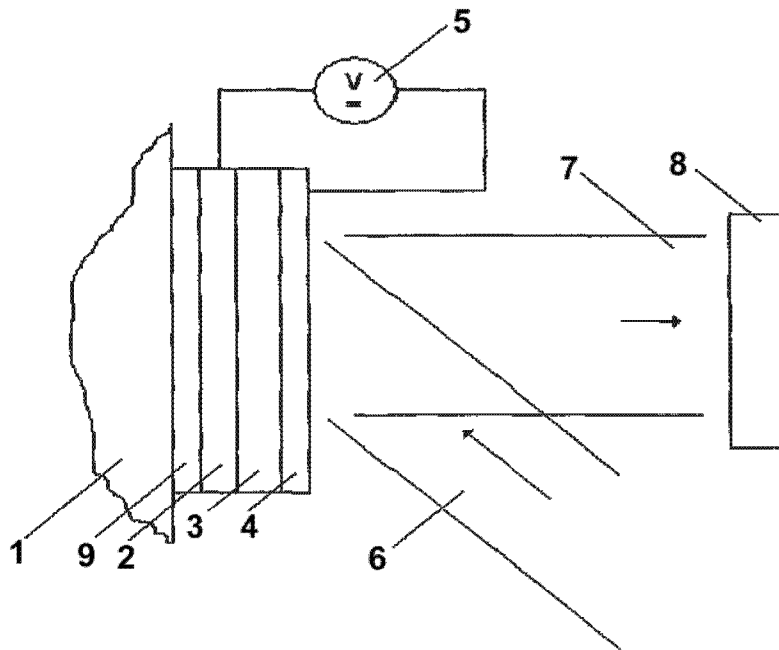


Fig. 2

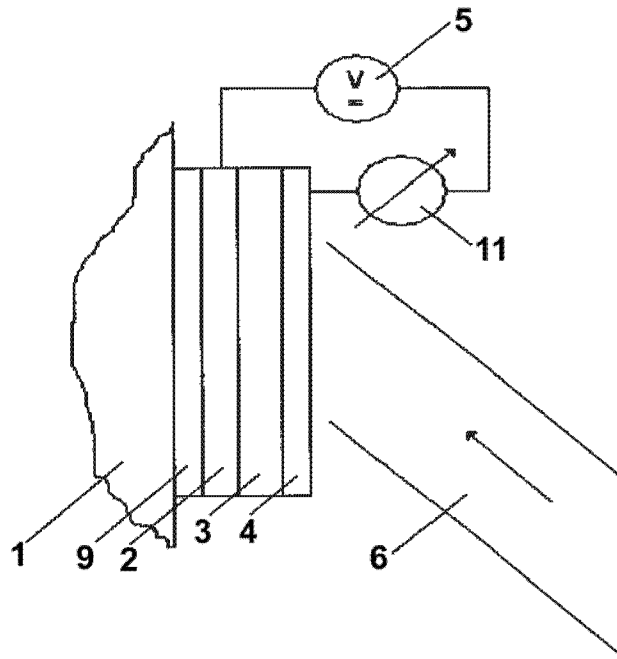


Fig. 3

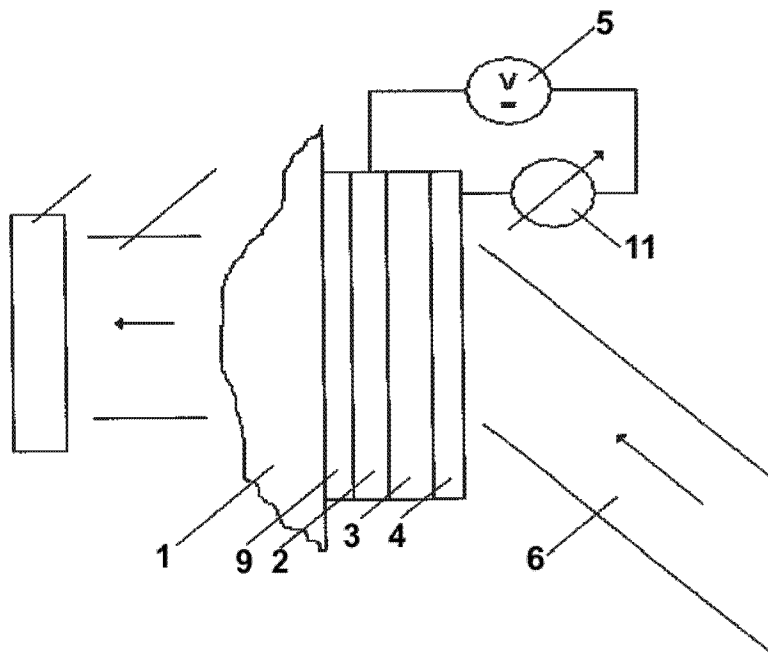


Fig. 4

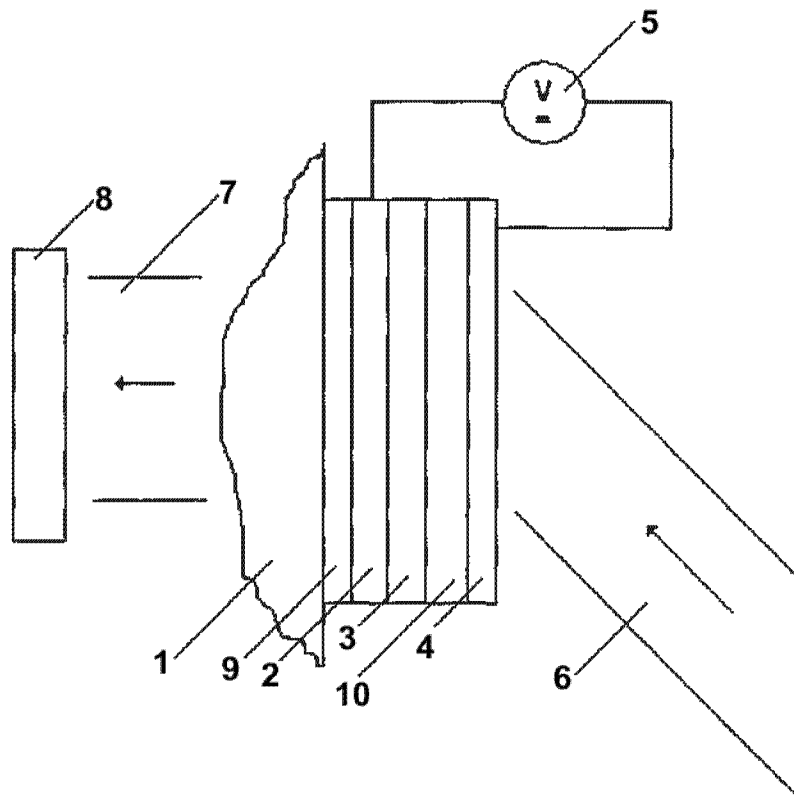


Fig. 5

