



(11) **RO 132008 B1**

(51) **Int.Cl.**

G03C 1/705 (2006.01);
G11B 11/00 (2006.01);
G11B 7/24 (2006.01);
G11B 7/005 (2006.01);
H01L 45/00 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00962**

(22) Data de depozit: **03/12/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/04/2023** BOPI nr. **4/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/06/2017 BOPI nr. **6/2017**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000, STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE, IF, RO;**
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **POPESCU AURELIAN, STR. ȘELIMBĂR NR.27, MĂGURELE, IF, RO;**
• **PUȘCAȘ NICOLAE, CALĒA CĂLĂRAȘI NR. 32, ET. 1, AP. 3, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **BASCHIR LAURENȚIU, STR. FETEȘTI NR. 54-56, BL. 1, AP. 1, PARTER, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **NEGUȚU CONSTANTIN, STR. FĂT-FRUMOS NR. 10, BL. P15, SC.4, ET.6, AP. 119, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **STAFE MIHAI, DRUMUL TABEREI NR. 42, T6-89, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **SAVU VALERIU, STR.CĂTINEI NR.13, BL.37 C, SC.C, AP.51, PLOIEȘTI, PH, RO;**
• **TENCIU DANIEL, STR.TELIȚA NR.14, BL.52A, AP.10, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **VASILE GEORGIANA, STR. DRUMUL BACRIULUI NR.44A, ET. 2, AP. 23, SAT ROȘU, COMUNA CHIAJNA, IF, RO;**
• **MIHĂILESCU MONA, STR. NERVA TRAIAN NR.12, BL.M37, SC.3, AP.76, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2007/0278470 A1; EP 1455351 A1;
US 6365256 B1; US 3530441

(54) **CELULĂ CU MEMORIE OPTICĂ**



RO 132008 B1

1 Inventția se referă la o celulă de memorie optică cu structură de rezonanță plasmonică
de suprafață care folosește anizotropia optică fotoindusă în filme din compuși calcogenici.

3 Sunt cunoscute mai multe fenomene fizice care stau la baza înregistrării informației
cu un fascicul de lumina precum modificarea conductibilității electrice, magnetizării,
5 imprimarea deformațiilor ș.a. O metodă folosită pe larg la înregistrarea multiplă a informației
optice constă în folosirea materialelor cu efect PCM (Phase Changed Materials, în engleză)
7 de tranziție de fază din starea amorfă în starea cristalină și viceversa. În această metodă
filmul subțire din material calcogenic amorf depus pe un suport este iradiat cu lumină laser.
9 Temperatura filmului crește rapid în locul iluminat până la temperatura de tranziție amorf-
cristal în urma absorbției radiației laser, focusate pe un spot foarte mic. Această tranziție
11 conduce la modificarea intensității luminii reflectate, înregistrată de o fotodiodă. Materialele
cele mai răspândite pentru acest fel de stocare a informației sunt compușii calcogenici amorfii
13 de tip $A_{S_2}S_3$, AsSe. Pentru prima dată compușii calcogenici au fost propuși pentru medii de
înregistrare reversibili cu schimbare de fază de S. Ovsinsky și alții în brevetul **US 3530441**,
15 brevetul **US 6365256 B1** ș.a. Este cunoscut compusul calcogenic GeSbTe caracterizat cu
energie și timp de scriere/ștergere mai mici, care se folosește și în discurile CD/DVD
17 moderne. (https://en.wikipedia.org/wiki/Chalcogenide_glass). Sunt cunoscute alte brevete
precum cele pentru noi structuri multistrat (**US 4710911**, **US 4841514**) sau noi materiale
19 (**US 5876822**, **US 7035184 B2**), menite să facă timpul de scriere/ștergere mai mic.

21 Pe lângă tendința pozitivă, observată în ultimii ani, de creștere a capacității de
stocare, metodă bazată pe trecerea din starea amorfă (vitroasă) în starea cristalină, are și
anumite neajunsuri.

23 Dezavantajele principale ale acestor soluții de stocare optică a informației constau
în următoarele:

25 - timpul de ștergere a informației scrise într-un element este relativ mare, el nu poate
fi făcut foarte mic, deoarece: a) procesul este limitat în mod natural de conductibilitatea
27 termică a structurii și de difuzia căldurii; b) timpul de ștergere rămâne mare deoarece mediul
de înregistrare trebuie menținut un anumit timp la temperatura de tranziție (temperatură
29 înaltă, aproape de temperatura de topire a materialului), timp necesar pentru formarea
granulelor cristaline;

31 - temperaturile mari necesare tranziției de fază (aproximativ 180-200°C) limitează
numărul de cicluri ștergere/scriere și diminuează fiabilitatea dispozitivelor;

33 - rezoluție spațială nu foarte bună, deoarece dimensiunile minime ale unui element
de memorie optică sunt limitate de fenomenul difracției luminii.

35 Alt fenomen fizic cunoscut în materialele amorfe, în special în cele calcogenice, și
studiat pe larg constă în modificarea constantelor optice (coeficientul de absorbție și indicele
37 de refracție ale materialului) în urma iradierii cu lumină care are energia fotonilor apropiată
sau mai mare de energia benzii optice interzise. Modificările fotoinduse ale constantelor
39 optice în acest caz se datorează tranziției materialului dintr-o stare amorfă în altă stare, tot
amorfă, dar cu structură modificată. Spre exemplu, în compușii calcogenici amorfii de tip
41 $A_{S_2}S_3$, modificările indicelui de refracție sunt reversibile. Restabilirea transmisiei optice se
realizează prin încălzirea filmului până la temperaturi aproape de temperatura de înmuiere
43 a materialului. După aceasta procesul se poate repeta. Acest fenomen se poate manifesta
și în alte materiale calcogenice amorfe datorită existenței legăturilor chimice necompensate.

45 Dezavantajul acestei soluții constă în aceea că necesită timp mare pentru ștergere
a informației dat fiind că pentru aceasta mediul de stocare trebuie încălzit până la
47 temperatura de înmuiere a materialului, ce necesita timp mare de comutare on/off a
elementului de memorie.

RO 132008 B1

Celula de memoria optică cu structura de rezonanță plasmonică înlătură deza- 1
vantajele arătate mai înainte prin aceea că nu implică temperaturi mari pentru scriere/ 3
ștergere a informației, micșorează timpul de scriere/ștergere a informației, crește contrastul 3
dintre reflectanta luminii la scriere/ștergere (on/off), crește fiabilitatea structurii prin faptul că 5
scrierea/ștergerea se face la temperatura camerei. 5

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve invenția se 7
referă la folosirea anizotropiei optice indusă de lumină polarizată în filme realizate din 7
compuși calcogenici amorf precum $A_{S_2}Se_3$, $A_{S_{50}}Se_{50}$, $A_{S_2}S_3$, $GeS_{2.2}Se$, $Se_{80}Te_{20}$ și $Ge_xA_{S_{40-x}}S_{60}$, 9
filmele fiind situate într-o structură în care se realizează condiții de rezonanță 9
plasmonică.

Celula de memorie optică cu structura de rezonanță plasmonică, conform invenției, 11
este alcătuită dintr-un laser care emite un fascicul de scriere/ștergere, un polarizor, un ele- 13
ment optic pentru schimbarea polarizării fasciculului, o oglindă care direcționează fasciculul 13
pe filmul din compus calcogenic amorf depus pe baza unei prisme optice peste un film 15
metalic, laserul producând în filmul calcogenic modificări ale indicelui de refracție depen- 15
dente de polarizarea fasciculului, formând astfel un bit al memoriei, iar, pentru funcția de 17
citire, un laser care emite un fascicul de citire, un polarizor, prisma isoscel cu unghiuri la 17
bază calculate pentru obținerea rezonanței plasmonice de suprafață, cu cele două filme 19
depus pe bază, folosită și pentru scriere/ștergere, o fotodiodă, un amplificator, un convertor 19
analog-digital și un circuit de prag.

Invenția prezintă următoarele avantaje: 21

- se folosește același laser pentru ștergere și scriere, schimbând doar polarizarea 23
fasciculului; 23

- are timpi mici de scriere și de ștergere a informației, obținuți prin aplicarea unor 25
impulsuri scurte și de mare putere; 25

- are contrast bun al semnalului de citire, de la 0% la 100%;

- procesul de scriere/ștergere se realizează la temperatura camerei. 27

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...4 care 29
reprezintă: 29

- fig.1 a, b, c, funcționarea procesului de scriere și citire a informației de pe mediul 31
calcogenic; 31

- fig. 2, corelația dintre unghiul de incidență și reflectivitate;

- fig. 3 și 4, schema logică de încodare a datelor. 33

Celula de memorie optică care folosește anizotropia optică fotoindusă în filme din 35
compuși calcogenici în combinație cu rezonanța plasmonică de suprafață, realizată prin 35
depunerea acestor filme peste filmul metalic de pe baza prisme este alcătuită dintr-un laser 37
1 de citire, având lungimea de undă 633 nm care emite un fascicul laser cu puterea de 37
10 mW, un polarizor **2** optic, prisma **3** isoscel cu unghiuri la bază calculate pentru obținerea 39
rezonanței plasmonice de suprafață, pe care sunt depuse filmul **12** metalic (Au, 50 nm 39
grosime) și filmul **11** calcogenic amorf ($A_{S_2}S_3$, 600 nm grosime), o fotodiodă **4**, care conver- 41
tește fasciculul laser în semnal electric analogic, un amplificator **5**, un convertor **6** analog- 41
digital cu circuit de prag, care furnizează ieșirea de date binară, un laser **7** de scriere/ 43
ștergere, având lungimea de undă 514 nm, care emite un fascicul laser cu o putere de 1 W, 43
un polarizor **8**, un element **9** optic pentru schimbarea polarizării (lamela $\lambda/2$, celulă Pockels 45
sau o celula cu cristale lichide) și o oglindă **10**, care direcționează fasciculul spre filmul **11** 45
calcogenic.

RO 132008 B1

1 Fasciculul laserului de scriere (fig. 1a) trece printr-o lamelă $\lambda/2$ și este direcționat pe
suprafața unui film calcogenic F de tip $A_{S_2}S_3$. Lamela poate schimba prin rotire planul de
3 polarizare a luminii laser cu 90° . Totodată pe suprafața filmului este orientat fasciculul unui
alt laser de citire, care nu produce modificări în structura filmului deoarece energia fotonului
5 este mai mică decât banda interzisă. Intensitatea acestuia modulată prin metoda electro-
optică este înregistrată de o fotodiodă FD. Modulația este necesară pentru a elimina
7 zgomotul și mări sensibilitatea. Rezultatele sunt prezentate în fig. 1b. Iluminarea cu lumină
nepolarizată nu produce modificări anizotropice ale indicelui de refracție. La iluminarea cu
9 lumină polarizată în planul E_y sau E_x se induce o anizotropie a indicelui de refracție de $\pm 1\%$,
adică o diferență de circa 0,05, indicele de refracție al filmelor $A_{S_2}S_3$ fiind 2,5. Astfel, se
11 constată că indicele de refracție are valori diferite în funcție de modul cum a fost iluminat și
are proprietăți de memorie care se manifestă prin aceea reflectanța luminii după iluminarea
13 (scrierea) cu lumină polarizată în planul de incidență își păstrează valoarea și după încetarea
iluminării. Iluminarea ulterioară cu lumină polarizată ortogonal restabilește valoarea indicelui
15 de refracție și reflectanța care era până la iluminare, adică șterge starea fotoindusă.
Modificările coeficientului de absorbție optică și a indicelui de refracție corespunzător sunt
17 relativ mici, de ordinul 1%.

Conceptul rezonanței plasmonice este prezentat în fig. 2. Câmpul electric al unde
19 electromagnetice (lumina laser) interacționează puternic în anumite condiții cu electronii liberi
existenți în metale, fapt ce poate conduce la „prăbușirea” abruptă a intensității luminii
21 reflectate pentru schimbări mici ale indicelui de refracție. În fig. 2a este prezentată confi-
gurația propusă de Kretschmann în care se realizează cuplarea luminii cu undă plasmon-
23 polaritonică de suprafață folosind câmpul evanescent. Structura din fig. 2a, constă dintr-o
prismă, pe bază căreia este depus un strat metalic (de regula din aur, pentru că are pierderi
25 optice mici și este stabil chimic). Când pe această structură este direcționat un fascicul de
lumină (de regulă laser, care este monocromatic și are o divergență mică) se observă că,
27 sub un anumit unghi de incidență, intensitatea luminii reflectate și înregistrate de un detector
scade aproape la zero. Valoarea unghiului de rezonanță este foarte sensibilă la indicele de
29 refracție al mediului ambiant. Condiții de rezonanță pot fi obținute și în cazul când peste
filmul metalic se depune un film dielectric din compuși calcogenici (fig. 2b). Cercetările
31 realizate de autorii invenției au arătat că intensitatea luminii de citire detectate de fotodiodă
se schimbă de la 100% la 0% pentru modificări ale indicelui de refracție sub 1% (vezi curbele
33 din fig. 2c). Astfel s-a evidențiat că structura cu rezonanță plasmonică de suprafață ce
conține film calcogenic amorf este foarte sensibilă la variații ale indicelui de refracție și poate
35 fi folosită pentru aplicații practice în industria dispozitivelor opto-electronice. Prin folosirea
rezonanței plasmonice de suprafață s-a obținut o super-rezoluție prin focusarea luminii sub
37 limita de difracție, obținându-se dimensiunea spotului de numai 100 nm.

Pentru funcționarea celulei de memorie (fig. 4) se folosesc următoarele semnale de
39 comandă binare (0 - nu este permis, 1 - este permis): WR - permisiunea scrierii în celula de
memorie, CL - permisiunea ștergerii informației din celulă, RD - permisiunea citirii din celulă.
41 Datele de intrare binare (0 sau 1), ce se doresc a fi scrise în celula de memorie sunt notate
cu DI în schema din fig. 4, iar datele de ieșire, adică cele ce sunt citite din celulă, sunt notate
43 cu DO în aceeași schemă. Schema din fig. 4 reprezintă o modalitate preferată de a forma
semnalele specificate în fig. 3 (Laser scriere/ștergere, Laser citire, Intrare date și Ieșire date)
45 plecând de la semnalele de comandă (WR, CL, RD), datele de intrare (DI) și obținând în final
datele de ieșire (DO). Dacă se dorește scrierea în celula de memorie, atunci semnalul de
47 comandă WR se setează pe 1, iar CL pe 0. Atunci datele DI se transferă în Intrare date,
unde modifică corespunzător starea de polarizare a elementului 9 optic. Totodată Laserul

RO 132008 B1

scriere/ștergere este pornit. Pentru ștergerea informației din celula de memorie semnalul de comandă CL se setează pe 1, în intrare date se transferă 0, elementul 9 optic va trece în starea „0”, iar Laserul scriere/ștergere va fi pornit. Dacă se dorește citirea informației din celula de memorie, atunci semnalul de comandă RD se setează pe 1, laserul citire va fi pornit, iar datele din leșire date se transferă în DO.	1 3 5
Modalitatea de folosire a anizotropiei optice foto-induse constă în obținerea, în urma iluminării cu lumină polarizată, a unei structuri anizotropice și a indicelui de refracție corespunzătoare acestora în filmele calcogenice amorfe care inițial sunt izotrope. S-a stabilit că valorile indicelui de refracție sunt maxime în planul de polarizare a luminii cu care se iradiază filmul.	7 9
Avantajul stocării informației prin metoda creării unei anizotropii optice constă în aceea că tranziția indusă de lumina cu laserul de scriere/ștergere dintr-o stare în alta a filmului se realizează în intervale de timp mult mai scurte. Aceasta se obține prin "forțarea" modificărilor atât la înscriere cât și la ștergere ca urmare a acțiunii cu impulsuri scurte și de mare putere deoarece efectul depinde de energia E (sau doza) impulsului de înscriere care, după cum se cunoaște, este egală cu produsul dintre putere P și timpul t de expunere la iluminare: $E = P \cdot t$. Calculele estimative arată că pot fi atinși timpi de ștergere/înregistrare circa câteva nanosecunde. Dacă e să ținem cont și de capacitatea de procesare paralelă, specifică sistemelor optice, putem obține pentru 10^6 elemente (1Mb), spre exemplu, o viteză efectivă de procesare enormă de circa 10^{15} s/bit. Metoda este mult mai rapidă decât scrierea informației prin schimbarea stării materialului din faza cristalină în faza amorfă folosită în sistemele CD-RW. În sistemele CD-RW existente intervalul de timp pentru scriere/ștergere depășește 100 ns, fapt ce a limitat, în ultimul timp, întrebuințarea CD.	11 13 15 17 19 21 23

RO 132008 B1

Revendicare

1

3

Celulă de memorie optică care folosește anizotropia optică fotoindusă în filme din compuși calcogenici în combinație cu rezonanța plasmonică de suprafață, realizată prin depunerea acestor filme peste filmul metalic de pe baza prisme, **caracterizată prin aceea că**, este alcătuită dintr-un laser (1) de citire având lungimea de undă 633 nm care emite un fascicul laser cu puterea de 10 mW, un polarizor (2) optic, o prismă (3) isoscel cu unghiuri la bază calculate pentru obținerea rezonanței plasmonice de suprafață, pe care sunt depuse un film (12) metalic din Au, 50 nm grosime și un film (11) calcogenic amorf de tip $A_{S_2}S_3$ cu grosimea 600 nm, o fotodiodă (4) care convertește fasciculul laser în semnal electric analogic, un amplificator (5), un convertor (6) analog-digital cu circuit de prag care furnizează ieșirea de date binară, un laser (7) de scriere/ștergere având lungimea de undă 514 nm, un polarizor (8), un element (9) optic pentru schimbarea polarizării cu lamela $\lambda/2$, celulă Pockels sau cu cristale lichide și o oglindă (10) care direcționează fasciculul spre filmul (11) calcogenic, scrierea/ citirea/ ștergerea informațiilor din această celulă de memorie optică făcându-se urmând următoarea serie de pași:

17

- dacă se dorește scrierea în celula de memorie, atunci semnalul de comandă WR (WR - permisiunea scrierii în celula de memorie, CL - permisiunea ștergerii informației din celulă, RD - permisiunea citirii din celulă) se setează pe 1, iar CL pe 0. Atunci datele DI se transferă în Intrare date, unde modifică corespunzător starea de polarizare a elementului (9) optic. Totodată Laserul scriere/ștergere este pornit;

19

21

- pentru ștergerea informației din celula de memorie semnalul de comandă CL se setează pe 1, în intrare date se transferă 0, elementul (9) optic va trece în starea „0”, iar Laserul scriere/ștergere va fi pornit;

23

25

- dacă se dorește citirea informației din celula de memorie, atunci semnalul de comandă RD se setează pe 1, laserul citire va fi pornit, iar datele din ieșire date se transferă în DO.

27

(51) Int.Cl.

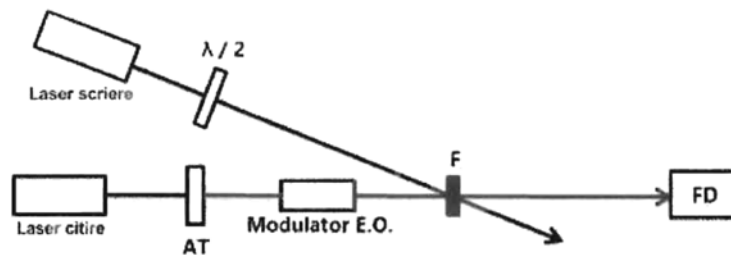
G03C 1/705 (2006.01);

G11B 11/00 (2006.01);

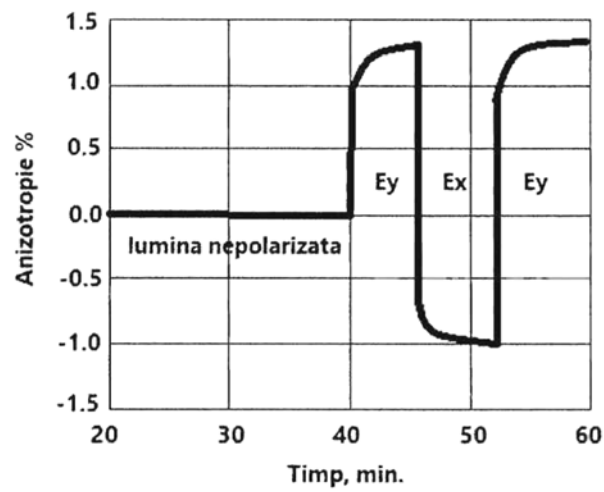
G11B 7/24 (2006.01);

G11B 7/005 (2006.01);

H01L 45/00 (2006.01)



a)



b)

Fig. 1

(51) Int.Cl.

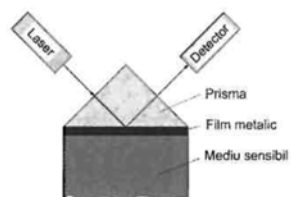
G03C 1/705 (2006.01);

G11B 11/00 (2006.01);

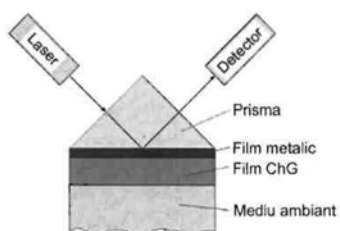
G11B 7/24 (2006.01);

G11B 7/005 (2006.01);

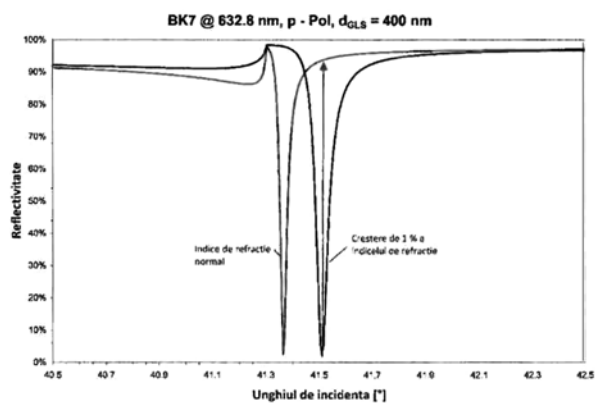
H01L 45/00 (2006.01)



a)



b)



c)

Fig. 2

(51) Int.Cl.

G03C 1/705 (2006.01);

G11B 11/00 (2006.01);

G11B 7/24 (2006.01);

G11B 7/005 (2006.01);

H01L 45/00 (2006.01)

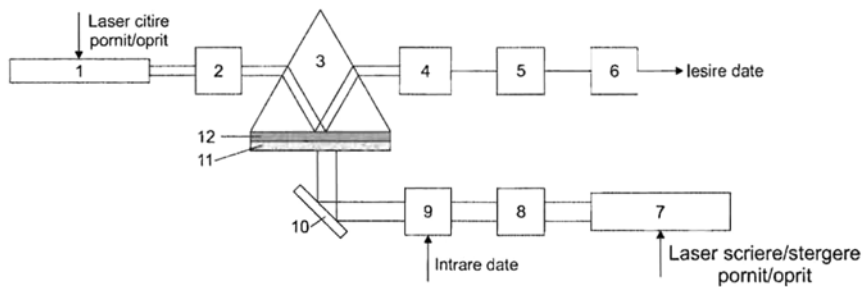


Fig. 3

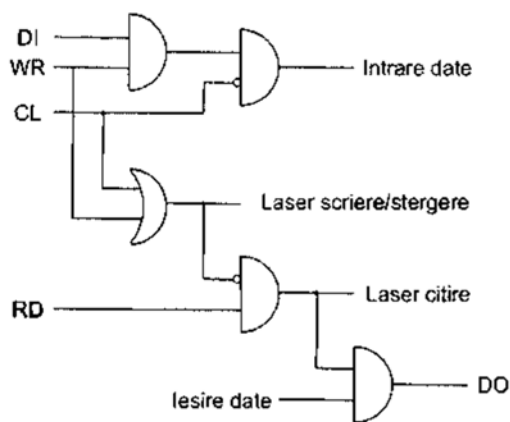


Fig. 4

