



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00404**

(22) Data de depozit: **27.05.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.09.2012** BOPI nr. **9/2012**

(41) Data publicării cererii:
30.03.2011 BOPI nr. **3/2011**

(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;**
• **MOAGĂR-POLADIAN VICTOR,
ALEEA STĂNILĂ NR.6, BL.H10, SC.C, ET.2,
AP.51, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
WO 2007/087354 A2

(54) **METODĂ PENTRU FELIEREA PLACHETELOR
SEMICONDUCTOARE ȘI DIELECTRICE FOLOSIND
RADIAȚIA LASER**



RO 126170 B1

1 Inventția se referă la o metodă pentru felierea plachetelor semiconductoare și dielectrice, folosind radiația laser.

3 Este cunoscută o metodă prin care se poate obține o plachetă subțire dintr-o plachetă mai groasă, metodă care constă în polizarea mecanică/subțierea plachetei inițiale. Se obține
5 o singură plachetă subțiată, ca de exemplu în cererea de brevet **EP 1069602** (12) (Nakagawa Katsumi, 2001).

7 De asemenea, este cunoscută o metodă de obținere a unei plachete subțiri dintr-o plachetă mai groasă, metodă care constă în corodarea chimică, umedă sau uscată, a
9 plachetei inițiale, un exemplu fiind cererea de brevet **EP 0776031**. Cererea de brevet **EP 0776031 A2** (Yoshino Akira, JP, 1997) se referă la o metodă de procesare a unui
11 material semiconductor, de exemplu, un cristal semiconductor. Se folosește o corodare în gaz, concomitent cu aplicarea, pe o porțiune a suprafeței cristalului, a unei radiații laser,
13 pentru excitarea gazului. Are loc o reacție chimică între cristalul semiconductor și gazul excitat, și se înlătură acest compus volatil de pe fiecare porțiune mică predeterminată.
15 Mutând spotul laser pe diverse porțiuni ale cristalului, se poate tăia din el o plachetă. Se obține o singură plachetă subțiată.

17 De asemenea, este cunoscută o metodă de feliere a unei plachete inițiale, ca de exemplu în **US 2002053318** (-2002-05-09, Levy Miguel (US)), metodă care constă în
19 implantarea de ioni de hidrogen sau de heliu în placheta inițială și desprinderea părții superioare, dinspre direcția de implantare. Se obțin două plachete mai subțiri.

21 Dezavantajele metodei mecanice sunt:
- implică pierdere de material;
23 - presupune un consum de energie relativ ridicat;
- poate avea o durată relativ mare, în funcție de forța maximă care poate fi aplicată
25 plachetei pentru polizare;
- în urma efortului mecanic la care este supusă placheta, apar defecte ale rețelei
27 cristaline.

29 Dezavantajele metodei de corodare chimică sunt:
- implică pierdere de material;
- implică consum de substanțe;
31 - în cazul corodării chimice uscate, implică consum de energie relativ ridicat;
- poate avea o durată relativ mare, dependentă de viteza de corodare a plachetei
33 inițiale;
- ridică probleme de mediu, substanțele utilizate și, respectiv, rezultate, trebuind să
35 fie neutralizate.

37 Dezavantajele metodei de implantare ionică sunt:
- presupune consum de substanțe gazoase;
- implică consum de energie;
39 - nu se poate ajunge la orice adâncime în substrat, limitarea fiind dată de parcursul maxim/adâncimea maximului de concentrație a ionilor în plachetă;
41 - poate avea o durată mare, datorită ciclului de lucru specific implantatorului, care presupune vidare, implantare, și, respectiv, dehidare;
43 - integritatea structurală a materialului, pe partea dinspre direcția de implantare, este afectată de bombardamentul cu ioni.

45 Cererea de brevet **WO 2007087354 A2** (Baer Stephan C. - US, 2007) prezintă o metodă de creare a unor plachete subțiri din cristal de Si, folosind o bară de siliciu mono-
47 cristalină, cu o axă pe direcția (111), aplatizată și lustruită la un capăt, pe o direcție perpendiculară pe axă. În planul (111) se creează, pe o parte a barei semiconductoare, o incizie la

RO 126170 B1

o distanță de capăt, egală cu grosimea plachetei ce urmează să fie tăiată, incizia fiind într-un plan dorit de tăiere. Se focalizează un spot de lumină de o lungime de undă capabilă să penetreze în cristal, fără absorbție semnificativă, dar la o intensitate mare a spotului, în planul de tăiere dorit, paralel cu incizia făcută. Datorită încălzirii și expansiunii siliciului, în volumul iluminat se creează tensiuni interne în incizie, perpendicular pe planul de tăiere, determinând fractura cristalului în planul dorit. Deplasarea spotului relativ cu bara semiconductoră permite fracturii să se propage de-a lungul planului de tăiere dorit, realizând felierea plachetei din restul barei cristaline. Se poate folosi un singur spot laser, focalizat succesiv în multe puncte, sau mai multe lasere focalizate concomitent în punctele alese.	1 3 5 7 9
Deosebirea față de invenția conform cererii de brevet este aceea că se produce o fractură a cristalului sub influența înaintării fasciculului laser, față de o schimbare zonală, în diferite părți, a proprietăților structurale și/sau mecanice ale cristalului.	11
Problema pe care o rezolvă invenția constă în felierea plachetei/obținerea a două plachete mai subțiri, pornind de la placheta inițială fără pierderi de material, cu un consum redus de energie și, după caz, fără consum de substanțe chimice, timpul de obținere fiind relativ scurt.	13 15
Soluția propusă, conform invenției, elimină dezavantajele de mai sus, prin aceea că folosește radiația laser focalizată, pentru a crea în plachetă, la adâncimea dorită, zone cu rezistență mecanică mai mică decât materialul inițial monocristalin, astfel încât la un efort de forfecare paralel cu suprafața plachetei, cele două părți să se desprindă relativ ușor una de cealaltă.	17 19 21
Avantajele metodei de feliere a plachetelor semiconductoare și dielectrice folosind radiația laser sunt:	23
- nu implică risipă de material;	
- are un consum redus de energie;	25
- implică un consum minim de substanțe chimice, în anumite situații acest lucru nefiind necesar;	27
- este o metodă rapidă;	
- poate genera două plachete, pornind de la placheta inițială, care pot avea orice raport de grosimi;	29
- nu ridică probleme de mediu;	31
- integritatea structurală a plachetei de bază nu este afectată decât local, în zonele de focalizare.	33
Dăm, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...4, care reprezintă:	35
- fig. 1, schema generală a realizării zonelor cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite;	37
- fig. 2, exemplu de dispunere a unor zone realizate prin iradiere laser, având formă sferică sau apropiată de cea sferică;	39
- fig. 3, exemplu de dispunere a unor zone realizate prin iradiere laser, având forma unor cilindri dreupți dispuși sub formă de caroiaj;	41
- fig. 4, exemplu în care zona realizată prin iradiere laser este paralelă cu suprafața plachetei inițiale și are o arie egală cu aceasta.	43
Metoda pentru felierea plachetelor dielectrice și semiconductoare, folosind radiația laser, constă în crearea, în interiorul materialului, a unor zone cu proprietăți structurale și/sau mecanice diferite de cele ale materialului inițial, și impunerea ulterioară a materialului la un efort de forfecare. Aceste zone sunt create cu ajutorul unui fascicul laser, fascicul cu o lungime de undă la care materialul este transparent sau parțial transparent, mai ales la puteri mici ale respectivului fascicul. Dintre proprietățile mecanice modificate, menționăm modulul Young și, mai ales, efortul maxim la forfecare.	45 47 49

RO 126170 B1

1 De asemenea, în anumite situații, cum ar fi recristalizarea sau amorfizarea, se
modifică și densitatea.

3 Zonele respective sunt create la o anumită adâncime în material, adâncime care este
cu câțiva microni mai mare decât grosimea care se dorește a fi obținută în urma felierii.

5 Astfel, fasciculul 1, produs de sursa 2, este focalizat, cu ajutorul opticii 3 de
focalizare, în interiorul materialului 4, care se dorește a fi feliat. Optica 3 de focalizare poate
7 fi formată dintr-una sau mai multe lentile, respectiv, poate conține una sau mai multe oglinzi,
după caz. Fasciculul 1 este în impulsuri și are o energie suficientă, pentru ca în zonele A, B,
9 ..., de focar, să producă schimbări structurale și/sau mecanice ale materialului 4. În funcție
de lungimea de undă și de caracteristicile fasciculului 1, cum ar fi energia pe impuls, durata
11 impulsului, frecvența de repetiție a impulsurilor, dar și în funcție de natura materialului 4,
aceste schimbări structurale pot fi cel puțin una dintre cele enumerate în continuare, și
13 anume, recristalizare, schimbarea fazei cristaline, amorfizare, dezordonare a rețelei
cristaline. Schimbarea mecanică poate fi cea datorată schimbării valorii modulului Young,
15 a valorii efortului maxim de forfecare, a densității sau inducerea de stres mecanic în zonele
A, B, ..., de focar.

17 După ce configurația de zone A, B, ..., iradiate a fost realizată, materialul 4 este
supus unui efort de forfecare, planul de forfecare fiind planul în care se află zonele A, B, ...,
19 iar forțele care produc forfecarea fiind paralele cu planul respectiv.

Datorită proprietăților mecanice diferite, ale regiunilor A, B, față de restul materialului
21 4 și/sau datorită stresului mecanic existent în aceste regiuni, forfecarea va produce
desprinderea celor două părți ale materialului 4, situate deasupra, respectiv, dedesubt, față
23 de planul de forfecare care conține regiunile respective.

În acest fel, se obțin două plachete mai subțiri, din placheta inițială.

25 Deoarece este posibil, ca în urma desprinderii, suprafețele rezultate, ale celor două
părți, să fie rugoase, cele două părți vor fi supuse unui tratament de planarizare, în sine
27 cunoscut. Dintre metodele care pot fi folosite menționăm, după caz, șlefuirea mecanică,
corodarea chimică, planarizarea electrochimică, oxidarea termică, urmată de corodarea
29 oxidului, iluminare cu microunde sau infraroșii, în vederea încălzirii, și centrifugare la cald,
tratament termic, iradiere laser sau combinații ale acestora.

31 Avantajul metodei propuse constă în faptul că modificările structurale și/sau mecanice
sunt realizate local, numai în regiunile A, B, ..., de focalizare, integritatea structurală a
33 restului materialului nefiind afectată.

35 Zonele A, B, ... pot fi sub forma unor spoturi sferoidale sau elipsoidale, situate la
distanțe cuprinse între o zecime din raza sferei și până la de 100 ori raza sferei, sub formă
37 de linii paralele sau a unui caroiaj de linii la care distanța dintre linii este cuprinsă între o
zecime din lățimea liniei și până la 100 ori lățimea liniei, sau orice alte forme geometrice
simple sau combinate. Prin formă geometrică combinată, înțelegem, de exemplu, mai mulți
39 tori concentrici după axa de simetrie a cercului mare. De asemenea, poate exista o singură
zonă A, care este paralelă cu suprafața plachetei și are o suprafață egală cu suprafața
41 plachetei.

În toate aceste cazuri, planul în care se situează aceste zone poate fi paralel cu
43 suprafața inițială a plachetei supuse felierii sau poate fi înclinat cu un unghi α , cuprins între
0 și 90°. În cazul unui unghi de înclinare nenul, se obțin plachete cu o față înclinată la acel
45 unghi în raport cu suprafața inițială a plachetei supuse felierii.

Fasciculul 1 are o lungime de undă la care materialul 4 este transparent sau parțial
47 transparent. Durata impulsului fasciculului 1 este cuprinsă între 10 fsec și 10 μ sec, frecvența
de repetiție a impulsurilor este cuprinsă între 1 Hz și 100 MHz, energia pe impuls fiind
49 cuprinsă între 1 pJ și 1 J.

RO 126170 B1

Pentru a realiza configurația dorită de zone A, B, ..., de focalizare, poate fi folosit un sistem optic cu lentile f-theta, care face ca fasciculul **1** să baleieze materialul **4** sau, în altă situație, poate fi folosită o măsuță de translație X-Y, care mișcă materialul **4**, fasciculul **1** fiind fix. 1 3

Schimbările structurale și/sau mecanice în zonele A, B, ... au loc fie ca urmare a absorbției unifotonice, fie ca urmare a absorbției multifotonice. Aceste absorbții pot încălzi materialul până la o temperatură la care are loc o tranziție de fază sau, respectiv, pot rupe legăturile interatomice/intermoleculare din materialul **4**. 5 7

Dăm, în continuare, un exemplu de realizare a invenției. 9

Astfel, materialul **4** este o plachetă de siliciu cu o grosime de 500 μm. Pentru feliere, este folosită radiație laser cu o lungime de undă de 1,3 μm, cu o durată a impulsului de 10 μsec, o frecvență de repetiție de 10 Hz și o energie pe impuls de 100 μJ. Fasciculul **1** este focalizat, la o adâncime de 100 μm, în siliciu, dimensiunea spotului în focar fiind de 5 μm. 11 13

Zonele A, B, ... sunt de forma unor sfere dispuse în nodurile unei rețele pătrate, distanța dintre sfere fiind de 25 μm. 15

Placheta de siliciu este supusă forfecării, după care urmează tratamentul de planarizare. Acesta constă în oxidarea termică a suprafeței de desprindere, la o grosime de oxid de 1 μm, urmată de corodarea oxidului format, în soluție de HF, cu compoziție în sine cunoscută. După corodare, plachetele sunt spălate în soluție standard, cu compoziție în sine cunoscută, și supuse unui proces de planarizare electrochimică standard. 17 19

Într-o altă situație, placheta feliată ca în exemplul anterior este planarizată prin oxidare în câmp de microunde, urmată apoi de corodarea stratului de oxid. Alternativ, încălzirea se poate face cu o lampă de infraroșu. Fiecare dintre procese se poate repeta de un număr de ori, până se obține planarizarea dorită. 21 23

Într-o altă situație, placheta feliată ca în exemplul anterior este încălzită local cu ajutorul unui laser în infraroșu, în atmosferă de oxigen, după aceea, placheta este supusă corodării stratului de oxid. 25 27

Într-o altă situație, placheta feliată ca în exemplul anterior este șlefuită mecanic, simultan cu expunerea suprafeței plachetei feliatăe unui agent de corodare chimică ușoară. 29

Un alt exemplu este cel al unei plachete de sticlă, având aceleași dimensiuni ca placheta din siliciu din exemplul anterior. Lungimea de undă a fasciculului **1** este de 350 nm, restul parametrilor fiind ca în exemplul anterior. 31

După forfecare, placheta de sticlă este încălzită până la temperatura de înmuiere și centrifugată la o turație de 10.000 tur/min, timp de 15 min. După răcire, placheta este iarăși centrifugată la 10.000 rot/min, timp de 15 min, în condițiile în care, în centrul acesteia, se picură permanent soluție de HF, cu compoziție în sine cunoscută. 33 35

RO 126170 B1

Revendicări

1

3

1. Metodă pentru felierea plachetelor semiconductoare sau dielectrice, folosind un fascicul laser focalizat, care creează într-un material niște zone cu proprietăți diferite de restul materialului, **caracterizată prin aceea că** radiația laser (1) este focalizată cu ajutorul unui sistem optic (3), radiație (1) ce are lungimea de undă situată în domeniul de transparență sau transparență parțială a unui material (4) ce se dorește feliat, fasciculul (1) fiind în impulsuri cu durată cuprinsă între 10 fsec și 10 μsec, frecvența de repetiție a impulsurilor fiind cuprinsă între 1 Hz și 100 MHz, energia pe impuls fiind cuprinsă între 1 pJ și 1 J, fasciculul creând zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite, prin mecanisme de tip absorbție unifotonică sau absorbție multifotonică, după care materialul (4) este supus unui efort de forfecare paralel cu planul în care sunt situate zonele respective, astfel încât cele două părți ale materialului (4), separate de acel plan, să se desprindă una de alta, după aceasta urmând un tratament post-desprindere, al celor două părți rezultate din materialul (4), în vederea șlefuirii suprafețelor acestora, dacă este cazul.

7

9

11

13

15

17

19

21

2. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** mecanismele prin care fasciculul (1) creează zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite în material (4) sunt recristalizarea, schimbarea de fază cristalină, amorfizarea, inducerea de tensiuni mecanice locale, dezordonarea parțială a rețelei, crearea de defecte ale rețelei cristaline sau o combinație a cel puțin două dintre acestea, în funcție de proprietățile fasciculului laser (1) și ale materialului (4) supus felierii.

23

25

27

3. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite, create de către fasciculul (1) focalizat în material (4), sunt dispuse în același plan, fiecare zonă putând avea o formă sferică sau apropiată de cea sferică, distanța între aceste zone fiind cuprinsă între o zecime din raza sferei și până la de o sută de ori raza sferei.

29

31

33

4. Metodă conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că** fiecare zonă cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite este sub orice altă formă geometrică decât cea sferică, simplă sau combinată.

35

37

5. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite sunt sub forma unor linii drepte paralele sau care formează un caroiaj de linii perpendiculare, distanța dintre linii fiind cuprinsă între o zecime din lățimea liniei și de o sută de ori lățimea acesteia.

39

41

6. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, folosind fasciculul (1) focalizat, se formează o singură zonă, cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite, având suprafața paralelă și egală cu suprafața plachetei.

43

45

7. Metodă conform revendicărilor 1, 3, 4, 5, 6, **caracterizată prin aceea că**, în toate cazurile menționate, planul în care aceste zone se situează poate fi paralel cu suprafața plachetei sau înclinat cu un anumit unghi față de aceasta, unghiul respectiv fiind cuprins între 0 și 90°, în cazul unui unghi nenul, obținându-se plachete care au o față înclinată cu unghiul, respectiv în raport cu suprafața inițială a plachetei supuse felierii.

47

8. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite sunt realizate prin baleierea fasciculului (1) pe suprafața plachetei, folosind un sistem optic în sine cunoscut, care cuprinde o lentilă f-theta.

9. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** zonele cu proprietăți mecanice și structurale diferite sunt realizate prin mișcarea pe direcția X-Y a materialului (4), prin fața fasciculului (1) fix.

RO 126170 B1

10. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite sunt realizate utilizând un număr de fascicule (1) egal cu numărul de zone ce trebuie realizate. 1
3
11. Metodă conform revendicărilor 8, 9, 10, **caracterizată prin aceea că** zonele cu proprietăți mecanice și/sau structurale diferite sunt realizate printr-o combinație a procedeelelor conform revendicărilor 8, 9, 10. 5
12. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** procesele post-desprindere pot fi oricare dintre procesele în sine cunoscute: șlefuire mecanică, corodare chimică, planarizare electrochimică, oxidare termică, urmată de corodarea oxidului, iluminare cu microunde sau infraroșii, în vederea încălzirii și centrifugare la cald, tratament termic, iradiere laser sau combinații ale acestora. 7
9
11

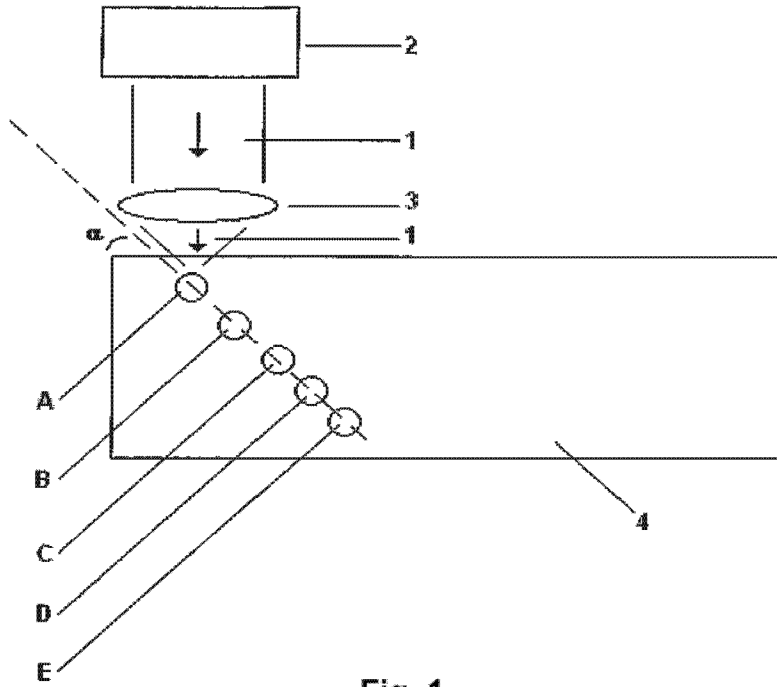


Fig. 1

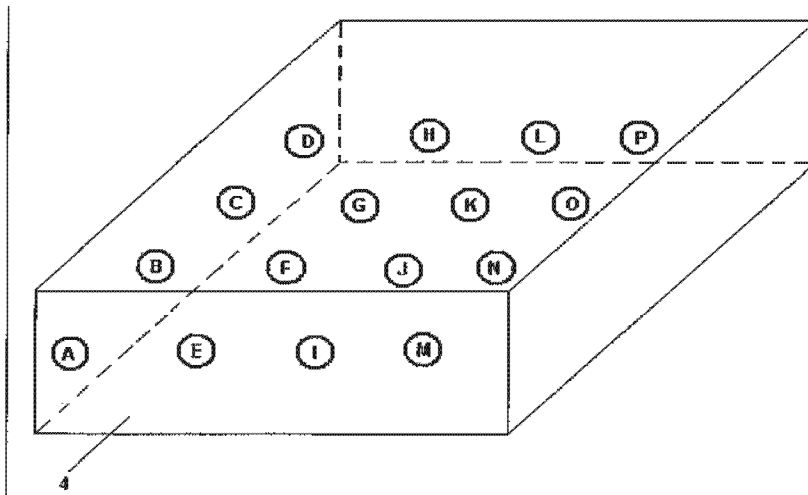


Fig. 2

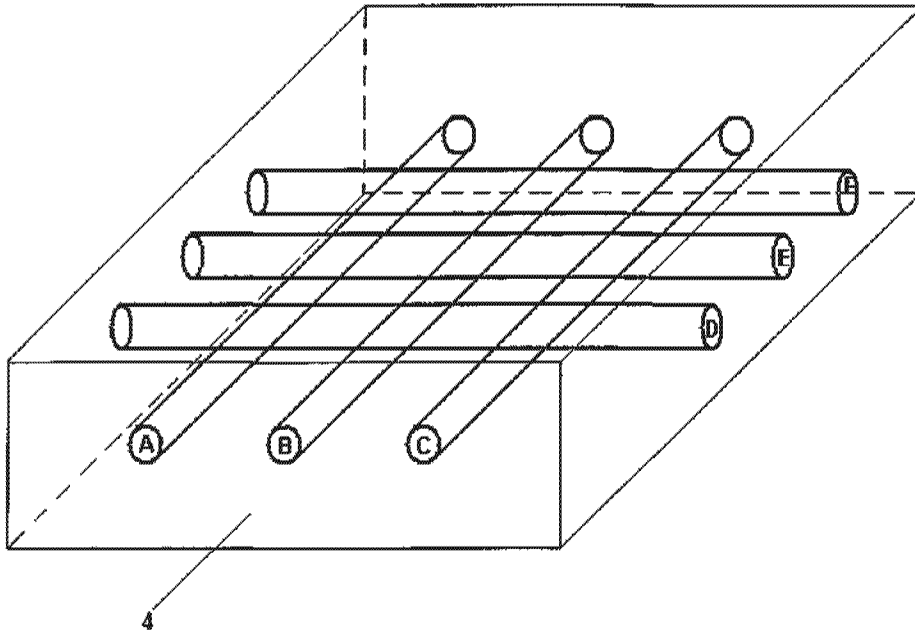


Fig. 3

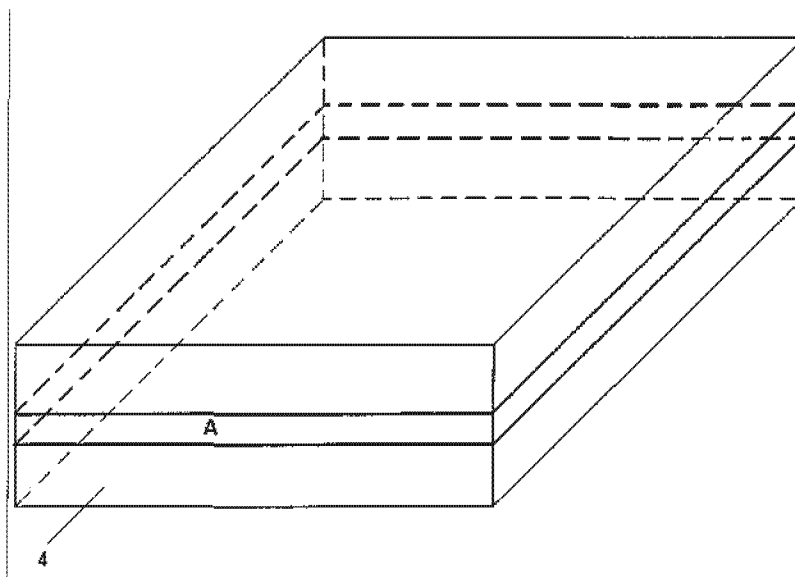


Fig. 4

