



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2018 00313**

(22) Data de depozit: **08/05/2018**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2019 BOPI nr. **11/2019**

(71) Solicitant:
• **CENTRUL INTERNAȚIONAL DE
BIODINAMICĂ,**
INTRAREA PORTOCALELOR NR.1 B,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **GHEORGHIU EUGEN, BD. UNIRII NR.12,**
BL.7 C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;

• **DAVID MIHAI SORIN,**
STR. STANISLAV CIHOSCHI NR. 7, AP. 4,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• **GHEORGHIU MIHAELA, BD. UNIRII**
NR. 12, BL.7C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **POLONSCHII CRISTINA,**
ȘOS. COLENTINA NR. 16, BL. A2, ET. 5,
AP. 38, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **DISPOZITIV PORTABIL DE MĂSURARE A GHIDURILOR
OPTICE DE UNDĂ, INCLUSIV A REZONANȚEI ACESTORA**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv portabil de măsurare a ghidurilor de undă optice, inclusiv a rezonanței acestora, simultan, la mai multe unghiuri de incidență, cu posibilitatea integrării mai multor surse de iluminare cu lungimi de undă și/sau polarizări distincte, și a analizării intensității și polarizării fasciculelor corespunzătoare reflectate de probă. Dispozitivul conform invenției cuprinde: o sursă (1) de lumină colimată, un polarizor (2), niște elemente (3 și 5) reflective, un element (4) cu proprietăți de ghid de undă, un analizor (6) și un detector (7) precum și un element (8) de cuplare care are o suprafață parabolică și cel puțin o suprafață plană.

Revendicări: 10
Figuri: 4

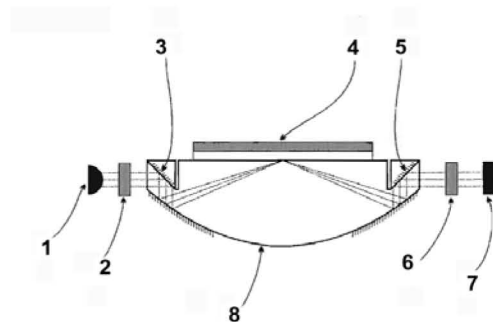


Fig. 1



Dispozitiv portabil de măsurare a ghidurilor optice de undă, inclusiv a rezonanței acestora
DESCRIERE

Invenția se referă la un dispozitiv compact și portabil de măsurare a ghidurilor optice de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență cu posibilitatea integrării mai multor surse de iluminare, cu lungimide undă sau/și polarizări distincte și a analizării intensității și polarizării fasciculelor corespunzătoare reflectate de probă.

Metoda are aplicații practice în senzorică, studiul materialelor, (micro)biologie, medicină, pentru obținerea de valori ale parametrilor optici (ex. indici de refracție) asociați proprietăților unor materiale.

Determinarea proprietăților optice ale materialelor are o importanță majoră în aplicații variate și de actualitate, de la studiile în vederea dezvoltării de noi materiale până la analiza proceselor de interfață. Metodele bazate pe ghiduri de undă optice, un exemplu fiind rezonanța plasmonilor de suprafață (SPR) sunt metode utilizate cu succes în analiza proceselor de interfață și în caracterizarea materialelor din punct de vedere al proprietăților optice.

- a) În brevetul US 7015471 B2 este descris un dispozitiv de măsurare SPR compact în care toate elementele componente sunt încapsulate într-o singură structură. Iluminarea se face simultan la mai multe unghiuri de incidență distribuite distinct pe suprafața materialului plasmonic
- b) În brevetul US 7943092 B2 este descris un dispozitiv de măsură SPR portabil care conține toate componentele necesare solidarizate pe un suport.

Dezavantajele principale al metodelor și sistemelor descrise mai sus constau în distribuția neomogenă a unghiurilor de incidență a) sau componente distincte care nu pot fi integrate într-un sistem compact necesitând reglaje continue sau complexe b).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este aceea că permite iluminarea aceleiași regiuni, cu dimensiuni punctiforme, a probei, simultan cu fascicule având o distribuție continuă a unghiurilor de incidență, menținând în același timp și un aranjament compact și stabil. Există un singur element care îndeplinește funcțiile de cuplare, focalizare și reflexie. Lumina polarizată, provenită de la o sursă, care poate fi coerentă sau necoerentă, cu polarizare controlată, este colimată și transmisă printr-un sistem de reflexie în elementul de cuplare care are o suprafață plană și o suprafață de formă parabolică. Incidența pe elementul de cuplare se face perpendicular pe suprafața plană. Prin incidența normală, perpendiculară pe elementul de cuplare, unghiul de refracție este nul evitându-se deformări ale frontului de undă. Lumina este reflectată apoi de suprafața parabolică și focalizată pe un element cu proprietăți de ghid de undă, inclusiv plasmonice, dispus în focarul parabolei. Domeniul unghiular este determinat de dimensiunea și poziția fasciculului colimat de intrare.

Avantajul dispozitivului propus este reprezentat de aranjamentul compact fără elemente în mișcare în zona de reflexie, poziția punctului focal fiind independentă de poziția fasciculului incident normal pe suprafața plană a elementului de cuplare. Prin modificarea poziției fasciculului incident normal pe suprafața plană a elementului de cuplare se realizează modificarea domeniului unghiular. De asemenea, dispozitivul permite măsurători simultane la mai multe lungimi de undă sau/și mai multe polarizări, prin adăugarea mai multor ansamble de iluminare, polarizare și detecție care analizează simultan aceeași regiune a probei.

Se prezintă în continuare trei exemple de realizare a acestui dispozitiv (care nu limitează domeniul său de aplicare) și în legătură cu figurile 1 - 4 care reprezintă:

Figura 1 - Dispozitiv compact și portabil de măsurare a ghidurilor optice de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență și prin reflectarea unui fascicul colimat de suprafața parabolică

Figura 2 Schema aranjamentului dispozitivului compact și portabil de măsurare a ghidurilor optice de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență și prin reflectarea unui fascicul colimat de suprafața parabolică pentru integrarea mai multor surse de iluminare, cu lungimi de undă sau/și polarizări distincte și a analizării intensității și polarizării fasciculelor corespunzătoare reflectate de probă

Figura 3 - Curba reflectivității în funcție de unghiul de incidență pentru un material cu proprietăți de ghid de undă, în cazul în care polarizorul și analizorul sunt la 45°, măsurată (linie punctată) și fitată cu expresia teoretică (linie continuă)

Figura 4 - Dispozitiv compact și portabil de măsurare a ghidurilor de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență și prin reflectarea unui fascicul colimat de suprafața parabolică, cu suprafață extinsă de analiză

Exemplul 1. Dispozitivul conform invenției se compune, în conformitate cu figura 1, dintr-o sursă de lumină (1), un polarizor (2), elemente reflective (3,5), un element de cuplare (8), un element cu proprietăți de ghid de undă (4), un analizor (6) și un detector (7).

Sursa de lumină (1) poate fi coerentă sau necoerentă (de exemplu sursa laser sau LED).

Polarizorul (2) este reprezentat de un filtru polarizant.

Elementele reflective (3,5) sunt oglinzi orientate la 45° față de direcția de incidență.

Elementul cu proprietăți de ghid de undă (4) este alcătuit din unul sau mai multe straturi de materiale cu proprietăți electro-optice (dielectrice, plasmonice sau de ghid de undă).

Analizorul (6) este reprezentat de un filtru polarizant.

Detectorul (7) este o reprezentat de o matrice de fotodetectori sensibili la radiația provenită de la sursa (1).

Elementul de cuplare (8) este o piesă de material transparent pentru radiația provenită de la sursa (1) (de exemplu sticlă) cu două fețe opuse, una plană și cealaltă un paraboloid de rotație.

Modul de funcționare a dispozitivului conform invenției.

Radiația de la o sursă de lumină (1) (care poate fi coerentă sau necoerentă) colimată și polarizată cu ajutorul unui polarizor (2) este trimisă de către elementul reflectiv orientat la 45° față de direcția de incidență (3), prin suprafața plană către suprafața parabolică reflectivă a unui element de cuplare (8). Radiația luminoasă este focalizată pe un element cu proprietăți de ghid de undă (4) deasupra căruia se afla materialul de analizat cu indicele de refracție n_1 . Domeniul unghiular de incidență este ales astfel încât să ilumineze interfața dintre elementul cu proprietăți de ghid de undă (4) și materialul de analizat cu indicele de refracție n_1 , în condiții de reflexie totală internă. Radiația luminoasă reflectată divergent de interfață este trimisă către suprafața parabolică reflectivă a elementului de cuplare (8), colimată și reflectată către elementul reflectiv orientat la 45° față de direcția de incidență (5). Intensitatea și polarizarea radiației luminoase reflectate sunt apoi analizate cu ajutorul unui ansamblu format din analizor (6) și detector (7).

Pentru a observa rezonanța plasmonilor de suprafață, domeniul unghiular de iluminare cuprinde unghiul la care are loc absorbția maximă a luminii incidente și respectiv minimumul de intensitate al luminii reflectate denumit unghi de rezonanță θ_{rez} . Acesta este corelat cu indicele de refracție n_1 al mediului de investigat corespunzător conform formulei:

$$\theta_{rez} = \arcsin \frac{\sqrt{\frac{\epsilon_m^* n_1^2}{\epsilon_m^* + n_1^2}}}{n_2}$$

unde ϵ_m^* este permitivitatea complexă a materialului plasmonic plasat pe elementul de cuplare cu indice de refracție n_2 .

Deși fasciculul incident trece printr-un polarizor liniar, datorită forme parabolice a suprafeței reflectante, proba este iluminată cu fascicule cu plane de polarizare diferite. Fasciculele din planul normal pe suprafața plană a probei au polarizarea liniară corespunzător polarizorului, iar fasciculele din planele care fac un unghi diedru față de planul normal la suprafața probei, au planul de polarizare rotit cu un unghi egal cu unghiul diedru respectiv. Prin utilizarea unui detector alcătuit dintr-o matrice bidimensională de fotodetectori se va obține atât distribuția intensității în funcție de unghiul de incidență cât și în funcție de unghiul de polarizare.

Exemplul 2. În conformitate cu figura 2, iluminarea se face din mai multe direcții simultan cu ajutorul surselor de lungimi de undă diferite (1a-d) și/sau polarizate cu polarizoarele (2a-d) la polarizări diferite, și a elementelor reflective (3a-d). Iluminarea se face simultan pe mai multe direcții convergente în același punct corespunzător interfeței dintre elementul cu proprietăți de ghid de undă (4) și materialul de analizat cu indicele de refracție n_1 , în condiții de reflexie totală internă. Fasciculele reflectate de interfața și ulterior de suprafața parabolică a elementului de cuplare (8) sunt direcționate spre elementele reflective (5a-d) și ansamblurile corespunzătoare formate din câte un analizor (6a-d) și un detector (7a-d).

Dacă iluminarea se face cu surse cu polarizări incidente diferite, se poate obține defazajul dintre componenta S și P a polarizării.

În cazul particular în care radiația incidentă este polarizată la 45° față de planul de reflexie, există următoarea relație între intensitatea măsurată, I , și defazajul dintre componentele S și P, $\varphi_p - \varphi_s$:

$$I = \frac{1}{2} I_p + \frac{1}{2} I_s + \sqrt{I_p \cdot I_s} \cdot \cos(\varphi_p - \varphi_s)$$

unde I_p este intensitatea radiației P-polarizate și I_s este intensitatea radiației S-polarizate. Fitarea cu această relație a unei curbe a intensității măsurate în funcție de unghiul de incidență permite obținerea lui I_p , I_s și $\varphi_p - \varphi_s$ (Figura 3).

Exemplul 3. În conformitate cu figura 4, fasciculul de lumină incident este focalizat într-un punct f aflat în afara elementului cu proprietăți de ghid de undă (4) de către suprafața reflectivă parabolică a elementului de cuplare (8a). Astfel, se extinde suprafața analizată a probei, cu mențiunea că, în acest caz, unghiurile incidente diferite vor ilumina regiuni diferite ale ghidului de undă. Această configurație se poate folosi pentru aplicații de imagistică, pentru analiza de celule biologice, sau pentru analize multi-spot.

Revendicări

1. Dispozitiv de măsurare a ghidurilor optice de undă, inclusiv a rezonanței plasmonilor de suprafață, prin reflexie, alcătuit din o sursă de lumină colimată (1), un polarizor (2), elementele reflective (3) și (5), un element cu proprietăți de ghid de undă (4), un analizor (6), un detector (7) și un element de cuplare (8) **caracterizat prin aceea că** elementul de cuplare are o suprafață parabolică (8) și cel puțin o suprafață plană.
2. Dispozitiv conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că** suprafața parabolică a elementului de cuplare este reflectivă (8).
3. Dispozitiv conform revendicării 2 **caracterizat prin aceea că** fasciculul de lumină de la sursa (1) este reflectat de un element de reflexie (3) perpendicular pe suprafața plană a elementului de cuplare (8).
4. Dispozitiv conform revendicării 3 **caracterizat prin aceea că** fasciculul de lumină incident este focalizat pe elementul cu proprietăți de ghid de undă (4) de către suprafața reflectivă parabolică plană a elementului de cuplare (8).
5. Dispozitiv conform revendicării 3 **caracterizat prin aceea că** fasciculul de lumină incident este focalizat într-un punct aflat în afara elementului cu proprietăți de ghid de undă (4) de către suprafața reflectivă parabolică plană a elementului de cuplare (8a).
6. Dispozitiv conform revendicării 4 **caracterizat prin aceea că**, elementul cu proprietăți de ghid de undă (4) este așezat pe suprafața plană a elementului de cuplare (8).
7. Dispozitiv conform revendicării 5 **caracterizat prin aceea că**, elementul cu proprietăți de ghid de undă (4) este iluminat cu fascicule cu plane de polarizare diferite, respectiv fasciculele din planul normal pe suprafața plană a elementului cu proprietăți de ghid de undă (4), au polarizarea liniară corespunzător polarizorului (2), iar fasciculele din planele care fac un unghi diedru față de planul normal la suprafața elementului cu proprietăți de ghid de undă (4), au planul de polarizare rotit cu un unghi egal cu unghiul diedru respectiv.
8. Dispozitiv conform revendicării 7 **caracterizat prin aceea că** iluminarea se face din direcții diferite, din surse multiple (1a-d) la lungimi de undă diferite.
9. Dispozitiv conform revendicării 7 **caracterizat prin aceea că** iluminarea se face din direcții diferite, din surse multiple (1a-d) polarizate diferit cu polarizoarele (2a-d).
10. Dispozitiv conform revendicării 7 **caracterizat prin aceea că** iluminarea se face din direcții diferite, din surse multiple (1a-d) analizate cu analizoare cu polarizare diferită (6a-d).

Desene

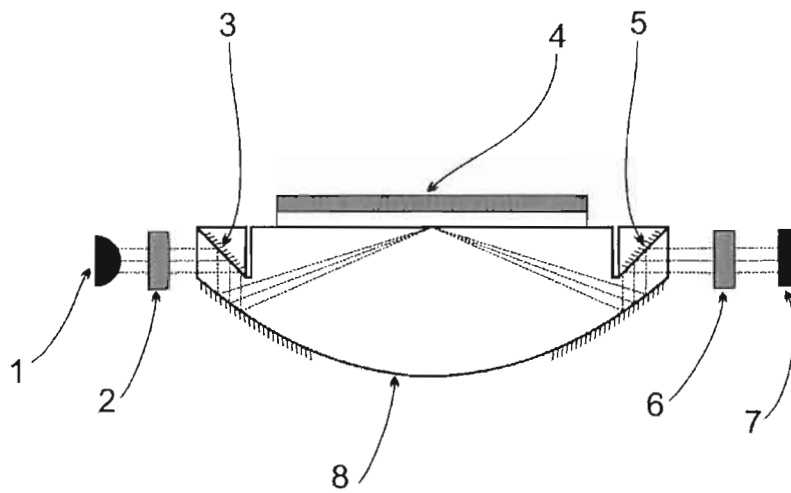


Fig. 1 Dispozitiv compact și portabil de măsurare a ghidurilor de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență și prin reflectarea unui fascicul colimat de suprafața parabolică

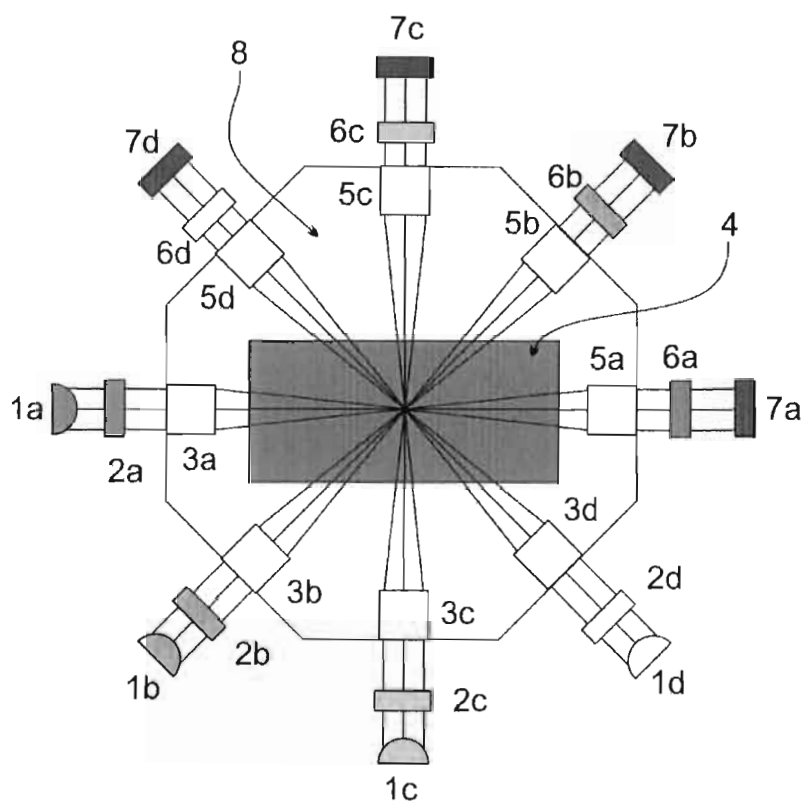


Fig. 2 Schema aranjamentului dispozitivului compact și portabil de măsurare a ghidurilor optice de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență și prin reflectarea unui fascicul colimat de suprafața parabolică pentru integrarea mai multor surse de iluminare, cu lungimi de undă sau/și polarizări distincte și a analizării intensității și polarizării fasciculelor corespunzătoare reflectate de probă

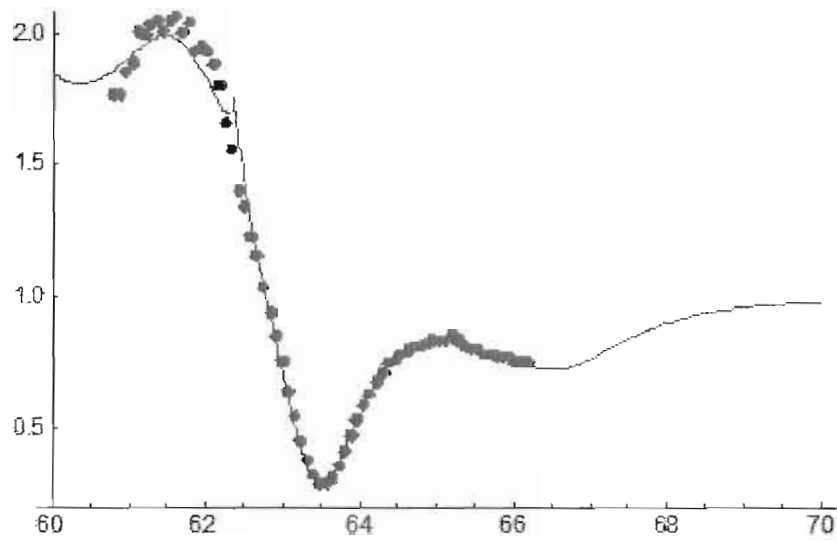


Fig. 3 Curba reflectivității în funcție de unghiul de incidență pentru un material cu proprietăți de ghid de undă, în cazul în care polarizorul și analizorul sunt la 45° , măsurată (linie punctată) și fitată cu expresia teoretică (linie continuă)

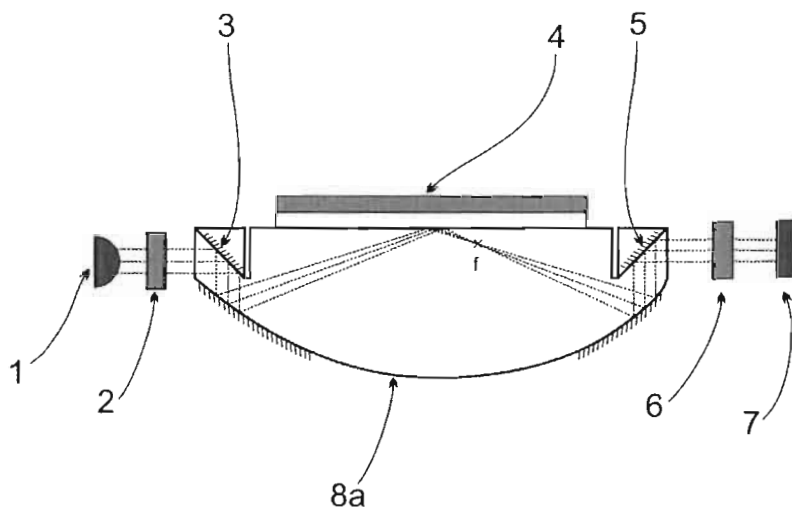


Fig. 4 Dispozitiv compact și portabil de măsurare a ghidurilor de undă, inclusiv a rezonanței acestora, simultan la mai multe unghiuri de incidență și prin reflectarea unui fascicul colimat de suprafața parabolică, cu suprafață extinsă de analiză