



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00651

(22) Data de depozit: 14/09/2017

(41) Data publicării cererii:  
29/03/2019 BOPI nr. 3/2019

(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;  
• POLONSCHII CRISTINA,  
ȘOS. COLENTINA NR. 16, BL. A2, ET. 5,  
AP. 38, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;  
• GHEORGHIU MIHAELA, BD. UNIRII  
NR. 12, BL.7C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **METODĂ DE MĂSURARE A DISTRIBUȚIEI CÂMPURILOR  
ELECTRICE ȘI A INDICILOR DE REFRAȚIE CU ÎNALTĂ  
REZOLUȚIE SPAȚIALĂ ȘI TEMPORALĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a distribuției câmpului electric și a indicelui de refracție al unui mediu adiacent unui senzor cu proprietăți electro-optice, de exemplu, un ghid de undă, cu aplicații în domeniul determinărilor analitice, la studiul materialelor sau în microbiologie. Metoda conform invenției folosește metoda matricei de transfer pentru analiza propagării undelor de lumină prin mediile care formează structura de interes, pentru a evalua efectul câmpului electric asupra indicelui de refracție al mediului electro-optic, de exemplu, ghidul de undă. Prin măsurători de intensitate a iluminării la mai multe unghiuri de

incidență, cunoscute, se pot scrie mai multe ecuații decât numărul de necunoscute, care cuprind: distribuția indicelui de refracție din proximitatea senzorului, precum și modulația locală a indicelui de refracție al ghidului de undă la frecvența câmpului electric ce relevă distribuția câmpului electric care, la rândul ei, este determinată de proprietățile electrice, adică de distribuția parametrilor electrice, în mediul/proba din vecinătatea senzorului, supusă acțiunii câmpului electric.

Revendicări: 11  
Figuri: 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## **Metodă de măsurare a distribuției câmpurilor electrice și a indicilor de refracție cu înaltă rezoluție spațială și temporală**

### **DESCRIERE**

Invenția se referă la o metoda de determinare cu înaltă rezoluție (optică) a distribuției câmpului electric modulată de o probă și de creșterea a sensibilității detecției (variației) indicelui de refracție al mediului adiacent sensorului (cu proprietăți electro-optice e.g. de ghid de undă) prin aplicarea unui câmp electric alternativ cu frecvență cunoscută, și iluminând interfața simultan la cel puțin un unghi de incidență.

Metoda are aplicații practice în sensoristică, studiul materialelor, (micro)biologie pentru obținerea de distribuții ale parametrilor optici (ex. indici de refracție) ale unor obiecte (microscopice) în timp real și la viteze crescute de achiziție a datelor.

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. Adăugarea unui stimul electric care să inducă o modulare a parametrilor sensorului conduce nu numai la o creștere a sensibilității cât deschide o nouă cale pentru analiza ale proprietăților electrice ale materialelor prin măsurători optice.

În brevetul US 7298488 B2 se descrie un dispozitiv și o metodă de măsurare SPR în care se modulează electro-optic condiția de rezonanță iar din variația intensității detectate corelate cu tensiunea aplicată se extrag proprietățile de material ale probei în baza unei curbe de regresie.

În brevetul US 7015471 B2 este descris un dispozitiv de măsurare electro-optic care impune prezența unui strat cu densitate de sarcină variabilă a cărui proprietăți sunt alterate de modificări în structura straturilor adiacente.

În brevetul US 7773228 B1 este descris un senzor de câmp electric bazat pe fenomenul SPR în care stratul metalic este structurat în benzi alternând cu suprafețe nedede.

Dezavantajul principal al metodelor și sistemelor descrise mai sus îl obținerea unor măsurători relative - fie că se utilizează curbe de calibrare fie că se utilizează canale de referință.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este aceea că permite obținerea distribuției câmpului electric modulată de o probă concomitent cu proprietățile opto-electrice ale mediilor din vecinătatea unui strat cu proprietăți electro-optice e.g. de ghid de undă. Folosind metoda matricii de transfer pentru analiza propagării undelor de lumina prin mediile care formează structura de interes se evaluează efectul câmpului electric asupra indicelui de refracție al mediului electro-optic e.g. ghidul de undă. Prin măsurători de intensitate a iluminării la mai multe unghiuri de incidență (cunoscute) se pot scrie mai multe ecuații decât numărul de necunoscute care cuprind: distribuția indicelui de refracție din proximitatea sensorului, precum și modulația locală a indicelui de refracție al ghidului de undă la frecvența câmpului electric care relevă distribuția câmpului electric care la rândul ei este determinată de proprietățile electrice (distribuția parametrilor electrice) în mediul/proba din vecinătatea sensorului supusă acțiunii câmpului electric. Avantajul metodei propuse este acela că permite obținerea în timp real a parametrilor de interes pentru urmărirea unor procese (biologice) rapide fără a fi nevoie de calibrare prealabilă sau măsurători de referință.

Se prezintă în continuare trei exemple de aplicare a acestei metode (care nu limitează domeniul ei de aplicare) și în legătură cu fig. 1 care reprezintă:

Figura 1 - Schema metodei de determinare cu înaltă rezoluție atât spațială (optică) cât și temporală a distribuției câmpului electric la interfața dintre două sau mai multe medii și a proprietăților electro-optice ale acestora

Exemplul 1. În conformitate cu figura 1, radiația de la o sursă de lumină (1) (care poate fi coerentă sau necoerentă) este divizată cu ajutorul unui element divizor de fascicul (2) care împarte fasciculul într-un număr  $n$  de fascicule de intensități egale sau aflate într-un raport cunoscut. Fasciculul este trimis către elementul de măsură (3), alcătuit dintr-un mediu refractiv (4), un mediu cu proprietăți electro-optice e.g. de ghid de undă (5), un mediu conductiv (6) care conține proba de analizat (7). Mediul cu proprietăți electro-optice (5) este legat la un generator de câmp electric alterantiv (8). În mediul conductiv (6) se află un electrod (9) legat de asemenea la generatorul de câmp electric alterantiv (8). Fiecare fascicul este poziționat astfel încât să ilumineze interfața dintre mediul refractiv (4) și mediul cu proprietăți plasmonice sau de ghid de undă (5), sub un unghi de incidență diferit. Intensitatea și/sau faza fasciculelor reflectate la interfața dintre mediul refractiv (4) și mediul cu proprietăți electro-optice (5) este măsurată de un detector (10). La aplicarea unui câmp electric variabil detectorul va înregistra o variație a intensității măsurate. Aceasta variație va depinde de unghiul de incidență al fasciculului de iluminare, amplitudinea și frecvența câmpului electric alternativ aplicat de generatorul de câmp electric alterantiv (8) și proprietățile optice ale mediilor din componența elementului de măsură (3) precum și ale probei de analizat (7). Utilizând formalismul de analiză a propagării undelor de lumină prin medii refractive se stabilește o relație de tipul ecuației (1) de mai jos, care face legătura între proprietățile optice ale mediilor din componența elementului de măsură (3) și ale probei de analizat (7) și parametrii câmpului electric aplicat (amplitudine, frecvență).

$$(1) \quad \Delta\theta_{SPR}(\nu) = -j \frac{\Delta V_{app}(\nu)}{A \cdot \alpha \cdot 2\pi\nu (Z_{ex} + X_{int})} \frac{1}{z(\nu)}$$

unde  $Z_{ex}$  impedanța mediului (6) care inconjoară proba (7),  $X_{int}$  impedanța probei (7) și  $\theta_{SPR}$  variația unghiului SPR la aplicarea câmpului alterantiv  $\Delta V_{app}$  cu frecvența  $\nu$ .

Unghiul SPR  $\theta_{SPR}$  este unghiul la care are loc minimumul de intensitate denumit și minimumul de rezonanță  $\theta_{min}$ , acesta este corelat cu parametrii optici ai mediilor din componența elementului de măsură (3), conform ecuației (2)

$$(2) \quad \theta_{min} = \arcsin \frac{\sqrt{\varepsilon_m^* n_1^2}}{n_2}$$

unde  $\varepsilon_m$  este indicele de refracție al mediului cu proprietăți plasmonice sau de ghid de undă (5),  $n_1$  este indicele de refracție al mediului conductiv (6), iar  $n_2$  este indicele de refracție al mediului refractiv (4).

Prin generatorul de câmp electric alterantiv (8) se aplică (simultan sau succesiv) mai multe frecvențe de oscilație ale câmpului electric alternativ și se măsoară valoarea intensității (amplitudine și defazaj) pentru fiecare frecvență aplicată și concomitent pentru mai multe unghiuri de incidență. Suma dintre numărul de frecvențe aplicate  $n_\nu$  și numărul de unghiuri de incidență  $n_\theta$  trebuie să fie cel puțin egală cu numărul  $n$  de parametri necunoscuți care intră în ecuația (1) și care caracterizează elementul de măsură (3) și proba de analizat (7).

Rezolvând numeric sistemul de  $n$  ecuații format din rescrierea ecuației (1) pentru fiecare frecvență a câmpului electric aplicat și fiecare unghi de incidență vom obține valorile pentru cei  $n$  parametri necunoscuți de interes.

Exemplul 2. În conformitate cu figura 1 iluminarea se face cu un fascicul la un unghi de incidență mai mic decât unghiul critic (11) iar analiza se face în urma măsurării intensității sau fazei, fasciculului de lumină care traversează elementul de măsură (3) și proba (7) care ajunge la detector (12);

Exemplul 3. În conformitate cu figura 1 iluminarea se face la un unghi de incidență mai mic decât unghiul critic iar analiza se face în urma măsurării intensității sau fazei, fascicolului de lumină reflectat (13) de elementul de măsură (3) care ajunge la detector (10).

## Revendicări

1. Metodă de determinare a distribuției câmpului electric la interfața dintre două sau mai multe medii **caracterizată prin aceea că** se iluminează interfața dintre medii și se măsoară intensitatea sau faza luminii reflectate sau transmise
2. Metodă conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** interfața dintre medii este iluminată simultan la un unghi de incidență cunoscut
3. Metodă conform revendicării 2 **caracterizată prin aceea că** cel puțin unul din mediile de analizat are proprietăți ghid de undă
4. Metodă conform revendicării 3 **caracterizată prin aceea că** cel puțin unul din mediile de analizat din vecinătatea mediului cu proprietăți de ghid de undă este conductiv din punct de vedere electric
5. Metodă conform revendicării 4 **caracterizată prin aceea că** în mediul conductiv se află cel puțin un electrod.
6. Metodă conform revendicării 5 **caracterizată prin aceea că** între mediului cu proprietăți de ghid de undă și electrod se aplică o diferență de potențial
7. Metodă conform revendicării 6 **caracterizată prin aceea că** diferența de potențial dintre mediului cu proprietăți de ghid de undă și electrod oscilează cu una sau mai multe frecvențe cunoscute
8. Metodă conform revendicării 7 **caracterizată prin aceea că**, câmpul electric alternativ generat de oscilația diferenței de potențial modulează cu aceeași frecvență indicele de refracție al mediului cu proprietăți de ghid de undă
9. Metodă conform revendicării 8 **caracterizată prin aceea că** modulația indicelui de refracție al mediului cu proprietăți de ghid de undă induce modulații ale intensității luminii reflectate cu frecvența fundamentală de oscilație și armonice ale acesteia
10. Metodă conform revendicării 9 **caracterizată prin aceea că** din amplitudinea modulației intensității luminii reflectate sau transmise măsurate la mai multe unghiuri de incidență se calculează amplitudinea modulației indicelui de refracție al mediului cu proprietăți plasmonice sau de ghid de undă
11. Metodă conform revendicării 9 **caracterizată prin aceea că** din amplitudinea modulației intensității luminii reflectate sau transmise măsurate la mai multe unghiuri de incidență se determină indicele de refracție al mediilor adiacente mediului cu proprietăți de ghid de undă

## Desene

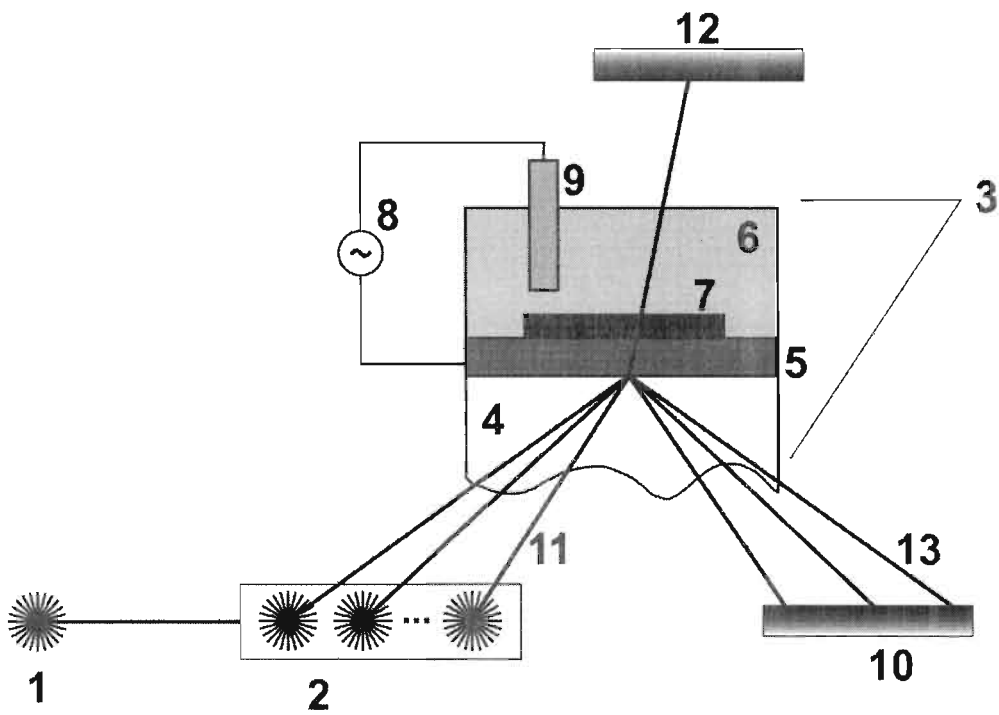


Fig. 1 Schema metodei de determinare cu înaltă rezoluție atât spațială (optică) cât și temporală a distribuției câmpului electric la interfața dintre două sau mai multe medii și a proprietăților electro-optice ale acestora