



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00140

(22) Data de depozit: 08/03/2017

(41) Data publicării cererii:
28/09/2018 BOPI nr. 9/2018

(71) Solicitant:
• CIUCLEA-GEORGESCU DUMITRU,
STR. IANCU POPA, NR.27, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• DOBRICĂ BOGDAN, STR.REZERVEI,
NR.64, BL.1, ET.1, AP.31, SAT DUDU,
CHIAJNA, IF, RO

(72) Inventatori:
• CIUCLEA-GEORGESCU DUMITRU,
STR. IANCU POPA, NR.27, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• DOBRICĂ BOGDAN, STR.REZERVEI,
NR.64, BL.1, ET.1, AP.31, SAT DUDU,
CHIAJNA, IF, RO

(74) Mandatar:
RODALL S.R.L., STR. POLONĂ NR.115,
BLOC 15, SC. A, ET. 4, AP.19, SECTOR 1,
BUCUREȘTI

(54) DISPOZITIV ȘI METODĂ PENTRU DETERMINAREA
CALITATIVĂ ȘI CANTITATIVĂ A COMPONENTEI CHIMICE
SUPERFICIALE A PREPARATELOR BIOLOGICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv și la o metodă pentru determinarea calitativă și cantitativă a componentei chimice superficiale a preparatelor biologice. Dispozitivul conform invenției cuprinde o sursă de lumină programabilă, o cameră (12) de captură conectată la un microcontroler (6) care comandă declanșarea capturii de imagine, un suport (SP) pentru probă dispus astfel încât axul optic al camerei (12) de captură să fie perpendicular pe centrul de greutate al probei (P), un microprocesor (13) primar conectat printr-o interfață universală USB 3.0 la camera (12) de captură, pentru procesarea primară a imaginilor, o interfață (15) pentru utilizator și o sursă (1) de alimentare programabilă, compusă din 16 grupuri de câte 3 leduri (2) monocromatice, având spectrul de emisie centrat în gama cuprinsă între 365 și 940nm, ledurile fiind dispuse pe un inel (IL) de iluminare divizat în 48 de sectoare egale, în așa fel încât cele trei leduri (2) corespunzătoare fiecărei lungimi de undă să fie așezate în vârfurile unui triunghi echilateral cu centrul de greutate pe axa focală a obiectivului camerei (12) de captură. Metoda conform invenției constă în identificarea poziției și orientării probei față de axul optic al obiectivului camerei de captură, în autocalibrarea dispozitivului, urmată de calibrarea inițială a dispozitivului pe baza unor probe diferite, cu compoziția chimică bine determinată prin metode de laborator, ale căror imagini vor fi înregistrate

cu ajutorul dispozitivului, pentru fiecare lungime de undă, și în măsurarea unui prag minim pentru prezența unui anumit compus chimic, și măsurarea cantitativă prin aplicarea unui algoritm de sumare obținut prin aplicarea unui algoritm de regresie pe datele obținute pentru probele menționate.

Revendicări: 14
Figuri: 4

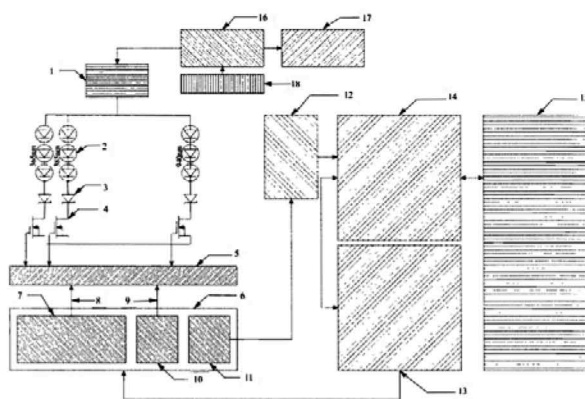
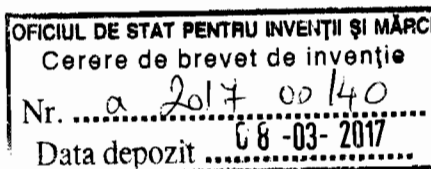


Fig. 1

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).



Sp



Descriere

Prezenta invenție se referă la un dispozitiv și o metodă pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice prin imagistică cu cameră hiper-spectrală cu sursă de iluminare led, auto-calibrată, cu lungimi de undă uniform distribuite între infraroșu și ultraviolet, fără componente în mișcare.

Invenția pornește de la următoarele principii de funcționare:

(1) diferitele specii chimice prezintă afinități bine determinate pentru anumite energii ale fotonilor absorbiți sau emiși, principiu care stă la baza spectroscopiei;

(2) în mod obișnuit, culoarea unei substanțe este dată de efectul pe care îl are asupra fotonilor ambientali incidenți, modificând fie prin absorbție totală, fie prin absorbție și emisie, distribuția energiilor fotonilor în fluxul luminos reflectat, culoarea fiind determinată de nivelul de excitație al celor trei tipuri de celule fotosensibile din ochiul omenesc;

(3) procesul echivalent este iluminarea substanței chimice cu fotoni a căror energie este bine determinată și măsurarea amplitudinii fluxului reflectat, echivalent cu creșterea varietății celulelor fotosensibile din aparatul vizual.

Din analiza procesului (3), sursele de lumină utilizate până în prezent au fost fie lămpi cu descărcare al căror spectru emis a fost îngustat cu ajutorul filtrelor selective, fie o selecție redusă de surse de lumină mono-cromatice, ambele variante având dezavantajul necesității părților mecanice în mișcare pentru iluminarea selectivă a probei.

Obiectivul prezentei invenții este acela de a elimina dezavantajele menționate mai sus și de a asigura un dispozitiv și un procedeu pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice care să asigure îmbunătățirea performanțelor.

În conformitate cu un prim aspect al prezentei invenții, obiectivul menționat este atins cu ajutorul unui dispozitiv cuprinzând o sursă de lumină programabilă, o cameră de captură conectată la un microcontroler care comandă declanșarea capturii de imagine, un suport pentru probă dispus astfel încât axul optic al camerei de captură să fie perpendicular pe centrul de greutate al probei, un microprocesor primar conectat printr-o interfață universală USB 3.0 la camera de captură pentru procesarea primară a imaginilor, o interfață pentru utilizator și o sursă de alimentare, în care sursa de lumină programabilă este compusă din 16 grupuri de câte 3 LED-uri, monocromatice, având spectrul de emisie centrat în 365nm, 385nm, 395nm, 415nm, 450nm, 470nm, 510nm, 530nm, 590nm, 615nm, 630nm, 660nm, 730nm, 740nm,

850nm și respectiv 940nm, LED-urile fiind dispuse pe un inel de iluminat, divizat în 48 de sectoare egale, în așa fel încât cele trei leduri corespunzătoare fiecărei lungimi de undă să fie așezate în vârfurile unui triunghi echilateral cu centrul de greutate pe axa focală a obiectivului camerei de captură.

Dispozitivul pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice, în conformitate cu prezenta invenție, cuprinde în mod individual sau în orice combinație, următoarele caracteristici preferate:

-LED-urile sunt alimentate folosind modulația factorului de umplere pentru a obține o amplitudine medie a intensității luminoase variabile, folosind un multiplexor cu 16 canale comandat prin intermediul microcontrolerului având un numărător binar și o conexiune BCD care pune la dispoziție în același timp și semnalul cu factorul de umplere variabil, prin intermediul unei conexiuni;

- cele trei LED-uri corespunzătoare unei lungimi de undă sunt înseriate, anodul tuturor grupărilor de LED-uri fiind conectate împreună la sursa de curent constant, catodul fiind la rândul lui înseriat cu o diodă ultrarapidă Schottky pentru a preveni scurgerile de curent datorate tensiunilor inverse mici ale ledurilor de putere, comanda LED-urilor fiind realizează prin intermediul unor tranzistoare MOSFET de putere;

- microcontrolerul furnizează camerei de captură și semnalul pentru declanșarea capturii de imagine, pentru fiecare iluminare mono-cromă corespunzătoare unei lungimi de undă fiind captată o imagine, conectarea cu camera de captură fiind realizată prin intermediul unei interfețe GPIO a camerei de captură,

- microprocesorul primar salvează pe un suport electronic non-volatil imaginile captate și le procesează primar pentru auto-calibrarea dispozitivului și pentru a comanda microcontrolerul,

- microprocesorul primar este conectat printr-o interfață serială la un microprocesor secundar care rulează interfața cu utilizatorul prin intermediul căreia dispozitivul primește comenzi și furnizează date, și procesează imaginile pentru a obține rezultate cu privire la probă,

- sursa de alimentare are o construcție de tip cascadă, fiind compusă dintr-o sursă coborâtoare de tensiune în comutație conectată la rețea, cu o baterie de rezervă care furnizează 12V curent continuu stabilizat cu o intensitate maximă a curentului de 5A, utilizată pentru alimentarea LED-urilor, dar și a diferitelor subansambluri ale sistemului și un convertor de tensiune curent-continuu la curent-continuu, de 5V la un curent maxim de 3A, utilizată pentru alimentarea microcontrolerului și a microprocesoarelor primar și secundar;

- camera de captură cuprinde o montură pentru obiectiv și un obiectiv macroscopic care permite focalizarea la mai puțin de 2cm, în jurul obiectivului, centrat pe axul optic, fiind dispus inelul de iluminare menționat, în fața inelului de iluminare, la o distanță reglabilă, fiind aranjat un inel de difuzie realizat dintr-un material cu transparentă optică bună pentru intervalul 360 – 940nm, sablat.

În conformitate cu un al doilea aspect al prezentei invenții, obiectivul menționat este atins cu ajutorul unei metode pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice, utilizând dispozitivul conform invenției, metoda cuprinzând etapele de:

- determinare a probei având drept scop identificarea poziției și orientării probei față de axul optic al obiectivului camerei de captură;

- auto-calibrare a dispozitivului având drept scop uniformizarea răspunsului camerei de captură în raport cu intensitatea luminoasă a fluxului reflectat de către probă,

- calibrare inițială a dispozitivului pe baza unor probe diferite cu compoziția chimică bine determinată prin metode de laborator, ale căror imagini vor fi înregistrate cu ajutorul dispozitivului, pentru fiecare lungime de undă,

- măsurare a unui prag minim pentru prezența unui anumit compus chimic și măsurare cantitativă prin aplicarea unui algoritm de sumare obținut prin aplicarea unui algoritm de regresie pe datele obținute pentru probele menționate.

Într-un exemplu preferat de realizare a metodei conform prezentei invenții, etapa de determinare a probei cuprinde următorii pași:

- determinarea unei învelitori convexe $H_k = \{ (h_{a,k}, h_{b,k}) \}$ a punctelor (a,b) din I_k pentru care $P(a,b) > 0$, și anume a pixelilor care au înregistrat lumină,

- calcularea centrului de greutate $G_k (g_{m,k}, g_{n,k})$ al învelitorii H_k cu $g_{m,k} = \sum h_{a,k} / |H_k|$ și respectiv $g_{n,k} = \sum h_{b,k} / |H_k|$,

- sortarea descrescătoare a mulțimii distanțelor dintre punctele din H_k și centrul lor de greutate G_k , $D_k = (d_{i,k})_{1 \leq i \leq |H_k|}$ fiind șirul descrescător al acestor distanțe,

- determinarea poziției probei prin translația de vector RG_k , unde R este un punct convenabil ales ca centru de greutate dorit al probei în timp ce pentru determinarea orientării, vom aplica o rotație între direcția de referință și punctul corespunzător distanței $d_{1,k}$.

Într-un alt exemplu preferat de realizare a metodei conform prezentei invenții, etapa de auto-calibrare a dispozitivului cuprinde următorii pași:

- realizarea unei mulțimi de perechi (λ, S_λ) , unde λ este lungimea de undă, iar S_λ este un factor de corecție aflat în intervalul $[0,1]$ al răspunsului camerei relativ la lungimea de undă λ ,

- construirea unei funcții $S(\lambda)$ folosind un algoritm de regresie, astfel că pentru aceeași intensitate luminoasă, valoarea $P_k(i,j)/S(\lambda_k)$ va fi constantă în raport cu λ ,

- înlocuirea probei cu un material reflectiv pentru întregul spectru.

Într-o manieră preferată în mod particular, etapa de auto-calibrare a dispozitivului cuprinde suplimentar:

- iluminarea probei cu fiecare lungime de undă λ_k și factorul de umplere $F_k = 100\%$ pentru a înregistra $P_k = \sum P_k(i,j) / |1,m||1,n|S(\lambda_k)$, valoarea medie înregistrată de cameră,

- ordonarea crescătoare $P_k, 1 \leq k \leq 16$,

- calcularea $F_k = F_k \times P_1/P_k$,

- iluminarea succesivă cu fiecare lungime de undă și ajustarea timpului de expunere pentru ca P_k să devină $1 - \varepsilon$, unde ε este o valoare nenulă, convenabilă,

- salvarea în memoria non-volatilă a microcontrolerului a valorilor determinate pentru F_k .

În mod avantajos, etapa de calibrare inițială a dispozitivului cuprinde suplimentar:

- antrenarea unui algoritm clasificator, pentru fiecare lungime de undă λ_k , pe baza probelor diferite cu compoziția chimică bine determinată,

- salvarea datelor pentru fiecare lungime de undă în memoria non-volatilă anexată microprocesorului,

- utilizarea cel puțin a unei părți dintre probele realizate pentru construirea unei funcții care să ofere informații cantitative asupra substanțelor chimice prezente, funcția luând ca parametrii estimările obținute prin aplicarea clasificatorului pe probe, pentru fiecare lungime de undă, urmând ca acestea să fie corelate cu rezultatele obținute prin metode clasice de laborator.

Alte obiective, avantaje și caracteristici preferate ale invenției vor reieși mai clar din următoarea descriere detaliată a unui exemplu preferat de implementare a invenției, dar cu titlu ilustrativ și nu limitativ, în legătură cu figurile anexate, în care:

- Figura 1 este o diagramă bloc a dispozitivului pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice, conform prezentei invenții;
- Figura 2 este o vedere schematică a modului de amplasare a camerei de captură și a inelului de iluminare în raport cu proba de măsurat;

- Figura 3 este o vedere ilustrând modul de dispunere al LED-lor pe inelul de iluminare;
- Figura 4 este o ilustrare schematică a algoritmului de calibrare inițială, în care pixelul (1) este un maxim local pentru punctele (2) din vecinătatea (3), punctele (4) aflându-se în afara vecinătății.

Referindu-ne mai întâi la Fig.1, dispozitivul pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice, conform invenției, utilizează ca sursă de lumină diodele electroluminiscente **2** (LED) SMD/SMT cu puterea de 3W și unghiul de dispersie de 130°, cu următoarele lungimi de undă: 365nm, 385nm, 395nm, 415nm, 450nm, 470nm, 510nm, 530nm, 590nm, 615nm, 630nm, 660nm, 730nm, 740nm, 850nm, 940nm. Pentru captura de imagine, dispozitivul utilizează o cameră de captură mono-cromă **12** cu senzor de tip Charged Coupled Device (CCD) și două interfețe de control: una pentru achiziția de date, care utilizează USB3.0 și una bazată pe General Programmable Input/Output (GPIO) al chipsetului, pentru sincronizarea cu sursa de lumină. Unghiul larg de dispersie permite așezarea unui număr relativ mic de LED-uri **2** în vârfurile unui poligon regulat pentru a obține o iluminare uniformă. În acest sens, dispozitivul utilizează un difuzor suplimentar **ID** intercalat între LED-le **2** și proba de măsurat **P**.

În legătură și cu Fig. 2, dispozitivul cuprinde sursă de lumină programabilă constituită din LED-le **2** menționate mai sus, o cameră de captură **12** și un suport pentru probă **SP**, un microprocesor primar **13** pentru procesarea imaginilor, o interfață pentru utilizator formată din ecran cu cristale lichide tactil, și o sursă de alimentare **1**.

Funcționarea dispozitivului fizic este garantată prin implementarea a patru algoritmi care îi permit funcționarea, care se bazează pe capacitatea de procesare a informației de către doi algoritmi, unul de regresie și unul de clasificare. Implementarea acestora din urmă rămâne la latitudinea producătorului, depinzând în primul rând de puterea de calcul disponibilă. Algoritmii specifici, descriși în cadrul prezentei descrieri sunt:

- (1) algoritmul de identificare al probei,
- (2) algoritmul de auto-calibrare,
- (3) algoritmul de calibrare inițială, și
- (4) algoritmul de măsurare.

Sursa de lumină programabilă este compusă din 16 grupuri de câte 3 LED-uri **2**, monocromatice, având spectrul de emisie centrat în 365nm, 385nm, 395nm, 415nm, 450nm, 470nm, 510nm, 530nm,

590nm, 615nm, 630nm, 660nm, 730nm, 740nm, 850nm și respectiv 940nm, cu o deviație de ± 5 nm. Pentru a înlocui componentele în mișcare și a ilumina uniform proba **P**, LED-urile **2** sunt dispuse pe un inel, divizat în 48 de sectoare egale, în așa fel încât cele trei leduri **2** corespunzătoare fiecărei lungimi de undă să fie așezate în vârfurile unui triunghi echilateral cu centrul de greutate pe axa focală a obiectivului camerei de captură **12** (vezi detaliul din Fig. 3). LED-urile **2** sunt alimentate folosind modulația factorului de umplere, pentru a obține o amplitudine medie a intensității luminoase variabile, folosind un multiplexor **5** cu 16 canale (vezi Fig. 1), comandat prin intermediul unui microcontroler **6** având un numărător binar **7** și o conexiune Binary Coded Decimal **8**, care pune la dispoziție în același timp și semnalul cu factorul de umplere variabil **10**, prin intermediul conexiunii **11**. Cele trei LED-uri **2** corespunzătoare unei lungimi de undă sunt înseriate, anodul tuturor grupărilor de LED-uri **2** fiind conectate împreună la o sursă de curent constant **1**, catodul fiind la rândul lui înseriat cu o diodă ultrarapidă Schottky **3** pentru a preveni scurgerile de curent datorate tensiunilor inverse mici ale ledurilor de putere. Comanda LED-urilor **2** se realizează prin intermediul unor tranzistoare MOSFET de putere **4**, pentru a avea un randament ridicat având în vedere regimul de funcționare cu modulația factorului de umplere. Microcontrolerul **6** furnizează camerei de captură **12** și semnalul pentru declanșarea capturii de imagine **11**, pentru fiecare iluminare mono-cromă corespunzătoare unei lungimi de undă fiind captată o imagine. Conectarea cu camera **12** se realizează prin intermediul interfeței GPIO a camerei de captură. Camera **12** este conectată în același timp, prin interfața universală USB 3.0, la un microprocesor **13** care procesează primar imaginile. Rolul acestuia este de a salva pe un suport electronic non-volatil imaginile captate într-un format ușor procesabil prin software, de a le procesa primar pentru auto-calibrarea dispozitivului și pentru a comanda microcontrolerul **6**. Microprocesorul primar **13** este conectat printr-o interfață serială la un microprocesor secundar **14**, care are ca sarcină rularea interfeței cu utilizatorul **15** prin intermediul căreia dispozitivul primește comenzi și furnizează date, dar și procesarea imaginilor pentru a obține rezultate cu privire la probă. În acest fel, puterea de calcul este conservată, fiecare dintre cele două microprocesoare **13**, **14** având sarcini independente.

Sursa de alimentare **1** are o construcție de tip cascadă, fiind compusă dintr-o sursă coborâtore de tensiune în comutație **16** conectată la rețea, cu o baterie de rezervă **18**, care furnizează 12V curent continuu stabilizat cu o intensitate maximă a curentului de 5A, utilizată pentru alimentarea LED-urilor **2**, dar și a diferitelor subsambluri ale sistemului și un convertor de tensiune curent-continuu la curent-continuu **17**, de 5V la un curent maxim de 3A, utilizată pentru alimentarea microcontrolerului și a microprocesoarelor **13**, **14**.

Cu referire la Fig. 2, din punct de vedere al amplasării componentelor dispozitivului, camera de captură **12** este amplasată în așa fel încât axul optic să fie perpendicular în centrul de greutate al probei **P**. Camera de captură **12** este continuată cu montura pentru obiectiv **MO** și obiectivul microscopic **OM** care permite focalizarea la mai puțin de 2cm. În jurul obiectivului, centrat pe axul optic, se găsește inelul de iluminare **IL**. În fața inelului de iluminare **IL**, la o distanță reglabilă, se află dispus un inel de difuzie **ID** realizat dintr-un material cu transparentă optică bună pentru intervalul 360 – 940nm, sablat. Proba **P** este așezată pe o măsută pentru probe **SP**. Proba **P** poate avea orice formă asimetrică, pentru a ajuta la determinarea poziției acesteia în software. Toate probele analizate de prezentul dispozitiv vor avea aceeași formă. În măsuta pentru probe **SP** este realizată prin frezare o cavitate pentru amplasarea probei **P** și fixarea acesteia pentru măsurători. Măsuta de probe **SP** este acoperită cu vopsea mată, neagră, absorbantă.

Pentru descrierea facilă a algoritmilor următori, vom introduce următoarele notații:

Dimensiunea porțiunii active a senzorului este $m \times n$, cu m, n numere întregi, nenegative, unde m reprezintă numărul de linii și n numărul de coloane. În notația comercială, camera produce imagini de $m \times n \times 10^{-6}$ megapixeli. Definim mulțimile $1, m = \{ 1, 2, \dots, m \}$ și $1, n = \{ 1, 2, \dots, n \}$. Fie $P_k : 1, m \times 1, n \rightarrow [0, 1]$ funcția care asociază unui pixel valoarea înregistrată de acesta atunci când proba a fost iluminată cu lungimea de undă λ_k , unde $1 \leq k \leq 16$, 0 corespunzând lipsei fotonilor în timp ce 1 corespunde iluminării maxime. O imagine obținută prin iluminare cu λ_k este imaginea funcției $I_k = P_k (1, m \times 1, n)$. Vom nota cu $|M|$ cardinalul unei mulțimi finite oarecare M .

Algoritmul de determinare al probei rezolvă problema identificării poziției și orientării probei față de axul optic al obiectivului, putând astfel furniza informații consistente poziționarea probei devenind ne-critică. Pașii algoritmului sunt: (1) determinarea învelitorii convexe $H_k = \{ (h_{a,k}, h_{b,k}) \}$ a punctelor (a, b) din I_k pentru care $P(a, b) > 0$, sau altfel spus, a pixelilor care au înregistrat lumină, (2) calcularea centrului de greutate $G_k (g_{m,k}, g_{n,k})$ al H_k cu $g_{m,k} = \sum h_{a,k} / |H_k|$ și respectiv $g_{n,k} = \sum h_{b,k} / |H_k|$, (3) sortarea descrescătoare a mulțimii distanțelor dintre punctele din H_k și centrul lor de greutate, G_k . Vom nota cu $D_k = (d_{i,k})_{1 \leq i \leq |H_k|}$ șirul descrescător al acestor distanțe, (4) poziția probei este determinată de translația de vector RG_k , unde R este un punct convenabil ales ca centru de greutate dorit al probei în timp ce pentru determinarea orientării, vom aplica o rotație între direcția de referință și punctul corespunzător distanței $d_{1,k}$. Ambele transformări sunt izometrice, aducând proba în același sistem de referință.

Algoritmul de auto-calibrare al dispozitivului are ca scop uniformizarea răspunsului camerei în raport cu intensitatea luminoasă a fluxului reflectat de către probă. În aceste condiții, factorii care influențează valoarea înregistrată prin funcția P sunt sensibilitatea relativă la lungimea de undă a camerei. Pornind de la datele de catalog, putem realiza o mulțime de perechi (λ, S_λ) , unde λ este lungimea de undă, iar S_λ este un factor de corecție aflat în intervalul $[0,1]$ al răspunsului camerei relativ la lungimea de undă λ . Pentru construirea unei funcții $S(\lambda)$ vom folosi algoritmul de regresie. Astfel, pentru aceeași intensitate luminoasă, valoarea $P_k(i,j)/S(\lambda_k)$ va fi constantă în raport cu λ . Acest procedeu se va realiza o singură dată în construcția dispozitivului. Pentru auto-calibrare vom înlocui proba cu un material reflectiv pentru întregul spectru, algoritmul urmând următorii pași: (1) iluminăm proba cu fiecare lungime de undă λ_k și factorul de umplere $F_k = 100\%$ și înregistrăm $P_k = \sum P_k(i,j) / |1,m||1,n|S(\lambda_k)$, valoarea medie înregistrată de cameră, (2) ordonăm crescător P_k , $1 \leq k \leq 16$. Fără a pierde generalitatea, fie P_1 intensitatea luminoasă minimă, (3) pentru fiecare $k > 1$, calculăm $F_k = F_k \times P_1/P_k$, (4) iluminând succesiv cu fiecare lungime de undă, ajustăm timpul de expunere pentru ca P_k să devină $1 - \varepsilon$, unde ε este o valoare nenulă, convenabilă. La finalul algoritmului, salvăm în memoria non-volatilă a microcontrolerului valorile determinate pentru F_k . În acest moment, la finalul algoritmului, deși LED-urile au caracteristici diferite și deși în calea optică dintre sursa de lumină și senzorul de imagine sunt factori perturbatori, dispozitivul va considera automat efectul acestora, putând astfel obține un numitor comun pentru probe.

Algoritmul de calibrare inițială pornește de la ipoteza puterii de calcul reduse disponibile într-un dispozitiv portabil. Deși rulează pe un microprocesor dedicat pe care îl împarte secvențial cu interfața cu utilizatorul, nu este fezabilă clasificarea imaginilor în întregime, matricele de covarianță având dimensiuni de ordinul $m^2 \times n^2$. Pornind de la acest principiu, vom reduce spațiul de lucru la dimensiunea $4z^2$, unde z este un întreg nenegativ convenabil ales în funcție de puterea de calcul a microprocesorului. Pentru calibrarea inițială se vor realiza probe diferite cu compoziția chimică bine determinată prin metode de laborator, ale căror imagini vor fi înregistrate cu ajutorul dispozitivului, pentru fiecare lungime de undă. Algoritmul supervizează construcția bazei de date utilizată în algoritmul clasificator. Vom nota cu q numărul probei și cu Q numărul total de probe. Clasificatorul va avea o configurație diferită pentru fiecare lungime de undă. Pentru pregătirea imaginilor necesare clasificatorului, mai întâi vom aplica algoritmul de auto-calibrare pentru asigurarea uniformității iluminării înregistrate, urmat de algoritmul pentru determinarea probei pentru eliminarea izometriilor la care au fost supuse probele. Pentru reducerea spațiului de lucru, vom scana I_k , identificând cel mult z maxime locale. Valoarea unui pixel $P_k(a,b)$ este maxim local dacă și

numai dacă $P_k(a,b) \geq P_k(a+r \cos \varphi, b+r \sin \varphi)$ pentru orice $r \leq R$ și φ în $[0, 2\pi)$, unde R este dimensiunea maximă a vecinătății (Fig. 4). Reducem vecinătatea centrată în (a,b) la o distribuție bivariată normală degenerată cu media (a,b) și varianța aleasă în așa fel încât media valorilor pixelilor din vecinătatea lui (a,b) să corespundă densității de probabilitate binormale degenerate, în care corelarea între cele două variabile aleatoare este 1. Obținem astfel un șir cu elementele $(a_i, b_i, \sigma_i^2)_{i \leq n}$. Folosind aceste date, vom antrena algoritmul clasificator inițial, pentru fiecare lungime de undă λ_k . Starea clasificatorului este salvată pentru fiecare lungime de undă în memoria non-volatilă anexată microprocesorului. O parte dintre probele realizate vor fi utilizate pentru construirea unei funcții care să ofere informații cantitative asupra substanțelor chimice prezente. Funcția va lua ca parametrii estimările obținute prin aplicarea clasificatorului pe probe, pentru fiecare lungime de undă, urmând ca acestea să fie corelate cu rezultatele obținute prin metode clasice de laborator.

Algoritmul de măsurare cuprinde aceiași pași ca algoritmul de calibrare inițială: (1) aplicarea algoritmului de auto-calibrare, (2) aplicarea algoritmului de poziționare a probei, (3) aplicarea algoritmului de clasificare și obținerea estimării, pentru fiecare lungime de undă λ_k . Estimările obținute vor oferi o imagine calitativă, prin stabilirea unui prag minim pentru prezența unui anumit compus chimic și cantitativă prin aplicarea unui algoritm de sumare obținut prin aplicarea algoritmului de regresie pe datele obținute pe eșantioane cunoscute.

Referitor la exemplele de realizare descrise mai sus, persoana de specialitate în domeniu poate, pentru a satisface cerințele specifice, face modificări și/sau înlocui elementele descrise cu elemente echivalente, fără a ne îndepărta astfel de scopul revendicărilor anexate.

REVENDICĂRI

1. Dispozitiv pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice cuprinzând o sursă de lumină programabilă, o cameră de captură (12) conectată la un microcontroler (6) care comandă declanșarea capturii de imagine, un suport pentru probă (SP) dispus astfel încât axul optic al camerei de captură (12) să fie perpendicular pe centrul de greutate al probei (P), un microprocesor primar (13) conectat printr-o interfață universală USB 3.0 la camera de captură (12) pentru procesarea primară a imaginilor, o interfață pentru utilizator (15) și o sursă de alimentare (1), în care sursa de lumină programabilă este compusă din 16 grupuri de câte 3 LED-uri (2), monocromatice, având spectrul de emisie centrat în gama cuprinsă între 365nm și 940nm, LED-urile fiind dispuse pe un inel de iluminare (IL), divizat în 48 de sectoare egale, în așa fel încât cele trei leduri (2) corespunzătoare fiecărei lungimi de undă să fie așezate în vârfurile unui triunghi echilateral cu centrul de greutate pe axa focală a obiectivului camerei de captură (12).

2. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** cele 16 grupuri de câte 3 LED-uri (2), monocromatice, au spectrul de emisie centrat în 365nm, 385nm, 395nm, 415nm, 450nm, 470nm, 510nm, 530nm, 590nm, 615nm, 630nm, 660nm, 730nm, 740nm, 850nm și respectiv 940nm, cu o deviație de ± 5 nm.

3. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** LED-urile (2) sunt alimentate folosind modulația factorului de umplere pentru a obține o amplitudine medie a intensității luminoase variabile, folosind un multiplexor (5) cu 16 canale comandat prin intermediul microcontrolerului (6) având un numărător binar (7) și o conexiune BCD (9) care pune la dispoziție în același timp și semnalul cu factorul de umplere variabil (10), prin intermediul unei conexiuni (11).

4. Dispozitiv conform uneia dintre revendicările 1 la 3, **caracterizat prin aceea că** cele trei LED-uri (2) corespunzătoare unei lungimi de undă sunt înseriate, anodul tuturor grupărilor de LED-uri fiind conectate împreună la sursa de curent constant (1), catodul fiind la rândul lui înseriat cu o diodă ultrarapidă Schottky (3) pentru a preveni scurgerile de curent datorate tensiunilor inverse mici ale ledurilor de putere, comanda LED-urilor (2) fiind realizată prin intermediul unor tranzistoare MOSFET de putere (4).

5. Dispozitiv conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că** microcontrolerul (6) furnizează camerei de captură (12) și semnalul pentru declanșarea captării de imagine, pentru fiecare iluminare monocromă corespunzătoare unei lungimi de undă fiind captată o imagine, conectarea cu camera de captură (12) fiind realizată prin intermediul unei interfețe GPIO a camerei de captură.

6. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** microprocesorul primar (13) salvează pe un suport electronic non-volatil imaginile captate și le procesează primar pentru auto-calibrarea dispozitivului și pentru a comanda microcontrolerul (6).

7. Dispozitiv conform revendicării 6, **caracterizat prin aceea că** microprocesorul primar (13) este conectat printr-o interfață serială la un microprocesor secundar (14) care rulează interfața cu utilizatorul (15) prin intermediul căreia dispozitivul primește comenzi și furnizează date, și procesează imaginile pentru a obține rezultate cu privire la probă.

8. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** sursa de alimentare (1) are o construcție de tip cascadă, fiind compusă dintr-o sursă coborâtoare de tensiune în comutație (16) conectată la rețea, cu o baterie de rezervă (18) care furnizează 12V curent continuu stabilizat cu o intensitate maximă a curentului de 5A, utilizată pentru alimentarea LED-urilor (2), dar și a diferitelor subansambluri ale sistemului și un convertor de tensiune curent-continuu la curent-continuu (17), de 5V la un curent maxim de 3A, utilizată pentru alimentarea microcontrolerului (6) și a microprocesoarelor primar (13) și secundar (14).

9. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** respectiva cameră de captură (12) cuprinde o montură pentru obiectiv (MO) și un obiectiv microscopic (OM) care permite focalizarea la mai puțin de 2cm, în jurul obiectivului, centrat pe axul optic, fiind dispus inelul de iluminare (IL) menționat, în fața inelului de iluminare (IL), la o distanță reglabilă, fiind aranjat un inel de difuzie (ID) realizat dintr-un material cu transparență optică bună pentru intervalul 360 – 940nm, sablat.

10. Metodă pentru determinarea calitativă și cantitativă a componenței chimice superficiale a preparatelor biologice, utilizând dispozitivul conform oricăreia dintre revendicările 1 la 9, metoda cuprinzând etapele de:

- determinare a probei având drept scop identificarea poziției și orientării probei față de axul optic al obiectivului camerei de captură;
- auto-calibrare a dispozitivului având drept scop uniformizarea răspunsului camerei de captură în raport cu intensitatea luminoasă a fluxului reflectat de către probă,
- calibrare inițială a dispozitivului pe baza unor probe diferite cu compoziția chimică bine determinată prin metode de laborator, ale căror imagini vor fi înregistrate cu ajutorul dispozitivului, pentru fiecare lungime de undă,
- măsurare a unui prag minim pentru prezența unui anumit compus chimic și măsurare cantitativă prin aplicarea unui algoritm de sumare obținut prin aplicarea unui algoritm de regresie pe datele obținute pentru probele menționate.

11. Metodă conform revendicării 10, **caracterizată prin aceea că** etapa de determinare a probei cuprinde următorii pași:

- determinarea unei învelitori convexe $H_k = \{ (h_{a,k}, h_{b,k}) \}$ a punctelor (a,b) din I_k pentru care $P(a,b) > 0$, și anume a pixelilor care au înregistrat lumină,
- calcularea centrului de greutate $G_k (g_{m,k}, g_{n,k})$ al învelitorii H_k cu $g_{m,k} = \sum h_{a,k} / |H_k|$ și respectiv $g_{n,k} = \sum h_{b,k} / |H_k|$,
- sortarea descrescătoare a mulțimii distanțelor dintre punctele din H_k și centrul lor de greutate G_k , $D_k = (d_{i,k})_{1 \leq i \leq |H_k|}$ fiind șirul descrescător al acestor distanțe,
- determinarea poziției probei prin translația de vector RG_k , unde R este un punct convenabil ales ca centru de greutate dorit al probei în timp ce pentru determinarea orientării, vom aplica o rotație între direcția de referință și punctul corespunzător distanței $d_{1,k}$.

12. Metodă conform revendicării 10, **caracterizată prin aceea că** etapa de auto-calibrare a dispozitivului cuprinde următorii pași:

- realizarea unei mulțimi de perechi (λ, S_λ) , unde λ este lungimea de undă, iar S_λ este un factor de corecție aflat în intervalul $[0,1]$ al răspunsului camerei relativ la lungimea de undă λ ,

- construirea unei funcții $S(\lambda)$ folosind un algoritm de regresie, astfel că pentru aceeași intensitate luminoasă, valoarea $P_k(i,j)/S(\lambda_k)$ va fi constantă în raport cu λ ,
- înlocuirea probei cu un material reflectiv pentru întregul spectru.

13. Metodă conform revendicării 12, **caracterizată prin aceea că** etapa de auto-calibrare a dispozitivului cuprinde suplimentar:

- iluminarea probei cu fiecare lungime de undă λ_k și factorul de umplere $F_k = 100\%$ pentru a înregistra $P_k = \sum P_k(i,j) / |1,m||1,n|S(\lambda_k)$, valoarea medie înregistrată de cameră,
- ordonarea crescătoare $P_k, 1 \leq k \leq 16$,
- calcularea $F_k = F_k \times P_1/P_k$,
- iluminarea succesivă cu fiecare lungime de undă și ajustarea timpul de expunere pentru ca P_k să devină $1 - \epsilon$, unde ϵ este o valoare nenulă, convenabilă,
- salvarea în memoria non-volatilă a microcontrolerului a valorilor determinate pentru F_k .

14. Metodă conform revendicării 10, **caracterizată prin aceea că** etapa de calibrare inițială a dispozitivului cuprinde suplimentar:

- antrenarea unui algoritm clasificator, pentru fiecare lungime de undă λ_k , pe baza probelor diferite cu compoziția chimică bine determinată,
- salvarea datelor pentru fiecare lungime de undă în memoria non-volatilă anexată microprocesorului,
- utilizarea cel puțin a unei părți dintre probele realizate pentru construirea unei funcții care să ofere informații cantitative asupra substanțelor chimice prezente, funcția luând ca parametrii estimările obținute prin aplicarea clasificatorului pe probe, pentru fiecare lungime de undă, urmând ca acestea să fie corelate cu rezultatele obținute prin metode clasice de laborator.

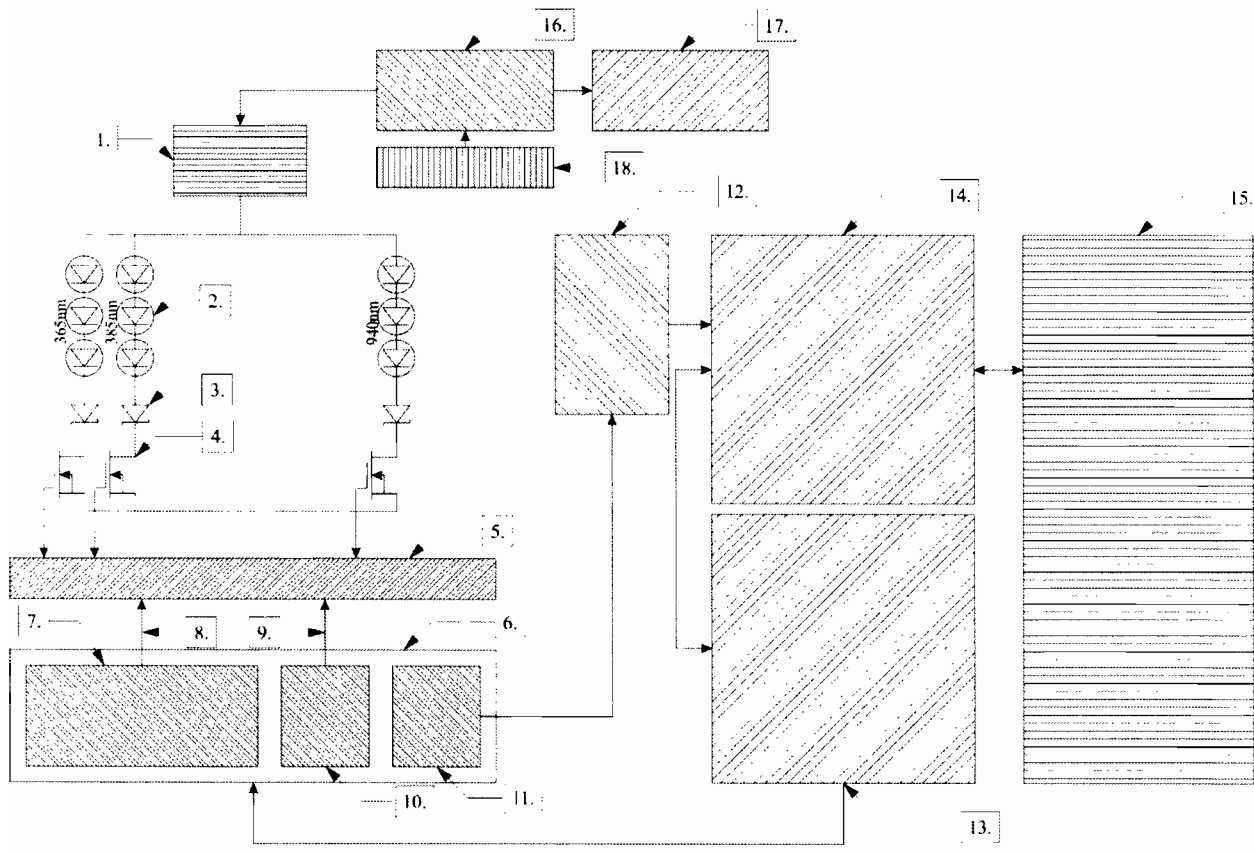


Figura 1

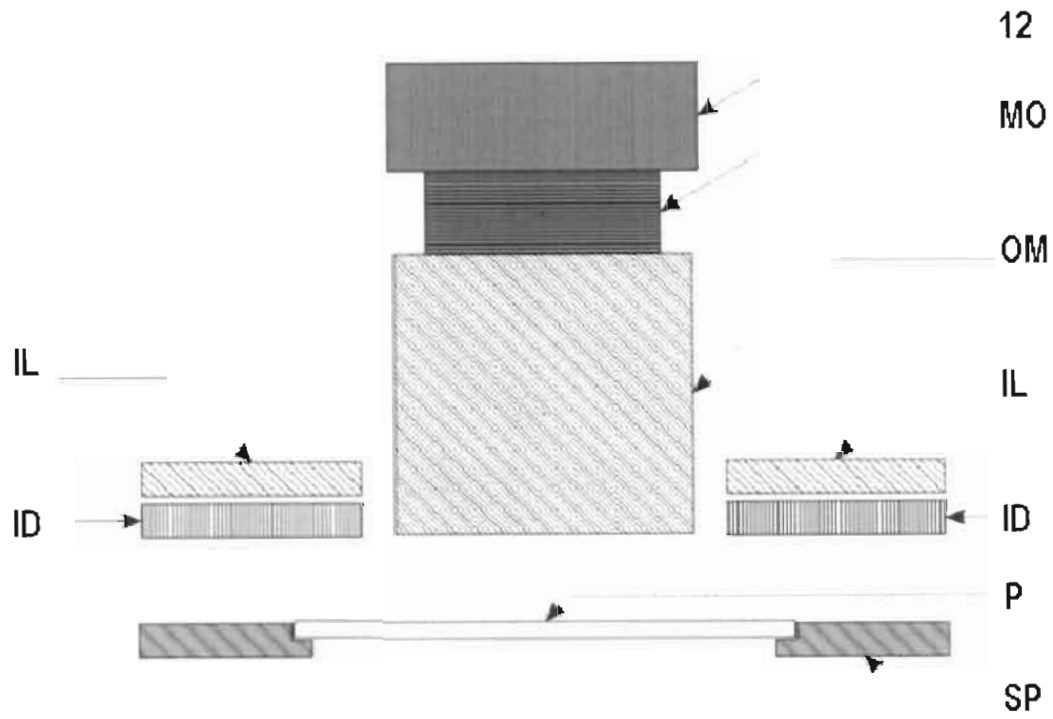


Figura 2

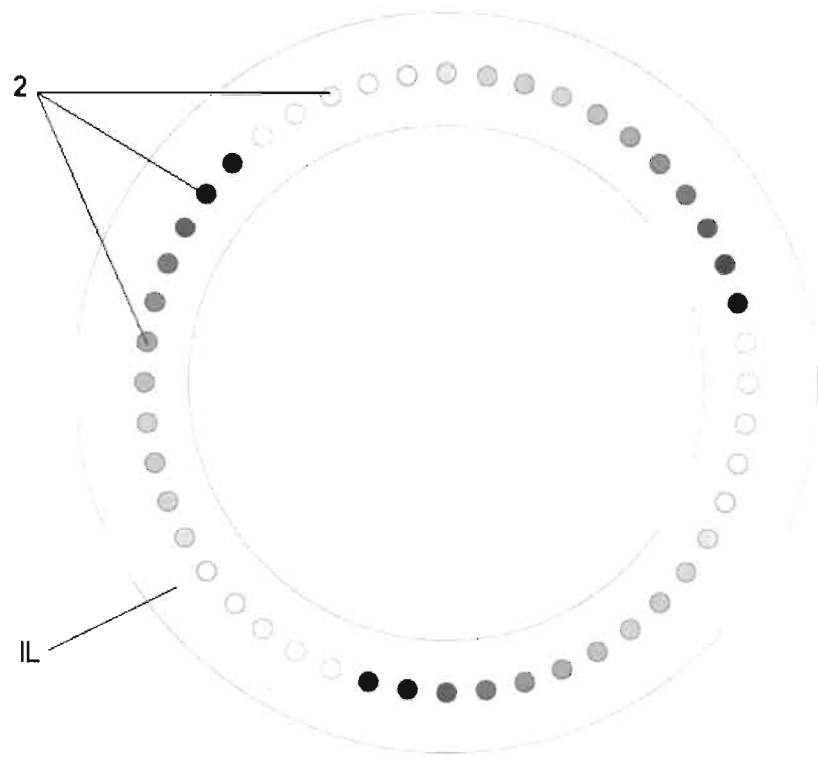
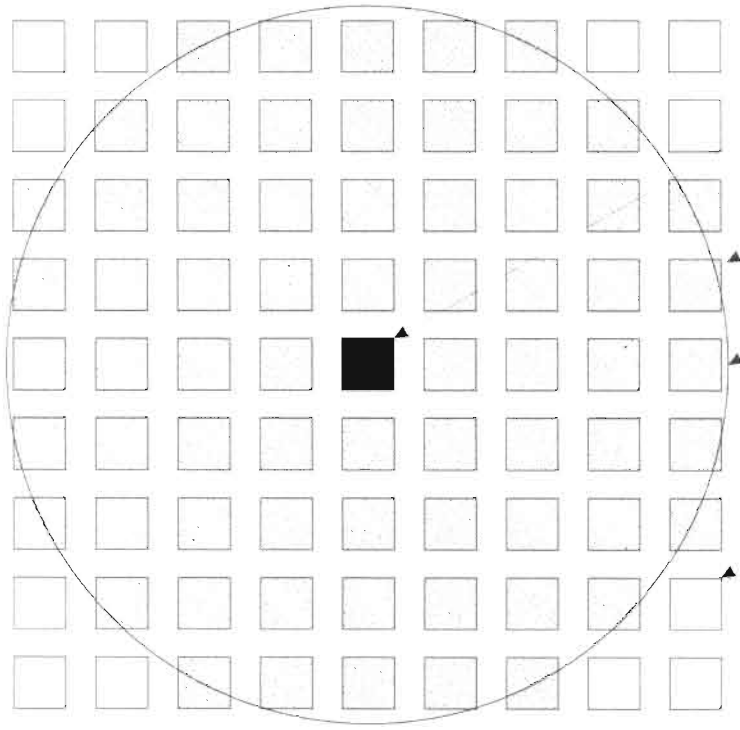


Figura 3



- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Figura 4