

APARATE MEDICALE PENTRU TERAPIE CUANTICĂ

S. Vieru, V. Secrieru, A. Caliman, E. Munteanu, T. Vieru, V. Dorogan
Universitatea Tehnică a Moldovei, Laboratorul de Micro-Optoelectronică

INTRODUCERE

Stimularea proceselor fiziologice în organismele vii are loc sub acțiunea diversilor factori exteriori, cei mai importanți fiind: temperatura, ultrasunetul, câmpurile electrice, magnetice sau electromagnetice (radiația optică). Acești stimulanți sunt bine cunoscuți în terapia medicală, în prezent fiind utilizate intensiv termoterapia, electroterapia și mecanoterapia.

În ultimii ani o aplicație deosebită a obținut stimularea neinvazivă cu raze laser.

Acțiunile terapeutice produse de către o rază laser sunt următoarele:

- reducerea timpului de înmulțire a celulelor și deci, ca urmare, o cicatrizare mai rapidă a leziunilor;
- intensificarea circulației lichidelor în celule;
- o puternică creștere a energiei celulelor, ce cauzează amplificarea sintetizării ATP-ului;
- excitarea ionică a lichidului din interiorul și din afara celulelor, ce stimulează metabolismul.

În urma testărilor clinice radiația laser a fost recomandată către utilizare în urologie, neurologie, cardiologie, stomatologie, oncologie, ginecologie, pediatrie, traumatologie, dermatologie, reumatologie și în reflexoterapie.

1. TIPURI DE LASERI

La momentul actual în medicină se utilizează mai multe tipuri de laseri, și anume:

- a) laseri pe corp solid, unde în calitate de mediu activ sunt folosiți rubinul, semiconductorii, neodyme-Yag etc.
- b) laseri cu gaze, unde se utilizează ca mediu activ un amestec de gaze (argon, bioxid de carbon, heliu-neon etc).
- c) laseri cu coloranți, unde se utilizează ca mediu activ anumite lichide colorante: cumarina, rodamina etc.

Avantajele laserilor cu semiconductori în comparație cu alte tipuri de laseri sunt: gabarite mici; putere de consum redusă; posibilități funcționale sporite (frecvențe înalte de modulare a semnalului optic; reglarea fină a puterii de emisie în limite largi; posibilitatea de utilizare a diverselor capuri optice; fiabilitate sporită).

Dar cel mai important parametru al laserilor utilizați în medicină este lungimea de undă a radiației emise. Lungimea de undă a radiației coerente emise de laser determină specificul procesului de absorbție în țesuturile organismelor vii.

În figura 1 sunt prezentate spectrogramele de absorbție ale apei, epidermei și hemoglobinei [1].

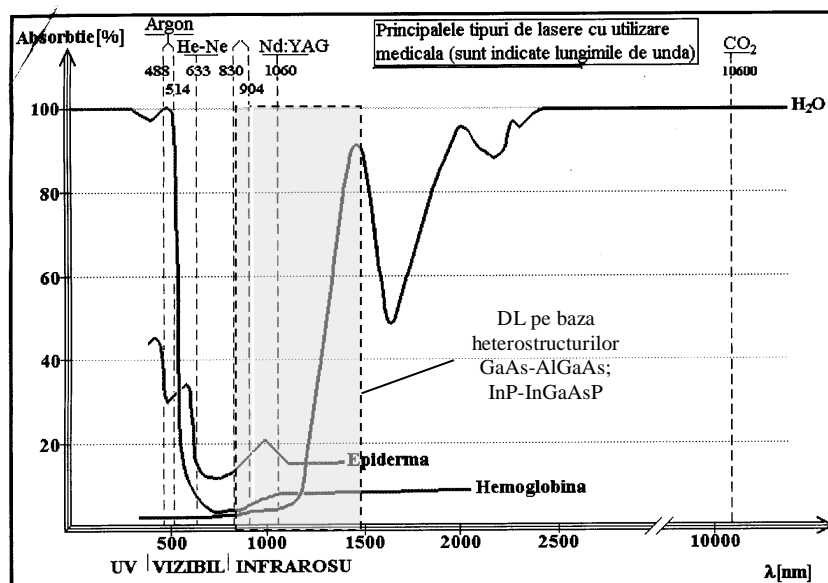


Figura 1. Spectrele de absorbție ale apei, epidermei și hemoglobinei [1].

Se poate observa că epiderma (un țesut neomogen), are o fereastră optică situată între 600 și 1300nm. Absorbția apei în domeniul spectral 600-1100nm este extrem de scăzută, însă crește brusc în intervalul 1100-1500nm. Hemoglobina este caracterizată printr-o absorbție foarte mică la lungimi de undă din domeniul spectral 700-1000nm și aproximativ 5-10% în domeniul spectral 1000-1300nm. Analizând spectrele de absorbție și lungimile de undă a radiației emise de dispozitivele laser (fig. 1), devine evident că cei mai optimați laseri pentru utilizare în medicină sunt laserii pe bază de semiconductori, și în special, pe baza heterostructurilor GaAs-AlGaAs și InP-InGaAsP.

2. STRUCTURA ȘI METODE DE CONFEȚIONARE A DIODELOR LASER

În calitate de emițătoare de radiație coerentă s-au utilizat diodele laser elaborate și confecționate în Laboratorul de Micro – Optoelectronica al Universității Tehnice a Moldovei. Diodele laser cu lungimile de undă de emisie 810, 850, 890, 950 și 980 nm au fost fabricate pe baza heterostructurilor AlGaAs/GaAs crescute prin metoda epitaxiei din fază lichidă [2]. Pentru confecționarea diodelor laser cu lungimile de undă de emisie în intervalul 1000 - 1500 nm au fost folosite heterostructurile InGaAs/GaAs, InGaAs/InGaAsP/InGaP/GaAs, crescute prin metoda epitaxiei din fază gazoasă [3]. Utilizând metodele de fotolitogravură, oxidare anodică, creștere din fază lichidă la temperaturi joase, au fost realizate structuri cu lățimea regiunii active de 5÷50 μm, ce a permis îmbunătățirea esențială a caracteristicilor de emisie ale diodelor laser. Pentru sporirea fiabilității diodelor laser, oglinzile proaspăt clivate (în-situ) au fost protejate cu straturi subțiri de ZnSe [4] și apoi au fost depuse straturi antireflex din SiO₂ cu coeficientul de reflexie 0,95. Structura diodei laser pe baza heterostructurilor InP-InGaAsP este ilustrată în figura 2.

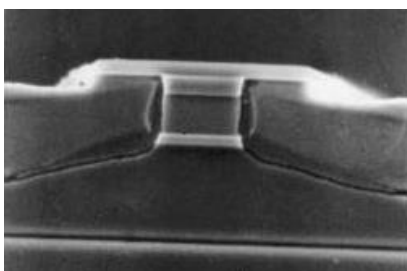


Figura 2. Imaginea structurii diodei laser.

3. TIPURI DE EMIȚĂTOARE CUANTICE

Cu scopul acțiunii complexe asupra celulelor, a fost proiectat și confecționat un tip special de emițător combinat, ce poate iradia două lungimi de undă, roșie (0,63 μm) și infraroșie (0,81-0,98 μm). Pentru diverse aplicații au fost proiectate și fabricate un set de capuri optice, pentru iradierea uniformă a suprafețelor 0,5 mm² ÷ 10 cm²:

- I. Emițător cuantic cu cap optic de tip clopoțel (fig. 3, a).
- II. Emițător cu cap optic de tip clopoțel și cu magnet permanent (fig. 3, b).
- III. Emițător cuantic de tip creion cu aplicarea diverselor capuri optice (fig. 3,c).
- IV. Emițător cuantic conectat la fibră optică.



Figura 3. Emițătoare cuantice cu capuri optice de tip clopoțel (a), cu magnet permanent (b), de tip creion (c).

4. TIPURI DE DISPOZITIVE

În rezultatul analizei unui spectru larg de dispozitive cuantice produse în Rusia, Ucraina, Germania etc. și în rezultatul colaborării cu specialiști din Republica Moldova și România, au fost elaborate și fabricate o serie de aparate cuantice numite de noi "TERALASER".

4.1. Aparat cuantic "TERALASER-P"

Utilizarea diodelor laser cu caracteristici performante ($I_{\text{prag}} = 3\text{mA}$), confecționate în Laboratorul de Micro-Optoelectronică, a permis elaborarea și confecționarea aparatelor portative "TERALASER-P" (de tip creion), cu parametri funcționali la nivelul analogelor produse în lume. Parametrii dispozitivului confecționat și a analogelor existente ("LASER-PEN" produs în Hanoi, "A3OP-B" produs în Moscova) sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristicile tehnice ale dispozitivelor LASER portabile.

	TERALASER-P	LASER-PEN DG-3375	A3OP-B
Regimul de funcționare a diodei laser	undă continuă	10 Hz	-
Lungimea de undă a emisie laser, μm	0.85 sau 0.98	904	0,67
Puterea maxima de emisie, mW	5 ÷ 20	5	1,5
Alimentarea, V	3 (2 - A316)	6	3
Lungimea mm	150	240	170
Diametru mm	13	20	15
Functionare cu un set de acumuloare	circa 50 ore	-	-

4. 2. Aparat cuantic “TERALASER”

Un alt aparat cuantic a fost elaborat cu scopul asigurării fiabilității înalte de funcționare, utilizării simple și prețului de cost redus, având aceleași caracteristici tehnice și parametri de performanță.

În tabelul 2 sunt prezentate caracteristicile tehnice ale dispozitivului “TERALASER”.

Tabelul 2. Caracteristicile tehnice ale aparatului staționar “TERALASER”.

Regim de funcționare a diodei laser.	undă continuă
Lungimea de undă a radiației laser emise, μm	0,85 sau 0,98
Puterea maximă de emisie, mW	5; 10; 15; 30; 50.
Intensitatea câmpului magnetic, mT	30
Tensiunea de alimentare, V	220
Puterea de consum, W	1
Controlul funcționării laserului	

**Figura 4.** Fotografia dispozitivului cuantic “TERALASER”.

4.3 Aparat cuantic “TERALASER-D”

În ultimii ani a apărut un spectru nou de cerințe față de aparatele cuantice cu destinație

medicală, cu scopul diversificării metodelor de tratament și domeniilor de aplicație. Ele vizează în deosebi frecvența, timpul de iradiere și puterea optică de emisie.

Luând în considerație oferta specialiștilor din diverse domenii ale medicinei și cu scopul lărgirii diapazonului posibilităților funcționale, a fost proiectat un nou dispozitiv cuantic digital, ce permite setarea și vizualizarea regimurilor de funcționare care corespund celor mai sofisticate metode de tratament.

În tabelul 3 prezentăm caracteristicile tehnice ale dispozitivului “TERALASER-D”.

Tabelul 3. Caracteristicile tehnice ale dispozitivului “TERALASER-D”.

Regim de funcționare a diodei laser.	undă continuă
Lungimea de undă a radiației emise, μm	0,85 sau 0,98
Puterea maximă de emisie, W	5; 10; 15; 30; 50.
Diapazoanele frecvențelor de lucru	0÷100 Hz, 100÷1000 Hz, 1÷10 kHz, frecvență plutoare
Intervalele de timp	5÷60 s, 1÷30 min
Semnalul sonor la începutul și sfârșitul regimului de lucru	
LCD indicator, programare la tastatură	
Intensitatea câmpului magnetic, mT	30
Tensiunea de alimentare, V	220
Puterea de consum, W	1
Controlul funcționării laserului	
Masa, g	300
Gabarite, mm	115 x 90 x 37

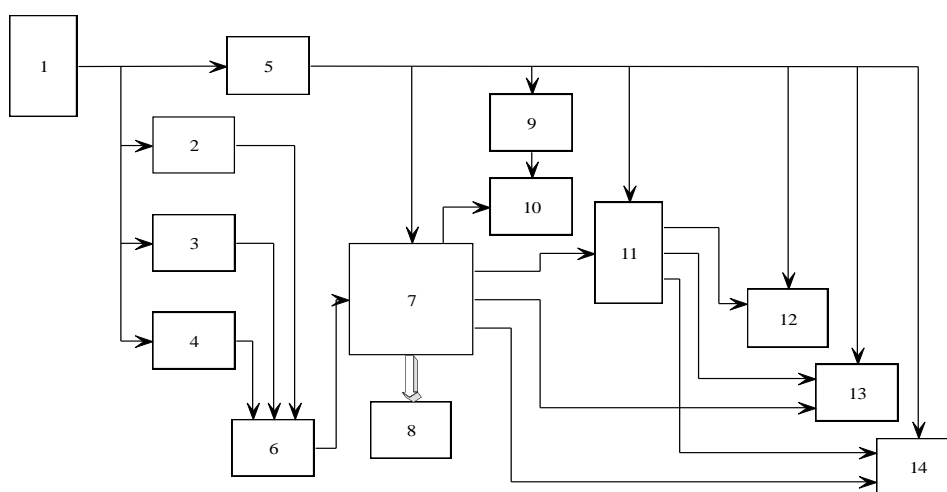
5. DESCRIEREA SCHEMEI BLOC A SISTEMULUI ELECTRONIC DE DIRIJARE CU DIODA LASER

Vizând cele expuse mai sus, am sintetizat o schemă multifuncțională, care îndeplinește cele mai diverse necesități ale utilizatorului.

În fig.5 am prezentat schema bloc a dispozitivului de tratament cuantic, unde:

1. Bloc de alimentare. În dependență de laserul utilizat, pentru puterea maximă de emisie

50 mW, valoarea curentului variază în intervalul $60 \div 120$ mA. Ledul ce indică lucrul laserului (blocul 14) consumă de asemenea ~ 50 mA, iar restul schemei consumă aproximativ $10 \div 20$ mA. În așa mod, deoarece curentul maxim al dispozitivului constituie aproximativ 190 mA, rezultă necesitatea utilizării unui transformator. În blocul de alimentare se utilizează un transformator de tensiune ce are două bobine secundare cu tensiunea la ieșire 6 V fiecare.



- 1 – bloc de alimentare;
- 2 – stabilizator de 4 V;
- 3 – sursă de referință 3 V;
- 4 – sursă de referință – (6.4 ÷ 8.4) V;
- 5 – stabilizator de 5 V;
- 6 – panou de afișare;
- 7 – microcontroler;

- 8 – panou de comandă;
- 9 – diodă laser;
- 10 – sursă stabilizată de curent;
- 11 – comparator;
- 12 – bloc de control al laserului;
- 13 – generator de semnale sonore;
- 14 – LED.

Figura 5. Schema bloc a dispozitivului de tratament cuantic “TERALASER-D”.

2. Stabilizator de 4 V. Pentru activarea iluminării suplimentare a ecranului grafic (blocul 6) este nevoie de mai multe tensiuni de referință (blocul 3, 4) și tensiunea de alimentare de 4 V, care se asigură prin construirea unui stabilizator, ce se alimentează de la tensiunea stabilizată de 5 V (șina de alimentare a dispozitivului în întregime).
3. Sursă de referință 3 V. Pentru a obține tensiunea de referință de 3V folosim un divizor de tensiune de la 5 V.
4. Sursă de referință – 6.4 ÷ – 8.4 V. Tensiunea de referință negativă reglabilă, care se alege în intervalul $-6.4 \div -8.4$ V, se utilizează pentru a regla contrastul ecranului LCD.
5. Stabilizator de 5 V. Pentru alimentarea microcontrolerului (blocul 7) și laserului (blocul 9) se utilizează tensiunea de 5 V.
6. Panou de afișare. Panoul de afișare reprezintă un ecran LCD grafic, care vizualizează regimurile de lucru, parametri setați și timpul de funcționare a dispozitivului.
7. Microcontroler. Blocul dat efectuează operațiunile de dirijare și control, transmițând semnalele de comandă blocurilor funcționale periferice.
8. Panou de comandă. Panoul de comandă reprezintă un set de butoane cu ajutorul cărora se programează regimurile de lucru ale dispozitivului.
9. Diodă laser. Lungimea de undă a radiației emise este în intervalul $0,81 < \lambda < 0,98 \mu\text{m}$. În dependență de necesitățile utilizatorului, dispozitivul poate fi dotat suplimentar și cu un cap magnetic, care amplifică efectul tratamentului.

10. Sursă stabilizată de curent. Pentru a acoperi diverse metode de tratament, se prevede funcționarea diodei laser cu cinci praguri de putere a radiației optice emise: 5, 10, 20, 30 și 50 mW. Puterea optică de emisie se reglează prin curentul de lucru a laserului, care are cinci valori și care pot fi ajustate pentru diverse diode laser, pragul maxim fiind de 100 mA.
11. Comparator. Cu ajutorul semnalelor de comandă de la microcontroler, comparatorul formează semnalul sonor ce indică pornirea și stoparea funcționării laserului, formează semnalul de comandă a LED-ului, care indică vizual lucrul laserului.
12. Bloc de control al diodei laser. Blocul dat efectuează controlul funcționării diodei laser, prin intermediul unui fotoreceptor. În momentul ce apropiem laserul de fotodiodă comparatorul își schimbă starea logică, deconectând LED-ul.
13. Generator de semnale sonore. Blocul dat este construit pe baza unui element piezo-electric. Frecvența sonoră se formează cu ajutorul unui generator construit pe baza unui amplificator operațional. Semnalul de pornire și de oprire a semnalului sonor este format de blocul 7.
14. LED. În aceeași capsulă cu dioda laser se montează și un LED - indicator de culoare roșie. În timp ce laserul nu funcționează LED-ul indicator luminează slab (la un curent de lucru ~ 10mA). În timpul funcționării laserului la LED-ul vin impulsuri de 50 mA cu frecvența de 2 Hz. Parametrii de lucru ai sistemului electronic de dirijare cu dioda laser:

1. *Frecvența de lucru*. După cum s-a menționat anterior, diferite tipuri de tratament sau stimulare cu raze laser au efect maxim la diferite frecvențe optime. De aceea dispozitivul asigură un larg diapazon de frecvențe de lucru ale laserului, și anume:

- Diapazonul **I**. Se selectează frecvența de lucru a laserului în intervalul $0 \div 100$ Hz, pasul 5 Hz.
- Diapazonul **II**. Se selectează frecvența de lucru a laserului în intervalul $100 \div 1000$ Hz, pasul 100 Hz.
- Diapazonul **III**. Se selectează frecvența de lucru a laserului în intervalul $1 \div 10$ kHz, pasul 1 kHz.

În interiorul fiecărui diapazon de frecvențe menționat anterior se poate alege de asemenea și regimul de frecvență flotantă "Float".

2. *Intervalul de timp în decursul căruia lucrează laserul*. Diverse regimuri de tratare necesită expunerea cu radiație laser a unui punct sau scanarea unei suprafețe mai mari a corpului un timp mai îndelungat, iar în cazul reflexoterapiei durata acțiunii radiației trebuie să fie doar de câteva

secunde. Din aceste considerente, au fost rezervate două diapazoane de timp:

- Diapazonul I. Se selectează timpul de lucru a laserului în intervalul $5 \div 60$ s, pasul 5 s.
- Diapazonul II. Se selectează timpul de lucru a laserului în intervalul $1 \div 30$ min, pasul 1 min.

Mai întâi se selectează intervalul necesar de timp și apoi se fixează timpul necesar.

2. *Puterea laserului*. Pentru diverse aplicații este necesar de a acționa cu diferite puteri optice, de aceea dispozitivul asigură cinci valori de putere a radiației laser: 5, 10, 20, 30 și 50 mW.

6. CONSECUTIVITATEA OPERAȚIUNILOR DE LUCRU ALE DISPOZITIVULUI "TERALASER-D"

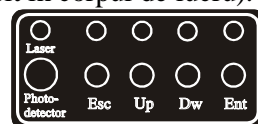
Conectarea dispozitivului se face cu ajutorul comutatorului "on/off". Prezența tensiunii de alimentare se indică cu ajutorul unui LED de culoare verde situat deasupra comutatorului "on/off". În momentul conectării la tensiunea de alimentare dispozitivul produce un semnal sonor cu durata de 2 s și apoi pe ecranul indicator apare inscripția "Welcome to main menu TLME II".

Dispozitivul intră în meniul de comandă, unde se pot seta regimurile de lucru și parametrii necesari utilizatorului (fig.7). Inițial, pe ecran apare inscripția

"Frecvențe" și diapazonul de frecvențe "5-100" Hz, "100-1000" Hz, "1-10" kHz și "Float". Selectarea

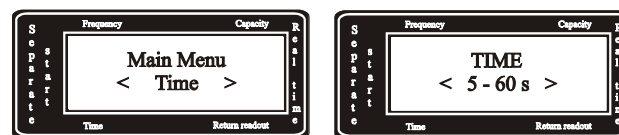


diapazonului de frecvențe se efectuează cu ajutorul butoanelor *Up* și *Dw*. Pentru a selecta frecvența necesară din interiorul diapazonului trebuie de tastat butonul *Ent* (butonul dat se află pe panoul de comandă, funcția lui se dublează încă cu un buton situat nemijlocit în corpul de lucru).



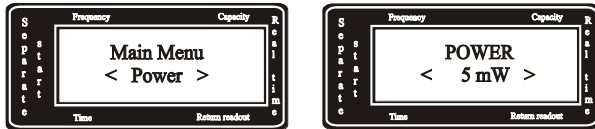
După ce a fost selectată frecvența necesară, se afișează meniul de selectare a intervalului de timp "Time" în decursul căruia va funcționa dispozitivul: "5-60" s, "1-30" min.

Trecerea de la un diapazon la altul se



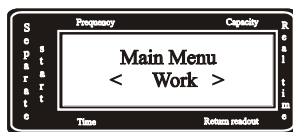
efectuează cu ajutorul butoanelor *Up* și *Dw*, în interiorul intervalului se deplasează cu ajutorul aceluiași butoane.

Următoarea operațiune este selectarea puterii “Power”.

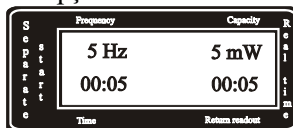


Meniul permite selectarea puterii optice a laserului: “5”, “10”, “15”, “30” și “50” mW.

După ce a fost selectată puterea optică de ieșire a laserului, pe ecranul indicator apare inscripția “Work”:



la apăsarea tastei *Ent* pe ecran vor apărea următoarele inscripții:



Aici sunt indicate setările efectuate: frecvența - 5 Hz; puterea - 5 mW; timpul de funcționare - 5 s. În colțul drept, jos, se indică timpul de funcționare cu enumerare inversă, din momentul includerii în funcțiune. Includerea în funcție are loc la apăsarea tastei *Ent*. Pornirea și oprirea funcționării laserului este însoțită de un semnal sonor cu durata de 0,5 s.

După ce a expirat timpul de funcționare fixat, dispozitivul poate fi inclus repetat în lucru, apăsând *Ent*. Apăsând *Esc* se pot instala alți parametri de funcționare, trecând prin toate etapele descrise mai sus.

Toate setările făcute de utilizator se memorizează și la pornirea repetată în funcție nu e nevoie de selectat din nou toate regimurile necesare.

Funcționarea laserului se controlează prin intermediul unui LED roșu, situat pe panoul de comandă (inscripția “Laser”). Apropiind laserul de fotodetector “Photo-detector” la frecvența de 5 Hz observăm că LED-ul indicator licărește cu aceeași frecvență, cea ce corespunde regimului selectat de funcționare a laserului.



Figura 6. Fotografia dispozitivului de tratament cuantic “TERALASER-D”.

7. SCHEMA DE NAVIGARE ÎN INTERIORUL MENIULUI

Meniul de comenzi e construit pe principiul alegerii cărților utilizând catalogul bibliotecar.

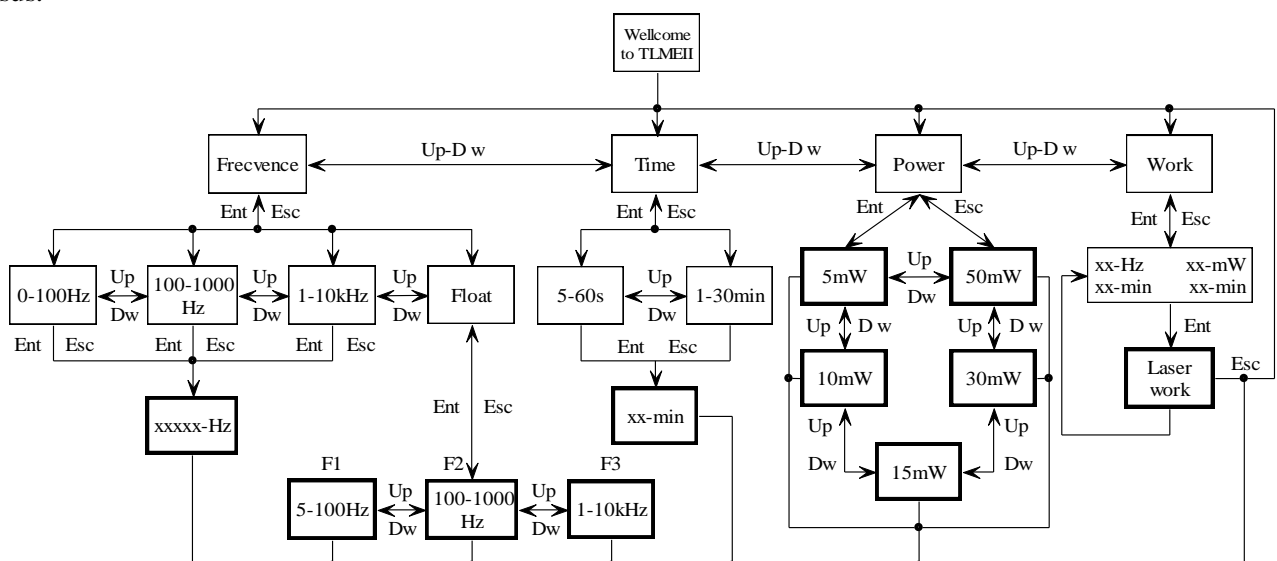


Figura 7. Schema meniului de comandă a dispozitivului cuantic “TERALASER-D”

După cum se poate observa din fig. 7, în momentul conectării dispozitivului la rețeaua de alimentare apare mesajul de salut după care are loc trecerea la regimul de selectare a parametrilor de lucru. Cu scopul acoperirii întregului spectru de metodici de tratament cuantic, este prevăzută posibilitatea alegerii frecvenței necesare (Frecvență), timpului de expoziție (Time) și puterii de emisie a laserului (Power). După ce se aleg parametrii necesari, intrarea în regim de lucru se face din meniul (Work). Deplasarea pe orizontală de la un parametru la altul se face cu ajutorul butoanelor «Up» sau «Dw», trecerea cu un nivel în sus sau în jos pe verticală se efectuează cu ajutorul butoanelor «Ent» sau «Esc».

Selectarea frecvenței poate fi înfăptuită în interiorul a trei diapazoane cu un pas corespunzător fiecărui diapazon: **I.** 0-100 Hz pasul de 5 Hz (frecvența de zero corespunde regimului continuu de lucru a laserului); **II.** 100-1000 Hz pasul de 100 Hz; **III.** 1-10 kHz pasul de 1 kHz. De asemenea poate fi selectată și frecvența flotantă în interiorul unuia din diapazoane (deplasarea în interiorul diapazonului până la valoarea necesară se efectuează cu ajutorul butoanelor «Up» sau «Dw»). După ce a fost selectată frecvența necesară (xxxxx-Hz, sau diapazonul frecvenței flotante), are loc trecerea automată la selectarea parametrilor timpului de expoziție.

Timpul de expoziție este împărțit în două diapazoane. Primul diapazon este destinat pentru acupunctură (5÷60 s cu pasul de 5 s). Al doilea diapazon este 1÷30 min, cu pasul de 1 min. Deplasarea în interiorul diapazonelor până la valoarea necesară se efectuează cu ajutorul butoanelor «Up» sau «Dw».

Puterea de emisie optică a laserului poate fi selectată cu ajutorul butoanelor «Up» sau «Dw», mișcarea fiind ciclică de la o putere la alta.

În urma setării butonului «Ent» în meniul (Work) pe ecran se afișează parametrii de lucru

setați: frecvența de lucru “xx-Hz”; puterea de emisie a laserului “xx-mW”; timpul de lucru selectat “xx-min”. Iar în colțul de jos, dreapta se indică enumerarea inversă a timpului de funcționare. La expirarea timpului fixat, apăsând tasta «Ent», dispozitivul intră în lucru cu aceiași parametrii. Dacă e necesar de schimbat careva setări, se tastează tasta «Esc». În acest caz dispozitivul revine în meniul de alegere a parametrilor de lucru.

Bibliografie

1. **Dumitraș, S. Dan.** *Biofotonică. Bazele fizice ale aplicațiilor laseri în medicină și biologie.* Editura All. București, România, 1999. 742 p.
2. **Iakovlev, V.P., Sarbu, A.V., Mereutza, A.Z., Suruceanu, G.I., Caliman, A.N., Vieru, S.F.** *High performance AlGaAs-based laser diodes: fabrication, characterization and applications.* *Microelectronics Journal*, Vol. 29, No. 3, March 1998, pp 97-104.
3. **Suruceanu, G.I., Caliman, A.N., Vieru, S.F., Iakovlev, V.P., Sarbu, A.V., Mereutza, A.Z.** *High performance 980 nm emission wavelength InGaAs/AlGaAs/GaAs laser diodes.* *Proceedings of SPIE Sixth Symposium of Optoelectronics, SIOEL-99, September 22-24, 1999, Vol. 4068, pp. 310-316.* Bucharest, Romania.
4. **Caliman, A.N., Vieru, S.F., Suruceanu, G.I., Catughin, O.V., Nantoi, V.V., Iakovlev, V.P., Sarbu, A.V.** *Characterization of in-vacuum cleaved and in-situ passivated laser diode mirrors.* *Al 5-lea Symposium in Optoelectronica SIOEL 98, 23-25 Septembrie 1998, Bucuresti, A403, p.39.*