

다파장 레이저치료기의 개발

Development of Multi-wavelength Laser Medical Therapy Apparatus

천민우¹, 김성환^{1,a}, 박용필², 이호식², 김태곤³

(Min-Woo Cheon¹, Seong-Hwan Kim^{1,a}, Yong-Pil Park², Ho-Sik Lee², and Tae-Gon Kim³)

Abstract

Low level laser therapy has various therapy effects. This paper performed the basic study for fabricating the low level laser therapy apparatus, and one of the goals of this paper was to make this apparatus used handily. The apparatus has been fabricated using the laser diode and microprocessor unit. The apparatus used a 660 nm, 785 nm and 850 nm laser diode for laser medical therapy and was designed for a pulse width modulation type to increase stimulation effects. To raise the stimulus effect of the human body, the optical irradiation frequency could be set up. In result, the 1~10 Hz irradiation frequency could be controlled stably.

Key Words : Laser diode, Low level laser therapy, Optical power, in vivo

1. 서론

미국의 물리학자 Maiman가 1960년 Ruby를 이용하여 최초의 레이저를 개발한 후 레이저는 급속도로 발전하고 있다[1]. 레이저는 자연광과는 달리 단색성(Mono Chromaticity), 지향성(Directionality) 및 고휘도(Brightness)의 특성을 지니고 있으며, 의료, 가공, 통신 등의 다양한 산업분야에서 혁명적 도구로 사용되고 있다[2]. 1960년대 초부터 반도체 레이저 분야에서는 제조 공법 및 재료의 발달에 힘입어 파장 및 출력이 다양한 레이저 다이오드가 개발되었으며, 국내에서도 광 통신용 LD 및 고출력 LD에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[3,4]. 또한, 의료분야에서 수술이나 조직제거, 절개 등의 고출력에 의한 열적 파괴현상을 이용하여 외과적 영역에서 많이 사용되어지고 있으며 저출력의 레이저를 이용하여 생물학적 활성화, 및 창상치유

등에 이용하고 있다[5]. 특히, 저출력 레이저 치료(LLLT : Low Level Laser Treatment)는 생체에 레이저를 조사하였을 때 DNA를 자극하는 효과가 있어 세포의 활성화 촉진 및 항염증효과, 혈액순환 개선, 세포의 재생촉진 등의 다양한 효과가 있는 것으로 알려져 있다[6,7].

본 논문에서는 다양한 파장의 레이저 다이오드를 사용, 다수의 환자가 동시에 다양한 치료에 이용할 수 있도록 광조사가 가능한 장치를 설계·개발한 후, 그에 대한 성능을 평가 하였다.

2. 실험

기기의 시스템 구성도를 그림 1에 나타냈다. 본 기기는 레이저다이오드를 이용하여 상처치유, 피부미용, 혈액순환 개선 등의 다양한 치료에 적용하기 위한 기기로, 질병의 종류에 따라 파장을 선택하여 치료에 적용할 수 있도록 Laser Diode의 모듈부를 커넥터를 사용하여 탈부착이 가능하도록 설계하였다. 레이저의 조사 시간은 1~60 분까지 min 단위 조절이 가능하며 마이크로 컨트롤러의 타이머 함수를 사용, 1~10 Hz까지 On/Off 주기 조사가 가능하도록 설계하였다.

1. 조선대학교 의과대학

(광주시 동구 서석동 375)

2. 동신대학교 병원의료공학과

3. (주)바이오아테코 인공장기연구소

a. Corresponding Author : shdkim@mail.chosun.ac.kr

접수일자 : 2007. 7. 3

1차 심사 : 2007. 7. 11

심사완료 : 2007. 7. 16

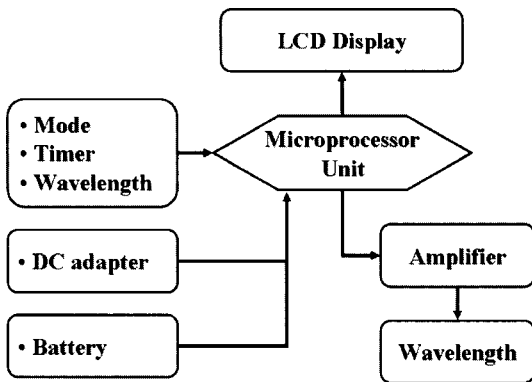


그림 1. 기기의 구성도.
Fig. 1. Block diagram of equipment.

• Power supply

기기의 전원부는 휴대가 간편하도록 9 V의 Battery와 가정용 12 V DC Adapter를 같이 사용할 수 있도록 구성하였으며 DC Adapter와 Battery가 동시에 사용될 경우 Battery로의 전류 유입으로 인한 손실을 막기 위해 다이오드를 사용하였다. Battery 또는 Adapter를 통하여 유입되는 높은 전압을 MPU(Microprocessor unit) 및 LD(Laser diode)의 동작에 필요한 전압으로 낮추며 기기의 휴대성을 고려하여 입력전압이 변동 되더라도 출력전압이 일정한 3단자 레귤레이터를 이용하였다. 또한, 다양한 파장의 레이저다이오드를 사용하기 위해 불균일한 입력 전압에서 3 V와 5 V의 출력을 갖는 2개의 레귤레이터로 구성하였다. 불필요한 전력소모를 막기 위해 별도의 스위치를 구성하여 장비의 ON/Off가 용의 하도록 구성하였으며 ATmega16의 ADC0의 전압 분석기능을 이용하여 배터리 부족 등에 의한 전압 부족 현상이 일어날 경우 사용자가 미리 확인 할 수 있도록 구성하였다.

• Key switch

기기의 필요 동작을 위한 변수 입력부로서 MPU(Microprocessor unit)에 명령을 전달하는 역할을 하며 매트릭스 방식을 사용, 구성함으로써 복수의 입력 Switch를 생성하였다. 이를 이용하여 파장, 타이머, 주기의 입력 스위치를 각각 구성, 사용자가 손쉽게 기기를 동작 할 수 있도록 하였다. 기기의 동작 중 우선동작이 가능하도록 인터럽트 스위치(Interrupt Switch)를 별도 구성하여 동작 중 일시 정지 기능을 수행, 불필요한 발열 및 전력 소모를 줄이도록 하였다.

• Microprocessor unit

Key Switch를 통한 제어신호 입력을 받아 해당 모듈이 동작하도록 제어를 한다. 저전력의 8bit 마이크로컨트롤러인 Atmel사의 ATmega16을 사용하였으며 사용된 ATmega16은 RISC 구조로 2.7~5.5 V에서 동작을 하며, 기기의 구동을 위해 8 MHz의 OSC(Oscillator)을 사용하였다. ATmega16은 자체 프로그램이 가능한 16K의 플래쉬 메모리와 전기적인 방법으로 프로그래밍이 가능한 512바이트의 EEPROM, 1K의 데이터 저장용 SRAM, 32개의 프로그래밍이 가능한 I/O라인을 가지고 본기기의 16*2의 LCD Display와 동작시간, 레이저 다이오드의 광 모듈의 동작 등의 제어가 가능하도록 구성되었다. Microprocessor unit의 I/O 포트의 D Port에서 나오는 미세한 전류신호를 타이머 함수를 이용하여 1~10 Hz까지 출력을 컨트롤하였다.

• Amplifier

증폭부는 광 모듈에 필요한 전류를 공급하는 역할을 하며 제어부의 I/O에서 출력되는 미세 출력 신호를 받아 레이저다이오드의 정격(10 mA~50 mA)에 맞춰 공급하여 동작이 가능하도록 정격 전류로 증폭 하여 광 모듈에 공급하는 역할을 한다. 본 기기는 파장의 동시 혹은 개별 구동을 위해 광 모듈부에 각각의 트랜지스터를 이용하여 구성하였다.

• Wavelength

광 조사부는 다양한 파장의 조사를 위해 모노색을 이용하여 탈부착이 가능하도록 구성하였으며, 3-Laser Technology 社의 저출력 레이저다이오드를 사용하였다. 사용된 레이저다이오드(Laser Diode)는 III-V 원소들을 복층의 박막 결정으로 형성하기 위해 MOCVD(Metal Organic Vapor Deposition, Molecular Beam Epitaxy, Liquid Phase Epitaxy) 법으로 제작된 InGaAlP 계열의 N-type이며 사용된 레이저다이오드(Laser Diode)의 주요 특징을 표 1에 나타내었다.

레이저다이오드는 주위 온도, 인가 전원 및 전압에 의해 쉽게 소자의 기능이 변화되어 소실될 위험이 높기 때문에 안전성 확보를 위해 별도의 모듈을 사용하였다. 특히 본 기기는 정격 이상의 전류와 전압이 스위칭 회로를 통해 입력되는 형태이며 ACP(Auto Current Controller)회로와 APC(Auto Power Controller)로 구성되어 있는 광 모듈은

표 1. 레이저다이오드의 특징(3-Laser Technology 社).

Table 1. Characteristic of laser diode(3-Laser Technology Inc.).

Wavelength (λ_p)	660 (nm)	785 (nm)	850 (nm)
Threshold Current (I_{th})	35 mA	20 mA	10 mA
Operating Current (I_{op})	45~60 mA	30~40 mA	20~30 mA
Operating Voltage (V_{op})	2.2~2.7 V	1.9~2.3 V	1.9~2.5 V
Package	TO-18 ($\phi 5.6$ mm)	TO-18 ($\phi 5.6$ mm)	TO-18 ($\phi 5.6$ mm)

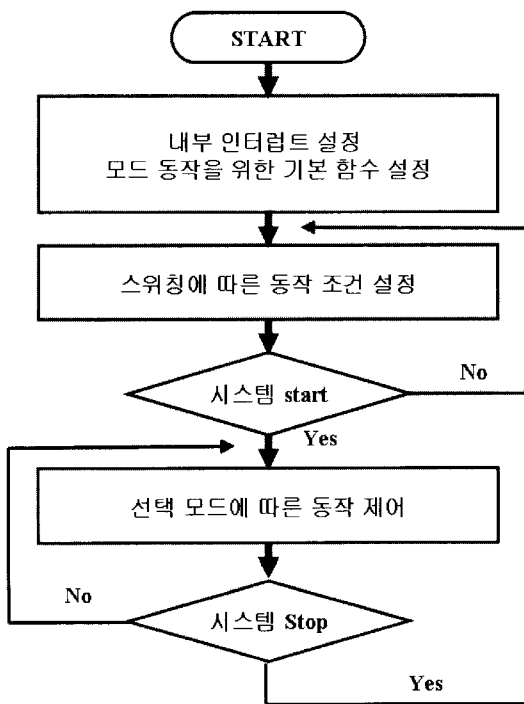


그림 2. 기기의 시스템 흐름도.

Fig. 2. System flowchart of equipment.

레이저 다이오드에 불필요한 발열 및 파괴 현상의 최소화 및 광 출력 설정이 가능하다. 마이크로 컨트롤러의 동작 플로 차트를 그림 2에 나타냈다. ATmega128 내부의 인터럽트 함수를 사용하여 기기 동작 시, LCD Display 및 기기의 사용 모드 선택을 위한 기본 함수 등이 설정되며 기기에서 사용되는 파장 및 타이머, 주기 등의 설정된 초기 값에 의해 동작이 이루어진다. 기본 인터럽트 설정이 끝난 기기는 매트릭스 형태로 구성된 7개의 외부 입력 스위치를 통하여 사용자가 원하는 모드, 주기,

타이머, 파장 등의 동작을 설정 할 수 있으며, 별도로 구성된 Start/Stop 스위치에 의해 저출력 레이저 다이오드의 동작이 이루어 질수 있도록 구성하였다. 또한 인체의 자극효과를 높일 수 있도록 타이머 함수를 사용하여 1~10 Hz까지 On/Off 주기 설정이 가능하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 하드웨어 구성

본 기기는 3개의 서로 다른 파장을 동시 혹은 개별적으로 사용이 가능하도록 출력되는 모듈에 각각 TR(transistor)을 사용하여 스위칭회로를 구성하였으며 그림 3에 나타내었다. 785 nm 파장의 LD는 피부 등 피조사체에 조사하기 위해 본체에 직접 장착하였으며, 660 nm 및 850 nm의 경우에는 창상 치유, 혈액 순환 개선 등의 목적에 사용하고 또한, 보다 다양한 파장의 설정이 용이하도록 모노 잭을 이용하여 케이블 형태로 사용이 가능하도록 설계하였으며 불필요한 전력 소모를 방지하기 위해 모노 잭이 삽입 될 경우 PD6과 PD7에서 동작을 인식할 수 있도록 구성하였다.

본 기기의 스위칭 회로는 전반적인 제어를 위해 마이크로프로세서 ATmega16의 I/O포트 중 Port D를 사용, 컨트롤 하였으며 스위칭 소자는 A1015로 PNP형의 트랜지스터를 사용하였다. 사용된 TR은 스위칭 회로의 베이스 단자에 ATmega16에서의 입력신호를 받아 ON이 될 때 I_c (Collector current)에서 150 mA의 전류가 흐르는 특성을 지니고 있다. 따라서 본 기기는 정격전류(Operating Current)가 150 mA 미만인 레이저다이오드를 사용할 수 있어 보다 다양한 LD의 적용이 가능하도록 구성하였다.

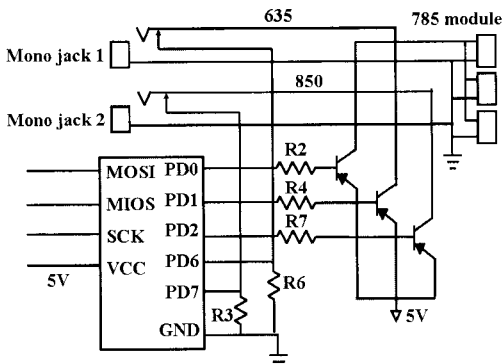


그림 3. 기기의 스위칭 회로.
Fig. 3. Switching circuit of equipment.

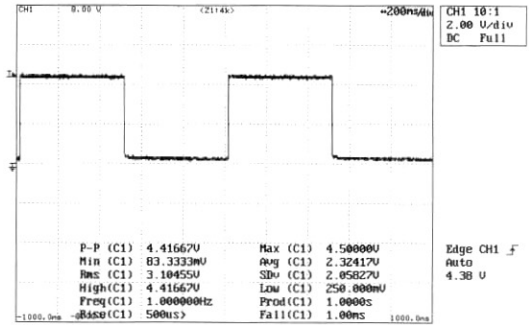
3.2 하드웨어 특성

본 기기는 저출력레이저의 특정 파장의 빛을 이용한 치료기기로 사용 부위의 조직 및 세포에 자극을 가하여 활성화 시켜 치료 효과가 일어나게 된다. 따라서 기기의 가장 핵심적인 부분은 정밀한 광 조사 제어가 이루어져야 하며 이를 확인하기 위해 1 Hz에서부터 10 Hz까지의 PWM을 측정 하였으며, 측정은 YOKOGAWA 社의 Digital oscilloscope인 DL1720을 사용하였다. DL1720은 대역주파수 대역이 500 MHz이며, 최대 2 G/s의 샘플링을 수행할 수 있는 2채널로 구성되어 있으며 자동 연산이 가능하다.

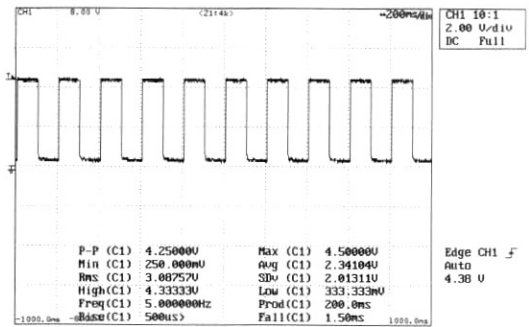
그림 4는 1~10 Hz 중 1 Hz, 5 Hz, 10 Hz를 오실로스코프로 측정한 그림이며 1 Hz에서 10 Hz로 정확한 주기를 가지며 구동되는 것을 Freq (Frequency)와 Prod(period = 1주기에 소요되는 시간)로 알 수 있었으며, 파형의 최소에서 최대로 가는 타이밍인 Rise Time 값이 500 μ s로 매우 짧아 레이저다이오드 모듈의 On/OFF가 정확히 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 LD 모듈에 인가되어 갈수록 최대 전압값과 최소 전압값의 차이인 P-P가 미소하게 낮아지는 것을 알 수 있었으며, 이는 입력 신호가 레이저다이오드 모듈에 인가되는 타이밍이 빨라지면서 발생하는 것임을 알 수 있었다.

3.3 광출력 특성

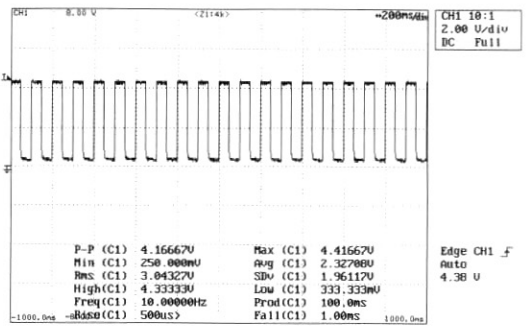
저출력레이저 치료에 대한 임상학적 논문들은 환자에게 조사되는 광량에 대한 기준이 명확하지 못하여 결과가 상이한 경우가 많았다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 사용되는 레이저 다이오드의 광 출력 값의 정확한 측정 및 제어가



(a) 1 Hz



(b) 5 Hz



(c) 10 Hz

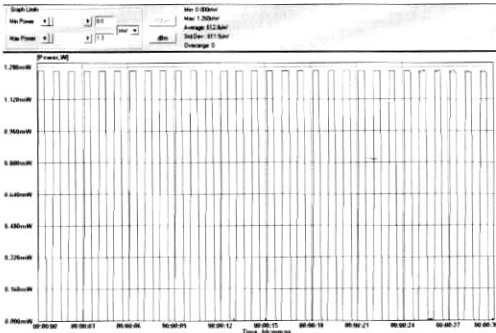
그림 4. On/off 스위칭.

(a) 1 Hz, (b) 5 Hz, (c) 10 Hz

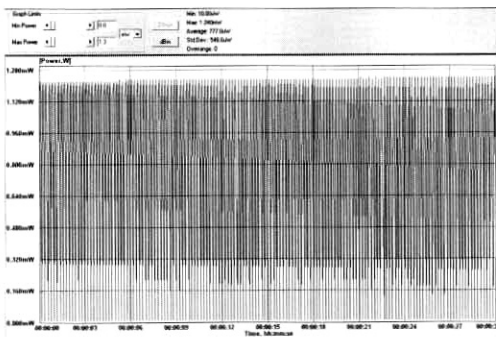
Fig. 4. On/off switching.

(a) 1 Hz, (b) 5 Hz, (c) 10 Hz

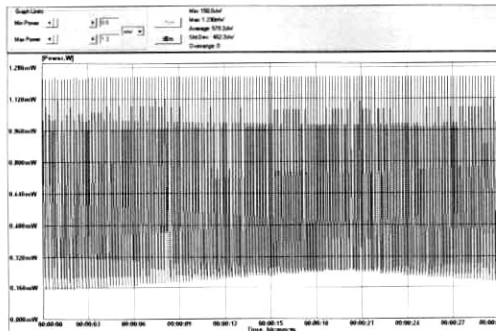
중요하다. 그림 5는 785 nm 레이저 다이오드의 1 Hz, 5 Hz, 10 Hz의 광 출력을 컴퓨터와 연동하여 30 초간 측정된 결과로 레이저 다이오드의 광 출력 역시 주파수에 따라 변화하는 것을 확인하였다.



(a) 1 Hz



(b) 5 Hz



(c) 10 Hz

그림 5. 시간에 따른 광 출력.

(a) 1 Hz, (b) 5 Hz, (c) 10 Hz

Fig. 5. Optical power according to time.

(a) 1 Hz, (b) 5 Hz, (c) 10 Hz

또한, Pulsed의 On에서 최대 파장별 레이저다이오드 최대 출력 값은 660 nm의 경우 약 3.6 mW, 785 nm 레이저다이오드 최대 출력 값은 약 1.2 mW, 850 nm의 경우 최대 출력 값은 160 μ W의 출력 값

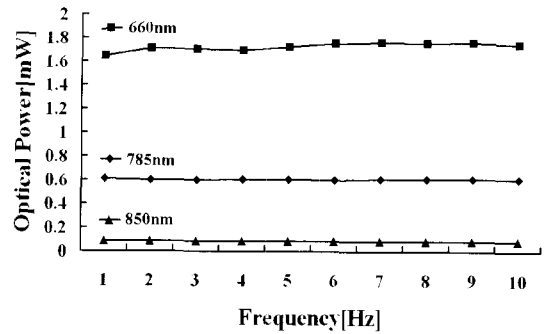


그림 6. 주파수에 따른 광 출력.

Fig. 6. Optical power according to frequency.

을 확인할 수 있었다.

정확한 출력값 제어를 확인하기 위하여 660 nm, 785 nm, 850 nm 레이저다이오드를 1 Hz부터 10 Hz까지 변화 시키며 1시간씩 측정된 데이터의 평균값을 구하여 그림 6에 결과를 나타냈다. 측정에 사용된 장비는 OPHIR OPTRONICS社의 NOVA II와 PD300으로 10×10 사이즈의 디텍터를 통하여 350~1100 nm의 파장까지 측정이 가능하다. 측정 파워는 1 nW에서 300 mW까지의 파워 측정이 가능하며 RS232 및 USB 케이블을 이용하여 컴퓨터와 연동이 가능하여 보다 정밀할 측정이 가능한 장비이다.

본 기기의 동작은 타이머 함수를 사용하여 초당 ON/OFF 횟수를 늘린 것으로 기기의 Duty 비는 50 %이며 60분간의 평균 조사량은 최대 조사세기의 50 %로 균일하게 나오는 것을 확인할 수 있었으며 이에 따라 60 분간 조사되는 광량이 일정함을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

저출력레이저를 이용한 치료는 이미 국제적으로 공인된 치료법으로 많은 in vivo 및 in vitro 실험을 하고 있다. 저출력레이저에서 방출되는 특정 파장의 광원이 인체를 구성하고 있는 세포에 작용하여, 세포를 활성화 시키는 점을 기초로 하여 본 기기를 개발하였으며 660 nm, 785 nm, 850 nm의 파장을 사용하였다. 660 nm의 레이저다이오드는 코나귀의 염증 및 창상치유, 785 nm 레이저다이오드는 피부 미용, 보다 투과율이 높은 850 nm 레이저다

이오드는 혈관이나 관절 등의 치료 목적으로 선택하여 개발하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 다수 파장의 동시 혹은 개별 조사가 가능하며, 광 조사 시간(Timer) 및 주기(Frequency)의 제어가 가능하도록 설계하였다.
2. 휴대 및 사용의 편의를 위해 9 V 배터리나 12 V 어댑터를 이용하여 사용할 수 있도록 전원부를 구성하였으며 다른 레이저 다이오드도 사용할 수 있도록 설계하였다.
3. 사용자에 따라 조사시간의 설정이 가능하도록 광 조사 시간(Timer)을 프로그램 제어를 통해 1~60 분까지 min 단위 제어가 가능하도록 설계 하였으며 외부 인터럽트 키를 이용하여 사용도중 일시 정지 기능을 할 수 있도록 구성하였다.
4. 인체의 자극 효과를 높이기 위해 광조사 주기(Frequency)를 설정할 수 있도록 타이머 함수를 사용하여 1~10 Hz까지 주기를 가지며 구동이 가능하도록 구성 하였으며 그 결과 1~10 Hz 조사 주기 및 광 출력값을 안정적으로 제어할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] T. H. Maiman, "Stimulated optical radiation in ruby", Nature, Vol. 187, p. 493, 1960.
- [2] O. Svrilo, "Principles of laser", 2nd ed(N.Y: Plenum press), p. 269, 1982.
- [3] M. K. Kang and H. S. Oh, "1.3 μm double channel planar buried heterostructure distributed feedback lasers", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 10, No. 4, p. 381, 1997.
- [4] J. S. Ryoo and Y. S. Yoon, "A study on AR, HR coating simulations for the high power laser diode", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 9, No. 5, p. 498, 1996.
- [5] S. O. Kwang, K. S. Han, I. W. Um, and B. W. Kim, "A study on the effects of low-power laser irradiation on the sciatic nerve regeneration in rats", J. of WKDRI, Vol. 2, No. 1, 1992.
- [6] J. J. Joyce, A. D. Meyers, and J. J. cohen, "The effects of low-watt helium neon laser radiation on human lymphocyte cultures", Lasers Surg. Med., Vol. 6, p. 171, 1986.
- [7] J. Tuner, "Low level laser therapy", Prima books, 1999.