

제모용 Long-Pulse Alexandrite Laser의 출력 특성 연구

최진영, 김상길, 김태균, 박종용, 송건주, 정용호, 홍정환, 김희제
부산대학교 전기공학과

A study on the output characteristics of Long-pulse Alexandrite laser for hair removal

Jin-young Choi, Sang-gill Kim, Tae-kyun Kim, Jong-woong Bark, Gun-ju Song,
Yong-ho Jung, Jung-hwan Hong, Hee-je Kim

Abstract - Recently many solid-state laser systems were widely used in the medical applications. So it is necessary to study various optimal laser parameters for adopting new medical treatments.

Alexandrite laser using switching mode power supply has designed and experimented to adjust a pulse repetition rate by PIC one-chip microprocessor. The fundamental results have been obtained during the first financial year in 2002.

We will be able to find out the optimal hair removal characteristics by the repetitive experiments of Alexandrite laser as the parameters such as pulse repetition rate, pulse width, and pulse energy etc.

1. 서 론

최근, 고체 레이저의 응용은 절단, 용접, 열처리 등 산업적 분야뿐만 아니라, 의료 분야에서도 폭넓게 사용되고 있다.^{[1][2]} 의료 분야 중에서도 특히 털의 제모를 위해 현재 사용되고 있는 레이저로서는 long-pulsed 루비(694nm), long-pulse alexandrite(755nm), diode(810nm), 와 Q-switched Nd:YAG(1094nm) 레이저 등이 있다.^[3] 그 중에서도 최근에는 Alexandrite가 제모용 레이저로서 각광받고 있다. Alexandrite laser의 파장은 755nm로 비교적 길어 피부 깊숙히 박혀있는 모낭에 도달하기 쉽고 작용시간이 길어서 제모용으로 효과적인 동작특성을 가지고 있다.^{[4]-[7]} 원치 않은 털의 제거를 위해서는 레이저 빔을 펄스화시켜 long-pulse Alexandrite laser 시스템의 변수인 펄스 반복율을 가변하여 펄스 에너지를 쉽게 제어하는 것이 필요하다.^[8]

국내에서 수행되고 있는 펄스 파형의 제어기술에 대한 연구는 부분적으로 진행되어 왔으나 그 연구 성과가 두드러지게 나타나지 않으며, 아직까지 펄스 파형의 제어에 바탕을 둔 전원장치의 개발보다는 출력이나 그 응용에 초점을 맞추는 연구가 활발히 진행되어 왔다고 해도 과언이 아니다. 따라서 전반적인 기술 수준을 선진국과 비교해 볼 때 펄스 파라메타의 각 부분마다 국내의 기술력은 상당히 뒤떨어져 있다. 또한, 국내에서 펄스 전원장치를 제작하는 업체는 많이 있으나 대부분이 가전기기를 대상으로 하고 있으며, 피부과용 Long-pulse Alexandrite 제모용 레이저에 적용할 수 있는 전원기술은 아직도 확립되어 있지 않은 실정이다. 이러한 전반적인 국내의 사정을 감안하여 본 연구에서는 값싸고 신뢰성 있는 방식의 전원장치의 개발을 통하여 우선적으로 국내의 피부과에 적용할 수 있는 저가의 Long-pulse Alexandrite 제모용 레이저를 개발하고자 한다.

연구과정의 첫 단계로, 펄스 에너지 밀도를 쉽게 제어하기 위해 펄스 반복율을 가변하는 방법을 적용한 레이저 전원 회로 시스템으로 Alexandrite laser의 출력 특성 실험을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 전원회로는 기존의 펄스형 레이저 치료기 전원 장치에서 사이라트론 등과 같은 소자를 전원 회로의 경제성을 확보하기 위해 저가의 스위칭소자로 대체한 것으로 반복 동작을 위해

교번 중·방전 구동방식을 채택하여 Alexandrite laser의 출력 특성을 연구하였다. 앞으로의 실험에서는 펄스 에너지 뿐만이 아니라, 펄스 폭, 빔 에너지 펄스 반복률에 따른 Alexandrite의 출력 특성을 연구할 것이다.

그리고, 레이저 출력특성에 따른 레이저 자체의 안정성과 효율성뿐만 아니라, Alexandrite 레이저의 출력특성에 따른 제모 특성을 함께 검토하여 효과적인 제모용 Long-pulse Alexandrite 레이저를 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 Alexandrite 레이저 출력 특성

2.1.1 Laser System Unit

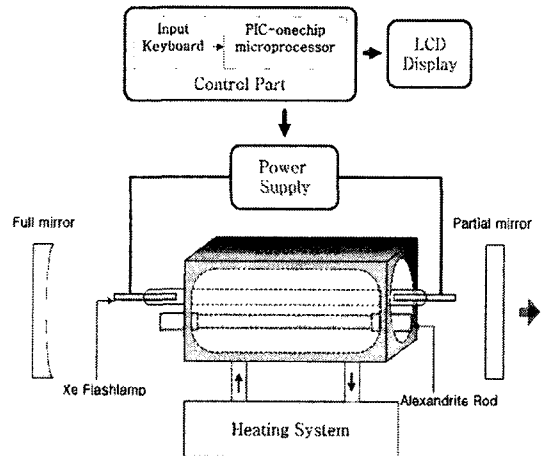


그림 1. Alexandrite 레이저 시스템 구성도
Fig. 1 The schematic diagram of our laser system

그림 1은 안정한 Alexandrite 레이저 시스템의 구성도를 나타낸다. 전체적인 레이저 시스템은 레이저 발진기, heating 장치, 전원 회로 및 제어회로 등으로 구성된다.

대부분의 고체 레이저 시스템은 캐비티 내에 램프 및 로드를 내장하고 있다. 로드의 종류에 따라 그 발진 파장이 다양화 될 수 있으며, 램프는 원하는 출력값의 범위에 따라 사양과 특성에 맞는 것을 선택해야 한다. 본 실험에서는 Alexandrite 레이저의 발진파장인 755nm에 맞도록 캐비티를 설계하였고 내부면 금막 코팅을 실시하였다. 램프는 실험목적에 가장 적합한 ILC사의 6F3(길이 3", 직경 6mm)를 선정하였다.

레이저 발진기는 중앙에 레이저 헤드 가 있고, 그 양측에 레이저 발진을 위한 두 개의 mirror가 있다. 즉, 전반

사경(반사율 99.5% 이상의 오목 거울) 및 부분 반사경(반사율 85%를 가진 평면거울)으로 안정한 공진기를 구성하였다. Heating 장치는 Alexandrite의 온도특성을 고려한 것으로, 로드의 온도를 상승시키고자 수온식을 사용하였다. Alexandrite는 온도에 따라서 출력 효율이 달라지는데, 높은 온도에서 더 높은 출력 특성을 나타낸다. 즉, 온수를 laser head에 순환시켜 로드의 온도를 상승시켜 고온을 유지해 줌으로서 Alexandrite 레이저의 더 효율적인 출력 동작을 얻을 수 있도록 만들었다. 전원회로는 교번 스위칭 충·방전 방식을 이용하여 Xe 플래시램프를 구동시킨다.

2.1.2 레이저 전원 회로

그림 2는 교번 충·방전 방식을 이용한 레이저 전원회로를 나타낸다.

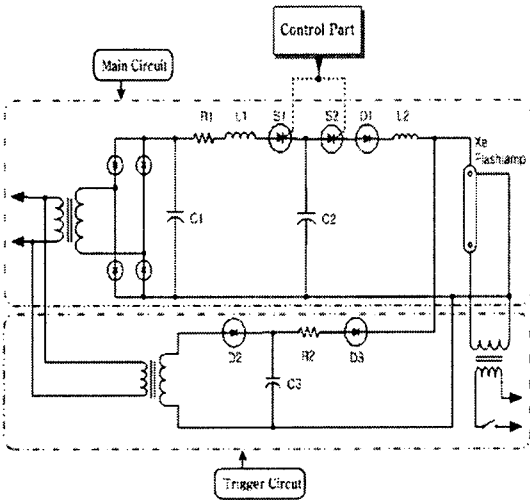


그림 2. 교차 스위칭 충·방전 레이저 전원 회로

Fig. 2 The power supply of charge-discharge system by alternative switching

Simmer power supply로 플래시램프의 양단에 직류전압 1[kV]를 인가하고, 트리거 펄스회로(peak voltage=15[kV])의 스위치를 turn-on 하게 되면, 스트리머 방전이 플래시램프에서 유기된다. Control part에서 SCR gate turn-on 신호의 정보를 입력하면, 출력된 신호에 의해 SCR S1이 먼저 turn-on되고 커패시터 C2에 에너지가 충전된다. 그 다음에 SCR S2가 turn-on되어 커패시터에 저장된 에너지가 플래시램프로 전달되어 램프에서 방전된다.

2.1.3 Control 회로의 동작 특성

그림 3은 PIC one-chip 마이크로프로세서로 구성된 SCR turn-on 시간 제어회로를 나타낸다. 이 제어회로는 크게 4부분으로 구성된다. 먼저, SCR의 gate에 인가될 신호의 정보를 입력하는 키보드와 입력받은 정보를 표시하는 LCD 표시장치가 있다. 그리고, 이 제어회로의 가장 핵심인 PIC 마이크로프로세서와 마이크로프로세서에 의해 제어된 출력 신호를 증폭하는 증폭회로부로 구성되어 있다.

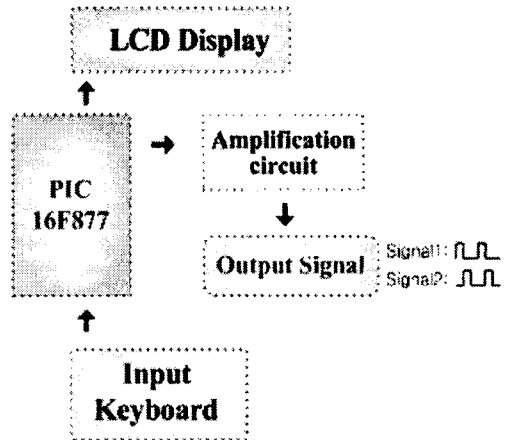


그림 3. SCR turn-on 제어회로

Fig.3 SCR turn-on control circuit

이 제어회로의 동작은 SCR gate 신호의 정보가 키보드를 통해서 입력되고, 입력된 이 신호는 PIC로 전달된다. PIC는 미리 짜여진 프로그램에 의해서 키보드에 입력된 정보에 따르는 2개의 다른 신호를 출력시킨다. 그러나 이 신호들은 SCR의 gate를 turn-on 하기에 너무 미약하므로, 고속 스위칭용 트랜지스터를 사용하여 전류와 전압을 증폭시켰다. 이 증폭된 신호는 먼저, S1을 turn-on시키고, 그 다음에 S2를 turn-on시킨다.

2.2 Alexandrite 레이저 제모 특성

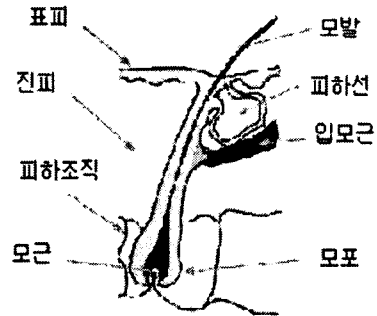


그림 4. 모낭의 구조

Fig. 4 Hair-follicle structure

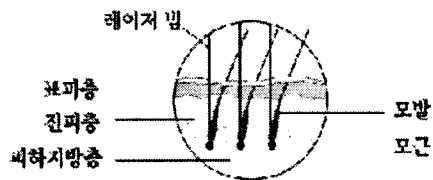


그림 5. Laser를 이용한 제모원리

Fig. 5 The principal of hair removal using laser

그림 4 에서 보이는 것처럼 모낭의 멜라닌 색소에 집중된 레이저 에너지가 열에너지로 바뀌면서 털이 파괴되고, 주위의 모근세포가 열에 의해 파괴되는 것이 제모의 원리이다. Alexandrite 레이저는 파장이 755nm로 비교적 길어 피부 깊숙이 박혀있는 모낭에 도달하기 쉽고 동일한 피부에 적합하다는 평가를 받고 있다.

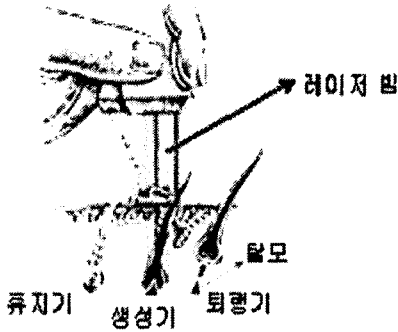


그림 6. 털의 성장 사이클에 따른 제모

Fig. 6 The hair removal by growing cycle of hair

모든 털은 '성장기-퇴행기-휴지기'의 반복되는 사이클을 가지고 자란다. 즉, 그림 6에서 나타난 것처럼 제모를 위해서 없애야 하는 모근이 성장기의 털에만 연결되어 있기 때문에 영구제모를 위해서는 특별히 몇 회의 시술이 더 필요하다. 이런 제모의 특성 이외에도 시술하고자 하는 환자의 피부색깔, 털의 굵기, 시술하고자 하는 신체 부위, 털의 밀집도 등에 대해서도 각기 다른 제모 특성을 가진다.

따라서 이들 변수들도 앞의 펄스 반복률, 펄스 폭, 펄스 에너지, 빔 에너지 밀도와와의 상관관계를 생각해 실험을 병행할 것이다. 즉, 각기 다른 피부색깔, 털의 굵기, 신체 부위, 털의 밀집도에 따른 각각의 샘플을 마련하고, 각기 다른 레이저 시스템 변수들에 따른 제모 특성 실험을 행하여 최적값을 도출할 계획이다.

2.3 실험 결과 및 검토

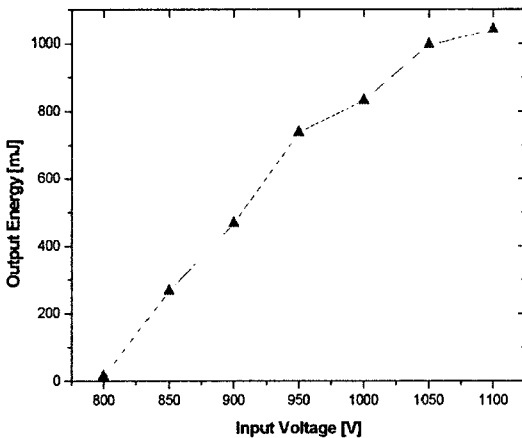


그림 7. 입력 전압에 따른 출력 에너지

Fig. 7 Input voltage vs. output energy

그림 5는 입력 전압에 따른 출력 에너지를 측정한 결과치를 나타내고 있다. 본 연구에서 먼저 수행된 실험은 Alexandrite 레이저의 출력 특성을 안정화시키기 위한 것으로 교번 스위칭 충·방전 전원회로를 사용하였다. 전원회로의 커패시턴스 C2를 600uF으로 고정시키고, Alexandrite 로드의 온도를 40도로 유지시켰을 때 인가된 입력전압에 따른 출력 에너지를 측정하였다.

그 결과로 나온 값들에서 알 수 있듯이 Alexandrite 레이저의 발전을 위해서는 입력전압이 최소 850V이상 (220J이상의 입력에너지)이 필요하며, 900V이상(약 250J 이상의 입력에너지)의 입력전압에서 다소 안정된 출력이 얻어진다. 본 실험에서는 최고 1100V(약 360J의 입력에너지)입력전압에서 1040mJ의 출력특성을 보였다.

3. 결 론

본 연구에서는 국내의 전자기술력으로 경제적이고 신뢰성 있는 방식의 전원 개발을 통해 국내의 피부과에 적용할 수 있는 저가의 제모용 Long-pulse Alexandrite 레이저를 개발하고자 한다.

이 목표를 달성하기 위해서는 먼저, Alexandrite laser의 펄스 반복율, 펄스 에너지, 펄스폭 등의 출력특성을 조사 검토하여, 출력 특성에 따라서는 나타나는 제모특성과의 상관관계를 연구하여, 보다 안정하며 효과적인 제모용 Long-pulse Alexandrite 레이저 시스템을 구현할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Kenichi Iga et al., "Fundamentals laser Optics", Plenum Press, New York and London, pp. 13-15, 1994
- [2] Yasutomo Fujimori, "laser Material Processing in Electric Industries", Proceeding of Lamp'92, Nagaoka, pp.981-986, 1992
- [3] Wheeland RG., "laser-assisted hair removal", Dermatol Clin, 15, pp467-477, 1997
- [4] NanniCA et al., "A practical review of laser-assisted hair removal using the Q-switched Nd:YAG, long pulsed ruby, and long-pulsed alexandrite lasers". Dermatol Surg, 24, pp. 1399-1405, 1998
- [5] Grossman MC et al., "Damage to hair follicles by normal-mode ruby laser pulses", J Am Acad Dermatol, 35, pp. 889-894, 1996
- [6] Finkel et al., "Pulsed alexandrite laser technology for noninvasive hair removal", J clin laser Med Surg, 15, pp.225-229, 1997
- [7] Christopher et al., "Long-pulsed Alexandrite laser-Assisted Hair Removal at 5, 10 and 20 Millisecond Pulse Durations", laser in Surgery and Medicine, 24, pp332-337, 1999
- [8] Hee-Je Kim et al., "Active two-pulse superposition technique of a pulsed Nd:YAG laser", Optical Engineering, Vol 37, Issue 6, pp. 1780-1784, 1998