

저온 플라즈마를 이용한 피부치료기 개발에 관한 연구

송광현* · 고윤석** · 이우철***

Development of the Skin Treatment Unit using Low Temperature Plasma

Kwang-Hyun Song* · Yon-Seok Ko** · Woo-Cheol Lee***

요 약

의료기기중 체외에서 인체로 물리적 에너지를 가하거나 그 의료기기의 에너지를 이용하여 인체의 화학적 변화를 이용하여 치료를 하는 것은 고도의 신뢰성과 안정성이 요구된다. 특히 인체의 모든 부분 중 가장 외부로 노출되어있는 피부에 대한 치료는 매우 중요 하다고 할 것이다. 이러한 관점에서 보았을 때 피부 치료 시 발생 할 수 있는 모든 위험 요소를 줄이고 치료의 효과를 극대화 할 수 있는 장비의 개발은 높은 치료 효과와 안전성 확보를 위하여 반드시 필요하다고 할 것이다.

ABSTRACT

Among the medical devices, medical treatments inflicting physical energy from the outside of the body to the inside or using the energy from the devices which take advantages of chemical changes of the human body require a high degree of reliability and safety.

In particular, the medical treatment on the most exposed skin to the external surface in all parts of the human body will be very important. In this perspective, when you undergo skin treatment, you need to reduce all risks and to maximize the effect of treatment equipment. Therefore, the development of equipment which guarantees high therapeutic efficacy and safety is essential.

키워드

Reliability, Reduce risks, Treatment Equipment, Plasma, Silent Discharge
신뢰성, 위험요소 감소, 치료기기, 플라즈마, 무성방전

1. 서 론

본 연구에서는 무성 방전 방식의 저온 플라즈마를 생성하여 각종 피부 질환의 치료에 사용 할 수 있는 저온 플라즈마 치료기를 구현 하였다. 저온 플라즈마 이온을 이용하면 그로인한 살균 효과로 피부의 감염을 줄일 수 있으며 치료시간을 단축시킬 수 있을 것

이다[1]. 또한 일반적인 피부 질환의 치료 및 미용 분야에서 여러 용도로 사용할 수 있는 장점을 가질 수 있다. 본 연구는 무성방전(silent discharge)에 의한 저온 플라즈마를 발생[2-3] 시키고 그에 의해 발생된 저온 플라즈마 이온의 효과뿐만 아니라 광 파장에 따른 여러 효과를 피부질환 의 치료와 미용 분야에 대해 적용 할 수 있도록 하였다[6-7].

* 을지대학교 생체의료공학과(hl1iqg@nate.com)

** 남서울대학교 전자공학과(ysko@nsu.ac.kr)

*** 교신저자(corresponding author) : 을지대학교 생체의료공학과(wdlee@eulji.ac.kr)

접수일자 : 2014. 11. 17

심사(수정)일자 : 2014. 12. 01

게재 확정일자 : 2014. 12. 15

II. 연구대상

2.1 연구대상

2.1.1 플라즈마

일반적으로 물질은 고체, 액체, 기체의 여러 가지 상태가 있으며 그들 상태의 기본적인 구성요소는 원자 혹은 원자가 여러 개 모인 분자 또는 화합물이다. 플라즈마는 원자 및 분자 또는 화합물을 구성하는 전자가 핵의 속박에서 벗어나 자유롭게 움직이며 돌아다니는 상태이다. 즉 플라즈마는 음전하를 띤 전자와 양전하를 띤 이온의 집합체로 구성되어 있다. 보통의 상온, 상압에서 고체상태의 물질에 에너지를 주어[5] 고온으로 만들면 용해되어 액체상태가 되고, 더욱 에너지를 주어 고온으로 만들면 증발하여 기체 상태가 되고 기체에 더욱 에너지를 주게 되면 다음 단계로 통상 물질의 제4의 상태(the fourth state of matter)라 불리는 보다 높은 에너지 상태를 갖는 플라즈마 상태가 된다[3-4].

2.1.2 플라즈마의 기본적 특징

- i) 전자와 이온은 전하를 띠고 있다.
- ii) 전자와 이온의 질량은 다르나 전하량은 같다.
- iii) 플라즈마 매질은 파장이 UV 영역으로 부터 가시 영역에 이르기까지 다양한 빛을 방출할 수 있는 특성을 가지고 있다[4].
- iv) 플라즈마 매질은 외부에서 인가된 자기장을 상쇄하는 방향으로 운동을 하는 반자성적 성질(Diamagnetism)을 가지고 있다[3-4].

2.1.3 플라즈마의 발생

플라즈마의 생성은 하전입자(전자)를 전장 E-field에 의해 가속시켜 하전입자(전자)에 에너지를 전달시킨 후 중성 기체원자 또는 분자와의 충돌(비탄성충돌)에 의해 이온화시키는 과정을 통하여 이루어진다[4]. 즉 다음과 같은 이온화 반응을 통하여 플라즈마가 생성된다. 그림 1에 오존 생성 관계를 나타내었다.

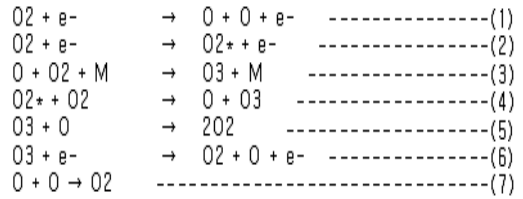


그림 1. 오존발생
Fig. 1 O3 Generation

III. 시스템 구성

3.1 하드웨어 구성도

그림 2는 전체 시스템의 구성도이다. 각 치료단계에 맞는 플라즈마 이온을 발생시키기 위해 주파수 발진 회로와 출력세기 및 시간을 조절하기 위한 컨트롤 및 시간표시 회로, 고압 방전관 에서 플라즈마 이온을 발생시켜 환부에 공급 하도록 하는 고압발생 회로와 방전관 및 전원 공급회로 (Power Supply)로 구성 하였다.

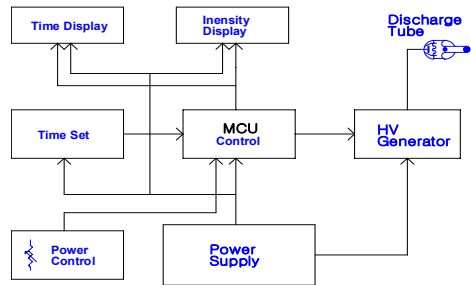


그림 2. 시스템 구성도
Fig. 2 System block diagram

3.2 실제 구현된 전체 시스템

전체적으로 구성된 시스템은 그림3과 같고 크게 메인 보드, 프론트 보드, 방전용 프로브 의 세 부분으로 구성 된다. 메인 보드는 전원회로, 시간설정 회로, 출력신호 발생 및 출력조절 회로, 환자접지 감시회로의 네 부분으로 분류된다. 프론트 보드는 작동시간과 설정시간표시, 출력의 증감 등을 설정할 수 있는 기능을 한다. 방전용 프로브내부에는 고압 발생부가 포함되어 있고 방전관을 장착 할 수 있는 구조로 되어 있다.

고압 발생 부는 방전관의 방전에 필요한 고전압을

발생시켜주며 방전관은 고압 발생부에서 발생한 고전압을 이용하여 빛과 오존을 발생시켜 주게 된다.

이때 발생하는 빛의 파장은 방전관 내부의 가스에 따라 달라지며 빛의 파장에 따라 치료 효과도 달라진다.

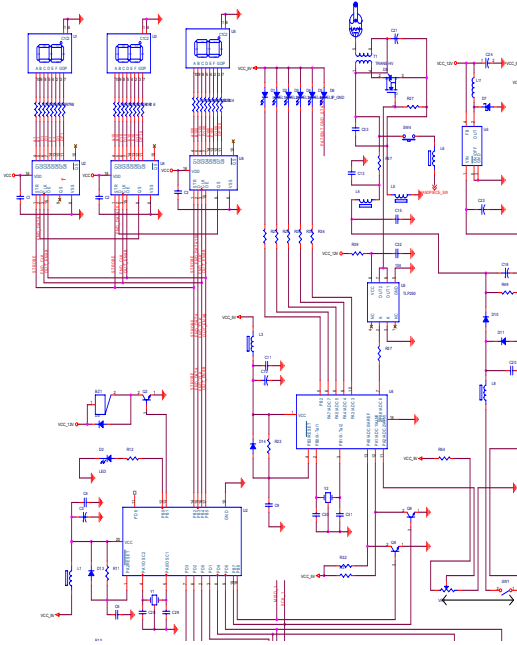


그림 3. 전체 회로도
Fig. 3 Circuit diagram

3.2.1 메인 보드

메인 보드의 전체구성은 전원회로, 시간설정 회로, 출력신호 발생 및 출력조절 회로, 환자접지 감시회로의 네 부분으로 분류되며 각 부분별 기능은 다음과 같다.

i) 전원회로

시스템을 위한 전원회로는 반파 정류 회로로 동작하게 되고 프로브의 고압 발생을 위한 전원회로는 전파 배압정류 회로로 동작하게 된다.

ii) 시간설정 회로

사용자가 원하는 시간만큼 치료를 할 수 있도록 사용시간을 설정할 수 있는 기능을 가지고 있으며 Hand Switch 또는 Foot Switch 에 의한 ON/OFF 신호에 따라 기능을 시작 하거나 정지 시킬 수 있다.

iii) 출력신호 발생 및 출력조절회로

방전관용 고압을 발생 시킬 수 있는 Timing 신호를 발생 시키며 Intensity 조절에 의해 Duty Cycle을 변화 시켜 방전용 고압 발생부의 고압 전압을 가변할 수 있게 하였다.

iv) 환자 감시회로

방전관과 인체를 거쳐 흐르는 전류의 강도를 확인하여 전류의 흐름이 약하게 입력될 경우 치료 시간에 포함 되지 않도록 하고 전류의 흐름이 너무 강하게 입력되어 설정한 범위를 초과 한 경우 기기의 동작을 정지시켜 환자의 안전을 확보하도록 하였다.



그림 4. 메인보드
Fig. 4 Main board

3.2.2 프론트 보드

프론트 보드는 작동시간과 설정시간표시, 출력의 증감 등을 설정할 수 있는 기능을 가지고 있으며 설정시간 표시 부는 설정된 시간과 동작한 시간이 표시되며 출력강도 표시 부는 설정된 강도만큼의 세기를 5단계로 표시 하게 되고 시간 설정을 할 수 있게 되어있다.

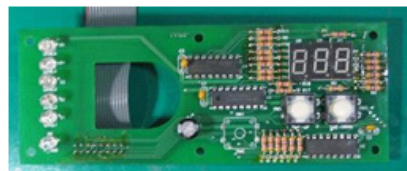


그림 5. 프론트 보드
Fig. 5 Front board

3.2.3 방전용 프로브

프로브 내부에는 고압 발생부가 포함되어 있어 방전을 위한 고전압을 발생 시킬 수 있다

그림 6은 방전용 프로브의 외형이며 그림 7은 고

전압(High Voltage)을 발생시키는 Transformer이고 그림 8은 방전되고 있는 방전관이다.



그림 6. 방전용 프로브
Fig. 6 Probe

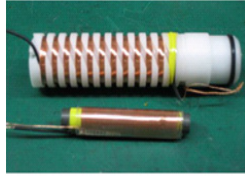


그림 7. 고압발생용 트랜스
Fig. 7 HV transformer

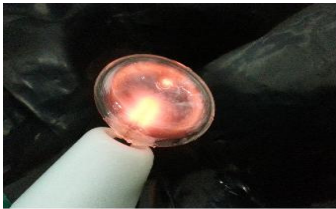


그림 8. 방전관
Fig. 8 Discharge tube

3.3 소프트웨어 구성도

그림 9은 시스템의 소프트웨어 구성도로써 시스템의 기능 및 동작을 설정하며 현재의 상태를 나타낼 수 있도록 프로그램 되어있다.

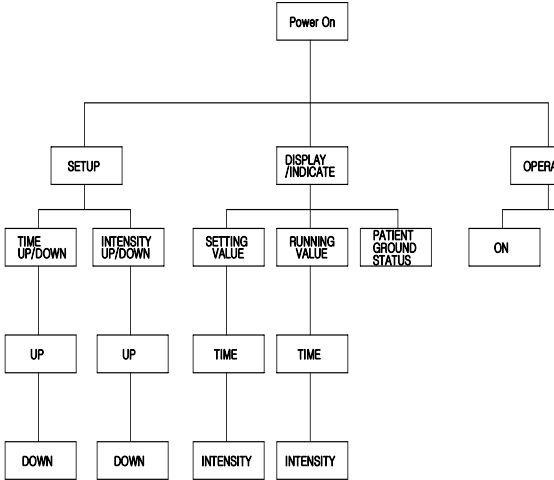


그림 9. 소프트웨어 기능 구성도
Fig. 9 Software functional diagram

4.1 플라즈마 발생

그림 10은 본 연구의 핵심 부분으로서 전원 공급기로부터 공급된 전원은 컨트롤 회로에서 전달된 제어 신호에 의해 방전용 프로브에서 Transformer를 통해 고전압을 형성 하여 방전관에 공급한다. 이때 방전관 내부와 방전관 표면의 유리에서 방전이 일어나게 되고, 다시 방전관의 표면의 유리라는 절연체와 피부 조직을 사이에 두고 +와 - 전기 사이에 수없이 많은 전기적 에너지의 충돌이 발생하게 되어 유리 표면과 인체의 피부 사이에서 다시 방전 현상이 일어나게 되어 방전관과 인체사이에서 오존이 발생하게 된다. 이때 발생된 오존 의 살균효과와 방전 시 발생한 빛을 피부 치료 시에 적용 하도록 하였다.

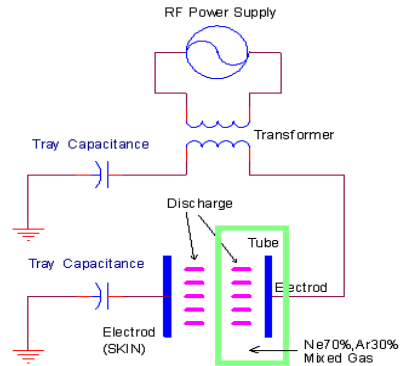


그림 10. 플라즈마 발생장치의 기술
Fig. 10 Technique of plasma generation

그림 11은 인체피부와 방전관 사이의 O₃ 생성 관계를 나타낸 것이다.

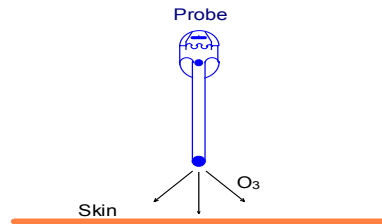


그림 11. 방전관과 O₃ 생성
Fig. 11 Discharge tube & O₃ generation

4.2 플라즈마 발생파장과 Photon 에너지

Photo Spectrum Analyser를 사용하여 방전관에서

IV.연구 결과

발생되는 발생광의 파장 및 Photon 에너지를 측정 한 결과 그림12~그림17 에서 나타난 것 과같이 390nm, 585nm, 1175nm의 세 개의 파장이 발생 하였고 파장에 따라 Photon 에너지가 다르다는 것을 확인 하였다.

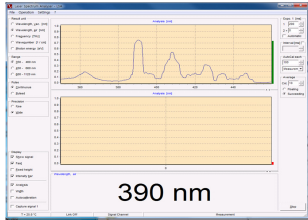


그림 12. 방전관의 발생 파장(range 350~460nm)
Fig. 12 Wavelength of discharge tube

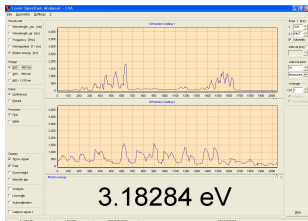


그림 13. 390nm의 photon 에너지(at level 2)
Fig. 13 Photon energy of 390nm(at level 2)

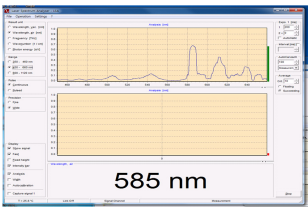


그림 14. 방전관의 발생 파장(range 460~660nm)
Fig. 14 Wavelength of discharge tube

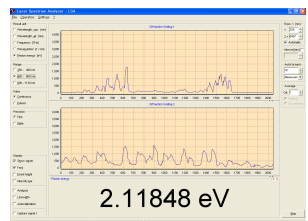


그림 15. 585nm의 photon 에너지(at level 2)
Fig. 15 Photon energy of 585nm

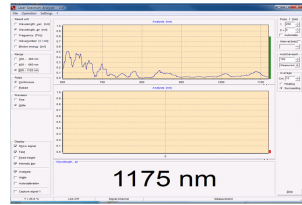


그림 16. 방전관의 발생 파장(range 600~1120nm)
Fig. 16 Wavelength of discharge tube

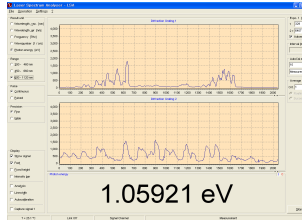


그림 17. 1175nm의 photon 에너지(at level 2)
Fig. 17 Photon energy of 1175nm

4.3 플라즈마 발생용 회로 및 기구의 설계 제작

본 연구를 통하여 무성방전(Silent discharge)에 의한 저온 플라즈마의 발생 및 기초적인 실험을 거쳐 저온 플라즈마에 의해 발생된 오존의 살균 효과와 광 파장에 따른 피부질환 치료의 효능 효과 및 미용 분야에 적용할 수 있는 의료기기를 개발 하였다.

또한 연구에 필요한 전기적 회로와 방전관을 구동 시키기 위한 프로브 제작에 필요한 기구를 설계, 제작 하였으며 방전관 내부의 가스의 종류를 달리 하여 여러 파장대의 광(光)을 발생시켜 피부질환의 치료 및 미용 분야에 적용하여 치료 시간을 단축시키고 피부 재생의 안전하고 빠른 효과를 얻을 수 있도록 할 수 있는 성공적인 연구결과를 얻었다.

V. 고찰

본 연구를 통하여 각종 파라미터의 측정값에 대하여 만족할 만한 결과를 얻었으나 추후 성능시험을 거쳐 시스템의 효율성과 실용성을 개선시킨다면 더욱 완전한 시스템이 될 것이라 기대하며, 본 연구에서 개발된 기술은 보다 안전성이 높은 의료기기의 개발에 직접적으로 활용 될 수 있을 것으로 본다. 또한 소형 경량화 하여 가정용으로 개발 한다면 각종 질환 의 조속한 치료에 널리 응

용 할 수 있는 안전하고 효과적인 의료기기를 개발, 생산 할 수 있는 바탕이 될 수 있을 것이며 국민 건강에 많은 도움을 줄 것으로 기대 된다.

VI. 결 론

본 연구를 통하여 Level 에 따른 고압 전압의 변화는 고압발생용 출력신호의 Duty Cycle 따라 변화하게 되며 고압 전압의 변화에 따라 방전관 에서 발생하는 광 에너지의 강도가 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

Photo Spectrum Analyser의 분석을 통하여 방전관에서 발생하는 빛의 파장은 방전관 내부에 충전되는 Gas의 종류에 따라 다르게 되며 빛의 파장에 따라 Photon Energy의 강도가 다르다는 것을 알게 되었고본 연구에서 사용한 방전관은 70% 네온(Ne)과 30%아르곤(Ar) Gas를 주입한 Lamp를 사용 했으나 추후 또 다른 Gas를 주입하여 다양한 파장의 광을 발생시켜 방전관에서 발생하는 빛의 파장을 달리하여 다양한 치료 용도로 사용할 수 있을 것이라는 결론을 얻게 되었다.

References

- [1] H.-S. Um, "Low Temperature Atmospheric Pressure Plasma And Application," *J. of the Physics And High Technology of The Korean Physical Society*, vol. 17, no. 5, May. 2008, pp. 42-46.
- [2] J.-W. Chung, H.-D. Lee, Y.-H. Lee, G.-I. Jun, H.-K. Kim, and M.-H. Cho, "Ozone Generation Characteristics of Silent Discharge Process," *J. of the Korean Society of Environmental Engineering*, vol. 26, no. 3, Mar. 2004, pp. 305-312.
- [3] D.-J. Kwak, "Development of Silient Discharge Chamber with Al2O3 Dielectric Pellet to Improve Ozone Generation Characteristics," *J. of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 20, no. 7, Aug. 2006, pp. 58-64.
- [4] T.-G. Lee and D.-H. Lee, "A study on Ozone

Generation Characteristic Using Ba-Ti-Si Ceramic Tube," *J. of the Environmental management Coporation*, vol. 28. no. 5, May. 2006, pp. 543-548.

- [5] Y.-S. Ko, W.-C. Lee, and I.-S. Kim, "A Consideration on the Application of Thermo-electric Cooler to obesity Therapy," *J. of the Korea Institute of Communication Sciences*, vol. 7 no. 6, 2012, pp. 1437-1442.
- [6] M.-C. Kim, W.-C. Lee, and S.-K. Han "Effective of Change Obesity Index by Specific Posture Exercise Using the Vibrator," *J. of the Korea Institute of Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, 2013, pp. 757-762.
- [7] Y. Han and D.-W. Kim, "Sensitivity illumination system using biological signal," *J. of the Korea Institute of Communication Sciences*, vol. 9, no. 4, 2014, pp. 499-508.

저자 소개



송광현(Kwan-Ghyun Song)

1987년 건국대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

2014년 을지대학교 보건대학원 생체 의료공학과 졸업(공학석사)

2012년~현재 을지대학교 생체의료공학과 연구원

※ 관심분야 : 생체신호처리, 전자의료기기 시스템



고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사)

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원

1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원

1997년~현재, 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 전력시스템 제어, 배전자동화, 로봇제어



이우철(Woo-Chul Lee)

1983년 건국대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1986년 건국대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학석사)

2006년 국민대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1993년~현재 을지대학교 의료공학과 교수

2010년~현재 을지대학교 보건대학원 생체의료공학과
교수

2000년~2004년 대한의용생체공학회 교육이사

2012년~현재 을지대학교 지역혁신센터 소장

※ 관심분야 : 생체계측, 전자의료기기 시스템

