

온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발

김응곤*

Development of a Plasma Heater to Increase Cultivation Environment and Storability of Greenhouse and Non-Storage Pool

Eung-Kon Kim*

요약

본 논문에서는 진공자외선(VUV)의 파장대를 활용한 저온 플라즈마 램프방식의 살균 및 정화기능과 수직형 히팅시스템의 기능을 결합한 플라즈마 히터 제품 개발을 목표로 한다. 이를 통해 온실이나 시설하우스 내의 작물의 재배환경을 개선하고 무가온저장고나 저장창고 등의 저장된 작물의 신선도를 올려 저장성을 증대시키고자 한다. 추가적으로 ICT 기술을 활용하여 사용자가 실시간으로 온실하우스 내의 변화를 확인하고 대응할 수 있도록 할 실시간 모니터링 기술도 접목시키고자 한다.

ABSTRACT

In this paper, the aim is to develop plasma heater products combining the sterilization and purification functions of low-temperature plasma lamp method with the function of vertical heating system using wavelengths of vacuum magnetic (VU). Through this process, the government aims to improve the cultivation environment of crops in greenhouses or facility houses and to increase their storage capacity by increasing the freshness of stored crops such as free-temperature storage. In addition, real-time monitoring technologies will be incorporated that will enable users to identify and respond to changes within greenhouses in real time by utilizing ICT technologies.

키워드

Cultivation Environment, Information And Communications Technologies, Plasma, Storability, Vacuum Ultraviolet

1. 서론

우리나라 겨울철 하우스 난방에 있어서 전체 전력 비중 95% 이상이 야간에 소요되며 난방 방법 및 하우스의 위치 또는 지역에 따라서 난방비는 조금씩 달라진다.

그러므로 난방비의 사용되는 유틸리티를 절감하고 연

료비를 최소한으로 줄이며 최대의 난방효과를 얻을 수 있는 방법들이 개발되어야 한다[1-2].

현재 일반적인 하우스 난방 방법을 크게 나누면 증기난방, 온수난방, 온풍난방 및 전열난방으로 나눌 수 있는데, 소규모로 운영되는 온실에서는 온풍난방이나 전열난방 등이 이용되고 있고, 대규모로 운영되고 있는 온실에서는 온수난방 방법이 주로 이용되고 있다.

* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과
• 접수일 : 2019. 07. 21
• 수정완료일 : 2019. 08. 02
• 게재확정일 : 2019. 08. 15

• Received : Jul. 21, 2019, Revised : Aug. 02, 2019, Accepted : Aug. 15, 2019
• Corresponding Author : Eung-Kon Kim
Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.
Email : kek@snu.ac.kr

표 1. 플라즈마 램프와 벨라스타의 개발 스펙
Table 1. Development specifications of plasma lamp and bellstar

Plasma Lamp	size	spec.
	maximum usage time	Expected 9000 hours
Electronic Ballast	Output voltage	DC 12V
	Required power	24W

2.2 저온 플라즈마 발생부 모듈 성능테스트

각각의 2가지 type에 대하여 유해물질 살균력 테스트를 진행했다. 유해물질 살균력 테스트 시험 예정 항목 표는 표 2와 같다.

표 2. 유해물질 살균력 테스트 시험 예정 항목
Table 2. Test item for hazardous substance sterilization test

Test item	Use strain category
scent mold experiment	Black mold
	Blue mold
	Soil mold
	Fungi
	Black yeast
Performance test for reducing airborne bacteria	Pneumococcus
	MRSA Germ
	E. coli
	Staphylococcus aureus
Ethylene removal rate test	Ethylene Gas
ozone emission test	ozone
Indoor air quality test	formaldehyde
	benzene
	toluene
	Ethylene

유해물질 살균력테스트 항목은 항곰팡이 시험, 부유세균 저감 성능시험, 에틸렌 제거율 시험, 오존 방출량 시험, 실내 공기질 시험으로 선정하여 진행했다. 저온 플라즈마 발생부 모듈의 유해물질 살균력테스트 결과를 기반으로 시설하우스 크기 대비 모듈의 최적화 및 규격화를 하여 개발했다.

2.3 면상 카트리지 히터 개발

기존의 농가에서 사용하는 전기히터나 난방기에 적용된 히터의 경우 발열량과 표면적을 늘리기 위해 기하학적 모형을 지니고 있다.

이로 인해 모터부에서 일으킨 바람의 양이 배출부에서 약 70~80%정도의 송풍량으로 배출되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서 연구, 개발하여 적용할 히터부는 면상 카트리지 히터로써 얇은 수지 시트 안에 발열체를 특수 가공하여 전극 부분에 은을 증착시켜 안정화를 시킨 아주 얇은 막 구조로 되어 있는 히터를 개발했다.

히터의 표면적을 극대화할 뿐만 아니라 모터부에서 일으킨 바람이 배출부에서 100%에 가깝게 송풍시킬 수 있는 장점이 있다. 또한, 약 100℃까지 가열하는데 있어서 약1~2초 정도의 시간만 필요하다.

그림 4, 5는 개발하고자 하는 히터부의 모습이다.

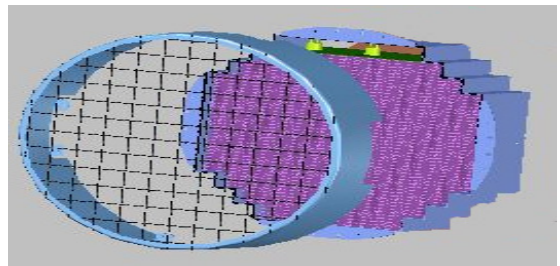


그림 4. 히터부
Fig. 4 Heater part



그림 5. 히터부 조립
Fig. 5 Assembly of heater

2.4 방진방습형 모터 개발

비닐하우스 내부 환경을 고려하여 경량소재인 AI 을 이용한 소재로 설계하여 무게를 감소시키고 방진 기능과 방습기능이 겸비된 농업용 전용 모터를 설계 및 개발했다.

그림 6은 본 논문에서 제작한 방습방진형 모터 개략도면도이다.

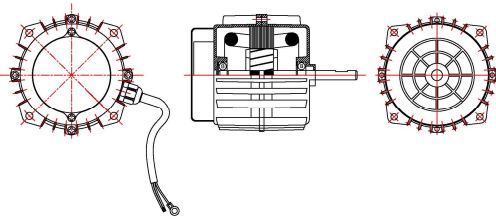


그림 6. 방습방진형 모터
Fig. 6 Damp-proof vibration-proof motor

III 면상 카트리지 및 제어 시스템 제작

3.1 면상 카트리지 히터 시스템 제작

그림 7은 본 논문에서 개발하고자 하는 면상 카트리지 히터 시스템 개략도이다.

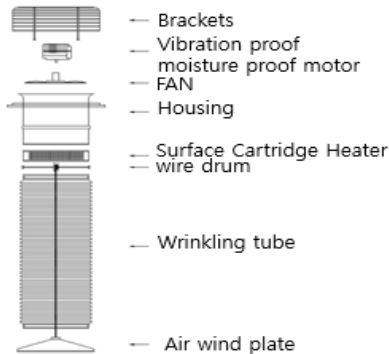


그림 7. 면상 카트리지 히터 시스템
Fig. 7 Planar cartridge heater system

내/외부 하우징은 전체적으로 Stainless Steel 재질로 하고 상부의 팬과 모터부는 아치형의 그물망구조의 브라켓을 달아 외부로부터 보호할 수 있는 구조로 제작했다.

히터부는 원형구조로 제작하며 하우징과 긴밀한 구조로 되도록 개발했다.

하단의 설치된 주름관은 와이어드럼과 연동하여 상호 조절 가능한 구조로 제작하였고, 공기바람관은 360도 전방향으로 공기가 공급되도록 제작했다.

3.2 PCB 프로세스 및 프로그램 설계

사용자 편의성을 위한 직관적 인터페이스를 개발하고 장비 운용 환경을 고려하여 Process 및 Program

설계했다.

제어 시스템은 고장시 비상 운전이 가능한 회로와 안전장치 회로를 설계하였다. 그림 8은 제어 시스템 회로설계도이다.

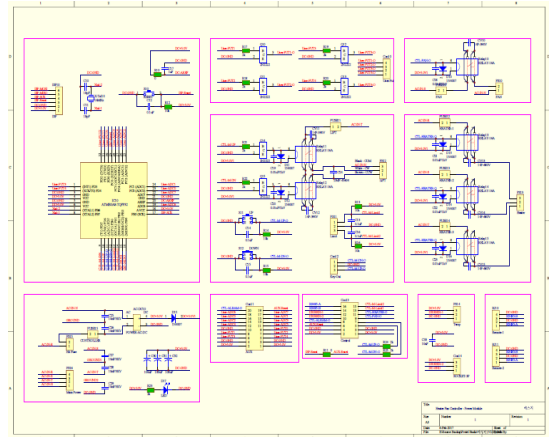


그림 8. 제어 시스템 회로설계도
Fig. 8 Control system circuit diagram

3.3 제어 시스템 제작

먼저 제어 항목으로 방진방습형 모터의 제어, 수동 모드 / 자동-시간모드 / 자동-온도모드 선정, 온도센서의 수치에 따른 자동 제어, 과열방지기와 제어기 상의 안전장치 제어를 선정했다. 그림 9는 제어 시스템의 블록도이다.

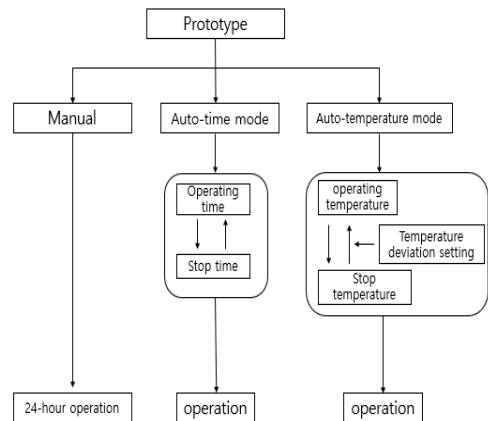


그림 9. 제어 시스템 블록도
Fig. 9 Control system block diagram

기타 안전장치로 과열방지기, 접지단자, 누전차단기, 비상정지스위치 등을 적용하여 안전사고를 예방하고자 했다.

1차 안전장치로 과열방지기를 설치하여 히터부에서 과열이 일어나면 자동정지가 되도록 하고, 접지단자, 누전차단기, 비상정지스위치 등을 적용하여 안전사고 예방하고자 했다.

2차 안전장치로 히터 가동 전 먼지제거 및 가동 후 내부 온도 저하를 위해 제어 시스템에서 팬 모터부가 우선 작동이 된 후 약 30초 뒤에 히터가 작동되도록 제어요소 설정하고 팬 모터부가 작동이 되지 않고서는 히터부가 작동되지 않도록 설계했다.

또한, 동절기, 하절기 각각 두 가지 모드를 선정하여 동절기에는 팬과 히터를 모두 작동시켜 내부공기 순환 및 난방까지 가능하게 하고 하절기에는 팬만 작동하여 내부공기 순환만 가능하도록 제작했다.

그림 10은 선정된 동절기, 하절기의 추가모드를 나타낸 것이다.

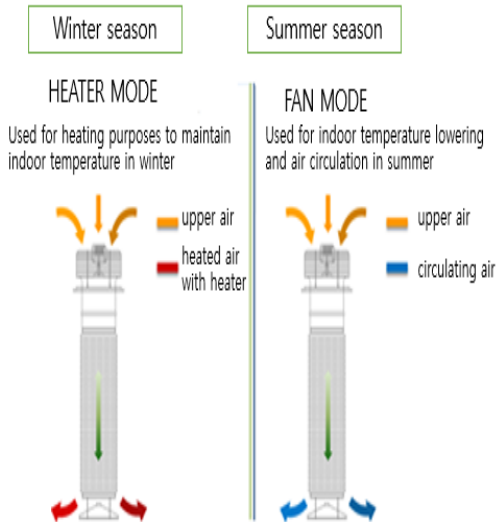


그림 10. 동절기, 하절기의 추가 모드 선정
Fig. 10 Selection of additional mode for winter season and summer season

마지막으로 제어시스템의 외관 디자인은 사용자가 조작이 편리한 구조로 제작했다. 그림 11은 제어기의 외관디자인을 나타낸 것이다.

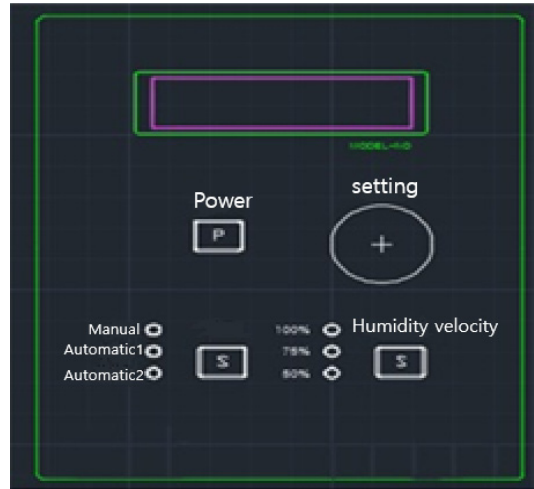


그림 11. 제어 시스템 외관 디자인
Fig. 11 Control system exterior design

제어 시스템의 외관 디자인은 사용자가 조작을 하기 편리한 구조로 제작하였다. 각각의 스위치는 기능을 겸용하지 않고 전용버튼으로 지정하여 전원버튼, 모드버튼, 선택버튼 등으로 사용할 수 있게 설계했다.

선택버튼의 경우 원형 스위치로 선정하여 보다 편리하도록 설계함으로써 사용자가 조작하기에 편리한 디자인으로 구성하여 설계 및 제작했다.

각각의 스위치 옆에 현재 작동되고 있는 플라즈마 히터의 모드가 수동, 자동-시간, 자동-온도 중 어떤 모드인지와 히터가 동작하고 있는 송풍량을 100, 75, 50%로 나타내 설명하는 램프를 달아 사용자가 한눈에 확인할 수 있는 형태로 제작하였다.

IV. PCB 시험용 모듈 제작

앞서 개발한 제어 모듈 설계 정보인 방진방습형 모터의 제어와 온도센서의 수치에 따른 자동제어, 과열방지기와 제어기 상의 안정장치 제어를 기반으로 하여 접지단자, 누전차단기, 비상정지스위치 등을 선정하여 이를 토대로 하여 하드웨어 회로를 설계 및 제작했다. 다음 12는 제어 시스템 하드웨어 구성도이다.

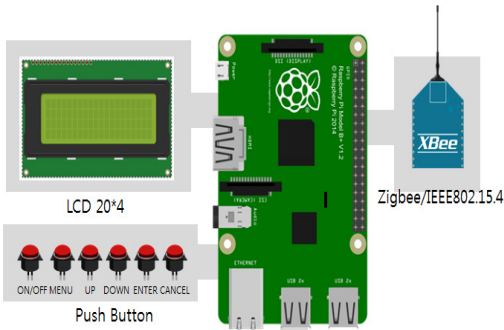


그림 12. 제어 시스템 하드웨어 구성도
Fig. 12 Test PCB module layout

PCB 회로 설계 시 제품 운영 및 유지 보수의 편의성을 위하여 핵심 부품을 탈부착이 편리한 모듈방식으로 설계 및 제작했다.

그리고 시험용 PCB를 기반으로 하여 최종 제작 시제품에 대한 성능테스트를 진행하고 제어 시스템과 각 주요 부품과의 연동여부를 확인했다.

이후 테스트 결과에 따라 PCB를 수정 및 보완하여 완성도 높은 최종 프로세스 및 프로그램 제작했다. 그림 13은 시험용 PCB 모듈 설계도이다.

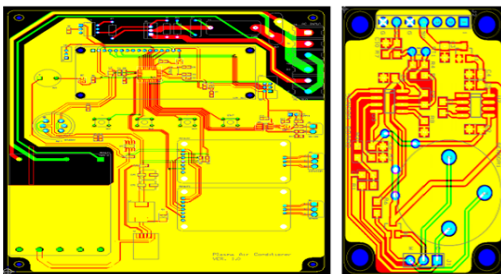


그림 13. 시험용 PCB 모듈 설계도
Fig. 13 Test PCB module layout

V. 결론

본 논문에서는 저온 플라즈마 발생부 모듈과 면상 카트리지 히터 시스템을 개발했다. 플라즈마 히터는 램프와 벨라스터로 구성함으로써 작물의 저장성 향상에 도움이 되도록 하였다.

히터 제어 시스템은 시각화를 통해 사용자의 편의를 제공하며, 제어기 상의 안전장치 제어를 위해 시스

템 블록도를 토대로 제작하였다.

향후에는 시제품의 성능테스트를 진행하고 제어 시스템과 각 주요 부품과의 연동여부를 확인하고자 한다. 또한 플라즈마의 주요기능인 유해물질 살균력 테스트 시험을 시행하고자 한다.

현재 개발하고자 하는 면상 카트리지 히터 시스템의 문제점을 찾고 플라즈마 발생부, 히터부, 팬 모터부, 하우징부 등의 각각 주요 부위들을 수정·보완하여 시제품에 대한 완성도를 높이고자 한다.

ICT 통합제어 시스템은 저온 플라즈마 살균 방식의 면상 카트리지 히터 시스템과 농가에 설치된 기존 설비들과 연동이 가능하도록 외관을 설계하고자 한다.

시스템의 제어요소로는 온도센서와 시간을 기본으로 적용하고 Display의 실시간 모니터링 항목으로 온도, 시간, VOC, 오존량 등을 기본 항목으로 선정한다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농축산물 안전생산·유통관리 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (118083-02-1-HD020)

본 논문은 2019년도 한국전자통신학회 봄철 학술대회 발표논문을 확장한 것입니다.

References

- [1] S. Kim, J. Joen, H. Kim, and J. Kwon, "Heating effects analysis of the semi-basement type greenhouse," *The Korean Society of the Agricultural machinery*, vol. 21, no. 2, 2016, pp. 143.
- [2] S. Jeon, S. Na, J. Huh, and D. Choi, "The Study on Thermal Environment and Energy Consumption of Plastic Houses with Hot air Heating System," *The Korea Solar Energy Society*, 2002, pp. 41-48.
- [3] S. Park, J. Lee, J. Woo, S. Choi, S. Park, and Y. Moon, "Control of Spinach Downy Mildew by Forced Ventilation in Greenhouse Cultivation" *Koran J. Organic Agri*, vol. 22, no. 1, 2014, pp. 147-154.
- [4] W. Jang and J. Lee, "A study on the Vinyl

House Disease in Chonnam rural area," *Korean J. of Family Medicine*, vol. 15, no. 9, 1994, pp. 56-59.

- [5] H. Kim, K. Woo, C. Jo, S. Lee, B. Lee, J. Lee, Y. Lee, Y. Jeon, and B. Lee, "Variation of Microbial Growth in the Storage of Micro and White Rice with Low Temperature Plasma Treatment," *Korean Society for Food Engineering 2018 Spring Conference and Symposium*, vol. 2018, no. 4, 2018, pp. 132.
- [6] H. Kim and C. Won, "Temperature and Contact Time of Glow-discharge Non-thermal Plasma for An Advanced Oxidation of Wastewater," *J. of the Korean Society for Environmental Technology*, vol. 19, no. 2, 2018, pp.108-115.
- [7] H. Baek, "A Study on Educational Contents of Hybrid Electric Vehicle Using Real Time Monitoring System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 2, Apr. 2018, pp. 443-448.
- [8] H. Lee, "Design and Implementation of Cattle Behavior Detection System based on Internet of Things," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, Dec. 2017, pp. 1159-1166.
- [9] X. Hao and C. Kim, "Design and Implementation of a Smart Home Cloud Control System Using Bridge based on IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 5, Oct. 2017, pp. 865-872.
- [10] T. Sung, J. Lee, and D. Kim, "Identifying the Entrepreneurial Opportunities in the Process of the Convergence between ICT and Agricultural Foods," *J. of Industrial Economics and Business*, vol. 29, no. 3, 2016, pp. 1089-1113.
- [11] E. Kim, "Developed Plasma Heater to Increase Cultivation Environment and Storability of Greenhouse and Non-Storage Pool," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Busan, South Korea, 2019.

저자 소개

김응곤 (Eung-Kon Kim)



1980년 2월 : 조선대학교 공학사
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI

