

사업계획서

1. 개발기술 개요 및 필요성

○ 기술개발 필요성

최근 생활 환경성 질환자의 급속한 증가는 사회적, 환경적으로 큰 문제로 대두되고 있는데, 최근 1년 사이 코로나로 인하여 실내 공기오염에 두려움이 크게 자리 잡고 있다. 밀폐된 공간에서 코로나 바이러스가 비말이 되어 여러 사람에게 전파될 수 있다. 이러한 추세에 따라 실내 공기오염에 따른 바이러스 살균 공기 청정기 등의 다양한 제품개발이 활발하게 이뤄지고 있다. 본 개발은 원천적으로 UV-A와 UV-C 및 그에 반응 하는 광촉매를 이용하여, 실내 공기의 살균 및 공기정화와 표면 살균기능을 갖는 스마트 조명을 개발하고자 한다.

최근 코로나 바이러스감염으로 이슈가 된 기숙학교 및 요양병원 등과 같은 밀집 생활공간에서의 건물의 내부 환기 시스템, 일광 조건 등에 의한 공기 질의 저하와 오염, 습기 발생에 따른 미세 유해세균의 증식 가능성이 여러 질병의 원인으로 분석 되고 있다. 또한 인구 밀집도가 높은 대형 쇼핑몰 등과 같은 공간에서 많은 사람들이 다양한 오염원이 전파 가능하고, 쉽게 실내 공기 오염 및 유해 세균 발생이 되는 환경으로 인체에 유해한 많은 요소가 잠재적으로 내재되어 있는 공간으로 파악되고 있다.

따라서, 실내공간을 대상으로 자외선 및 광촉매를 활용하여 오염된 공기를 살균하는 UV 조명장치를 설계하고자 한다. 대규모 밀집 시설 및 감염에 취약한 노약자들의 공동시설 등의 장소에서 UV-C LED 및 광촉매를 이용하여 24시간 공기를 살균하고, UV-A를 이용하여 표면 살균이 가능한 스마트 멸균 조명을 구현하고자 한다. 또한 열과 모션 감지 센서를 탑재하여 생물이 인식되는 경우 살균 조명의 출력이 자동 조절되는 디밍 시스템을 이용하여 인체에 유해할 수 있는 자외선의 노출을 최소화하여 안전하게 이용할 수 있는 스마트 멸균 조명을 개발하고자 한다.

○ 기술개발 개요

1. 자외선 종류와 살균 방법

표 1, 표 2의 살균방법의 비교에서 볼 수 있듯이 자외선 살균법과 기타 살

균방식에서 공기에 대한 살균은 경제성 및 편리성에서 자외선 살균방식이 우수한 평가를 받고 있다. 따라서 자외선 살균방식은 특수한 UV광원을 선정하며, UV 살균을 위한 UV 조명장치가 안전하게 작동하도록 안전작동 시스템을 구축하여 실내공기 살균 시스템을 구성하여 실내 환경에 적용이 가능하다. 다른 살균법들은 특수한 목적으로 활용되어지고 실내 주거공간에 적용하는데 극히 제한적인 요소를 가지고 있다.

CIE 분류			파장별 분류		용도별 분류	
Ozone Produce	오존생성	184.9nm	극자외선	40~100nm	UVA	315~400nm
Germicidel	살균선	253.7nm	원자외선	100~200nm	UVB	280~315nm
Erythermal	홍반선	297nm	중자외선	200~300nm	UVC	180~280nm
Black Light	화학선	365nm	근자외선	300~400nm		

[표 1] 자외선의 종류와 파장 용도별 분류

살균 분류	자외선	열	오존	약품	방사선
균증 살균	모든 살균에 대해 유효	모든 살균에 대해 유효	모든 살균에 대해 유효	특정 살균에 대해 유효	모든 살균에 대해 유효
투과성	공기, 물을 제외하고는 투과성이 없다	물건의 내부에 대해서도 유효	공기 외에는 표면만 유효	물건의 내부에 대해서도 유효	물건의 내부에 대해서도 유효
살균 작용 지속성	조사하는 동안만 유효	가열하는 동안만 유효	오존 잔류 동안만 유효	일반적으로 길다	조사하는 동안만 유효
최적 대상물	공기, 물, 물건의 표면	물, 식품, 기구	공기	물, 식품, 기구	물, 식품, 기구

[표 2] 다양한 살균 방식과 살균 대상

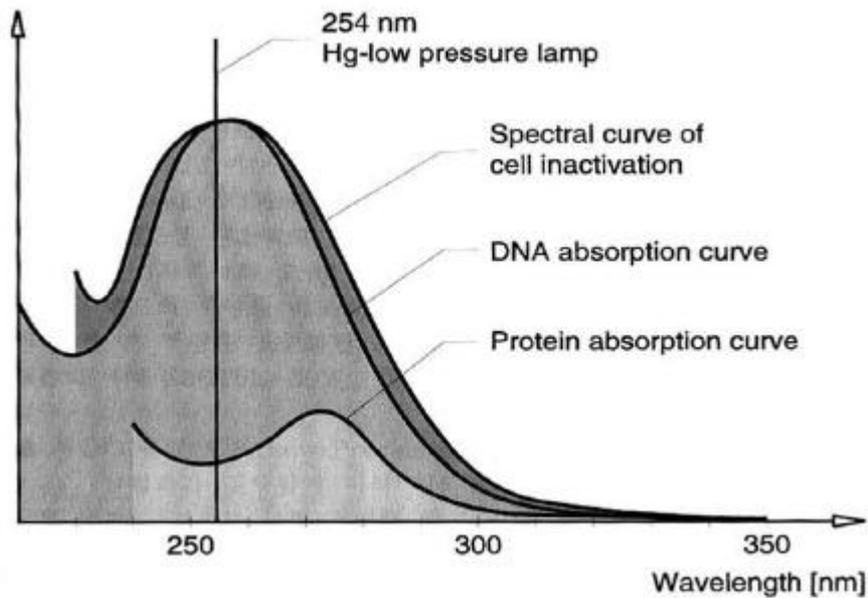
2. 자외선 광원

일반적으로 UV조명 장치의 광원으로는 자외선 방출용 LED(Light-Emitting Diode)가 활용되고 있다.

UV-A는 320~400nm 파장대역으로 실내에서 태닝을 하거나 푸른 조명을 할

때 사용된다. 광촉매가 활성화될 수 있는 에너지원으로 사용할 수 있어 광촉매를 이용한 폐수처리, 대기처리에 사용되어지고 있다.

UV-C는 파장대역이 200~280nm으로 살균선(germicidal)으로서 DNA(Deoxyribo Nucleic Acid)와 단백질 그리고 오존을 잘 흡수하는 파장으로 오존을 잘 분해하기 때문에 최근에는 자외선과 오존의 고도산화(AOP, advanced oxidation process) 공정에 응용되거나 오존 파괴와 소독 목적으로 사용되어 지고 있다. 253.7nm 파장의 자외선은 미생물의 DNA를 파괴시키므로 살균력이 매우 강하며, 100W출력을 가진 자외선을 1분간 조사하면 대장균, 박테리아균, 이질균등은 99%가 사멸된다.



<그림 1> 살균에 영향을 미치는 자외선 파장과 효과

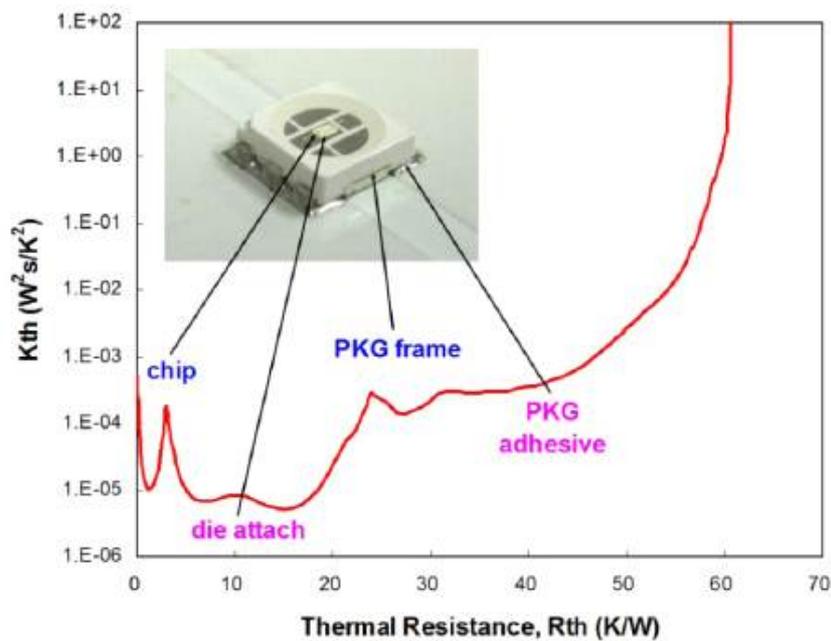
자외선은 살균작용, 표백작용, 비타민D 생성 등 긍정적 기능을 가지고 있는 반면 과도한 노출 시 인체에 유해한 피부노화, 색소질환(기미, 주근깨), 각막염(백내장) 초래 가능성과 피부의 DNA 유전자 변형을 가져와 각종 피부암 유발 가능성도 존재하는 양면성을 지니고 있기에 활용함에 있어서 주의가 필요하며 광원으로 활용하는 경우에 안전작동 시스템을 구축하여야 한다.

2. 개발기술의 독창성 및 차별성

○ LED방열기술 확보

- 마그네슘 방열 기술 확보로 다양한 LED제품 적용 가능

LED 성능과 내구성의 큰 변수로 발열온도의 제어기술이 필요하다. LED에서 전기에너지를 열에너지와 빛에너지로 변환될 때, 기존의 조명용 LED는 최근 열에너지 보다 빛에너지로 치환되는 효율이 좋아졌지만, UV-LED의 경우 아직 에피칩 상태에서 발생하는 빛의 파장이 조명용 청색계열 파장영역보다 매우 짧은 단파장의 UV광을 발산한다. 따라서 강한 에너지로 인해 빛에너지 보다 열에너지가 더 많이 발생(광:15~20%, 열:75~85%)하므로 LED의 성능 및 내구성이 기존 조명용 LED에 비하여 급격히 떨어지는 현상이 발생한다. 최근 수냉식, 공랭식과 더불어 고방사율 도료를 도포한 방열 코팅 등으로 온도 문제가 해결되고 있지만 한계가 있다. 문제를 해결하기 위해 방열 소재에 포커스를 맞춰서 자체 개발한 마그네슘을 이용한 방열기술을 LED에 적용하여 지속가능한 방열성능유지에 성공하였다. 이로써 기존 조명에서는 방열온도를 평균 13%정도 저감하는데 성공하였으며, 동 기술을 동일한 열전달 프로세스인 UV-LED에도 적용하여 효율을 높인 패키징 기술을 확보할 수 있다.



<그림 2> 패키지-온도 구성도

UV-LED



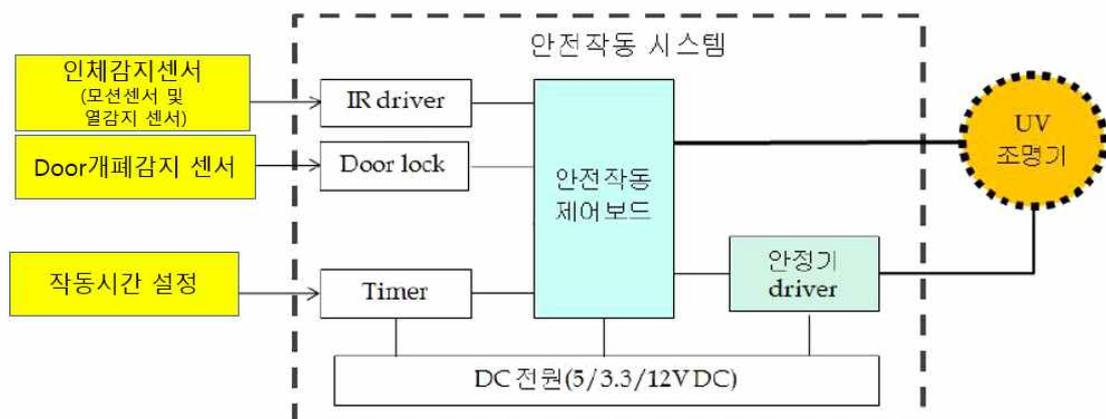
살균조명(405nm)

<그림 3> 스마트 멸균 조명 개요도

○ 안전한 살균 기술 확보

- 살균실내공기 살균 기능을 가지는 조명시스템은 그림과 같이 전자식 안정기를 포함한 UV 조명장치와 UV 조명장치를 제어하는 안전작동 시스템으로 구성되어야 한다.

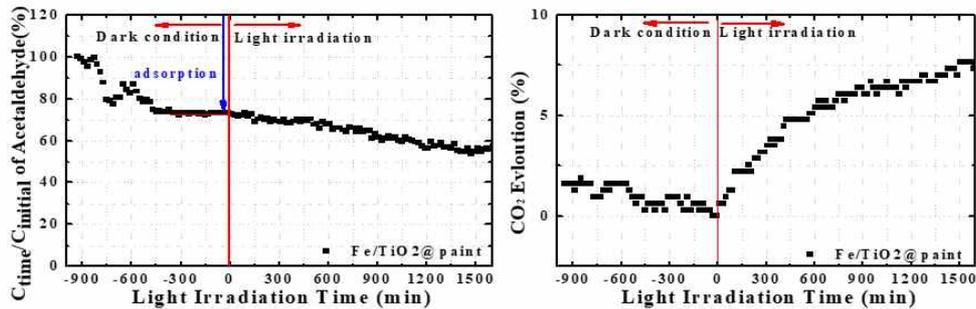
초전센서는 항상 해당공간을 감지하고 있으며, 공간에서 인체 동작감지 입력신호와 조명기기 구동부를 연계하여 2ms 이내에 UV 조명장치 동작을 차단 할 수 있도록 하고 해당 공간 출입구의 개폐시 2ms 이내에 동작을 차단 할 수 있도록 설계하며, 특히 최초 작동 시 강제적 지연시간을 적용토록 설계하여 작동을 시 행키 위한 일련의 상황이 모두 충족 시에만 구동이 되도록 상기 세부 사항에 대해 상호 연동이 가능토록 설계한다.



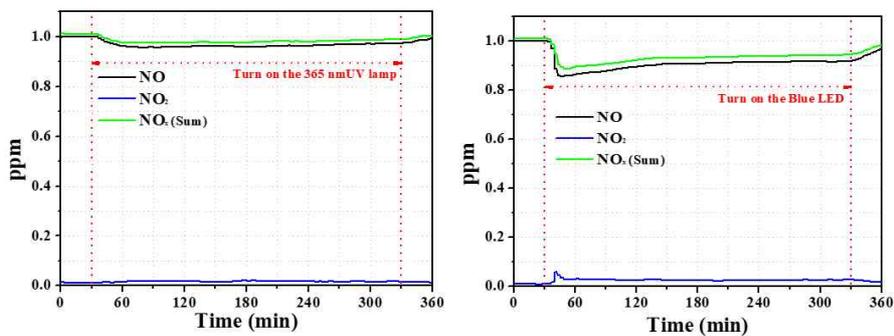
<그림 4> 기능성 UV조명기기 시스템 구성도

○ 가시광촉매를 이용한 살균 및 공기 정화 기술 확보

- 405nm 파장에서 높은 활성화성을 나타내는 자체 개발 가시광촉매를 스마트 살균조명에 접목하여 뛰어난 공기정화능력 및 살균력을 확보할 수 있다.
- 가시광촉매 성능 평가 결과에서 광촉매 도료의 살균력 및 공기 정화 성능을 확인 할 수 있었다. 아래 그림과 같이 가시광촉매 활성화에 의한 공기 오염물질 제거 능력이 확인되었다. 또한 가시광촉매는 살균력을 포함하고 있어 UV LED의 살균력과 더불어 동반 상승효과를 볼 수 있다.



<그림 5> 가시광촉매가 10 % 함유된 페인트의 고정식 반응기에서의 아세트알데하이드 제거 실험 결과



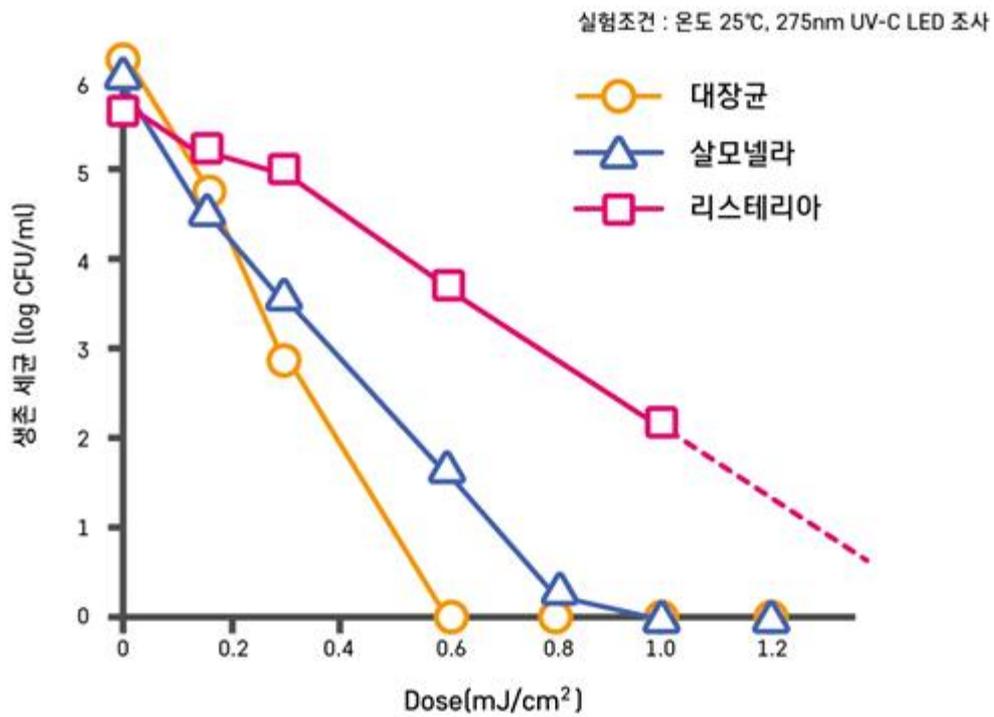
<그림 6> 가시광촉매가 10 % 함유된 페인트의 유동식 반응기에서의 질소산화물 제거 실험 결과

3. 기술개발 준비현황

3.1 선행연구 결과 및 애로사항

○ 선행연구결과

A. UV-LED 세균 살균력

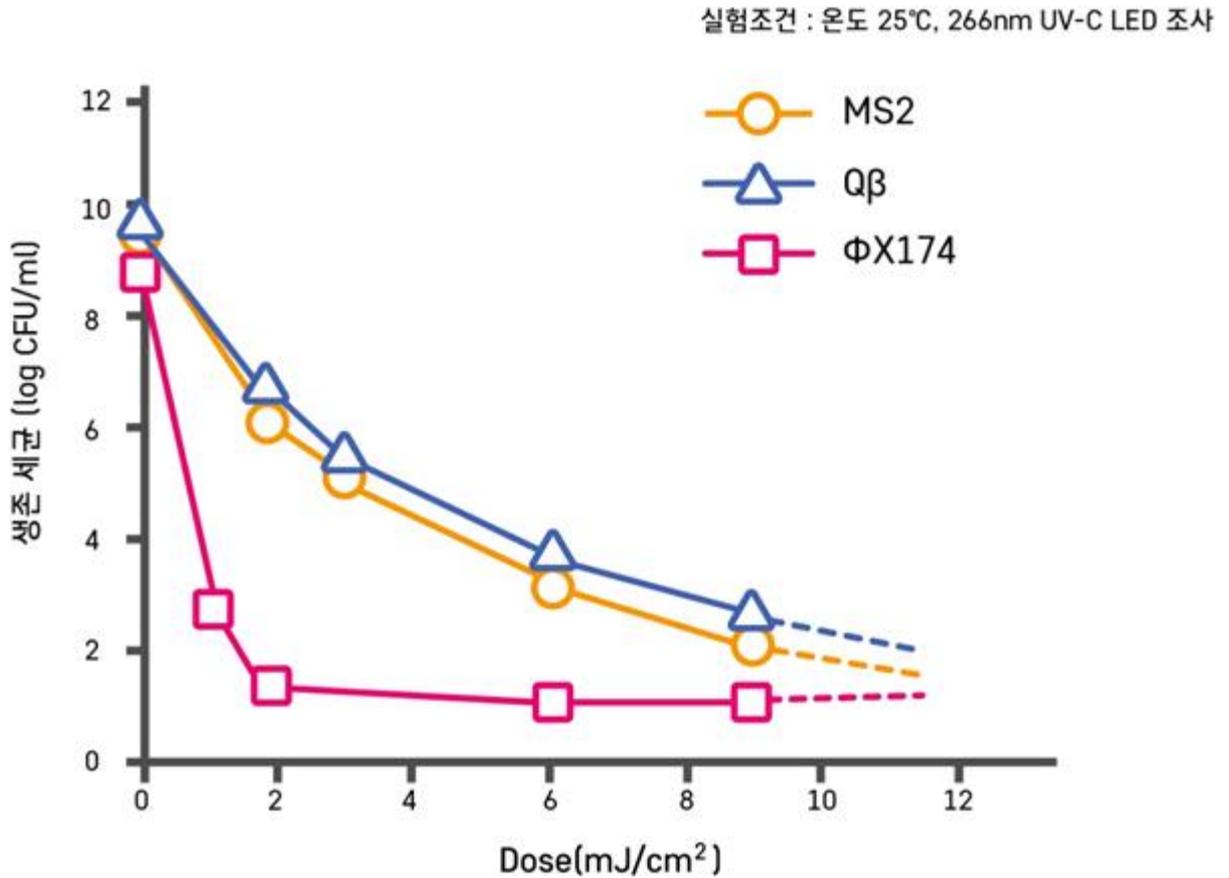


출처 : Appl Environ Microbiol. January 2016. vol.82 no.11-17

<그림 7> 275nm UV-C LED 세균 살균력

UV-C LED는 세균 제거에 탁월한 성능을 보인다. 100mW 급 UV-C LED는 3.4초 만에 살모넬라균을 99.9% 제거하는 살균력을 가진다.

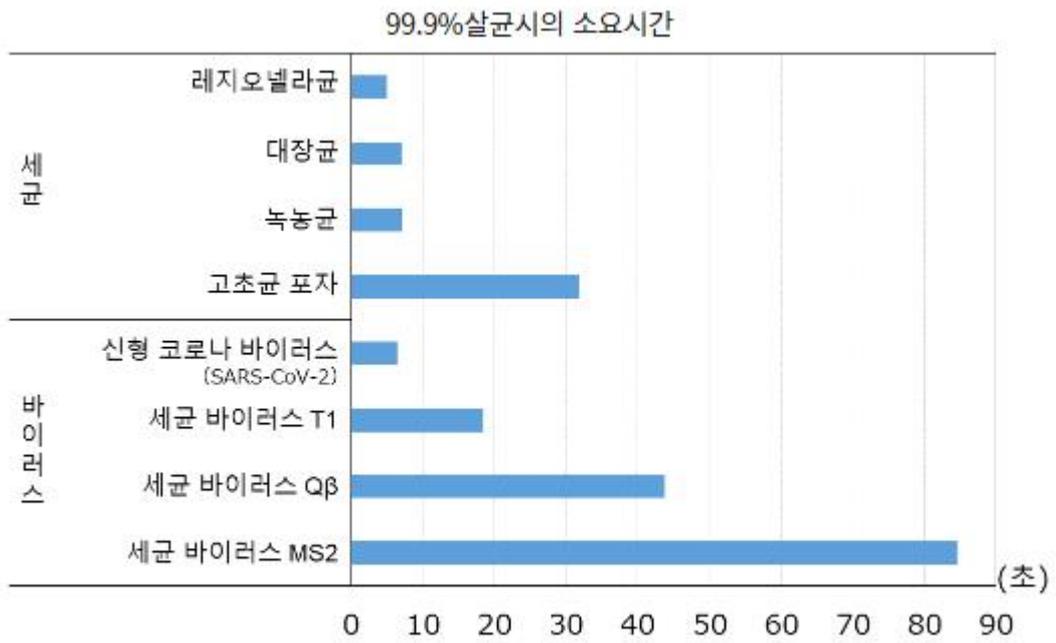
B. UV-LED 바이러스 살균력



<그림 8> 266nm UV-C LED 바이러스 살균력

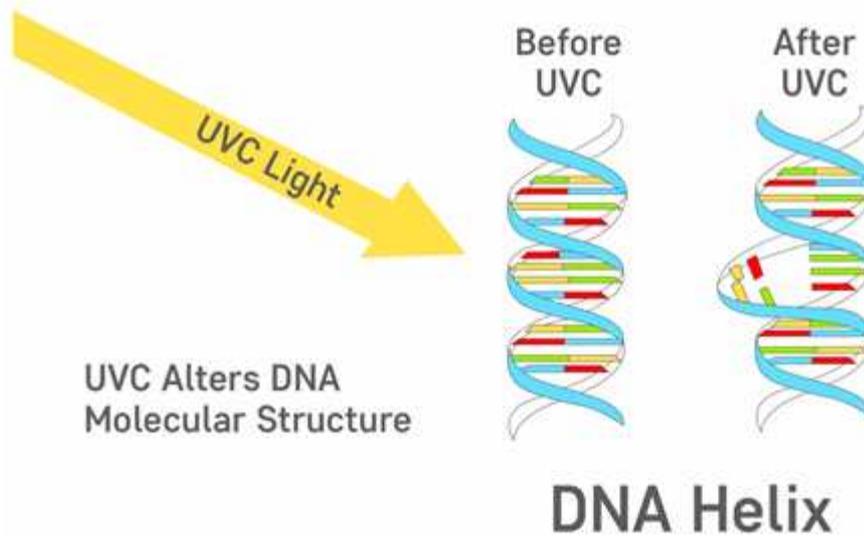
UV-C LED는 바이러스 제거에 탁월한 성능을 보인다. UV-C LED는 다양한 종류(노로 바이러스, 인플루엔자 바이러스, A형 간염 바이러스, 메르스 바이러스, 헤르페스 바이러스 등등)의 바이러스에 모두 살균작용을 가지고 있다. 또한 곰팡이 제거에도 효과가 있다.

또한 10초정도의 UV-C LED 조사로 코로나 바이러스가 99.9% 살균 가능하다.



<그림 9> UV-C LED의 세균 및 바이러스 99.9% 살균 소요시간

The Integrated Ultraviolet Germicidal Lamp
Sterilization rate of 99%,
Which driving escort
for your health protection.



<그림 10> UV-C의 살균 메커니즘

UV-C LED의 멸균 메커니즘은 다음과 같다. UV-C 광원에 노출되면 미토콘드리아 내부의 DNA에 작용하여 Thymine과 adenine의 결합을 파괴하여 dithymine 구조를 형성하게 되어, 세균 및 바이러스의 증식을 막아 살균한다.

- 애로사항 및 전망

UV-LED는 직접적으로 조사되어야만 강한 살균력을 갖지만 이는 인체에 유해하기 때문에 조명에 사용하기에는 적합하지 않다. 또한 UV는 실내조명에 사용되는 광확산판을 통과할 수 없기 때문에 직접조사를 통한 살균력을 가지기에는 어렵다. UV 과량의 빛은 등기구의 황변현상과 내구성에도 크게 영향을 미치기 때문에 아직도 적용하기에는 해결해야 할 점이 많다.

또한 가시광촉매의 높은 효율을 유지하며 조명기구에 도포하는 기술은 아직까지 개발 중에 있다. 가시광촉매가 반응 후 다시 활성화되려면 반응물이 촉매에서 떨어져 나가야 한다. 실내 환경에서는 마땅한 촉매 반응물제거의 방법이 없으므로 재사용 효율 유지도 연구되어야 할 부분이 많다.

하지만 본 과제를 통하여 현재 보유한 차별화된 기술력을 바탕으로 UV-LED 및 가시광촉매를 이용한 살균조명을 성공적으로 개발한다면 현 팬데믹 사태의 종식을 앞당기며 앞으로도 이런 감염병의 확산을 방지하는데 있어 많은 도움이 될 것이다.