눈질환의 항시 비대면 빛치료가 가능한

OLED 스마트 콘택트렌즈

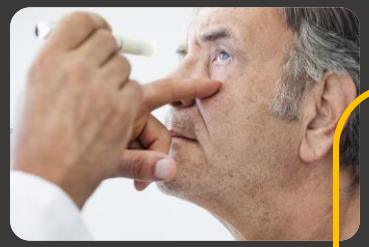
심지훈 (KAIST)
채현욱 (KAIST)
신상배 (PHI BIOMED)

24h

KAIST PHI BIOMED

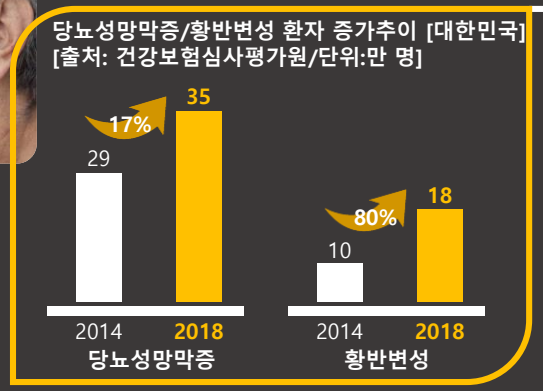
아이디어 배경

"최근 눈질환 환자의 수가 지속해서 증가 중입니다."

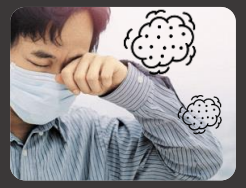


"노인 및 고혈압 & 당뇨계 환자에게서 주로 발생"

3대 눈질환인 당뇨성망막증 및 황반변성의 환자 수가 급증하고 있습니다.

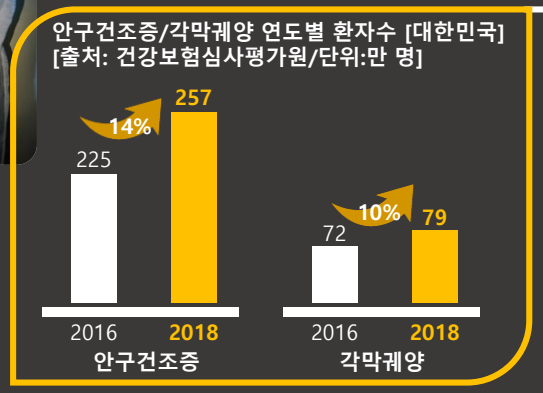


- 고령화 및 당뇨병 환자의 증가로 3대 눈질환인 당뇨성망막증과 황반변성의 발생 빈도가 급격하게 증가하고 있음
- 당뇨성망막증은 망막 모세혈관의 순환장애가, 그리고 황반변성은 죽은 시세포와 시신경의 축적으로 인한 노폐물 화가 주원인이라고 할 수 있음
- 두 질병 모두 초기에는 상의 왜곡 등과 같은 시력 감퇴를 불러일으키며, 증세가 심해지면 결국 실명까지 초래할 수 있음



"장시간의 독서 및 영상 시청, 최근에는 미세먼지도 주 원인"

각막손상, 가볍게 여기면 안구건조증 및 각막궤양까지 유발할 수 있습니다.



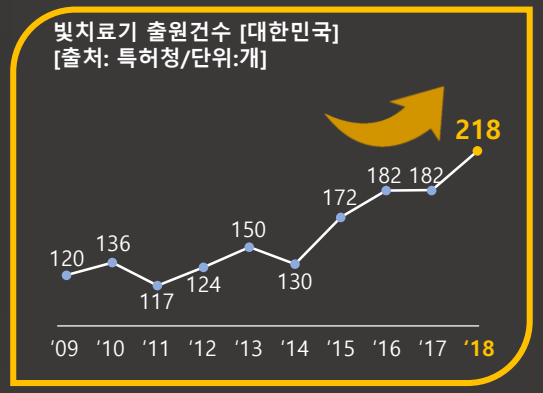
- 주로 건조한 환경 및 먼지 등에 의해 각막이 상처받아 발생하며, 잦은 독서 및 영상 시청 또한 영향을 미칠 수 있음
- 초기에는 눈이 시리고 모래알이 들어간 듯한 이물감을 느끼게 하며, 증세가 심해지면 안구건조증을 유발할 수 있음
- 각막손상이 심해지면 각막 탈락부를 통한 세균 감염의 가능성을 높이므로, 감염성 각막염인 각막궤양까지 유발할 수 있음

아이디어 배경

"빛치료와 디지털 헬스가 융합된 스마트 콘택트렌즈로 눈질환을 극복하고자 합니다."

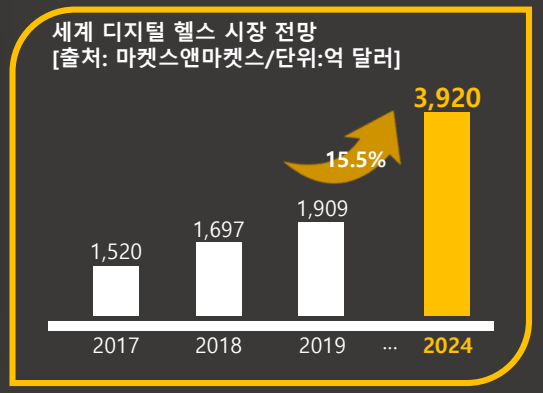
빛치료

- 빛의 특정 파장이 특정 세포의 증식과 활성화에 효과를 보이는 원리를 활용하는 비침습식 치료법
- 제품 구현이 편리하며, 환자가 쉽고 고통 없이 치료에 활용할 수 있다는 점이 큰 장점



디지털 헬스

- 의료 질 향상과 의료비 절감을 위해 의료와 ICT가 융합해 개인의 건강과 질병을 관리하는 산업기술
- 포스트 코로나 시대에 부합하는 비대면 원격의료와 모바일 건강관리를 통한 홈케어가 디지털 헬스의 대표 키워드



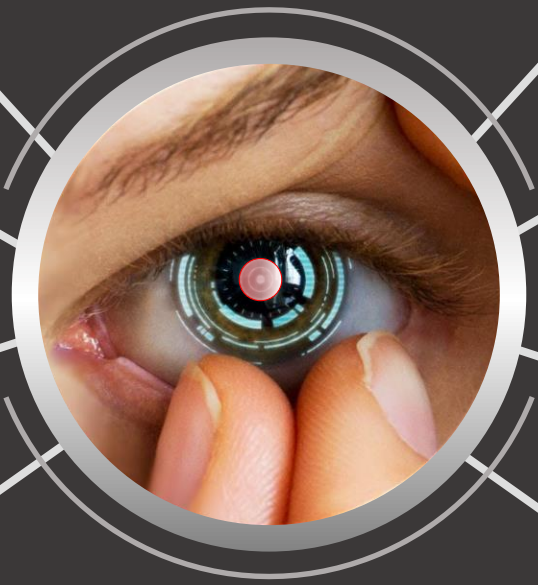
눈질환 치료를 위해 레이저 및 LED를 이용한 빛치료 기구들이 상용화되었지만, 대부분이 크고 전문 의료 장비에 속하기에 주기적인 치료를 받아야 하는 경우 환자가 병원에 자주 방문해야 하는 불편함이 있었음. 따라서 친숙한 콘택트렌즈형 광원 소재를 이용하여 기존의 한계점을 극복하고자 함

아이디어 배경

"그렇다면 도대체 왜 OLED 스마트 콘택트렌즈일까요?"

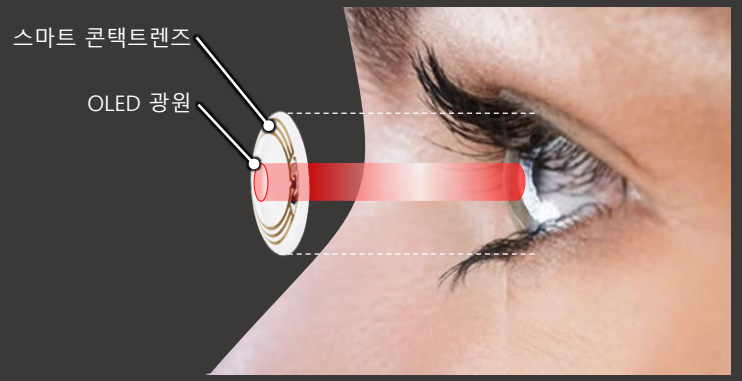
스마트 콘택트렌즈

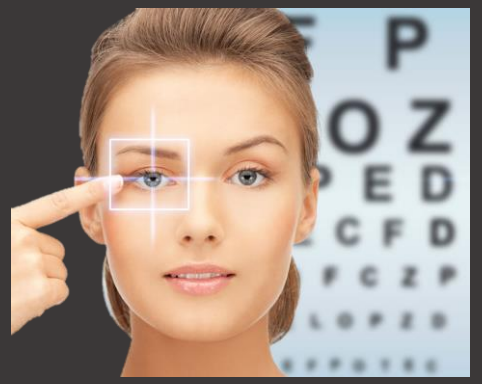
- 운동 및 활동적인 야외활동 등에도 제약 없이 빛치료가 가능
- 수면 중에도 항시 착용할 수 있어 이론상 24시간 빛치료가 가능
- 광원이 안구에 접하고 있으므로 빛 손실이 적어 타 플랫폼에 비해 전력효율이 우수
- 안경 형태의 제품보다 더 넓고 선명한 시야를 확보할 수 있음



OLED

- 유연하고 면광원 구현이 가능하여, 딱딱하고 점광원인 LED에 비해 콘택트렌즈 적용 유리
- 수백 나노미터 두께로 소자 구현이 가능하여 수백 마이크로 두께 콘택트렌즈에 적용 유리
- 저온 발광이 가능하므로 광원이 안구에 접하여도 국부 발열과 같은 문제가 없음
- 투명 OLED 소자 구현이 가능하므로 이를 콘택트렌즈에 적용 시 시야 확보에 유리

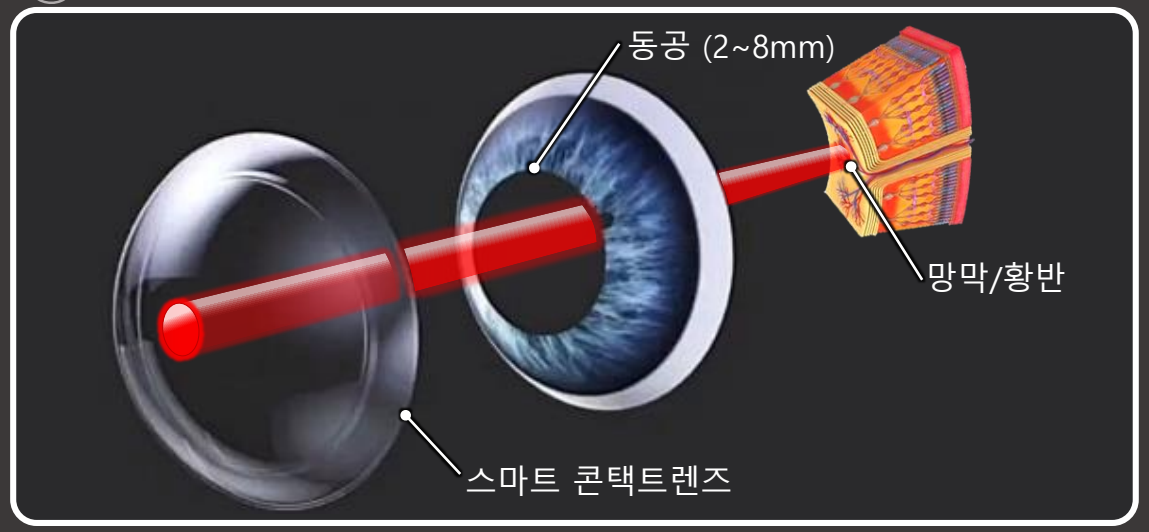




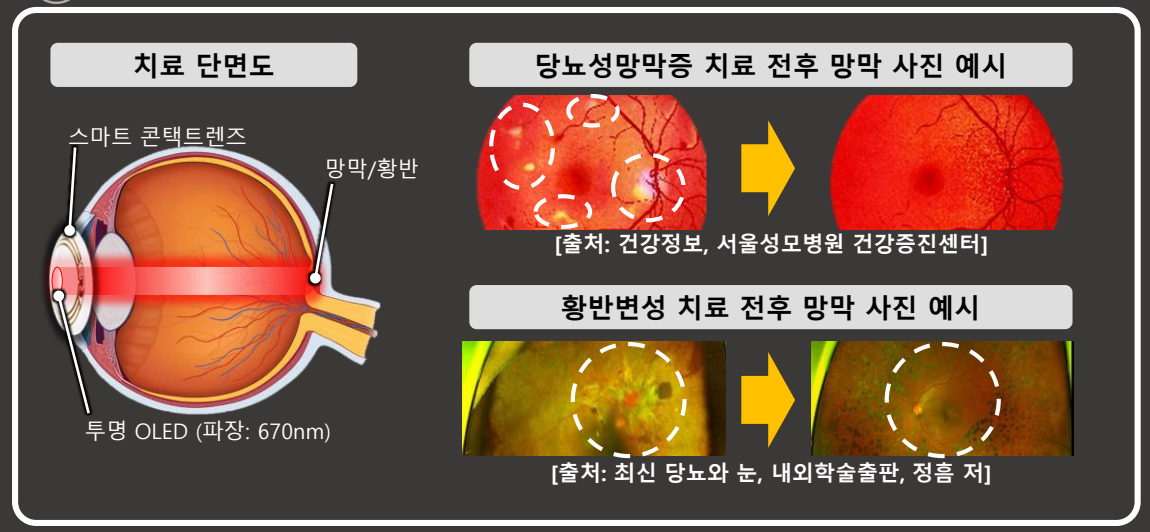
스마트한 눈질환 치료로 건강한 눈 생활 영위를!

"스마트 콘택트렌즈가 당뇨성망막증 및 황반변성을 치료하는 원리는 무엇일까요?"

스마트 콘택트렌즈 삼차원 모식도 (원형)



당뇨성망막증 및 황반변성 치료 원리

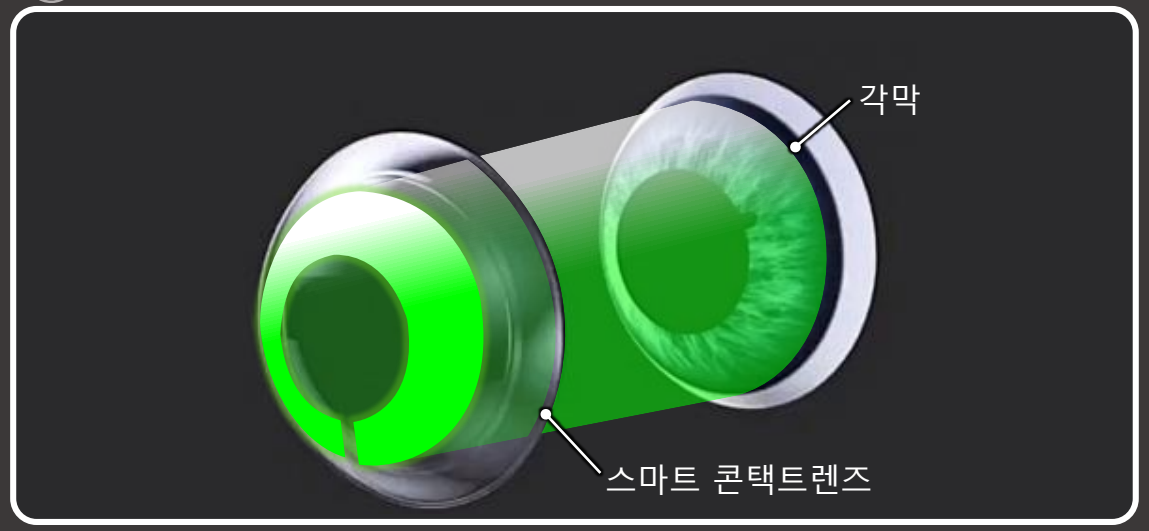


투명 OLED 적용을 통한 사용자의 시야 확보

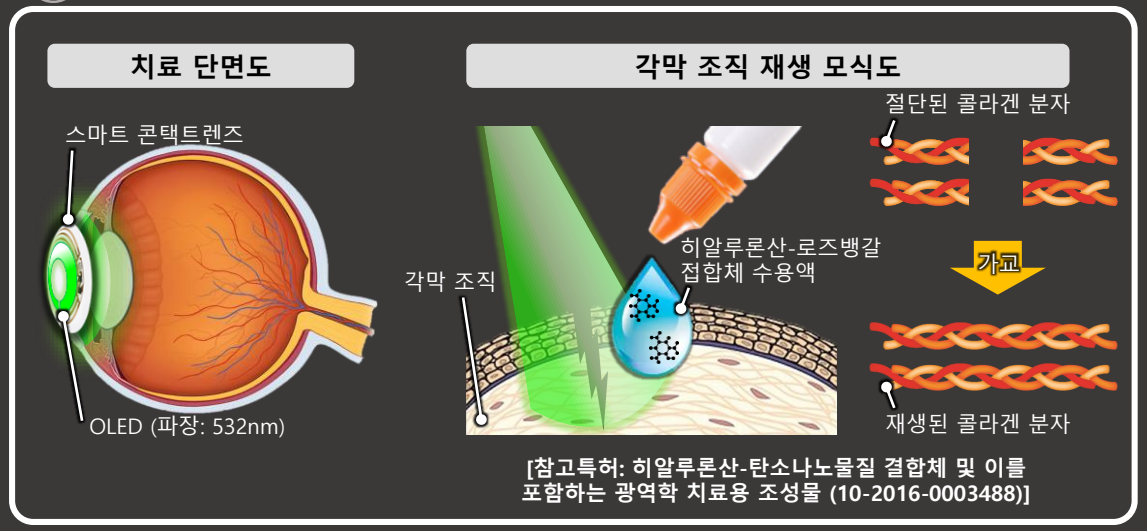
- 670nm 파장의 Nd:YAG laser가 당뇨성망막증 및 황반변성 광응고 치료 시스템으로 이미 활용되고 있음
- 상기 방법에 착안하여 670nm 파장의 OELD를 콘택트렌즈 소재에 집적하여 같은 의료 효과 및 편의성을 꾀하고자 함
- 원형의 플렉시블 OLED를 동공 부에 위치할 수 있도록 하여 빛이 정상적으로 망막/황반부에 도달할 수 있도록 함
- 원활한 시야 확보를 위하여 투명 OLED 기술을 적용, 비 발광 (비치료) 시에는 사용자가 주변 사물들을 인식할 수 있음

"스마트 콘택트렌즈가 각막손상을 치료하는 원리는 무엇일까요?"

스마트 콘택트렌즈 삼차원 모식도 (고리형)

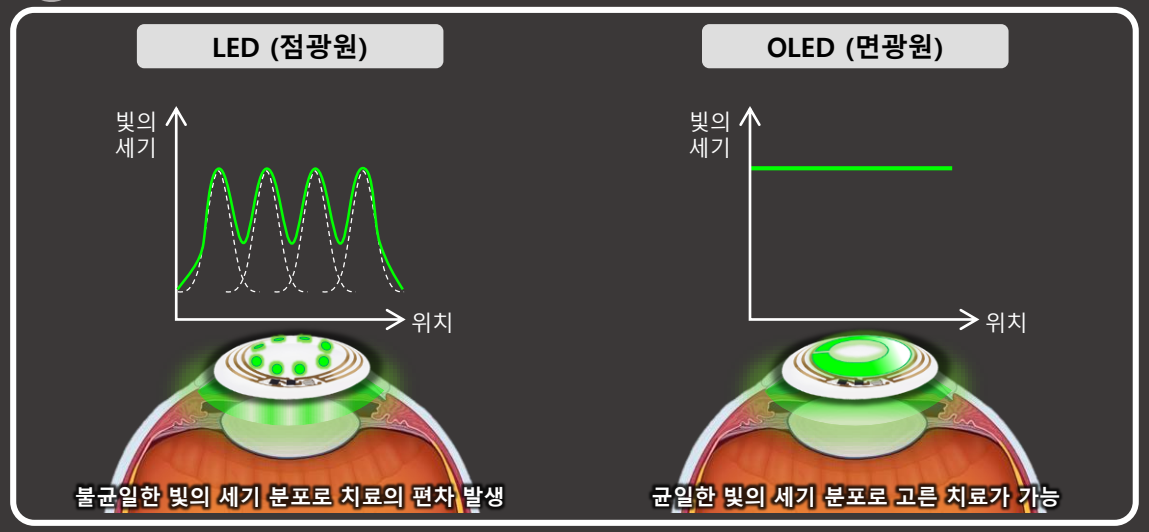


각막손상 치료 원리



[참고특허: 히알루론산-탄소나노물질 결합체 및 이를 포함하는 광역학 치료용 조성물 (10-2016-0003488)]

각막 전 영역을 균일한 빛의 세기로 조사하는 OLED

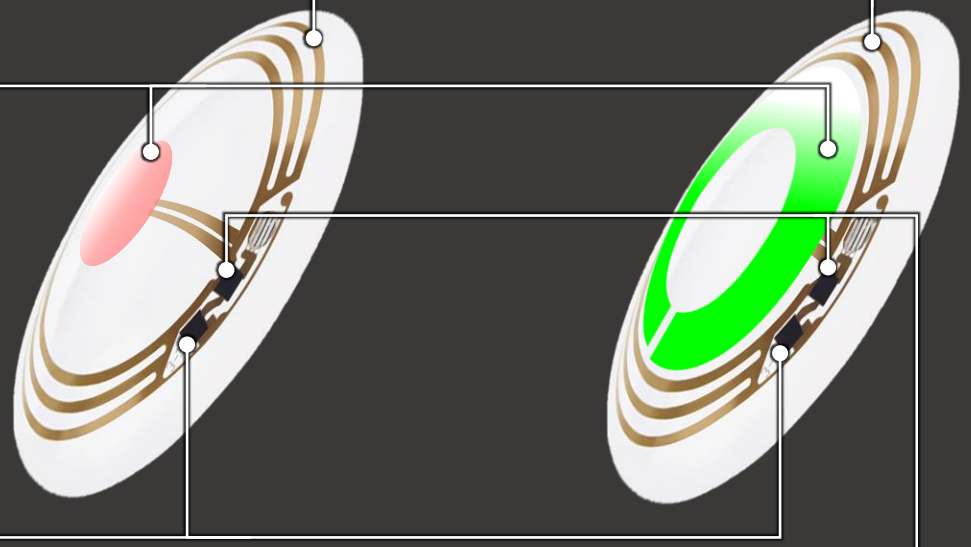


- 532nm 파장의 빛이 히알루론산-로즈뱅갈 접합체를 활성화해 콜라겐 체인들끼리 공유결합을 이루게 됨
- 각막 전 영역을 균일한 빛의 세기로 조사하기 위하여 면광원 구현이 가능한 플렉시블 OLED를 사용
- 만약 LED array 활용 시 불균일한 빛의 세기 분포로 인해 치료의 편차 또는 국부 발열 문제를 초래할 수 있음
- 동공 부가 비어 있는 고리형 구조를 사용함으로써 사용자의 시야 확보를 통한 활동성 증진이 가능함

"OLED 스마트 콘택트렌즈는 무엇으로 이루어져 있을까요?"

빛치료를 위한 핵심 소자. 동공 부에 위치하는 경우 시야 확보를 위한 투명 OLED가 적용될 수 있음

외부의 전력 공급원으로부터 전자기유도를 통해 교류 전압을 공급받는 역할을 함



교류 전압을 직류 전압으로 변경하여 OLED에 가장 적합한 구동 전류를 공급하는 역할을 함

안테나로부터 공급된 전기에너지를 보관하여 스마트 콘택트렌즈가 독립적으로 작동하게 함

구현방법

"OLED 스마트 콘택트렌즈 시스템의 구현 방법은 무엇일까요?"

스마트 콘택트렌즈 시스템 구현 방법 모식도

1. 스마트 콘택트렌즈의 안테나가 스마트기기로부터 교류 전력을 수신 (RF)
2. ASIC 칩 내 정류기가 교류→직류 전력으로 전환 후 초소형 배터리에 저장
3. 직류 전력이 OLED에 전달되어 눈질환 빛치료 시작
4. ASIC 칩 내 NFC가 빛치료 시간, 세기 등의 정보를 읽어 들여 스마트기기로 발신, 이후 사용자가 이를 조절 및 제어할 수 있는 기능까지 담당

스마트 콘택트렌즈 애플리케이션 활용 모식도

- 스마트 콘택트렌즈 애플리케이션은 사용자에게 잔여 배터리, 누적 치료 시간, 광원 세기 조정 기능 등을 제공
- 주치의로부터 비대면 진단에 따른 주간 치료 일정 및 의학 정보 등을 실시간으로 전달받아 눈질환 빛치료에 적극적으로 활용할 수 있음

"알츠하이머 예방 및 미용 콘택트렌즈로의 활용 등 범용성이 탁월합니다."

알츠하이머 예방

- 현재 전 세계 알츠하이머 환자는 약 5,000만 명으로 추산되며 국제 알츠하이머 협회(ADI)에 따르면 2050년 약 1억 3,000명까지 늘어날 것으로 예상됨
- 권위 있는 학술지 Nature에 따르면, 40Hz로 점등하는 백색광은 대뇌의 후두부로 전달되어 시각피질에 감마 유도 파를 일으키고 이에 따라 알츠하이머 예방이 가능하다고 기술되어 있음
- 스마트 콘택트렌즈 내 ASIC 칩 내에 40Hz 주파수 구동 회로를 추가하고 백색 광원을 동공 부에 위치시키면 알츠하이머 예방이 가능한 시스템을 구현할 수 있음

[출처: Iaccarino, Hannah F., et al. "Gamma frequency entrainment attenuates amyloid load and modifies microglia." Nature 540.7632 (2016): 230-235.]

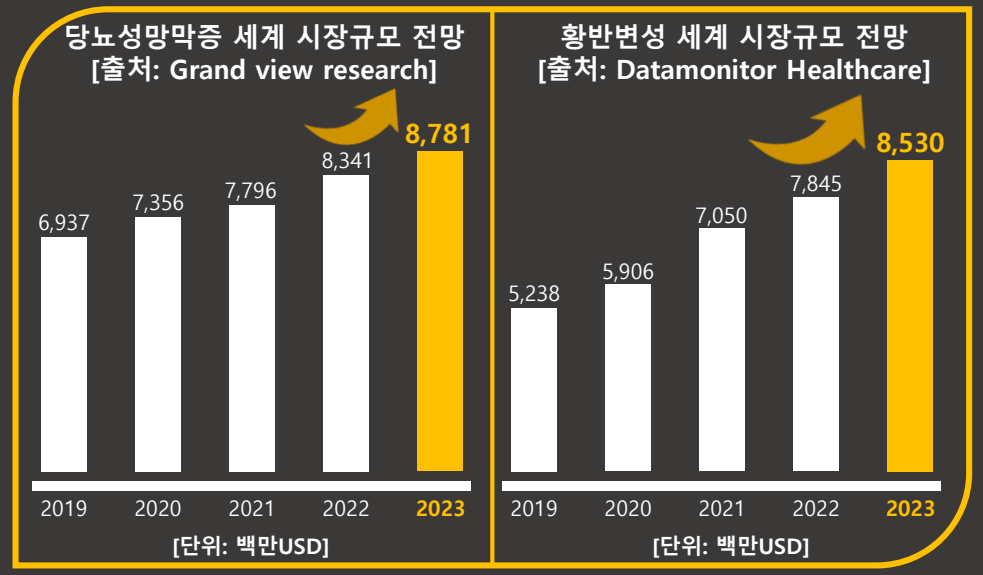
미용 콘택트렌즈

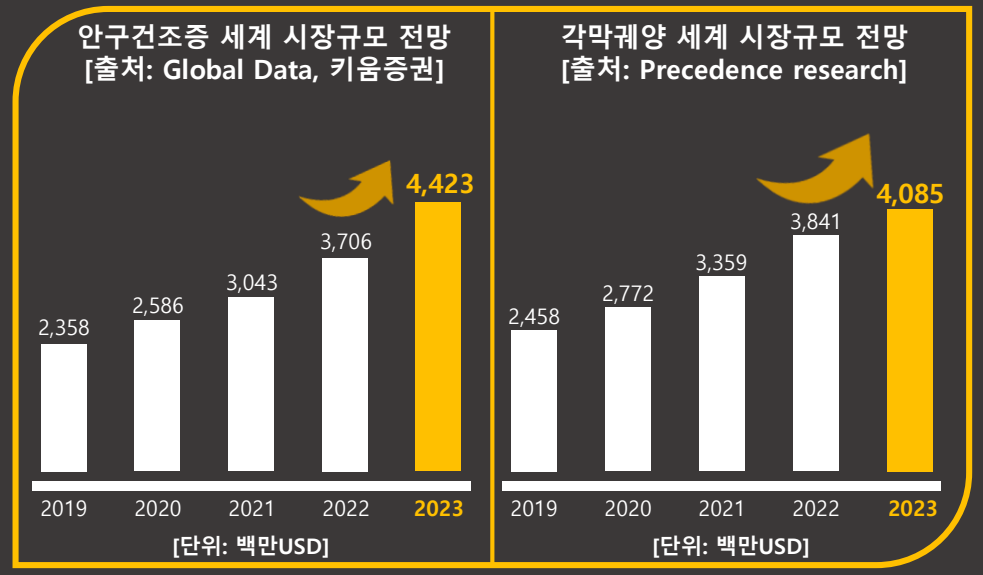
- Global Market Insights 통계 조사에 따르면 매년 미용렌즈 시장의 성장률은 7% 이상으로 추정되며, 그중 아시아 태평양 지역 시장이 전 세계의 70% 이상을 차지하고 있음
- OLED는 면광원으로 발광 면적 및 패턴을 자유롭게 변경할 수 있으며, 탠덤 OLED 및 병렬 적층형 구조를 활용하면 색상 변환도 가능함
- 특히, 액티브 매트릭스 (Active matrix) 구동 방식을 적용하여 매번 새로운 패턴과 디자인의 개성 있는 미용 콘택트렌즈를 구현할 수 있음

기대효과

"대한민국 최고의 디스플레이 기술력과 의료 산업의 융합, 꿈이 아닌 현실이 됩니다."

- 2023년 3대 눈질환 및 각막질환의 글로벌 시장 규모는 각각 172억, 85억 달러로 크게 전망되는 만큼, 그 수요가 점점 늘어날 것으로 기대됨
- 포스트 코로나로 인한 비대면 열풍에도 잘 맞으며, 3대 눈질환 및 각막질환을 효과적으로 치료할 수 있는 빛치료 기반 디지털 헬스 애플리케이션이 효과적으로 구축된다면, 분명 큰 시장성을 확보할 수 있을 것으로 기대됨
- 친숙한 콘택트렌즈 소재에 다양한 응용력을 지닌 OLED가 탑재된다면, 그 활용은 상기 치료 목적뿐만 아니라 다양한 분야에 이르기까지 널리 이용될 수 있으므로 그 가치가 무궁무진할 것으로 기대됨
- 투명 OLED와 플렉시블 OLED 등의 기반 기술 분야에서 이미 세계 최고 수준으로 인정받는 대한민국의 디스플레이 산업과 세계 최고의 대한민국 의료 산업이 함께 힘을 합친다면, OLED 스마트 콘택트렌즈의 구현 및 임상시험은 시간문제일 것이며 곧 가까운 미래에 제품 상용화까지 가능할 것으로 기대됨





감사합니다

본 연구는 한국연구재단 선도연구센터지원사업 (NRF-2017R1A5A1014708)의 지원을 받아 수행되었습니다.