

고속/고정밀 3차원 영상획득을 위한 단안식 플렌옵틱 현미경 기술 개발요약

성과Track	기초·미래선도	산업육성		국가·사회문제해결				
		○		탄소중립여부	여, ⊕			
협약(세부)과제명	(세부4) 플렌옵틱 현미경 영상획득 및 검진기술 개발							
과제번호	협약(세부) 과제번호		NTIS 과제번호					
	23HK1200		1711193669					
성과목표	[5-2]지역특화산업 연계 현장 맞춤형 지능화 솔루션							
총 연구기간	2020년 4월 1일~ 2023년 12월 31일							
총 연구비	총 5,227백만원		정부: 4,700백만원 민간: 527백만원					
	연구자 성명	직할부서	연구본부/연구실	직위/직급				
	이문섭	호남권연구센터	광패키징연구실	이문섭				
기선정 등 (해당 시)	기선정자	기선정 과제		다과제				
	()	()		()				
성과 정보								
성과 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 마이크로렌즈 어레이 적용 세계 최고 수준 플렌옵틱 현미경 영상획득 및 검진 기술개발 • 고속/고정밀 3차원 영상획득을 위한 Skip-bound 마이크로렌즈 어레이(MLA) 기반 단안식 플렌옵틱 카메라와 영상 처리기술을 개발하여 멀티포커스 플렌옵틱 현미경에 적용 • 3D 공정검사 장비 및 In-vivo 피부진단, 3D 손톱(네일) 영상획득 기기 활용 • Skip-bound 마이크로렌즈 어레이를 통해 기존 플렌옵틱 기술 대비 공간 해상도의 저하 없이 기존 기술보다 4배 이상 깊이 정보 획득 가능 • Zoom 기능 내장, 4-DoF 및 Plenoptic 1.0/2.0/Multi-focus(<12μm Depth range/HD급 수평해상도) 및 학습 기반 플렌옵틱 영상처리 기술(>13fps 영상복원 속도) 개발 ※SCI 논문 4건 해외 우수학술대회 9건, 국내 특허 출원 1건, JPEG-PLEO 표준 발표 1건, TTA 국내 표준 1건(예정) • 기술이전을 통한 13.4억 원 매출 창출 기여(제품명: Automatic Optical Inspector) • IFA 2023(독일), K-Display2023, 한국전자전2023 등 전시회 참여 및 전자신문 등 언론 홍보 							
정량성과	기본지표	논문		특허		기술이전		
		SCI(건)	비SCI(건)	해외(건)		국내(건)		건수
	4	9	출원	등록	출원	등록	4(1)	
	심화지표	표준화된 IF 상위 20% SCI 논문(건)		특허활용률 (기술이전건수/특허등록보유건수)	국제표준승인표준 기고서(건)	3급 특허(건)	연구비 대비 기술료 수입(%)	
2		-	-	2.9%				
대표성과 1	<ul style="list-style-type: none"> - (국산화, 기술 선점) 마이크로렌즈 어레이부터 광학계, 플렌옵틱 카메라, 영상처리, 국내 표준화까지 전 주기적 R&D 추진으로 국내 플렌옵틱 연구개발 수준 향상 ※'21~'23년 국내 특허 출원 5건 및 해외 출원 2건 • 멀티포커스 플렌옵틱 영상 취득을 위한 마이크로렌즈 어레이 및 그 제조 방법 ※국내 출원번호: 2022-0152344(2022.11.15.), 해외(미국) 출원번호: 18/342625(2023.06.27.) • 다중초점을 갖는 마이크로렌즈 어레이 제작 방법 ※국내 출원번호: 2023-013599(2023.10.13.) 							
대표성과 2	<ul style="list-style-type: none"> - (기술사업화 및 매출 창출) 플렌옵틱 현미경 기술의 공정 및 의료분야 적용사례 발굴 • 플렌옵틱 현미경의 후공정 검사장비 적용, 3차원 피부질환 진단기기(Plen-Derm), 3차원 네일 영상 획득기기(인네일 3D) 등 3건 기술이전 완료 ※추가로 플렌옵틱 현미경 영상획득 기술에 대해 1건 기술이전 계약단계 및 1건 진행 예정 • 기술사업화 매출 창출 기여(13.4억 원, Automatic Optical Inspection) • 피부진단 기술/플렌옵틱 현미경 시스템 기술이전 기업의 플렌옵틱 기술 상용화 추진 ※플렌옵틱 3D 손톱(네일) 영상획득 기기 (CES2024 출품 예정) • IFA 2023(독일), K-Display2023, 한국전자전2023 등 전시회 참여 및 전자신문 등 언론 홍보 							

2023년도 ETRI 대표성과 요약서(상세)

1. 성과명

고속/고정밀 3차원 영상획득을 위한 단안식 플렌옵틱 현미경 기술 개발

2. 성과내용

기술개발 목표달성도

기술적 선점이 필요한 분야

- 마이크로렌즈어레이 기반 플렌옵틱 기술은 하나의 카메라에서 마이크로-메소-매크로 영역에서 3차원 영상을 획득할 수 있는 기술로서 머신비전, in-vivo 3차원 의료영상, 문화재 영상획득, 로봇 비전등 다양한 분야 적용
 - ※ 플렌옵틱 영상 획득 카메라시장은 2020년 10.8억\$에서 2030년에 58.7억\$로 예측되며, 응용분야는 의료, 머신비전, 국방, 엔터테인먼트 등임 (플렌옵틱 카메라 시장, '21.02. Global Information)
 - ※ 플렌옵틱 기술은 라이트필드 기술로도 불리우며 다수의 카메라 어레이를 적용한 방식과 마이크로렌즈어레이를 통해 영상을 획득하는 방식으로 구분할 수 있으며 본 기술개발은 마이크로렌즈어레이를 적용한 방식으로 현재 국제표준 (JPEG, MPEG)등이 추진중
- 해외에서는 JPEG 국제표준화¹⁾ 기구에서 플렌옵틱 영상처리에 대한 표준을 진행하고 있으며, Raytrix¹⁾, Pelican imaging 등에서 제품을 출시하여 머신비전, 로봇 비전등에 활용하고 있으나 국내에서는 대학 등에서 산발적으로 연구를 수행중으로 마이크로렌즈어레이 소자부터 응용분야까지 전주기적 R&D와 사업화가 요구됨
 - 1) JPEG(ISO/IEC JTC1 SC29 WG1)에서는 2014년 JPEG Pleno에서 플렌옵틱 영상에 대한 프레임워크, 압축, 코딩에 대한 표준화(ISO/IEC 21794)를 진행중에 있으며 현재 프레임워크, 코딩에 대한 표준화를 완료하고 영상 처리에 대한 표준을 진행중
 - 2) Raytrix사는 멀티포커스 플렌옵틱 특허기술을 바탕으로 최초로 상업용 플렌옵틱 카메라를 상용화하고 LG, 삼성, Hynix 등과 협업을 진행중

기술개발 목표

- 마이크로렌즈어레이를 기반으로 고속, 고분해능 3차원 형태학적인 영상을 획득할 수 있는 단안식 플렌옵틱 현미경을 개발하고 이를 의료분야 (in-vivo 3D 피부진단, 네일진단 등) 및 미세공정(반도체, 디스플레이, SMT) 결합진단 분야에 적용
 - (목표 ①) 독창적인 마이크로렌즈어레이 및 플렌옵틱 현미경 광학계 개발
 - (목표 ②) 4 DoF 플렌옵틱 현미경 시스템 개발 및 영상처리 기술 개발
 - (목표 ③) 플렌옵틱 현미경 기술의 공정 및 의료분야 적용사례 발굴

<기술개발 개념도>



□ 기술개발 목표의 달성 성과 및 핵심기술 확보

[개발목표 ①] 독창적인 마이크로렌즈어레이 및 플렌옵틱 현미경 광학계 개발

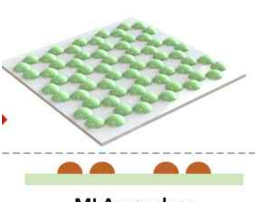

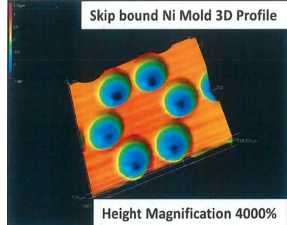

- ➔ (달성성과) 적층형 Skip-Bound 마이크로렌즈어레이(MLA) 및 플렌옵틱 현미경 광학계 개발 (국내 특허출원 2건, 국제특허 출원 2, SCI 논문 1건, 시제품 2건, 우수포스터상 1건(COOC 2023))

➔ (핵심기술 확보)

- (멀티포커스 플렌옵틱 영상획득을 위한 적층형 Skip-bound MLA) 단일 마이크로렌즈어레이를 서로 다른 NA를 갖도록 적층하는 Skip-bound 마이크로렌즈어레이를 통해 기존 플렌옵틱 기술 대비 공간 해상도의 저하 없이 기존 기술보다 약 4배 이상의 깊이정보를 획득 (NA:0.01, 0.2, 0.8)

특히, 본 특허의 Skip-connection 방식 마이크로렌즈어레이는 해외 기업이 가지고 있는 멀티포커스 원천특허를 극복할 수 있는 독창적 방식임

(관련특허 : 멀티포커스를 갖는 플렌옵틱 카메라 및 이를 위한 마이크로렌즈어레이 제작방법 (한국/미국, 출원, 18/342625, 2023.06.27.), 다중초점을 갖는 마이크로렌즈어레이 제작방법(한국, 출원, 2023-0136599, 2023.10.13.))

			
Skip-bound MLA	MLA Mold (시제품1)	측정결과 (3D Profile)	MLA

	
적층 구조	광학적 측정결과

- (플렌옵틱 1.0/2.0 대응을 위한 Zoom 광학계) 플렌옵틱 1.0과 플렌옵틱 2.0을 동시에 대응할 수 있는 Zoom 기능이 내장된 플렌옵틱 광학계를 설계 및 제작

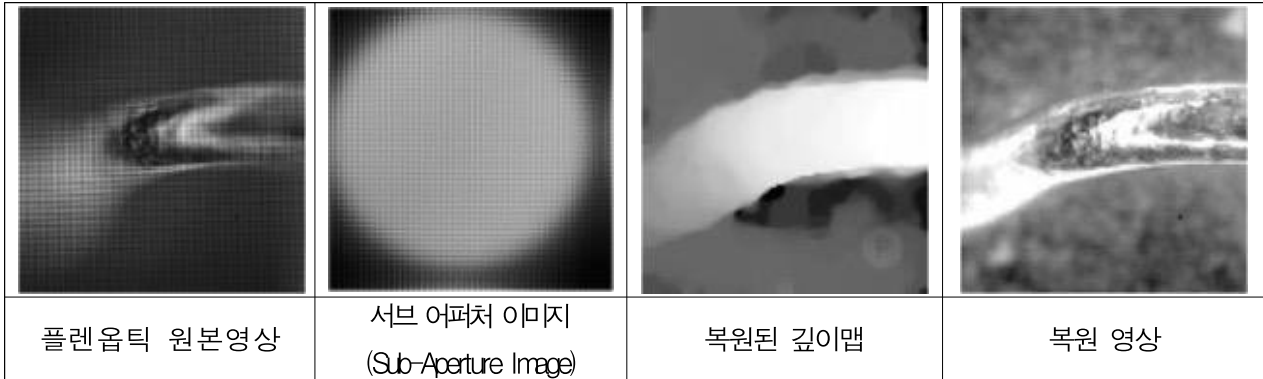
		
듀얼줌 카메라 구성도	듀얼줌 플렌옵틱 카메라(시제품)	MLA Align 검사시스템

[개발목표 ②] 4 DoF 플렌옵틱 현미경 시스템 개발 및 영상처리 기술 개발

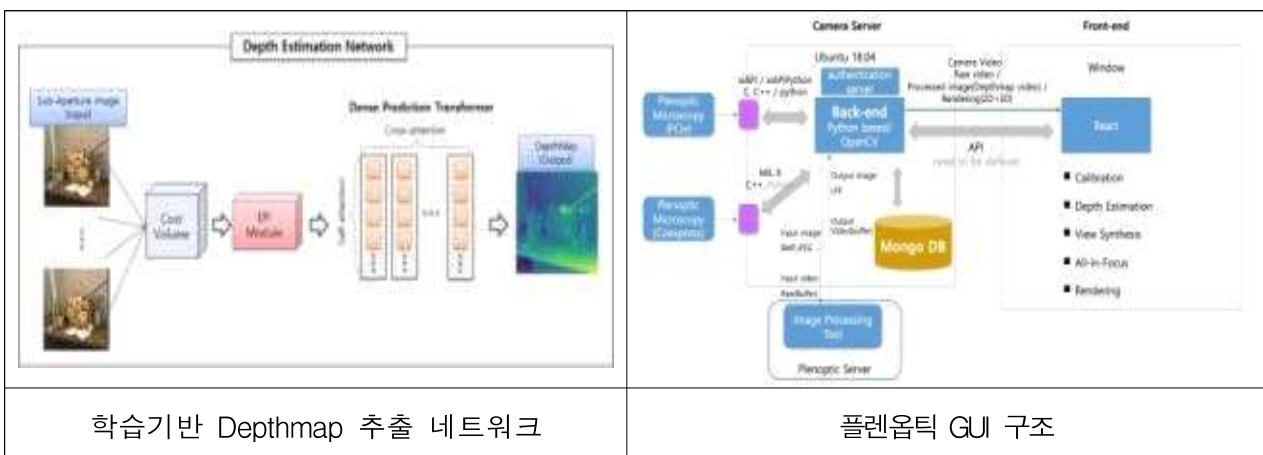
- ➔ (달성성과) 4-DoF 및 Plenoptic 1.0/2.0/Multi-focus 플렌옵틱 현미경 개발 (<12um Depth range/HD급 수평해상도) 및 학습기반 플렌옵틱 영상처리 기술 (>13fps 영상복원 속도) 개발 (SCI 논문 4건, ICLR 2023 3건, ICML 2023 4건, ICCV2023 1건 등 해외우수학술대회 9건, 국내특허출원 1건, 국내표준(TTA) 1건(예정), JPEG-PLEO 표준 발표 1건)

➔ (핵심기술 확보)

- (고정형 플렌옵틱 현미경 시스템 시작품 제작) : 10x, 20x 50x 배율 에 따른 > 90fps급 고속 플렌옵틱 영상획득 현미경 시스템 개발 및 플렌옵틱 1.0/2.0 영상획득 알고리즘 개발



- (고정형/이동형 플렌옵틱 현미경 시스템의 복원 알고리즘 개발) 플렌옵틱 1.0과 2.0 광학계의 이미지를 3차원 영상으로 변환해주는 신호처리 S/W 및 다이얼로그 기반 프로그램을 개발함
- (학습기반 플렌옵틱 Depthmap 추출 네트워크 개발) 플렌옵틱 3차원 영상추출의 정확도 및 연산속도 향상을 위한 Transformer 기반 인공지능 네트워크를 개발. TTA PG 610에 표준 (표준명: 뷰 합성 (View-synthesis)을 통한 학습 기반 라이트필드(Light Field) 이미지 압축 프레임워크) 을 제안하고, JPEG 101차 미팅 (2023.10.31.)에서 발표
- (플렌옵틱 GUI 프로그램 개발) : 플렌옵틱 현미경 시스템의 실시간 3차원 영상획득 및 영상처리, SDK(Software Development Kit), DB 서버 연동하는 GUI 프로그램 개발함.




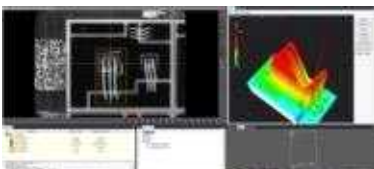


[개발목표 ③] 플렌옵틱 현미경 기술의 공정 및 의료분야 적용사례 발굴

- ➔ (달성성과) 플렌옵틱 현미경의 후공정 검사장비 적용((주) 크레셈) 및 3차원 피부질환 진단기기(Plen-Derm, 자체개발), 3차원 네일 영상 획득기기(인네일 3D, 기술이전기업) 2건 개발 ['21~' 23 : 기술이전 3건 (90백만원), 기술사업화 1,341백만원(Automatic Optical Inspection), 기술이전 2건(50백만원) 예정

- ➔ (핵심기술 확보)
 - (플렌옵틱 현미경의 후공정 패키지 검사장비) : 로더/언로더가 적용된 최종 예상 형상과 내부 주요 모듈에 대한 세부 설계를 완료하고 주요 검사부 모듈은 플렌옵틱 현미경을 정합하고, 후공정 패키지 (Soler Ball 검사) 검사장비 개발. 플렌옵틱 3D 검사 GUI는 2D image, 3D image, 세부 정보(불량 유형, px, um 등)와 전체 검사 map 화면으로 표시되도록 구성

 - (3차원 피부질환 진단기기(Plen-Derm, 자체개발) 기존 피부진단 의료기기인 더모스코피에 플렌옵틱 현미경을 결합하여 Hand-held형 피부진단 기기를 개발하고 공동연구기관인 전남의대에서 사용성 평가

 - 손톱(네일) 3D 영상획득 기기(In-nail 3D, 이전기업) 기술이전을 통해 네일 상태를 3차원으로 확인할 수 있는 In-nail 3D 기기 개발. CES2024에 시제품 전시 예정

 		
<p>플렌옵틱 후공정 패키지 검사장비</p>	<p>플렌옵틱 현미경 적용사례</p>	<p>손톱(네일) 3D 영상획득 기기</p>

3. 우수성 및 차별성

기술수준 향상 성과

- 국내 마이크로렌즈어레이 기반의 플렌옵틱 기술에 대한 연구기반이 미비함에도 불구하고 본 기술개발은 마이크로렌즈어레이부터 광학계, 플렌옵틱 카메라, 영상처리, 국내 표준화까지 전주기적 R&D를 추진하여 국내 플렌옵틱 연구개발 수준 향상 ('21~' 23년 특허 출원(국내) 5건 / 해외 출원 2건)
- 멀티포커스 플렌옵틱 현미경에 대한 독창적인 특허를 발굴함으로써 해외 기업의 특허침해를 피할 수 있으며 기존대비 공정의 단순하여 제작비용의 감소 등을 확보할 수 있음
- 손톱상태/질환 진단을 위한 플렌옵틱 손톱(네일) 3D 영상획득 기술은 국내외적으로 아직 시도된바 없는 혁신적인 기술로서 CES 2024에 기술이전 기업을 통해 출품 예정

세계 최고 수준 대비 연구개발 수준

- 플렌옵틱 기술분야 세계 최고 기업인 R사 대비 기술수준은 대등한 수준이나 적용 사례 등이 발굴이 필요함
- 현재, 공정검사장비를 제작하는 기업이나 3D 치아스캐너 등을 개발하는 기업등에서 기술이전 및 Openlab을 요청받고 있으며 지속적으로 본 적용사례를 발굴 예정

기술수준 공인 성과

- IFA 2024 전시회(독일, 2023.09.01.~09.05), K-Display 전시회(2023.08.16.~18., Coex), 한국전자전 (2023.10.24.~27, Coex), 국제광산업전시회(2023.11.15.~16, 광주 김대중센터) 에 플렌옵틱 현미경 기술을 전시하여 기술수준을 공인
- 기술수준 공인을 위한 기술이전, Openlab 등을 실시하고 있으며, 논문 및 국제표준화를 통한 국내외 Peer-review를 받을 예정

4. 성과의 활용도 및 파급효과

경제 활성화 효과

기업 경쟁력 향상

- 플렌옵틱 기술은 마이크로-메소-매크로에 이르는 3차원 영상획득이 가능한 기술로서 기존 머신비전에서 달성하기 어려운 마이크로급 3차원 해상도와 고속 영상획득이 가능함
- 특히 자동차용 전장부품, 2차전지등에서 아날로그와 디지털이 혼용된 부품에서 그림자 효과로 측정이 어려운 검사나 솔더불등 광원의 산란으로 인한 노이즈 등이 심한 부분에서 단안식 플렌옵틱 기술은 상대적으로 덜 민감하여 다양한 분야에 활용이 가능

산업 경쟁력 향상

- 실시간 3D 정밀측정/검사 기술 수요는 지속 증가하고 있으며, 다양한 요구 성능(산업용 불량검사는 넓은 FoV와 실시간성 요구, 의료용 병리검사는 서브 마이크로 미터급의 높은 해상도와 3차원성 요구 등)을 만족하면서 물리적 한계를 극복
- 서브 마이크로 미터급 해상도의 3D/실시간 영상획득을 통해 별도의 전처리 없이 세포의 3D 움직임 실시간 관측 및 세포의 부피 등의 정량적 분석이 가능하므로 현재 의료분야에서 진단에 사용되는 2D 현미경의 한계를 극복
- 비파괴용 3D 영상획득 및 검진기술은 표면 형상분석 및 정밀도 검사, 미세공정 결합진단의 정확도를 향상시켜 반도체 및 디스플레이 산업과 정밀가공 산업 등 다양한 산업 분야의 고도화가 기대됨
- 3D 표면 형상 및 공정 결합 분석/진단을 통해 공정 정밀도가 향상되므로 각 산업에서의 불량률 감소 및 양산 수율 확보로 경제적 손실 감소 및 각 산업의 경쟁력 향상이 기대

경제적 파급효과

- (파급효과 전망)
 - 3D AOI 세계 시장 규모는 2019년 6억8천만 달러에서 2024년 11억2천만 달러로 연평균 13.0%의 성장이 예상되어 플렌옵틱 현미경 및 분석 기술이 글로벌 3D 결합 분석 시장 진출이 가능
 - 플렌옵틱 영상 획득 카메라시장은 2020년 10.8억\$에서 2030년에 58.7억\$로 예측되며, 응용분야는 의료, 머신비전, 국방 등에 적용가능

국가·사회적 파급효과

- **해결해야 할 국가·사회문제**
 - 반도체 집적도가 한계에 이룸에 따라 3D 패키지 및 후공정 검사가 중요해지고 있으며 이에 적합한 검사기술이 요구되고 있음
 - 해외에서는 JPEG 표준화 등으로 플렌옵틱 기술은 그 중요성이 높아지고 있으나, 국내에서 단편적으로 기술개발을 추진
- **성과에서 개발된 기술적 솔루션**
 - 본 성과에서의 현미경에 적용하는 것이외에도 메소-매크로에 이르는 플렌옵틱 영상획득 및 처리기술을 활용
- **국가·사회적 파급효과**
 - 플렌옵틱 기술을 활용한 신규시장 발굴등을 통해 신규 기업의 발굴 및 기존 기업의 기술혁신을 도모 (예시: 플렌옵틱 기술을 활용한 치아스캐너, 플렌옵틱 기술을 활용한 3D 손톱(네일)영상획득 및 진단기술 개발 등)