

특집 | 국가광과학기술 로드맵 요약본

생명 및 의료광학

최근 레이저 도플러효과 진단방법, 레이저 형광 분광법, 생체 단층 촬영 기술 및 홀로그래프를 이용한 3차원 영상 저장 등 레이저광을 이용한 다양한 생명광학 및 의료 진단방법을 일반 병원에서 손쉽게 접할 수 있다. 레이저는 파장과 생체조직에 따라 산란, 흡수, 침투깊이 등 그 특성이 다르게 나타나는 성질이 있어 이를 응용하여 생체의 상태 및 특성을 비침습적(non-invasive)으로 계속 진단할 수 있는 장점이 있다. 이와 같은 생명광학 및 의료 진단방법은 1990년대 이후에 급격하게 발전한 첨단 소재, 소자를 비롯한 정밀기계와 전자장치 등과 같은 과학 기술 전반의 눈부신 발전에 힘입어 그 전까지는 불가능하다고 생각되었던 생명광학 및 의료 기술의 새로운 진단 및 치료 장비의 개발과 신산업 창출에도 크게 기여하고 있다. 특히 바이오 및 의료용 광학 진단 및 치료에 관련된 광학 첨단장비는 21세기에 들어서면서 새로운 산업군을 형성할 정도로 바이오메디컬 연구와 치료에 없어서는 안 되는 가장 중요한 기술로 평가되고 있다. 생명광학 및 의료 기술 분야는 크게 '나노바이오 광소재', '바이오메디칼 광소자', '광역료 진단기기', '치료 광학기기'의 4가지 분야로 나누어진다.

가. 생명광학 및 의료기술 기술동향

■ 나노바이오 광소재란 바이오메디컬 진단이나 치료에 이용될 수 있는 나노기반의 기능성 바이오 소재를 의미함. 특히 나노기술은 분자 수준에서 유용한 성질을 가진 신물질들을 창출하고 기능을 통제할 수 있다는 점에서 바이오, 의료 기술을 뒷받침할 수 있는 핵심 기술로 그 중요성이 부각되고 있다.

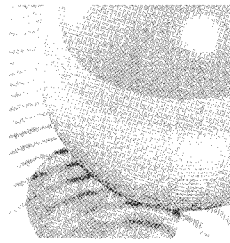
■ 나노메디슨은 의학적인 치료, 진단에 이용될 수 있는 나노스케일 바이오 시스템의 설계와 합성을 의미한다.

■ 나노바이오 광소재기술은 바이오 광산업 분야에서는 신약 개발 분야와 약물 전달 분야에 나노 기술이 도입되어 세포/유전체 치료 분야나 나노바이오 의약 분야에 기여하고 있으며, 나노 기술의 경우에는 생명공학기술 및 바이오마커 진단 분야 등에서 마커진단 기술 및 분자진단 분야와 융합되어 나노 의료 분야에 사용되고 있으며 궁극적으로 이러한 나노바이오 융합 기술은 신약 개발이나 맞춤형 진단 분야의 개발과 밀접한 연관관계가 있을 것으로 판단된다.

■ 바이오메디컬 광소자기술은 생명광학 및 의료기술에 필요한 광원, 광소자, 검출기 등 아래와 같은 다양한 광소자 기술을 포함한다.

- 바이오메디컬 광원 (Biomedical Light Sources) : 가시광레이저, 다파장레이저, LED, 광대역광원, 할로겐 램프.
- 바이오메디컬 수동 광소자 (Biomedical Passive Optical Components) : 렌즈, 미러, 광학필터, 광섬유 소자.
- 바이오메디컬 능동 광소자 (Biomedical Active Optical Components) : 광스위치, MEMS소자, Galvano 스캐너.
- 바이오메디컬 광센서 (Biomedical Optical Sensor) : Photodiode, PMT, CCD, EM-CCD.

■ 광의료영상진단기기 기술개발의 가장 큰 목표는 조기 진단을 위한 고분해능 이미징 기술과 그를 통한 의과 치



료의 가이드라인을 제공하는데 있음. 이러한 의미에서 외과수술 시 이미지 가이드가 가능하도록 다양한 정보를 비절개적으로 추출/제공할 수 있는 광진단기기의 개발이 매우 중요하다.

■ 최근 들어 가장 빠르게 여러 병원에서 영상진단장비로 보급되고 있는 광의료영상진단기기로 백색광 간섭계를 기반으로 하는 OCT를 꼽을 수 있다. 이 경우 10 마이크로미터만의 깊이 분해능 획득이 가능하여 초기병변을 효과적으로 진단할 수 있는 장점을 가지고 있으나 측정 원리상 이미징 깊이가 생체 내에서 3 mm 정도가 한계이며, 최근 광섬유 기반의 시스템 구현 및 특수 광원 개발로 인해서 실시간 이미징 및 초고해상도 이미징도 가능하게 하고 있다.

■ 바이오메디컬 광 치료기술 부분은 피부를 중심으로 급격하게 발전하고 있다. 사용하는 레이저는 여타 기존 치료방법에 비하여 병변을 정확하게 제거할 수 있고, 병변 주위 조직의 손상을 최소화 할 수 있으며, 창상 감염 위험의 감소 및 치료 기간의 단축을 기대할 수 있기 때문에 사용 빈도가 점차 증가하는 추세이다.

■ 의료용 레이저 기기는 공업용 레이저나 군사용 레이저 기기와 달리 사용조건이 매우 까다롭고 소형으로 무게가 상대적으로 가볍기 때문에 오작동으로 인한 안전사고를 예방하기 위한 다양한 조치가 필요하다.

나. 생명광학 및 의료기술 산업현황

■ 국내의 나노 바이오 광소재 분야는 아직 생명관련 기업이 약한 우리나라의 산업계 구조상 정부주도의 집중적 투자가 특히 초기에 반드시 필요함. 중소기업 및 벤처 위주의 산업구조이나 삼성, LG등의 대기업들도 최근 높은 관심을 보이며 시장 진출을 다각적으로 모색 중임.

■ 국내 바이오센서 시장은 2005년에 300억 원을 시작으로 연평균 약 56%의 성장률로 2012년에는 약 6,000억 원에 이를 것으로 전망됨. 국내 시장이 아직 초기 단계에 있는 점을 감안하고 국내 나노 기술연구의 활성화에 따른 연구용 바이오센서의 수요 증가를 고려할 때 국내시장

성장률이 세계시장성장률 보다 더 클 수 있음.

■ 세계의 의료용 과소자부분중 가장 큰 부분을 차지하는 레이저소자 시장은 2004년 10억달러 규모에서 2008년 경기침체의 영향으로 부정적인 영향을 미쳤으나 2009년도에 23억 달러의 규모를 기록했음. 하지만 의료 레이저 시장의 장기 전망은 매우 밝아 향후 연간 16%이상의 고성장으로 2014년 48억 달러 규모로 확대될 것으로 전망. 이중 치료용 의료 레이저가 최대부분을 차지하였고, 진단용 의료 레이저 시장은 연간 29%정도의 성장세로 2014년 12억 달러의 시장 규모를 형성할 것으로 전망된다.

■ 국내의 의료용 광소자 부분 산업은 거의 전무한 상태이며 부분적으로 삼성전기, 삼성테크윈, 하이닉스 등에서 범용 어레이 광센서를 생산하고 있지만, 국내의 바이오메디컬 관련 장비 및 연구용으로 사용되는 특수용도의 고가의 어레이 광센서는 100% 수입에 의존하고 있다.

■ 전통적인 현미경을 이용하는 진단의 경우 큰 증가를 보이지 않으나 분자영상과 같은 신기술분야에서는 신규 시장이 성장하고 있다. 하지만 국내시장은 전적으로 외국 의 상품을 수입하는데 의존하고 있으며 특히 광의료진단기기의 경우 기술적인 부분에서 우위를 점하는 기술을 국내업체 내지는 연구진들이 확보를 하고 있음에도 불구하고 시스템 차원에서의 집적에서 기술적 노하우가 아직은 많은 시간을 요구하는 실정이다.

■ 영상진단기기 세계시장 규모는 2004년 148억 달러 정도이나 연 평균 6%이상의 지속적인 성장이 예견되는 산업으로 특히 향후 10년 내에 상용화가 예상되는 PET, SPECT, DOT, PAT 및 OCT 등 신기능 영상진단기술은 의료 영상진단기기 산업에서 향후 국제 경쟁력을 결정할 중요한 요소임. 이러한 맥락에서 광의료 영상진단기술에 관한 집중적이면서 체계적인 투자는 고부가가치 의료기기 산업의 성장에 필수적이다.

■ 현재 국내에서는 의료용 레이저기기의 사용범위가 종합병원에서 개인병원으로 확대되어 가고 있는 추세로서, 안과를 비롯하여 외과, 피부과, 치과, 비뇨기과, 신경과, 정형외과 등 거의 전 분야에 이용이 확대되고 있다.

생명 및 의료광학

■ 2006년 141억 달러 규모의 의료용 레이저산업 시장은 연평균 26%의 성장률로 매우 빠르게 성장하고 있으며, 2011년에는 446억 달러로 그 규모를 더욱 크게 확대할 것으로 예상된다.

다. 생명광학 및 의료기술 로드맵

(1) 나노바이오 광소재 분야

사업 분야	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	광학구조 기능을 나노입자 및 나노막 기술개발									
	나노입자를 이용한 고집적 마이크로센서 개발									
	나노입자 기반 세포 병리 및 분자 영상기술 개발									
	차세대 광학 센서 및 진단 기술 개발									
	고집적 마이크로센서 기술개발									
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	기능 특성의 선택적 향상 기술개발									
	무선전력 전송을 위한 시스템									
광학 나노 구조체 제조 기술	차세대 광학 센서 및 진단 기술 개발									
	집광형의 광학 센서 기술 개발									
	초소형 나노소자의 열 안정성 평가									
나노 구조체 제조 기술	나노 구조체 및 나노막 평가									
	나노 구조체의 Reliability 향상 평가									
나노 구조체 제조 기술	나노 구조체 제작의 정밀도 평가 및 안정성 향상									
	나노 구조체의 Reliability 향상 평가									
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	정밀도 향상을 위한 나노막 기술개발									
	정밀도 향상을 위한 나노막 기술개발									

(2) 바이오메디컬 광소재 분야

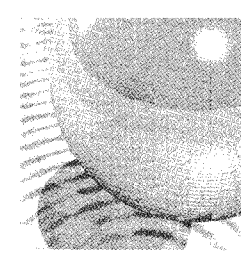
사업 분야	기술	특성	성능	2010-2013	2013-2016	2016-2020	연구비 수준	주요
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	레이저	UV	395~405nm 대역	1W~4W			중	31W~40W
	광대역광원	중대역	광대역 400~700nm	광대역 400~700nm	광대역 400~700nm		저	150~200W
	파장 가변 광원	외부 주입 레이저	외부 주입 레이저 (300~600nm)	외부 주입 레이저 (300~600nm)	외부 주입 레이저 (300~600nm)		중	30~40W
	초 집속 레이저	1.2W급 레이저	2.8W급 레이저				고	20W
	파장 다변용	선형화 신타광 레이저	3중 파장 다변용 레이저 (395nm, 405nm, 445nm)				중	30W
	시장규모 (국내)			1억불/년	4억불/년	10억불/년		
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	시장규모 (해외)			40억불/년	80억불/년	110억불/년		
	광학소자	광소자	국산화 30%	국산화 40%	국산화 50%		저	
	광소자 수율	광대역 (300~700nm)	총 수율 1~1000ppm	총 수율 1~1000ppm	총 수율 1~1000ppm		저	150~200W
	광소자 수율	파장	외부 주입 레이저 (300~600nm)	외부 주입 레이저 (300~600nm)	외부 주입 레이저 (300~600nm)		중	외부 주입 레이저
	시장규모 (국내)			1억불/년	2억불/년	3억불/년		
	시장규모 (해외)			10억불/년	20억불/년	40억불/년		

사업 분야	기술	특성	성능	2010-2013	2013-2016	2016-2020	연구비 수준	주요
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	레이저	광소자	고속 < 10 ps				중	30~40W
	스캐너	고속	속도 > 0.01도/100Hz				중	80~100W
	MEMS 광소자	고속 & 광대역	300~400nm	300~400nm	300~400nm		중	100~150W
	시장규모 (국내)			1억불/년	4억불/년	10억불/년		
	시장규모 (해외)			40억불/년	80억불/년	110억불/년		
	MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	레이저	프로젝터	QE > 40%				저
스캐너		CDD/CMS	100 frame/s	500 frame/s	1000 frame/s		중	100~200W
레이저		EM-CCD	이벤트 모드	중복률 > 100	중복률 > 1000		저	중복률 1000
시장규모 (국내)				3억불/년	5억불/년	8억불/년		
시장규모 (해외)				30억불/년	50억불/년	70억불/년		

(3) 광진단기기 기술분야

사업 분야	기술	특성	성능	2010-2013	2013-2016	2016-2020	연구비 수준	주요
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	초고해상도 이미징	초고해상도 이미징 기술	초고해상도 이미징 기술 (300nm)	초고해상도 이미징 기술 (300nm)	초고해상도 이미징 기술 (300nm)		중	21~30W
	고집적 이미징	고집적 이미징 기술	고집적 이미징 기술 (1000nm)	고집적 이미징 기술 (1000nm)	고집적 이미징 기술 (1000nm)		중	선식화 및 미세화
	고집적 이미징	정확도 향상 기술	정확도 향상 기술 (300nm)	정확도 향상 기술 (300nm)	정확도 향상 기술 (300nm)		저	고집적화 및 미세화
	시장규모 (국내)			2억불/년	4억불/년	6억불/년		
	시장규모 (해외)			20억불/년	40억불/년	70억불/년		
	MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	고해상도 이미징	초고해상도 이미징	초고해상도 이미징 기술 (300nm)	초고해상도 이미징 기술 (300nm)	초고해상도 이미징 기술 (300nm)		중
고해상도 이미징		정확도 향상 기술	정확도 향상 기술 (300nm)	정확도 향상 기술 (300nm)	정확도 향상 기술 (300nm)		중	정확도 향상
기술특성 향상 기술		기능 특성 향상 기술	기능 특성 향상 기술 (300nm)	기능 특성 향상 기술 (300nm)	기능 특성 향상 기술 (300nm)		중	기능 특성 향상
제조 공정		제조 공정 향상 기술	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)		중	제조 공정 향상
제조 공정		제조 공정 향상 기술	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)		중	제조 공정 향상
시장규모 (국내)				1억불/년	2억불/년	5억불/년		
시장규모 (해외)			10억불/년	30억불/년	60억불/년			

사업 분야	기술	특성	성능	2010-2013	2013-2016	2016-2020	연구비 수준	주요
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	MPI+OCT	고해상도 이미징	고해상도 이미징 기술 (300nm)	고해상도 이미징 기술 (300nm)	고해상도 이미징 기술 (300nm)		저	21~30W
	OS+OCT	고해상도 이미징	고해상도 이미징 기술 (300nm)	고해상도 이미징 기술 (300nm)	고해상도 이미징 기술 (300nm)		저	고해상도 이미징
	PAT+OCT	고해상도 이미징	고해상도 이미징 기술 (300nm)	고해상도 이미징 기술 (300nm)	고해상도 이미징 기술 (300nm)		저	고해상도 이미징
	FS+OCT	고속 이미지 획득	75신도 결합 효율 (80%)	75신도 결합 효율 (80%)	75신도 결합 효율 (80%)		저	고속 이미지 획득
	시장규모 (국내)			5억불/년	9억불/년	20억불/년		
	시장규모 (해외)			50억불/년	90억불/년	150억불/년		
MEMS/CPW 나노 구조체 제조 기술	소형화	소형화 기술	소형화 기술 (300nm)	소형화 기술 (300nm)	소형화 기술 (300nm)		저	소형화 기술
	고속화	고속화 기술	고속화 기술 (300nm)	고속화 기술 (300nm)	고속화 기술 (300nm)		중	고속화 기술
	기능향상	기능향상 기술	기능향상 기술 (300nm)	기능향상 기술 (300nm)	기능향상 기술 (300nm)		저	기능향상 기술
	제조 공정	제조 공정 향상 기술	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)		저	제조 공정 향상
	제조 공정	제조 공정 향상 기술	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)	제조 공정 향상 기술 (300nm)		저	제조 공정 향상
	시장규모 (국내)			0.1억불/년	1억불/년	3억불/년		
시장규모 (해외)			9억불/년	15억불/년	30억불/년			



(4) 광치료기 기술분야

단종업 상업용 의료용 의료용 레이저 시스템	고정밀 레이저 치료 기술 개발	플스톤레이저 및 안복광			5mJ, 10 kHz 플스 톤 레이저 출력	●	레이저 치 료 고 도화
		1 mJ/100 kHz	1 mJ/100 kHz	5 mJ/100 kHz			
고정밀 레이저 치료 기술 개발	시스템 사이즈	1 m x 1 m	50 cm x 50 cm	50 cm x 50 cm	●	고체 광 상 레이저 출력	
	레이저 병합성 레이저 기술	광출출력 (0.8W)	광출출력 (0.8W)	광출출력 (0.8W)	●	연속/반 복합 레이저 출력	
고정밀 레이저 치료 기술 개발	시장 규모	국내 1억/년	1.5억/년	2억/년	●	시장규모 확대	
	국외	50억/년	70억/년	90억/년	●	시장규모 확대	
고정밀 레이저 치료 기술 개발	3D 고해상도 영상 기술	레이저 해상도 (5um)	레이저 해상도 (2um)	레이저 해상도 (1um)	●	1um 해상 도 개발	
	실시간 내방 영 상 기술	비데가 속도 (100 fps)	비데가 속도 (1000 fps)		●	1K frame (대역폭 7) 개발	
고정밀 레이저 치료 기술 개발	조각/기능 영상 기술	영상 병합용 레이저 기술 개발 (200nm)			●	500cm 레이저 광 출력	
	시장 규모	국내 5억/년	7억/년	10억/년	●	국내 시장 확대	
	국외	10억/년	15억/년	20억/년	●	해외 시장 확대	

외국 시장 확대	고체 레이저 시스템 개발	완부 연속 조 사형 레이저 치 료 기술	고역속도 가능할 발 드레싱 기술	최도 정제 레이저용 제한 속정정 레이저 기술	정제 정제 시간 최소화 기술	●	레이저 치 료 고 도화
시장 규모	국내	1억/년	1.5억/년	2억/년	●	시장규모 확대	
	국외	50억/년	70억/년	90억/년	●	시장규모 확대	

국내외 시장 확대	소형 레이저 시스템 개발	완부 연속 조 사형 레이저 치 료 기술	고역속도 가능할 발 드레싱 기술	최도 정제 레이저용 제한 속정정 레이저 기술	정제 정제 시간 최소화 기술	●	레이저 치 료 고 도화
시장 규모	국내	1억/년	1.5억/년	2억/년	●	시장규모 확대	
	국외	50억/년	70억/년	90억/년	●	시장규모 확대	