

082 5W 의료용 / 100W 산업용 펄초 레이저 기술

전기의료기기연구센터 | 김광훈

○ 본 기술은 초정밀 절개 및 초미세 비열 가공을 위한 의료용/산업용 펄초 레이저 광원 기술을 구현함에 있어, 광섬유 펄초 레이저 설계 및 제작 기술, Single Crystal Fiber (SCF) 증폭 기술 기반의 산업용 고출력 고체 펄초 레이저 기술 개발, 그리고 고반복율 고전압의 전기광학 스위칭 드라이버 설계 및 제작 기술을 개발하는 것임. 이는 백내장 및 라식 수술과 같은 안과 시술, 신경세포 등의 초정밀 수술, 반도체 및 디스플레이 등의 차세대 초미세 레이저 가공 장치 등에 활용됨.

기술개념 및 구성

기술개념

▶ 본 기술은 초정밀 절개 및 초미세 비열 가공을 위하여 의료용 광섬유 펄초 레이저, Single Crystal Fiber 증폭 기술 기반의 산업용 고출력 고체 펄초 레이저, 그리고 고반복율 고전압의 전기광학 스위칭 드라이버 기술을 개발하는 것임.

기술의 구성도

의료용 광섬유 펄초 레이저 기술 개발

- 평균 출력 5W, 펄스폭 < 500fs, 반복율 1MHz



산업용 고체 펄초 레이저 기술 개발

- 평균 출력 100W, 펄스폭 < 500fs, 반복율 1MHz



전기광학 스위칭 드라이버 기술 개발

- 반복율 1MHz, 상승/하강시간 < 6ns, 전압 5kV



1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 인구 노령화에 따라 급증하고 있는 백내장 수술과 라식수술 같은 안과 수술, 뇌연막 내부 신경세포 수술, 암조직 미세제거 수술 등, 펄초 레이저 기반 초정밀 수술용 레이저 의료기기에 대한 수요와 관심은 증가하고 있으나 100% 수입에 의존하고 있음
- ▶ 또한 반도체, 디스플레이 산업뿐만 아니라, 4차 산업혁명의 초연결성과 초지능성을 위한 초정밀 로봇, IOT 센서, 플렉서블 디바이스, 초정밀 패키징 등 초정밀 가공을 위한 산업용 펄초 레이저 기술의 수요가 급격히 증가하고 있음
- ▶ 전기광학 스위칭 드라이버는 펄초 레이저를 구성하는 가장 고가의 부품이나 현재 국내에서는 저반복율의 드라이버조차 전량 수입하고 있음.
- ▶ 이러한 의료용/산업용 극초단 레이저 기술은 국내 레이저 전문 업체의 부재 및 일부 모듈업체의 영세성으로 초정밀/초고속 레이저 광원 및 광학기 등의 핵심부품을 대부분 수입에 의존하고 있으며, 특히 대일/대미 무역역조품목으로서 국산화 기술개발이 반드시 필요함.

2. 기술 내용

기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
 - 기존의 Ti:sapphire 형태의 극초단 레이저는 매우 높은 가격, 크기, 무게 및 큰 주변장치들 등의 단점이 있음. 이를 극복하고자 다이오드 직접 펌핑 방식의 고체 펄초 레이저 또는 광섬유 펄초 레이저를 개발하였으며 이는 의료/산업용으로 매우 적합함.
 - 반도체, 디스플레이, 생명/의료 산업에 적용하기 위한 컴팩트, 안정화, 저가격의 의료/산업용 펄초 레이저를 개발하였으며, 현재 전량 수입에 의존하고 있는 펄초 광원의 국산화에 기여할 수 있음.
 - 반도체 소자 기반의 고전압 펄스전원장치 관련 KERI의 특허 기술 및 우수한 경험을 바탕으로 고속/고반복 펄스전원 기술을 발전시켜 세계최고 수준의 전기광학 스위칭 드라이버를 개발하였음.
- ▶ 기술의 상세 규격
 - 5W, 500fs, 1MHz 의료용 광섬유 펄초 레이저 기술
 - 100W, 500fs, 1MHz 산업용 고체 펄초 레이저 기술
 - 1MHz, 상승/하강 시간 6ns, 5kV 전기광학 스위칭 드라이버 기술
 - 펄초 레이저 의료/산업 응용 기술

경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사 · 경쟁 기술 현황
 - 5W 의료용 / 100W 산업용 펄초 레이저 기술

국내	기술명	의료/산업용 펄초 레이저 기술
	기술 내용	• 펄초 레이저를 이용한 의료 응용 연구, 초정밀 가공 연구 등은 다수 있으나 관련 레이저는 전량 수입에 의존하고 있음 • KAIST, 고려대, 연세대 등이 광섬유 펄초 레이저의 기초 기술을 확보하고 있음.
국외	기술명	의료/산업용 펄초 레이저 기술
	기술 내용	• 광섬유 펄초 레이저 제조사는 Calmar, Menlo Systems, IMRA 등이 있음 • 산업용 펄초 레이저 분야는 Amplitude systems, Light conversion, Spectral Physics 등이 선도하고 있음
	기술명	전기광학 스위칭 드라이버 기술
	기술 내용	• Lithuania EKSPLA 사는 반복율 250kHz, 7ns, 3.6kV의 전기광학 드라이버를 개발하고 있음.

경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
Thin disk 및 innoslab 기반 증폭기	<ul style="list-style-type: none"> • Thin disk 및 innoslab 기반 증폭기의 경우 부피대비 넓은 면적으로 인해 열방출이 용이하여 높은 평균출력을 얻는데 유리하나 펄스 빔 및 레이저 빔의 진행이 매우 복잡하여 시스템이 매우 복잡하고 관련 기술 및 특허들은 해외 업체들이 독점하고 있음. • 본 기술은 Single crystal fiber를 이용한 새로운 형태의 레이저 증폭기를 구성하여 복잡한 광학계, 높은 가격 등의 단점을 극복하고 독자적인 고출력 펄초 레이저 기술을 확보하였음.

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- 펄초 레이저 시스템
- 의료용 수술 장비 (△백내장, 라식 수술 등 안과 실내용 △뇌 연막 내부 신경세포 절제용 △신경과발 등의 초미세 수술용 등)
- 산업용 초미세 레이저 가공 장비 (△반도체 △디스플레이 △태양전지 △발광반도체 등)

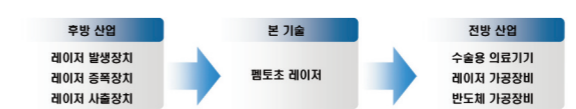


시장이슈

- 초정밀 수술 시 기존 시술 대비 10배 이하의 오차율로 정교한 절개가 가능해서 개인 맞춤형 시술이 가능해지고, 이에 따라 의료기기 분야의 프리미엄 시장 선점이 가능함
- 산업용 고출력 펄초 레이저 시장의 경우 현재 아시아-태평양 지역에서 빠른 속도로 성장하고 있으며 2021년 아시아-태평양 시장 규모 671백만 달러 및 연 평균 성장률 27.3%가 기대됨
- 아시아-태평양 지역에서 세계 반도체 및 디스플레이 산업을 주도하고 있는 한국은 산업용 고출력 펄초 레이저 수요가 더욱 큰 만큼 관련 기술 국산화를 통해 큰 경제 파급효과를 보일 것으로 예상됨

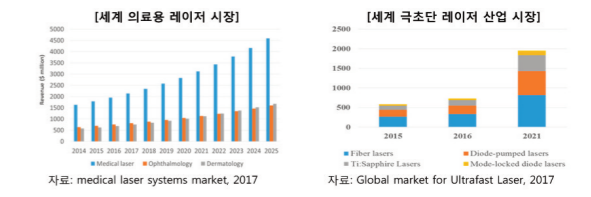
Supply chain

- 본 기술은 펄초 레이저 광원 기술로, △산업용 펄초 레이저 시스템 △초정밀 수술용 의료장비 △ 초미세 레이저 가공장비 등에 적용이 가능하며, 기초 과학/ 차세대 4차 산업/ 반도체 산업/ 의료 산업 등에 공급됨



수요전망

- 의료용 레이저 시장은 5억 달러 규모로 매년 10% 에 가까운 높은 성장률을 보이고 있으며, 그 중 안과용 레이저와 피부과용 레이저가 전체 의료용 레이저 시장의 각각 39.1%, 35.3% 를 차지하며 성장을 주도하고 있음
- 세계 산업용 고출력 레이저의 시장규모는 2015년 582백만 달러, 2016년 731백만 달러였으며, 향후 2021년까지 1950백만 달러 수준까지 성장할 것으로 전망됨



4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	Apparatus for femtosecond laser optically pumped by laser diode pumping module	미국	8,989,224	2015
출원	광섬유 펄초 레이저 공진기 및 이를 포함한 광섬유 펄초 레이저 장치	한국	10-2015-0177189	2015
출원	전원공급장치 및 이를 포함하는 레이저 장치	PCT 국외출원	PCT/KR2017/007677	2017

기술의 완성도

- ▶ TRL 4 수준의 기술완성도 단계 : 연구실 규모의 부품/ 시스템 성능 평가
- ▶ 개발 기술 범위 : 5W 의료용 / 100W 산업용 펄초 레이저 기술 개발
 - 5W, 500fs, 1MHz 의료용 광섬유 펄초 레이저 기술
 - 100W, 500fs, 1MHz 산업용 고체 펄초 레이저 기술
 - 1MHz, 상승/하강 시간 6ns, 5kV 전기광학 스위칭 드라이버 기술
 - 펄초 레이저 의료/산업 응용 기술
- ▶ 기술개발 완료 시기
 - 2019년 12월 : 의료/산업용 펄초 레이저 기술 개발 및 전기광학 스위칭 드라이버 기술 개발

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 산업용 고출력 펄초 레이저 시장의 경우 현재 아시아-태평양 지역에서 빠른속도로 성장하고 있으며 2021년 아시아-태평양 시장 규모 671백만 불 및 연 평균 성장률 27.3%가 기대됨. 아시아-태평양 지역에서 세계 반도체 및 디스플레이 산업을 주도하고 있는 한국은 산업용 고출력 펄초 레이저 수요가 더욱 큰 만큼 관련 기술 국산화를 통해 큰 경제 파급효과를 보일 것으로 예상됨
 - 현재 전량 수입에 의존하고 있는 펄초 레이저 광원의 국산화를 통한 기술 및 가격 경쟁력 확보가 가능함. 또한 정밀의료기기 산업의 산업기반 원천기술 확보를 통해 해외 시장 진출의 경쟁력을 확보할 수 있음

기술 · 산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 펄초 레이저 기반 안과 시술 장비 및 초정밀 수술기 시스템을 통해 세포 단위의 3차원적인 초미세 수술이 가능함. 즉 레이저가 투과하는 세포막 영역에서는 레이저 유발 손상이 없으면서도 목표 영역에서는 물질 변화를 야기시킬 수 있으므로 세포파 각종 세포 소기관에 대한 미세조작이 가능함
 - 펄초 레이저를 이용하면 초정밀 가공이 가능하므로 이를 반도체, 디스플레이, 생명/의료 산업에 적용하여 다양한 산업의 기반 기술 응용이 가능함
 - 고출력 펄초 레이저 기술을 확보함으로써 국외 기술에 의존하던 기술구조를 벗어나 레이저 시스템의 AS 비용과 시간 효율성의 장점을 가질 수 있음

[R&R : 3-3-2]