

Since 1993

www.dienmold.com

산업용/의료용/레이저 장비 및 부품 관련 종합 기술정보지

# 月刊 레이저기술®

Metal Working, Marking, Welding Technology

2018

03

통권290호

극초단 레이저 및 진동자 응용 초미세 하이브리드 가공 시스템 개발

## standa

OPTO-MECHANICAL PRODUCTS

LASERS

MOTION CONTROL

PRECISION MECHANICS

OPTICAL TABLES



MAIN OFFICE  
Standa Ltd  
Svitrigailos 4-39  
03222 Vilnius  
Lithuania



(주)에스텍 | 대전광역시 대덕구 문평동로41-44 (문평동 48-19번지) | <http://www.smtech.co.kr>  
TEL : 042-824-4413 | FAX : 042-824-4415 | [info@smtech.co.kr](mailto:info@smtech.co.kr)

# 극초단 레이저 및 진동자 응용 초미세 하이브리드 가공 시스템 개발

전진우, 최원석, 조성학  
한국기계연구원 광응용기계연구실

세계 처음으로 개발된 가공정밀도 50nm, 표면조도 10nm의 초미세 가공기술이 급속도로 국내 산업계에 전파되고 있다. 이미 세계적인 전자 기업의 첨단 제품에 적용되고 있으며, 향후 IT와 BT, NT 융합기술의 시너지 창출을 위한 기반기술로 발전하여 국가 기술 경쟁력 강화의 중요한 밑거름이 될 것으로 기대되고 있다.

초미세 가공기술은 '극초단 레이저 및 진동자 응용 초미세 하이브리드 가공 시스템 개발'을 주제로 한국기계연구원 광응용기계연구실 조성학 연구팀이 6년간의 연구개발을 통해 2015년 개발 완료하였다. 이 기술은 극초단 레이저(Femtosecond Laser)와 초음파 진동(Ultrasonic vibration)을 융합한 하이브리드 가공 시스템으로 개발 당시 이달의 과학기술인상(2015년), 국무총리표창(2015년)을 수상하였고, 이듬해인 2016년에는 국가연구개발 우수성과 100선, 올해의 10대 기계기술, 우수실용사례 선정 등을 통해 기술적 완성도 및 산업 응용성을 입증 받았다.

다음 내용은 한국기계연구원 광응용기계연구실 연구팀의 도움을 받아 연구에 대한 주요 내용을 기술하고 있다. 자세한 내용은 연구팀(shcho@kimm.re.kr)으로 문의하면 된다.

(편집자 주)

## 연구 개요

본 기술은 기존의 레이저 빔 가공기술로는 도달하기 불가능한 나노 레벨의 선폭/홀을 산업적으로 손쉽게 가공할 수 있는 신개념 극초단 레이저 응용 하이브리드 (Laser UV/IR+초음파 진동) 가공 핵심 공정기술 및 시스템 개발이다.

다중시간 펄스(Multitime pulses), 다중 파장(Multi wavelengths)의 시공간 융합 극초단 펄스 광자 기술과 극초단 고에너지 순간 파워(100 Tera(10<sup>12</sup>) Watt/cm<sup>2</sup>) 제어기술을 응용하여 초음파 진동(Ultrasonic vibration)과

융합시킴으로써 50nm급 가공정밀도를 갖으며 금속, 세라믹, 유리, 폴리머에 500nm급의 선폭 및 홀 직경을 갖는 초미세 가공 기술을 개발하였다.

## 연구 내용

연구 책임자로서 21세기 국가 중점 첨단기술 (NT/IT/BT)의 초정밀 레이저 가공시스템의 핵심인 극초단 레이저 응용 초정밀 하이브리드 가공시스템 개발 과제('09-'15)를 성공적으로 수행하였다.

그 결과로 극초단 레이저 하이브리드 초정밀 가공시스템을 세계 최초, 세계 최고 사양으로

## 극초단 레이저 응용 초정밀 하이브리드 가공 시스템 개발

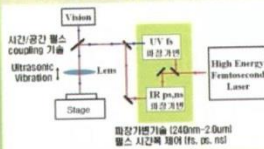
### Laser precision machining



- 비접촉 가공
- 고속 절단 (10m/min)
- 낮은 정밀도 (0.05mm)
- 열변형/진류응력 발생
- Burr 발생

### Laser ultraprecise hybrid machining

#### 극초단 레이저/초음파진동 하이브리드 가공



- 초미세가공  $\phi < 500\text{nm}$
- 가공분해능  $< 100\text{nm}$
- 열변형/Burr 발생억제
- 난삭재 극미세 가공
- 가공면의 고품위화
- 고세장비(A.R) 유효가공

### Ultrasonic assisted machining

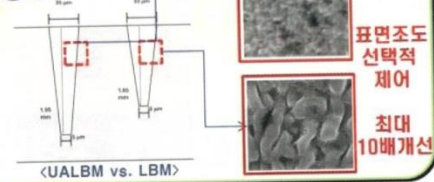


- 고품질 가공면
- 초경질 가공
- 높은 burr 제거 효율
- 낮은 가공효율

Hybrid

#### 초미세가공, 고품위가공, 고세장비가공

적용예



개발하여 국가 마이크로-나노 생산기술의 확보와 관련 기업의 신기술에 대한 국제 경쟁력을 제고하는데 공헌하였다.

세계 최초로 극초단 레이저 및 초음파 진동자 결합 하이브리드 초정밀 가공시스템의 고유설계기술 및 시스템 제작 원천/핵심 기술을 개발하였다. 가공정밀도는 50nm로, 현재 개발된 제품 중 세계 최고 사양이다.

세계 최고 수준 레이저 초정밀 공정 및 시스템 원천/핵심/응용기술을 확보하였다. 레이저 기반 50nm급 가공 정밀도 기술 및 10nm 가공 표면조도 기술개발을 개발하였고 이는 세계최초, 세계 최고사양이다.

본 기술을 통해 레이저 가공 분야의 여러 세계적

난제기술을 최초로 해결하였다. 가공정밀도는 기존 기술로는 1 $\mu\text{m}$  수준이지만 개발한 기술은 50nm로써, 세계 최초, 세계 최고 사양이다. 기존의 레이저 가공 기술은 가공면 조도가 제어 불가능하지만, 개발한 기술을 통해 세계 최고 수준인 10nm를 달성하였다. 레이저 가공 시 기존에는 제어 불가능했던 홀 세장비(Aspect Ratio) 제어가, 개발기술을 통해 세계 최초로 다른 변수와 독립적으로 자유롭게 제어가 가능하다.

- 근거
- Optic and Lasers in Engineers 84 (2016) 44-50
  - Optic and Lasers in Engineers 50 (2012) 833-837

**극초단 레이저 응용 초정밀 하이브리드 가공 시스템**

High Energy Laser + Ultrasonic Vibration

**하이브리드 시스템 개념도**

Resolution	100 nm
Line width	500 nm
Hole Dia.	500 nm
가공속도	200 mm/s
이송계	20 nm
표면조도	50 nm

Hybrid Process

**IT 산업분야**

Beam splitter, Waveguide, Micro electronics

**NT 산업분야**

Flexible optic Semiconductor, X-ray Display

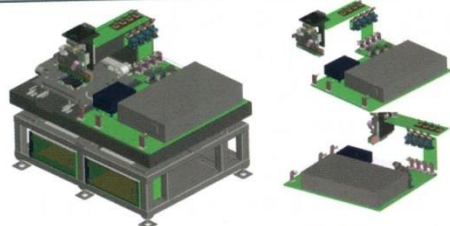
**BT (바이오 메디칼) 분야**

Drug Delivery Stent, Micro Fluidic Structure

**적용 가능 제품군**

## 극초단 레이저 응용 초정밀 하이브리드 가공시스템 개발

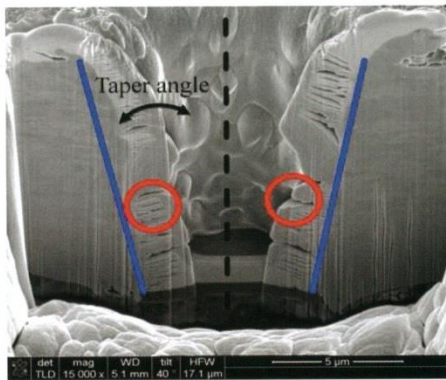
- 2009 ~ 2015 고부가가치 산업에 활용 가능한 초정밀 레이저 가공시스템 개발 수행
- 세계 최초 펨토초 레이저 기반 초정밀 가공 시스템 및 적용기술 개발
- 국내 레이저 마이크로-나노 생산기술 확보 및 신기술에 대한 국제경쟁력 향상에 공헌



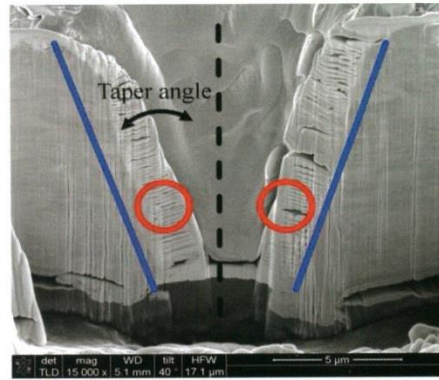
- 5 파장 fs 레이저 & 진동자 기반 하이브리드 초정밀 가공 시스템 개발 (세계 최초)
  - fs(펨토초) IR, NIR, VIS, UV, DUV 5개 파장 동시 발진 (세계최초, 90fs 3개 파장, 400fs 2개 파장 hybrid형)
  - 이중동력량 (극초단 레이저+진동) 기반 고품위 가공기술
  - 나노기반 초정밀 하이브리드 가공 시스템 기술 확보
  - 가공선폭 500nm, 홀폭 500nm, 가공정밀도 <100nm, 재도무의존성

**특허출원 : 31건, 특허 등록 : 14건**  
**논문발표 : 166 건 (SCI 16건 포함)**

본 기술을 응용하여 박판재료 홀 드릴링 시 테이퍼 각도를 자유롭게 제어 가능한 연구를 수행하였고, 논문으로 게재 되었다.



(a)



(b)

AMOLED Fine Metal Mask 제조용 진동자를 이용하여 테이퍼 각도조절이 가능한 펄스초 레이저 드릴링 결과 사진. (a) 진동자의 진폭: 1.4 $\mu$ m (b) 진동자의 진폭: 3.1 $\mu$ m. (Wonsuk Choi et al., Materials, 2017, 10, 212)

### 주요 성과

#### △ 기술료 계약

- 개발특허 기술이전                      - 기술이전기업 : 삼성전자, LG전자, 삼성디스플레이, LG디스플레이 장비협력사

#### △ 수상 실적

- 2016 국가연구개발 우수성과 100선 선정 (2016. 07. 07)
- 2016 올해의 10대 기계 기술 (2016. 11. 10)
- 이달의 과학기술인상, 대전광역시 (2015. 06. 24)
- 우수실용사례 선정 (2016. 11. 15)
- 국무총리표창 (2015. 04. 21)

#### △ 기술적 실적

- 최종 평가결과 : 혁신성과(한국산업기술관리평가원)
- 현재 극초단 레이저 기반 가공 기술의 경우 가공형상의 품질을 개선하기 위해서는 사용되는 광원의 특성과 재료의 특성을 고려해 최적의 가공 장치를 구축해야만 어느 정도 가공품질의 개선이 이루어졌다.
- 이러한 기술적 난제를 해결하기 위해 극초단 레이저 응용 초정밀 하이브리드 가공 시스템을 개발하였으며 본 장비를 활용 시 가공물의 평탄도, 세장비, 표면조도등 가공물의 품질을 제어할 수 있다.
- 본 과제와 연계하여 총 과제 기간동안 특허 출원 31건, 특허 등록 14건, 논문발표 166건 (SIC(E)논문 16건 포함)

#### △ 경제적 실적

- 참여기업 및 기술이전기업
- 극초단 레이저 응용 미세가공 시스템의 원천 개념특허 확보로 하이브리드 시스템 기반기술 확보 (세계시장규모 8.5조원, 선점가능성 확보)
- 약물전달시스템 시장 선점 가능성 타진 (세계시장 25조원)

## 기대 효과

대한민국 글로벌 첨단 제품군에 개발기술 직접 적용

### △ 적용 첨단제품

삼성전자 : 스마트폰 갤럭시 시리즈[AMOLED]

LG전자 : OLED TV, 스마트폰, 스마트워치



### △ 기술적 측면의 파급효과

선폭 1 $\mu$ m 이하 수백 나노급의 패턴을 형성할 수 있는 극초단 레이저 응용 하이브리드 가공 기술은 물질, 소자설계, 공정, 패키징 등 모든 과정이 다른 미세소자 제작의 기반기술로써 광소자, 디스플레이, 영상소자의 정보통신산업 및 바이오 분야에서 핵심 요소 기술이다. 다양한 재료에 대한 미세구조 형상가공 기술의 확보는 향후 BT, IT, NT 등 해당분야의 국제 경쟁력 및 기술 경쟁력 확보에 획기적 전환점을 제공할 것이다.

### △ 경제·산업적 측면의 파급효과

극초단 레이저 응용 하이브리드 가공 기술이 BT, IT, NT 등의 분야에서 융합요소기술로 발전한다면 관련 산업의 국가 경쟁력 확보 등 파급효과는 실로 막대하다고 할 수 있다. 개발된 기술은 직접적으로 정보통신, 반도체, 바이오, 의료기기 등 정밀 부품 제작에 활용 가능하다.