



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년12월11일  
 (11) 등록번호 10-1340361  
 (24) 등록일자 2013년12월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01S 3/10 (2006.01) H01S 3/101 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0030727  
 (22) 출원일자 2013년03월22일  
 심사청구일자 2013년03월22일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US06118913 A\*  
 US20050197655 A1\*  
 A. A. Karpenko et al., Photo-mechanical effect in luminescent polymeric materials, Luminescence 2010, 25, 452-455.  
 Sergey S. Sarkisov et al., Photomechanical effect in films of polyvinylidene fluoride, Appl. Phys. Lett., vol. 85, no. 14, p.2747.  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 건국대학교 산학협력단  
 서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)  
 (72) 발명자  
**정순철**  
 충청북도 충주시 연수동 연수힐스테이트아파트 106동 301호  
**전재훈**  
 서울특별시 광진구 자양동 한양아파트 2동 205호 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 14 항

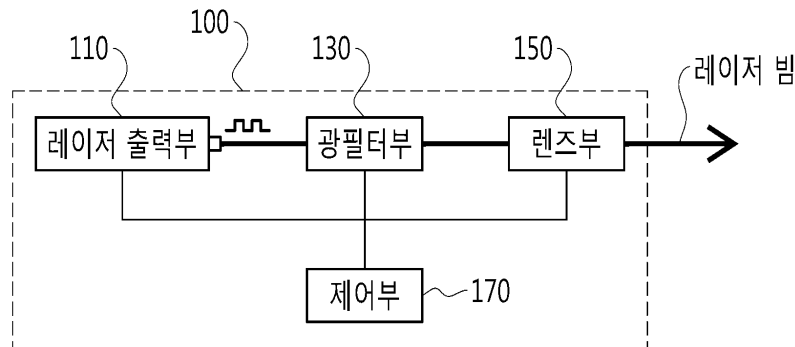
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **광-기계적 효과를 조절할 수 있는 레이저 장치 및 이를 이용한 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 광-기계적 효과를 조절할 수 있는 레이저 장치에 관한 것으로서, 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 일으키되, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 조절하는 것을 특징으로 한다.

**대표도** - 도2



(72) 발명자

**박종락**

광주광역시 동구 학동 학1 휴먼시아 103동 1805호

**최승문**

경상북도 포항시 남구 지곡동 교수아파트 9동 220  
2호

**정구인**

충청북도 청원군 내수읍 구성리 474-1번지

**민병찬**

대전광역시 유성구 덕명동 524번지 운암 네오미아  
아파트 107동 603호

**김형식**

서울특별시 노원구 공릉2동 화랑타운아파트 707동  
1001호

**김성필**

경기도 성남시 분당구 금곡동 한라아파트 305동  
605호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345172903

부처명 교육과학기술부

연구사업명 첨단융합기술개발

연구과제명 레이저 촉감 제시 기술 개발

기여율 1/1

주관기관 건국대학교 GLOCAL(글로컬)캠퍼스

연구기간 2012.03.01 ~ 2013.02.28

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

레이저 빔을 생성하는 레이저 출력부; 및

상기 레이저 출력부를 제어하며, 상기 레이저 출력부가 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 생성하도록 제어하는 제어부;

를 포함하고,

상기 제어부는, 기계적 촉감을 조절하는 제어 과정에서, 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 ms(millisecond) 이하로 유지시키고,

상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

광-기계적 힘을 증가시키는 모드 및 광-기계적 힘을 감소시키는 모드로 동작할 수 있고,

상기 광-기계적 힘을 증가시키는 모드에서 상기 단위 펄스당 에너지를 증가시키고, 상기 광-기계적 힘을 감소시키는 모드에서 상기 단위 펄스당 에너지를 감소시키는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 일정하게 유지시키는 제1동작; 및

상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키는 제2동작;

을 수행할 수 있는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔이 대상물에 도달할 때의 직경을 일정하게 유지시키는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 대상물과의 거리가 변화는 경우, 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시켜 상기 대상물에 도달할 때의

빔 직경을 일정하게 유지시키는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 7**

제 5 항에 있어서,  
상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키기 위한 렌즈부;  
를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,  
대상물과의 거리를 인식하기 위한 거리 인식부;  
를 더 포함하고,  
상기 거리 인식부가 인식한 거리 정보를 바탕으로 상기 렌즈부를 제어하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,  
상기 거리 인식부는, 초음파, 적외선 또는 레이저를 이용하여 거리를 측정하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

제 2 에 있어서,  
레이저의 출력 광의 세기 또는 펄스 폭을 조절하여, 상기 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 12**

촉감을 제시하기 위한 햅틱(Haptic) 장치에 있어서,  
레이저 빔을 생성하는 레이저 출력부; 및  
상기 레이저 출력부를 제어하며, 상기 레이저 출력부가 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 생성하도록 제어하는 제어부;  
를 포함하고,  
상기 제어부는, 기계적 촉감을 조절하는 제어 과정에서, 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 햅틱 장치.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 ms(millisecond) 이하로 유지시키고,

상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 햅틱 장치.

#### 청구항 14

(a) 레이저 장치가 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 생성하는 단계; 및

(b) 상기 레이저 장치가 기계적 촉감을 구현할 대상물에 펄스 레이저 빔을 조사하는 단계;

를 포함하고,

상기 레이저 장치는, 기계적 촉감(Mechanical tactile sense)을 조절하는 제어 과정에서, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 촉감 제시 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 상기 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 ms(millisecond) 이하로 유지시키고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 상기 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 촉감 제시 방법.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 광-기계적 효과를 조절할 수 있는 레이저 장치 및 이를 이용한 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 펄스 레이저 빔을 이용하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 일으킬 수 있고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 펄스 에너지를 조절하여, 상기 광-기계적 효과를 조절할 수 있는 레이저 장치와 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 레이저(Laser) 장치란, 방사의 유도 방출에 의한 광증폭(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)을 이용하여 빛을 방출하는 장치를 의미한다.

[0003] 이러한 레이저 장치는, 자연광(Natural light)과는 차별되는 '방향, 위상, 파장이 고른 인공의 빛'을 방출할 수 있는데, 이러한 특성을 기초로 많은 산업 분야에서 활용되고 있다. 구체적으로, 1) 광학적 특성을 이용한 광통신 영역, 2) 질병 모니터링, 저출력 레이저 광선요법(Low level laser therapy), 광역동 치료(Photodynamic therapy) 등의 의료 영역, 3) 화학적 결합을 분리하는 나노기술 영역, 4) 다이아몬드 가공 등의 정밀 공작 기계 영역 등을 망라하는 다양한 산업 분야에서 활용되고 있다.

[0004] 하지만, 종래의 레이저 장치는, 광학적 효과의 측면에서 활용되거나, 80℃ 이상의 범위에서 발생하는 광-화학적(Photo-chemical) 또는 광-열적(Photo-thermal) 효과의 측면에서만 활용되었다.

[0005] 따라서, 광-기계적(Photo-mechanical) 효과를 일으킬 수 있는 레이저 장치에 관한 연구는 전무한 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) KR 2013-0009631 A

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0007] 본 발명은 레이저 장치를 이용하여 광-기계적 효과를 유발시키는 것을 해결과제로 한다.
- [0008] 또한, 본 발명은 레이저 장치를 이용하여 인체에 기계적 자극(Mechanical Stimulus)을 제시할 수 있게 하는 것을 해결과제로 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 레이저 장치가 유발하는 광-기계적 효과를 조절할 수 있게 하는 것을 해결과제로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 일으키되, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 ms(millisecond) 이하로 유지시키고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 광-기계적 힘을 증가시키는 모드 및 광 기계적 힘을 감소시키는 모드로 동작할 수 있고, 상기 광-기계적 힘을 증가시키는 모드에서 상기 단위 펄스당 에너지를 증가시키고, 상기 광-기계적 힘을 감소시키는 모드에서 상기 단위 펄스당 에너지를 감소시키는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 일정하게 유지시키는 제1동작; 및 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키는 제2동작;을 수행할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 레이저 빔이 대상물에 도달할 때의 직경을 일정하게 유지하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 대상물과의 거리가 변화는 경우, 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시켜 상기 대상물에 도달할 때의 빔 직경을 일정하게 유지시키는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키기 위한 렌즈부;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 대상물과의 거리를 인식하기 위한 거리 인식부;를 더 포함하고, 상기 거리 인식부가 인식한 거리 정보를 바탕으로 상기 렌즈부를 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 거리 인식부가, 초음파, 적외선 또는 레이저를 이용하여 거리를 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 인체에 기계적 자극을 제시하는 용도로 활용되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 레이저의 출력 광의 세기 또는 펄스 폭을 조절하여, 상기 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 한다.

- [0021] 한편, 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 장치는, 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 일으키되, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 조절하며, 상기 광-기계적 효과를 이용하여 기계적 촉감을 제시할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 ms(millisecond) 이하로 유지시키고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 한편, 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광-기계적 효과 유발 방법은, (a) 레이저 장치가 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절하는 단계; (b) 상기 레이저 장치가 생성한 펄스 레이저 빔이 대상물에 도달하는 단계; 및 (c) 상기 대상물에 도달한 펄스 레이저 빔이 광-기계적 효과를 일으키는 단계;를 포함하되, 상기 레이저 장치가, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절하여, 상기 광-기계적 효과를 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 한다.
- [0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 광-기계적 효과 유발 방법은, 상기 (a) 단계의 레이저 장치가, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 ms(millisecond) 이하로 유지시키고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 상기 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0025] 본 발명은 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 이용하여 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 일으킬 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 펄스 폭이 ms(millisecond) 이하인 펄스 레이저 빔을 이용하여 광-기계적 효과를 일으킬 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명은 구현하는 광-기계적 힘을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 펄스 레이저 빔의 펄스 폭이 ms 이하이고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)이 일정하게 유지된 상태에서, 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 증가시키거나 감소(= 에너지 밀도를 증가시키거나 감소)시켜서 광-기계적 힘을 증가시키거나 감소시킬 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 레이저 빔의 출력 직경을 일정한 상태로 유지할 수 있으며, 출력 직경이 일정하게 유지된 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절할 수 있다. 따라서, 레이저 장치로부터 고정된 거리에 위치하는 대상물에 조사되는 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지할 수 있으며, 이러한 상태에서 단위 펄스당 에너지를 조절(= 에너지 밀도를 조절)하여 유발되는 광-기계적 힘을 변화시킬 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 레이저 장치와 대상물 사이의 거리가 변화되는 경우에도, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있다. 구체적으로 본 발명은, 레이저 장치와 대상물 사이의 거리 변화에 대응하여, 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키는 형태로도 구성될 수 있으며, 이를 통해 대상물에 조사되는 (도달되는) 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있다. 따라서, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지된 상태에서 단위 펄스당 에너지를 조절(= 에너지 밀도를 조절)하여 유발되는 광-기계적 힘을 변화시킬 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 햅틱(Haptic) 장치에도 활용될 수 있다. 구체적으로 본 발명은 광-기계적인 효과를 기초로 인체의 피부에 체성 감각(Somethesis)을 제시할 수 있으므로, 햅틱(Haptics) 분야에 응용될 수 있다. 특히, 본 발명은 레이저의 광-화학적(Photo-chemical) 또는 광-열적(Photo-thermal) 자극이 아닌, 광-기계적 자극을 이용하여 체성 감각을 제시할 수 있으므로, 비접촉(Non-contact) 등의 레이저 본연의 특성은 유지하면서 안전한 상태로 체성 감각을 제시할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명은 햅틱스 분야에 활용되는 경우, 기존의 햅틱 장치들과 달리 기계적 자극을 정량적으로 제어할 수 있다. 구체적으로, 종래의 햅틱 장치들은 진동 소자, 공기 압력, 핀 배열 등을 이용하여 기계적인 자극을 제시하였기 때문에 기계적 자극을 정량적으로 제어하기가 어려웠으나, 본 발명은 레이저의 단위 펄스당 에너지를

제어하여 기계적 자극을 정량적으로 제어할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 햅틱스 분야에 활용되는 경우, 기존의 햅틱 장치들과 달리 기계적 자극의 시간적 신뢰성(목표 시점과 실제 자극 시점의 일치 여부에 관한 신뢰성) 또는 공간적 신뢰성(목표 부위와 실제 자극 부위의 일치 여부에 관한 신뢰성)을 확보할 수 있다. 구체적으로, 종래의 햅틱 장치들은 진동 소자, 공기 압력, 핀 배열 등을 이용하여 기계적 자극을 제시하였기 때문에 기계적 자극의 시간적 신뢰성 또는 공간적 신뢰성을 확보하기가 어려웠으나, 본 발명은 빛의 속도로 이동하는 레이저 빔의 특성을 이용하여 시간적 신뢰성을 확보할 수 있고, 레이저 빔의 미세한 움직임들 통해 공간적인 신뢰성도 확보할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0032] 도 1은 레이저 장치가 일으킬 수 있는 광 기계적 효과를 보여주는 개념도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치의 구성을 나타내는 구성도이다.  
 도 3은 펄스 레이저 빔의 파라미터들을 보여주는 개념도이다.  
 도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 레이저 장치가 포함할 수 있는 렌즈부의 동작을 나타내는 예시도이다.  
 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 장치의 구성을 나타내는 구성도이다.  
 도 7은 본 발명에 따른 레이저 장치가 광-기계적 효과를 일으키는 것을 확인하기 위한 실험 시스템의 구성을 나타내는 구성도이다.  
 도 8은 피에조 센서(Piezo sensor)의 출력 신호를 보여주는 그래프이다.  
 도 9 내지 도 11은 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서 단위 펄스당 에너지를 변화(=에너지 밀도의 변화)시키는 조건에서 수행된 실험들의 결과를 보여주는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0033] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 레이저 장치 및 이를 이용한 방법을 상세하게 설명한다. 설명하는 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 당업자가 용이하게 이해할 수 있도록 제공되는 것으로 이에 의해 본 발명이 한정되지 않는다. 또한, 첨부된 도면에 표현된 사항들은 본 발명의 실시 예들을 쉽게 설명하기 위해 도식화된 도면으로 실제로 구현되는 형태와 상이할 수 있다.

[0034] 한편, 이하에서 표현되는 각 기능부는 본 발명을 구현하기 위한 예일 뿐이다. 따라서, 본 발명의 다른 구현에서는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다른 기능부가 사용될 수 있다. 또한, 각 기능부는 순전히 하드웨어 또는 소프트웨어의 구성만으로 구현될 수도 있지만, 동일 기능을 수행하는 다양한 하드웨어 및 소프트웨어 구성들의 조합으로 구현될 수도 있다.

[0035] 또한, 어떤 구성요소들을 '포함'한다는 표현은, '개방형'의 표현으로서 해당 구성요소들이 존재하는 것을 단순히 지칭할 뿐이며, 추가적인 구성요소들을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

[0036] 이하, 본 발명에 따른 레이저 장치의 특징을 개괄적으로 살펴본다.

[0037] 본 발명에 따른 레이저 장치는, 레이저 빔을 통해 광-기계적 효과(Photo-mechanical effect)를 유발시킬 수 있다. 구체적으로, 광-화학적 효과(Photo-chemical effect) 또는 광-열적 효과(Photo-thermal effect)를 유발시키는 용도뿐만 아니라 활용되던 레이저 빔의 파라미터를 조절하여, 광-기계적 효과를 유발시킬 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 레이저 장치는 기계적 자극(Mechanical stimulus)이 필요한 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있으며, 특히 광-화학적 효과 또는 광-열적 효과가 유발할 수 있는 문제점(예컨대, 피부 조직 손상 등)으로 인해 진입 장벽이 있었던, 체성감각(Somesthesis) 제시 분야(예컨대, 촉감 제시 장치, 햅틱 장치 등)에도 기계적 자극의 소스로서 활용될 수 있다.



- [0038] 이러한 본 발명에 따른 레이저 장치는, 광-기계적 효과의 발생을 위해, 연속형 레이저(CW laser, Continuous wave laser)가 아닌 펄스 레이저(Pulsed laser)를 이용하여 레이저 빔을 생성하며, 생성된 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절한다.
- [0039] 레이저 자극의 연속적으로 제공되는 경우에는 광-화학적 효과 또는 광-열적 효과가 일어날 수 있으므로, 이러한 효과들을 배제한 상태에서 광-기계적 효과를 얻기 위해 펄스 레이저(Pulsed laser)를 이용하는 것이다.
- [0040] 또한, 본 발명에 따른 레이저 장치는, ms(millisecond) 이하의 펄스 폭(Pulse width) 조건에서 단위 펄스당 에너지를 조절하며, 이러한 조절 동작을 기초로 레이저 빔의 광-기계적 효과를 발생시킨다.
- [0041] 펄스 레이저를 이용하는 경우에도, 펄스 폭이 큰 경우에는 레이저 자극의 충분한 노출시간이 확보되어 광-화학적 또는 광-열적 현상이 일어날 수 있다. 따라서, ms(millisecond) 이하의 펄스 폭(Pulse width) 조건에서 단위 펄스당 에너지를 조절하여 이러한 현상을 방지하는 것이 바람직하다.
- [0042] 또한, 본 발명에 따른 레이저 장치는, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 단위 펄스당 에너지를 조절(= 에너지 밀도를 조절)할 수 있으며, 이러한 동작을 통해 상기 펄스 레이저 빔이 광-기계적 효과를 유발하는 정도(= 광-기계적 힘의 크기)를 조절할 수 있다.
- [0043] 따라서, 레이저의 광-기계적 효과를 정량적으로 제시하기 위한 제어 동작의 기초를 제공할 수 있다.
- [0044] 이하, 도 1 내지 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치(100)를 살펴본다.
- [0045] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치(100)는 위에서 살펴본 것과 같이 광-기계적 효과를 일으킬 수 있다. 구체적으로, 도 1의 상부 측 그림과 같이 인체 이외의 물체에 기계적인 효과를 일으키거나, 도 1의 하부 측 그림과 같이 인체에 기계적인 촉감을 유발시킬 수 있다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치(100)는, 펄스 레이저 빔을 생성하는 레이저 출력부(110), 상기 펄스 레이저 빔을 구성하는 광신호의 세기(Power, J/s)를 조절하기 위한 광필터부(130), 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 조절하기 위한 렌즈부(150), 상기 레이저 출력부, 상기 광필터부, 상기 렌즈부의 동작을 제어하는 제어부(170)를 포함할 수 있다.
- [0047] 또한, 상기 레이저 장치(100)는, 사용자로부터 정보를 입력받기 위한 입력부, 자신의 동작과 관련된 정보를 출력하기 위한 출력부, 외부의 장치들과 정보를 송수신하기 위한 통신부 등을 더 포함할 수 있으며, 이러한 구성들 역시 상기 제어부(170)에 의해 제어될 수 있다.
- [0048] 상기 레이저 출력부(110)는, 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하는 구성으로서, 레이저 드라이버(Laser driver), 냉각 장치 등을 포함할 수 있다. 여기서 상기 레이저 드라이버는, 레이저 매질(Laser medium), 광 펌핑부(Optical pumping), 광 공진기(Optical resonator) 등의 구성을 포함하는 구성으로서, 상기 펄스 레이저 빔을 구성하는 광신호를 생성한다. 또한, 상기 냉각 장치는, 상기 레이저 드라이버가 광 신호를 생성하는 과정에서 발생 될 수 있는 열을 제거하는 구성으로서, 상기 레이저 드라이버 장치를 보호하는 역할을 하는 구성이다.
- [0049] 이러한 상기 레이저 출력부(110)는, 펄스 레이저 빔을 생성할 수 있는 다양한 형태로 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 레이저 출력부(110)는, 루비 레이저, 네오디뮴:야그 레이저(Nd:YAG Laser), 네오디뮴:글라스 레이저(Nd:Glass Laser), 레이저 다이오드(Ga, Al, As), 엑시머(Excimer) 레이저, 색소 레이저 등의 형태로 형성될 수 있으며, 이러한 종류 이외에도 다양한 형태로 구성될 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 레이저 출력부(110)는, 상기 펄스 레이저 빔의 다양한 파라미터를 조절할 수 있으며, 특히 광-기계적 효과의 발생을 위해 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절할 수 있다. 여기서 상기 단위 펄스당

에너지의 조절은, 펄스 레이저 빔을 구성하는 광신호의 세기(Power, J/s)를 조절하는 동작을 통해 달성되거나, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭(Pulse width)을 조절하는 동작을 통해 달성할 수 있다. 다만 이 경우 상기 펄스 폭의 조절은 ms(millisecond) 이하의 범위에서 조절되는 것이 바람직한데, ms를 초과하는 범위에서 조절되는 경우에는 앞서 언급한 것과 같이 광-화학적 효과 또는 광-열적 효과가 유발될 가능성이 있기 때문이다.

[0051] 참고로, 도 3을 참조하면, 상기 펄스 레이저 빔의, 광신호 세기(Power, J/s), 펄스 폭(Pulse width), 펄스 반복율(Repetition rate) 등의 파라미터를 확인해볼 수 있다.

[0052] 한편, 상기 레이저 출력부(110)가 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절함에 따라, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도 역시 조절될 수 있다. 구체적으로, 1) 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지된 상태에서 상기 레이저 출력부(110)가 단위 펄스당 에너지를 증가시킴에 따라, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도가 증가 될 수 있고, 2) 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지된 상태에서 상기 레이저 출력부(110)가 단위 펄스당 에너지를 감소시킴에 따라, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도가 감소 될 수 있다. 따라서, 이러한 동작을 통해 상기 레이저 장치(100)가 유발하는 광-기계적 힘의 세기를 증가시키거나 감소시킬 수 있다. (뒤에서 살펴보겠지만, 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지된 상태에서, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도를 증가시키거나 감소시켜서, 유발되는 광-기계적 힘의 세기를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.)

[0053] 상기 광필터부(130)는, 상기 펄스 레이저 빔을 구성하는 광신호의 세기(Power, J/s)를 조절하기 위한 구성으로서, 이러한 세기 조절을 통해 상기 레이저 출력부(110)가 출력하는 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 2차적으로 조절할 수 있는 구성이다.

[0054] 이러한 상기 광필터부(130)는, 광신호의 세기를 감쇄시키는 감쇄 장치(Attenuator)를 포함할 수 있는데, 이러한 장치를 이용하여 광신호의 세기(Power, J/s)를 감쇄시킬 수 있다. 따라서, 상기 광필터부(130)는, 펄스 폭이 동일한 상태에서 광신호의 세기를 감쇄시켜 단위 펄스당 에너지를 감소시키는 동작을 수행할 수 있다.

[0055] 한편, 상기 광필터부(130)는, 상기 레이저출력부(110) 자체가 단위 펄스당 에너지를 조절하는 능력을 갖추고 있는 경우에는 상기 레이저 장치(100)에 선택적으로 장착될 수 있으며, 상기 단위 펄스당 에너지를 세밀하게 조절하기 위한 보조적인 역할을 수행할 수 있다. 다만, 상기 레이저출력부(110) 자체가 단위 펄스당 에너지를 조절하는 능력을 갖추고 있지 못하는 경우에는 상기 레이저 장치(100)에 필수적으로 장착되어서, 상기 단위 펄스당 에너지를 조절하는 주도적인 역할을 수행하게 된다.

[0056] 상기 렌즈부(150)는, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 조절하기 위한 구성이다. 이러한 상기 렌즈부(150)는, 상기 펄스 레이저 빔을 집속하기 위한 광집속부(예컨대, 볼록렌즈부 등) 및 상기 펄스 레이저 빔을 확산시키기 위한 광확산부(예컨대, 오목 렌즈부 등)를 포함할 수 있다.

[0057] 한편, 상기 렌즈부(150)는 1) 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 일정하게 유지(제1동작)시키거나, 2) 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화(제2동작)시킬 수 있다. 형성될 수 있다. (참고로 여기서 펄스 레이저 빔의 출력 직경이란, 펄스 레이저 빔이 상기 레이저 장치를 떠나는 순간의 직경을 의미한다.)

[0058] 상기 제1동작은 상기 렌즈부(150)의 구성 및 배치를 고정시킴으로써 달성될 수 있다. 이러한 상기 제1동작은, 위치(거리)가 고정된 대상물에 일정한 직경의 펄스 레이저 빔을 가하고자 하는 경우에 활용될 수 있다. 펄스 레이저 빔의 출력 직경이 일정하게 유지되므로, 상기 레이저 장치로부터 고정된 거리만큼 떨어진 대상물에 조사(도달)되는 펄스 레이저 빔의 직경도 일정하게 유지될 수 있기 때문이다. 도 4를 참조하면, 상기 제1동작의 실시예를 확인할 수 있다. 도 4의 실시예에서 상기 렌즈부(150)는 구성 및 배치가 고정된 상태로 형성되며, 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 일정하게 유지시킨다. 따라서, 거리 1만큼 떨어진 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경을 D1으로 일정하게 유지시키고, 거리 2만큼 떨어진 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경을 D2로 일정하게 유지시킬 수 있다.

[0059] 상기 제2동작은 상기 렌즈부(150)의 구성 및 배치를 동적으로 변화시킴으로써 달성될 수 있다. 구체적으로 상기 렌즈부(150)는, 상기 광집속부와 상기 광확산부를 선택적으로 배치하는 동작, 상기 광집속부의 배치 위치를 변화시키는 동작, 상기 광확산부의 배치 위치를 변화시키는 동작 등을 통해 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 참고로, 도 5를 참조하면, 상기 광확산부의 배치 위치를 변화시키는 동작을 통

해, 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키는 실시예를 확인할 수 있다.

- [0060] 이러한 상기 제2동작은, 위치가 변화할 수 있는(운동 가능한) 대상물에 일정한 직경의 펄스 레이저 빔을 가하고 자 하는 경우에 활용될 수 있다. 상기 대상물의 위치가 상기 레이저 장치로부터 멀어지는 경우에는 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 증가시키고, 상기 대상물의 위치가 상기 레이저 장치를 향해 가까워지는 경우에는 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 감소시켜서, 위치가 변화하는(운동하는) 대상물에 조사(도달)되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있기 때문이다. 도 5를 참조하면, 상기 제2동작의 실시예를 확인할 수 있다. 도 5의 실시예에서 상기 렌즈부(150)는 대상물의 위치 변화에 따라 상기 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 변화시키며, 이러한 동작을 통해 대상물에 조사되는 빔의 직경을 일정하게 유지시킨다. 예를 들어 상기 대상물이 위치 1에서 위치 2로 이동하는 경우에는, 멀어진 거리에 비례하여 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 증가시키며, 이를 통해 대상물에 조사(도달)되는 빔의 직경을 동일하게 유지시킨다. 또한, 상기 대상물이 위치 2에서 위치 1로 이동하는 경우에는, 가까워진 거리에 비례하여 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 감소시키며, 이를 통해 대상물에 조사(도달)되는 빔의 직경을 동일하게 유지시킨다.
- [0061] 결국, 이상에 살핀 상기 렌즈부(150)는, 상기 제1동작 또는 상기 제2동작을 통해 고정 또는 운동하는 물체에 조사(도달)되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있다.
- [0062] 상기 입력부는, 상기 레이저 장치(100)의 동작에 필요한 정보를 입력받기 위한 구성이다. 이러한 상기 입력부는 상기 펄스 레이저 빔의 다양한 파라미터를 조절하기 위한 기초 정보를 입력받을 수 있으며, 입력받은 정보를 상기 제어부(170)에 전달할 수 있다.
- [0063] 또한, 상기 입력부는 숫자 또는 문자를 입력받고 각종 기능들을 설정하기 위한 다수의 입력키들을 포함할 수 있으며, 상기 레이저 장치(100)의 동작에 필요한 다양한 기능키들도 포함할 수 있다.
- [0064] 한편, 상기 입력부는, 패드, 터치스크린 등과 같은 다양한 종류의 입력 장치로서 형성될 수 있으며, 이러한 입력 장치 이외에도 다양한 장치의 형태로 형성될 수 있다.
- [0065] 상기 출력부는, 상기 레이저 장치(100)의 동작 상태 및 동작 결과를 표시하거나 소정의 정보를 사용자에게 제공하기 위한 구성이다. 이러한 상기 출력부는 각종 메뉴를 비롯하여 사용자가 입력한 정보 및 사용자에게 제공하는 정보를 표시할 수 있으며, 액정 표시 장치(Liquid Crystal Display), OLED(Organic Light Emitted Diode), 음성 출력 장치 등을 포함하는 다양한 출력장치들의 형태로 형성될 수 있다.
- [0066] 상기 통신부는, 상기 레이저 장치(100)가 외부의 전자 장치들과 정보를 송수신할 수 있게 하는 구성이다. 이러한 상기 통신부는, IEEE 표준을 만족시키는 다양한 유선 통신 장치 또는 무선 통신 장치의 형태로 구성될 수 있으며, IEEE 표준 이외에도 다양한 형태의 통신 장치로 구현될 수 있다.
- [0067] 따라서, 이러한 통신부를 통해 상기 레이저 장치(100)는 외부의 전자 장치에 의해 제어되는 형태로 구성될 수 있으며, 디스플레이 장치, 모바일 단말기 등의 다양한 전자 장치와 연동하여 동작하는 형태로도 구성될 수 있다.
- [0068] 상기 제어부(170)는, 상기 레이저 출력부(110), 상기 광필터부(130), 상기 렌즈부(150), 상기 입력부, 상기 출력부, 상기 통신부를 포함하는 상기 레이저 장치(100)의 다양한 구성들을 제어하기 위한 구성이다.
- [0069] 이러한 상기 제어부(170)는, 적어도 하나의 연산 수단과 저장 수단을 포함할 수 있는데, 여기서 상기 연산 수단은 범용적인 중앙연산장치(CPU)일 수 있으나, 특정 목적에 적합하게 구현된 프로그래머블 디바이스 소자(CPLD, FPGA)나 주문형 반도체 연산장치(ASIC) 또는 마이크로 컨트롤러 칩일 수 있다. 또한, 상기 저장 수단은 휘발성 메모리 소자이거나 비휘발성 메모리 또는 비휘발성 전자기적 저장 소자이거나 연산 수단 내부의 메모리일 수 있다.
- [0070] 한편, 상기 제어부(170)는, 상기 레이저 출력부(110) 및 상기 광필터부(130)의 동작을 제어하여 상기 펄스 레이

저 빔의 단위 펄스당 에너지를 총괄적으로 조절할 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 출력부(110) 및 상기 광필터부(130)의 동작을 제어하여, 펄스 폭(Pulse width) 및 광신호의 세기(Power, J/s)를 조절할 수 있으며, 이러한 파라미터들의 조절동작을 통해 단위 펄스당 에너지를 조절할 수 있다.

[0071] 또한, 상기 제어부(170)는, 상기 렌즈부(150)의 동작을 제어하여 대상물에 조사(도달)되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있다. 구체적으로, 상기 제어부(170)는, 대상물의 위치가 고정된 경우에는 상기 렌즈부를 위에서 살펴본 제1동작 상태로 동작시키고, 대상물의 위치가 변화하는 경우에는 상기 렌즈부를 위에서 살펴본 제2동작 상태로 동작시켜서, 대상물에 조사(도달)되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있다.

[0072] 또한, 상기 제어부(170)는, 광-기계적 힘을 증가시키기 위한 제어모드로 동작하거나, 광-기계적 힘을 감소시키기 위한 제어모드로 동작할 수 있다. 1) 먼저, 상기 제어부(170)는 광-기계적 힘을 증가시키기 위한 제어모드에서 동작하는 경우, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 단위 펄스당 에너지를 증가(=에너지 밀도를 증가)시키는 제어동작을 수행하며, 이러한 동작을 통해 펄스 레이저 빔이 유발하는 광-기계적 힘을 증가시킬 수 있다. 2) 또한, 상기 제어부(170)는, 광-기계적 힘을 감소시키기 위한 제어모드에서 동작하는 경우, 대상물에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지한 상태에서, 단위 펄스당 에너지를 감소(=에너지 밀도를 감소)시키는 제어동작을 수행하며, 이러한 동작을 통해 펄스 레이저 빔이 유발하는 광-기계적 힘을 감소시킬 수 있다.

[0073] 이하, 도 6을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 장치를 살펴본다.

[0074] 도 6을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 장치는, 앞서 살펴본 실시예와 마찬가지로, 레이저 출력부(110), 광필터부(130), 렌즈부(150), 입력부, 출력부, 통신부 제어부(170) 등을 포함할 수 있으며, 레이저 장치와 대상물 사이의 거리를 인식하기 위한 거리 인식부(190)를 더 포함할 수 있다.

[0075] 상기 거리 인식부(190)는, 상기 레이저 장치(100)와 대상물(펄스 레이저 빔을 조사받는 대상물) 사이의 거리를 인식하는 구성이다. 이러한 상기 거리 인식부(190)는, 상기 레이저 장치(100)와 상기 대상물 사이의 거리를 실시간으로 측정하여 거리 정보를 생성할 수 있으며, 이렇게 생성한 정보를 상기 제어부(170)로 전달할 수 있다.

[0076] 따라서, 상기 제어부(170)는, 상기 거리 인식부(190)로부터 전달받는 거리 정보를 바탕으로 상기 렌즈부의 동작을 제어할 수 있다. 1) 예를 들어, 상기 제어부는, 상기 거리 인식부(190)가 전달하는 거리 정보가 일정한 수치로 고정되어 있는 경우에는, 상기 렌즈부(150)를 위에서 살펴본 제1동작 상태로 제어할 수 있다. 2) 또한, 상기 제어부(170)는, 상기 거리 인식부(190)가 전달하는 거리 정보가 실시간으로 변경되는 경우에는, 상기 렌즈부(150)를 위에서 살펴본 제2동작 상태로 제어할 수 있다. 이 경우, 상기 제어부(170)는, 실시간으로 변화되는 거리 정보를 바탕으로, 펄스 레이저 빔의 출력 직경을 실시간으로 변화시킬 수 있으며, 이러한 제어 동작을 통해 운동하는 물체에 조사(도달)되는 펄스 레이저 빔의 직경을 일정하게 유지시킬 수 있다.

[0077] 한편, 상기 거리 인식부(190)는 다양한 방식으로 거리를 인식(측정)할 수 있다. 예를 들어, 상기 거리 인식부(190)는 레이저 또는 초음파가 발사되어 돌아오기까지의 시간이나, 레이저 또는 초음파의 주기 또는 진폭의 변화를 분석하여 레이저 장치(100)와 대상물 사이의 거리를 측정할 수 있다. 또한, 상기 거리 인식부(190)는, 대상물에 적외광을 조사하고 그 반사광의 수광 감도를 검출하여 거리를 측정하거나, GPS 등을 이용하여 거리를 측정할 수도 있다. 또한, 상기 거리 인식부(190)는, 이러한 초음파 방식, 적외선 방식, 레이저 방식, GPS 방식 중 2가지 이상의 방식을 동시에 적용하여 거리를 측정할 수도 있는데, 이 경우 산출된 값들의 평균을 계산하여 최종 거리 값을 결정할 수 있다. 참고로, 상기 거리 인식부(190)가 레이저를 이용하여 거리를 측정하는 경우에는, 상기 레이저 출력부(110)와 연동한 상태로도 동작할 수 있다. 즉, 별도의 거리 측정용 레이저 장치를 장착하지 않고, 상기 레이저 출력부(110)가 출력하는 펄스 레이저 빔을 이용하여 거리를 측정할 수도 있다.

[0078] 이상에 살핀 본 발명에 따른 레이저 장치(100)는 펄스 레이저 빔을 이용하여 광-기계적 효과를 일으킬 수 있고, 상기 광-기계적 효과를 조절할 수 있으므로, 기계적 자극이 필요한 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있다.

[0079] 특히, 본 발명에 따른 레이저 장치(100)는, 인체의 피부 조직에도 광-기계적 효과를 일으킬 수 있으며, 기계적-촉감이 필요한 다양한 햅틱(Haptic) 장치에 적용될 수 있다.

[0080] 이하, 도 7 내지 도 8을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치(100)가 광-기계적 효과를 일으키는 것을 실험적으로 살펴본다.

[0081] 도 7은 상기 레이저 장치(100)의 광-기계적 효과를 확인하기 위한 실험 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

[0082] 이러한 상기 실험 시스템에는, 레이저 장치(100), 콜라겐 필름, 피에조 센서, 3축 위치 미세 조정 장치, 컴퓨터 등의 구성이 포함될 수 있다.

[0083] 상기 레이저 장치(100)는, 위에서 살펴본 본 발명에 따른 레이저 장치(100)이다.

[0084] 본 실험에서는 이러한 상기 레이저 장치(100)의 일 실시예로서, 532 nm의 파장(Wavelength), 5ns의 펄스 폭(Pulse width), 10 Hz의 펄스 반복률(Repetition rate), 0.48mm의 빔 직경(대상물에 조사되는 빔 직경)을 가지는 레이저 장치가 사용되었다.

[0085] 상기 콜라겐 필름은, 임상 치료용 대체피부(Facilitates epidermal healing & substitute) 용도로 사용되는 타입 I 콜라겐 필름(Neskin®-F, Medira, 300 $\mu$ m 내지 500 $\mu$ m의 두께)으로서, 인체의 피부 조직을 모델링한 구성이다. 생체 조직의 90% 이상이 타입 I 콜라겐으로 구성되어 있으므로, 이러한 콜라겐 필름을 이용하여 생체 피부 조직에서 발생 될 효과를 간접적으로 실험할 수 있다.

[0086] 다만, 인체의 피부 두께(표피)는 개인별, 성별, 인종별에 따라 차이가 있으므로, 본 실험에서는 1차적으로 5장의 콜라겐 필름을 대상으로 실험을 진행하고, 2차적으로 10장의 콜라겐 필름을 대상으로 실험을 진행하였다. 개인별, 성별, 인종별에 따라 인체의 피부 두께(표피)가 콜라겐 필름 5장 내지 10장의 범위에서 변화할 수 있기 때문이다. 표 1을 참조하면, 5장의 콜라겐 필름과 10장의 콜라겐 필름의 무게와 두께를 확인할 수 있다.

표 1

콜라겐 필름의 개수	무게[g]	두께[mm]
5장	0.12	0.15
10장	0.23	0.31

[0088] 한편, 상기 콜라겐 필름은 상기 피에조 센서에 부착된 형태로 사용되었다.

[0089] 상기 피에조 센서(Piezo sensor)는, 외부에서 가해지는 기계적인 자극을 전기적인 출력신호로 표현하는 소자이다. 따라서, 본 실험에서는 이러한 피에조 센서를 이용하여 상기 콜라겐 필름에서 유발되는 기계적인 변화를 관측하였다.

[0090] 한편, 본 실험에서는 표면이 코딩된 피에조 센서(LFT1-028K, Measurement specialties)를 사용하였는데, 이는 상기 콜라겐 필름의 부착 시 센서 표면이 받을 수 있는 영향을 최소화하기 위함이다.

[0091] 상기 3축 위치 미세 조정 장치는, 상기 피에조 센서의 위치를 미세하게 컨트롤하기 위한 장치이다. 또한, 상기 컴퓨터는 상기 피에조 센서가 출력하는 신호를 수신하고, 수신한 신호를 분석하며, 분석한 결과를 디스플레이하는 장치이다.

[0092] 이상에서 살펴본 실험 시스템을 이용하여 다음과 같은 실험을 진행하였다.

- [0093]
- [0094] 1) 단위 펄스당 에너지가 0.05 mJ인 펄스 레이저 빔을 5장으로 구성된 콜라겐 필름에 조사하는 실험을 진행하였다.
- [0095] 2) 펄스 레이저 빔은 10 Hz의 빈도로 조사되었으며, 구체적으로 0.05[s] 직전, 0.15[s] 직전, 0.25[s] 직전, 0.35[s] 직전 등의 순간에 조사되었다.
- [0096] 3) 이러한 실험 과정에서 출력되는 피에조 센서의 신호를 분석하였다.
- [0097] 도 8은 이러한 실험의 결과를 보여주는 그래프이다. 도 5를 참조하면, 조사된 레이저 빔의 펄스 반복율과 대응되는 10 Hz의 빈도로 피에조 센서의 출력신호가 생성되는 것을 알 수 있다. 또한, 피에조 센서에서 출력신호가 생성되는 시점도 상기 펄스 레이저 빔이 조사된 시점(0.05[s] 직전, 0.15[s] 직전, 0.25[s] 직전, 0.35[s] 등)과 일치하는 것을 확인할 수 있다.
- [0098] 따라서, 이러한 실험 결과를 통해, 상기 레이저 빔이 광-기계적 효과를 유발한 것을 확인할 수 있다. 또한, 피에조 센서의 출력신호의 크기를 분석함으로써, 유발된 광-기계적 힘의 크기도 산출할 수도 있다.
- [0099] 이하, 도 9 내지 도 11을 참조하여, 펄스 레이저 빔의 직경 및 에너지 밀도의 제어와 관련된 실험예를 살펴본다.
- [0100] 광-기계적 효과의 조절을 위한, 파라미터의 제어 방법을 연구하기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다.
- [0101] 1) 본 발명에 따른 레이저 장치(100)를 이용하여 펄스 레이저 빔을 피험자들의 손가락에 조사하고, 피험자들의 반응을 조사하였다.
- [0102] 2) 피험자들의 반응은 "느낌 없음", "기계적 촉감(접촉감, 압감)이 느껴짐", "아픔(통증)"으로 구분하여 조사하였다.
- [0103] 3) 펄스 레이저 빔의 직경(손가락에 조사되는 빔의 직경)을 일정하게 유지한 상태에서 단위 펄스당 에너지를 변화(=에너지 밀도를 변화)시키면서 실험을 진행하였다.
- [0104] 아래의 표 2는 실험에 사용된 빔 직경, 에너지 밀도, 피험자의 수를 보여준다. 6 종류의 빔 직경에서 26가지 조합의 에너지 밀도를 사용하여 실험을 수행하였다.

**표 2**

빔 직경 [mm]	에너지 밀도 [ $J/cm^2$ ]	피험자 수 [n]
0.43	0.20669	10
	0.41338	
	0.62006	
	0.82675	
	1.03344	

0.87	0.05049	10
	0.10098	
	0.15147	
	0.20196	
	0.25245	
4	0.039808917	10
	0.063694268	
	0.095541401	
	0.127388535	
	0.159235669	
5	0.025477707	10
	0.056050955	
	0.096815287	
	0.127388535	
	0.157961783	
7	0.05199532	10
	0.075393215	
	0.098791109	
8	0.039808917	10
	0.069665605	
	0.099522293	

[0106] 도 9 내지 도 11은, 상기 표 2의 조건에서 수행된 실험의 결과를 정리한 그래프이다.

[0107] 도 9 내지 도 11을 참조하면, 손가락에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지(0.43mm, 0.87mm, 4mm, 5mm, 7mm 또는 8mm)된 상태에서 단위 펄스당 에너지(=에너지 밀도)가 증가하는 경우에, 기계적 촉감 또는 아픔(강한 강도의 기계적 촉감)을 인지한 피험자의 비율도 함께 상승하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 반대로, 손가락에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지된 상태에서 단위 펄스당 에너지(=에너지 밀도)가 감소하는 경우에는, 기계적 촉감 또는 아픔을 인지한 피험자의 비율도 함께 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0108] 이는, 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지되는 상태에서 단위 펄스당 에너지(=에너지 밀도)가 증가함에 따라, 유발되는 광-기계적 힘이 상기 에너지 밀도에 비례하여 증가하고, 기계적 자극에 둔감한 피험자들도 광-기계적 힘의 증가에 따라 자극을 인식하였기 때문이다. 또한, 반대의 경우에는, 펄스 레이저 빔의 직경이 일정하게 유지되는 상태에서 단위 펄스당 에너지(=에너지 밀도)가 감소함에 따라, 유발되는 광-기계적 힘이 상기 에너지 밀도에 비례하여 감소하고, 기계적 자극에 민감한 피험자들도 광-기계적 힘의 감소에 따라 자극을 인식할 수 없었기 때문이다.

[0109] 결국, 이러한 실험을 통해, 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)이 일정하게 유지된 상태에서 단위 펄스당 에너지를 조절(=에너지 밀도를 조절)하여, 펄스 레이저 빔이 유발하는 광-기계적 힘을 조절할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0110] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 광-기계적 효과 유발 방법을 살펴본다.

[0111]

[0112] 본 발명의 일 실시예에 따른 광-기계적 효과 유발 방법은, 레이저 장치가 펄스 레이저 빔의 에너지를 조절하는 단계(a 단계)를 포함할 수 있다.

[0113] 여기서 상기 레이저 장치는, 광-기계적 작용을 일으키기 위해 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것이 바람직하다.

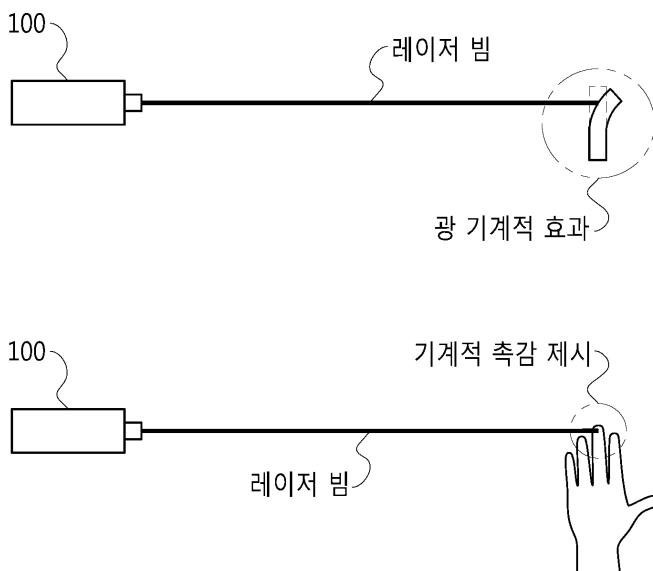
- [0114] 또한, 상기 레이저 장치는, 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 일정하게 유지한 상태에서 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절하는 것이 바람직하다. 이러한 조절 동작을 통해, 상기 펄스 레이저 빔이 유발하는 광-기계적 힘의 크기를 조절할 수 있기 때문이다.
- [0115] 또한, 상기 a 단계 이후에는, 상기 레이저 장치(100)가 생성한 펄스 레이저 빔이 대상물에 도달하는 단계(b 단계)를 포함할 수 있다.
- [0116] 또한, 상기 b 단계 이후에는, 상기 대상물에 도달한 펄스 레이저 빔이 광-기계적 효과를 일으키는 단계(c 단계)를 포함할 수 있다.
- [0117] 이상에서 살핀 본 발명에 따른 광-기계적 효과 유발 방법은, 카테고리는 상이하지만, 본 발명에 따른 레이저 장치(100)와 실질적으로 동일한 특징을 포함할 수 있다. 따라서, 중복서술을 방지하기 위하여 자세히 기재하지는 않았지만, 상기 레이저 장치(100)와 관련하여 상술한 특징들은 상기 광-기계적 효과 유발 방법 발명에도 당연히 유추되어서 적용될 수 있다.
- [0118] 위에서 설명된 본 발명의 실시예들은 예시의 목적을 위해 개시된 것이며, 이들에 의하여 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명에 대한 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정 및 변경을 가할 수 있을 것이며, 이러한 수정 및 변경은 본 발명의 범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

**부호의 설명**

- [0119] 100 : 레이저 장치                      110 : 레이저 출력부
- 130 : 광필터부                              150 : 렌즈부
- 170 : 제어부                                190 : 거리 인식부

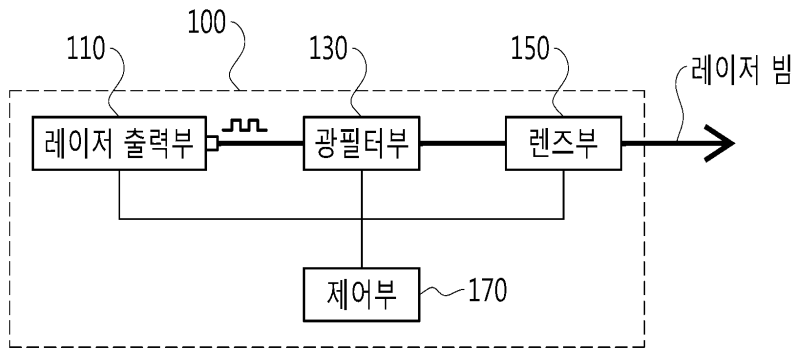
**도면**

**도면1**

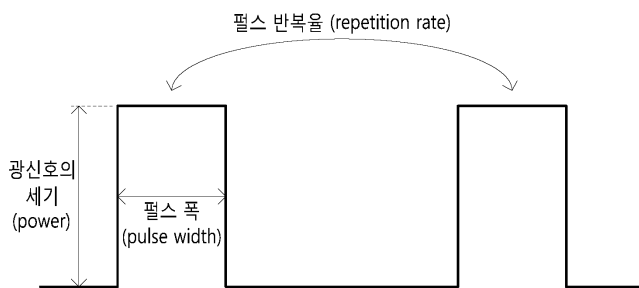




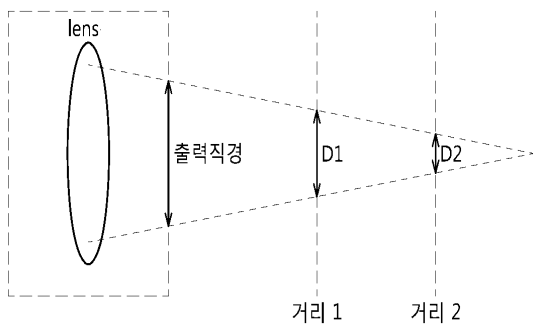
도면2



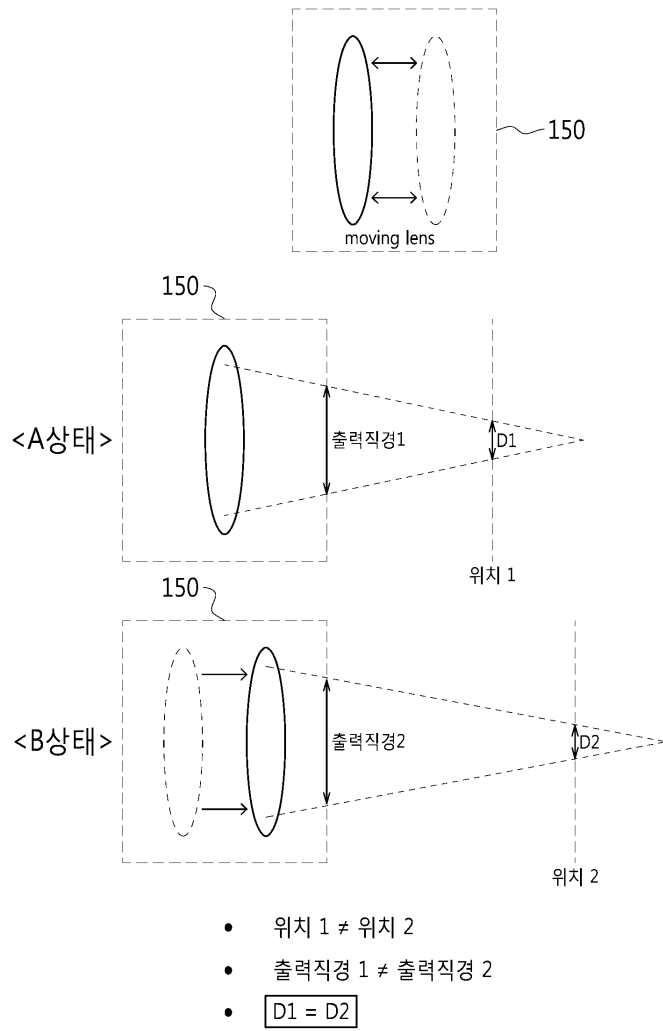
도면3



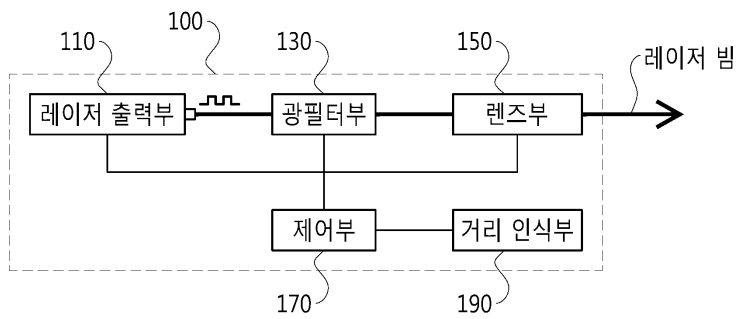
도면4



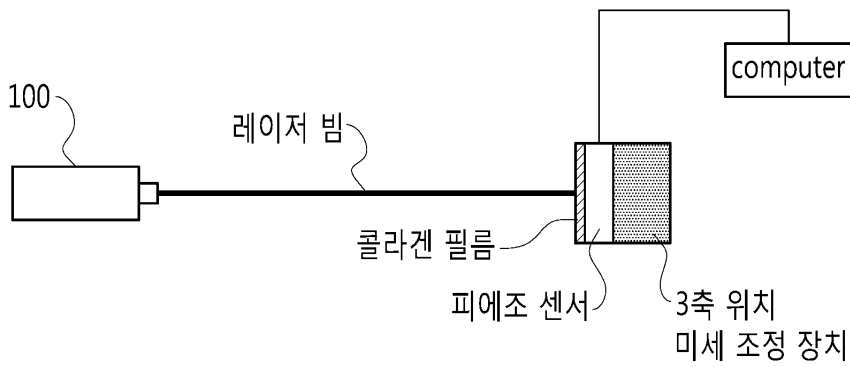
도면5



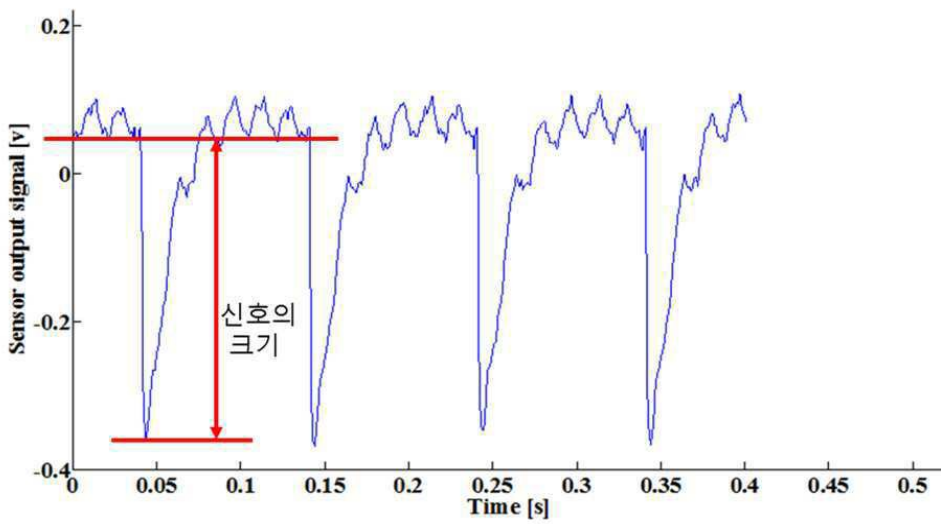
도면6



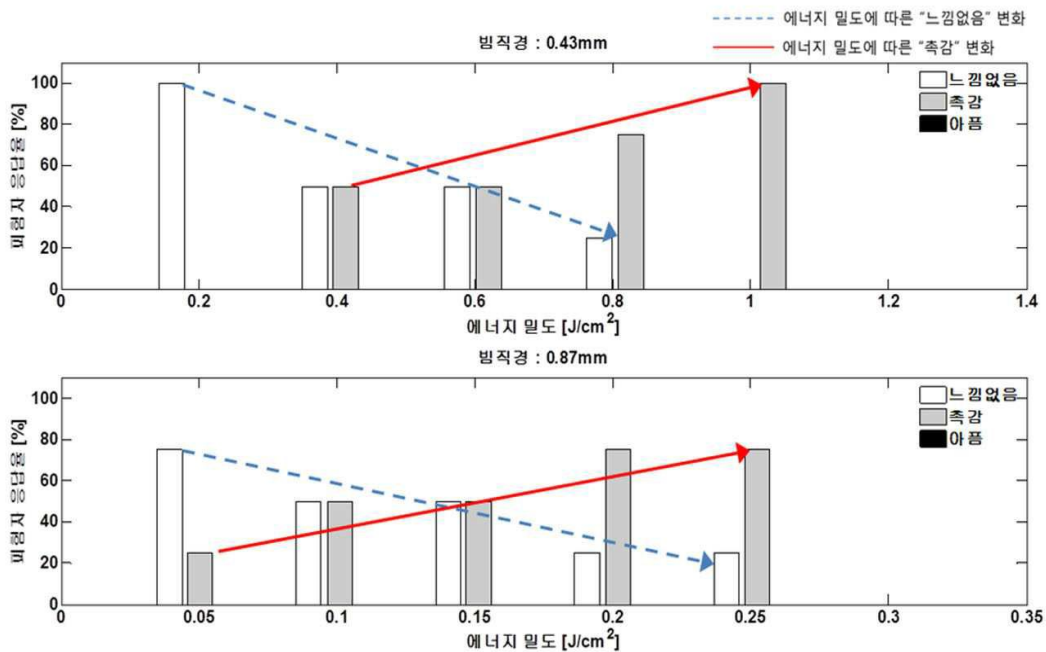
도면7



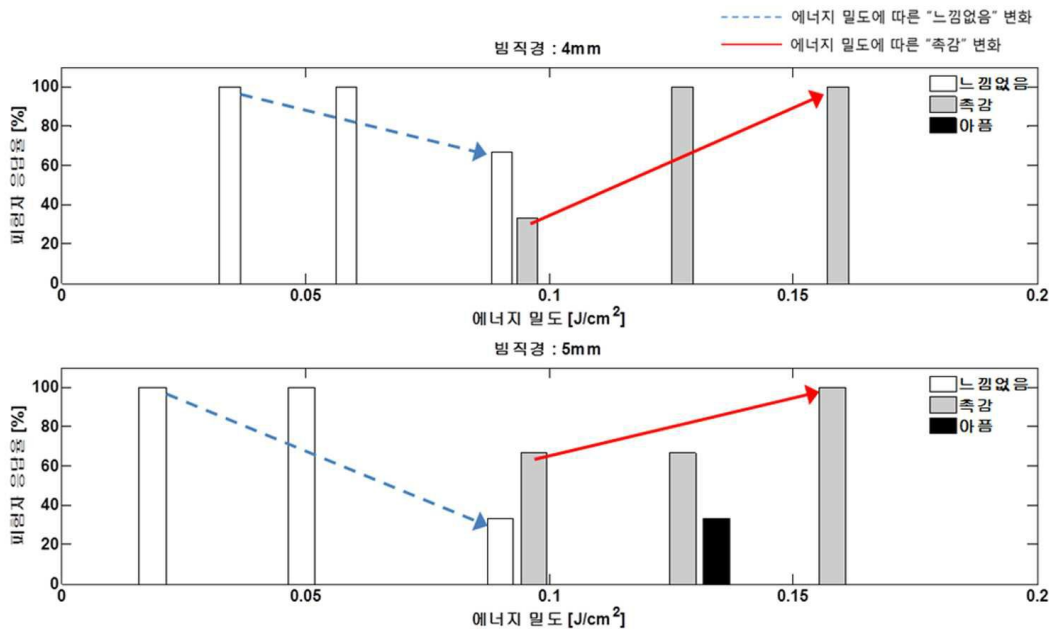
도면8



도면9



도면10



도면11

