



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

(45) 공고일자 2013년12월11일  
 (11) 등록번호 10-1340359  
 (24) 등록일자 2013년12월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01S 3/10* (2006.01) *H01S 3/101* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0030728  
 (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 10 항

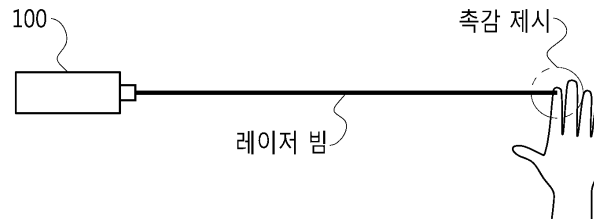
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **촉감 조절을 위해 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시킬 수 있는 레이저 장치 및 이를 이용한 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 촉감의 제시 및 조절을 위한 레이저 장치에 관한 것으로서, 촉감 제시를 위해 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하고, 촉감 조절을 위해 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 변화시키는 것을 특징으로 한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**김성필**

경기도 성남시 분당구 금곡동 한라아파트 305동  
605호

**최승문**

경상북도 포항시 남구 지곡동 교수아파트 9동 220  
2호

**민병찬**

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

**김형식**

서울특별시 노원구 공릉2동 화랑타운아파트 707동  
1001호

**정구인**

충청북도 청원군 내수읍 구성리 474-1번지

**박종락**

광주광역시 동구 학동 학1 휴먼시아 103동 1805호

**배영민**

서울특별시 광진구 구의동 257-22, 204호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345172903
부처명	교육과학기술부
연구사업명	첨단융합기술개발
연구과제명	레이저 촉감 제시 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	건국대학교 GLOCAL(글로컬)캠퍼스
연구기간	2012.03.01 ~ 2013.02.28

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

레이저 빔(Laser beam)을 생성하는 레이저 출력부; 및

상기 레이저 출력부를 제어하며, 상기 레이저 출력부가 생성하는 레이저 빔의 직경(Diameter)을 조절하는 제어부;

를 포함하고,

상기 제어부는, 설정된 촉감의 강도 혹은 종류에 따라 상기 레이저 빔의 직경을 조절하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 출력부는 펄스 레이저 빔을 생성하고,

상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭은 ms(millisecond) 이하의 범위에서 조절되는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔의 직경은 0 mm 초과 및 6 mm이하인 범위에 속하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이 데이터와 상기 펄스 레이저 빔의 직경 데이터를 1:1로 대응시킨 정보를 바탕으로 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 빔의 직경을 변화시키기 위한 렌즈부;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 렌즈부는,

상기 레이저 빔을 확산시키는 광확산부 또는 상기 레이저 빔을 집속시키는 광집속부를 포함할 수 있으며,

상기 광확산부 또는 상기 광집속부는 선택적으로 배치되거나 또는 운동가능한 형태로 배치될 수 있는 것을 특징으로 하는 촉감 제시용 레이저 장치.

**청구항 10**

촉감을 제시하기 위한 햅틱(Haptic) 장치에 있어서,

레이저 빔(Laser beam)을 생성하는 레이저 출력부; 및

상기 레이저 출력부를 제어하며, 상기 레이저 출력부가 생성하는 레이저 빔의 직경(Diameter)을 조절하는 제어부;

를 포함하고,

상기 제어부는, 설정된 촉감의 강도 혹은 종류에 따라 상기 레이저 빔의 직경을 조절하는 것을 특징으로 햅틱 장치.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭은 ms(millisecond) 이하의 범위에서 조절되는 것을 특징으로 하는 햅틱 장치.

**청구항 12**

(a) 레이저 장치가 레이저 빔(Laser beam)을 생성하는 단계;

(b) 상기 레이저 장치가 상기 레이저 빔의 직경(Diameter)를 조절하는 단계; 및

(c) 상기 레이저 장치가 촉감이 제시될 대상물에 상기 레이저 빔을 조사하는 단계;

를 포함하고,

상기 레이저 장치는, 상기 (b) 단계에서, 설정된 촉감의 강도 혹은 종류에 따라 상기 레이저 빔의 직경을 조절하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 촉감 제시 방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 상기 레이저 장치는,

펄스 레이저 빔을 생성하고,

상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭을 ms(millisecond) 이하의 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 촉감 제시 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 촉감의 제시 및 조절을 위한 레이저 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 이용하여 촉감을 제시할 수 있고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)를 변화시켜서 제시되는 촉감을 조절할 수 있는 레이저 장치에 관한 것이다.

[0002]

**배경기술**

[0003] 레이저(Laser) 장치란, 방사의 유도 방출에 의한 광증폭(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)을 이용하여 빛을 방출하는 장치를 의미한다.

[0004] 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.

[0005] 하지만, 이러한 레이저 장치를 이용하여 촉감(Tactile sense)을 구현하는 기술에 관한 연구는 전무한 실정이다.

[0006] 구체적으로, 생체 조직의 변형을 유도하지 않으면서 촉감을 제시할 수 있는 레이저 빔의 조건, 다양한 촉감을 구현하기 위한 레이저 빔의 제어 방법 등에 관한 연구가 전무한 실정이다.

[0007] 따라서, 이러한 새로운 기술 분야에 관한 연구가 필요하다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0008] (특허문헌 0001) KR 2013-0009631 A

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 레이저 빔을 이용하여 촉감을 제시하는 것을 해결과제로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 레이저 빔이 유발하는 촉감을 조절할 수 있는 제어 기술을 제공하는 것을 해결과제로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 촉감 제시를 위해 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하고, 촉감 조절을 위해 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 변화시키는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭이 ms(millisecond) 이하의 범위에서 조절되는 것을 특징으로 한다.

- [0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 설정된 침투 깊이에 따라 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 설정된 촉감의 종류에 따라 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 설정된 촉감의 강도에 따라 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 직경이 0 mm 초과 및 6 mm이하인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이 데이터와 상기 펄스 레이저 빔의 직경 데이터를 1:1로 대응시키며, 대응시킨 정보를 바탕으로 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 펄스 레이저 빔을 생성하는 레이저 출력부; 및 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키기 위한 렌즈부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는, 상기 렌즈부가, 상기 펄스 레이저 빔을 확산시키는 광확산부 또는 상기 펄스 레이저 빔을 집속시키는 광집속부를 포함할 수 있으며, 상기 광확산부 또는 상기 광집속부는 선택적으로 배치되거나 또는 운동가능한 형태로 배치될 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 한편, 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 장치는, 촉감 제시를 위해 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 출력하고, 촉감 조절을 위해 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 장치는, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭이 ms(millisecond) 이하의 범위에서 조절되는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 한편, 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치를 이용한 촉감 제시 방법은, (a) 레이저 장치가 촉감 제시를 위해 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 생성하는 단계; (b) 상기 레이저 장치가 촉감 제어를 위해 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 변화시키는 단계; 및 (c) 상기 펄스 레이저 빔이 인체를 향해 조사되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치를 이용한 촉감 제시 방법은, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭을 ms(millisecond) 이하의 범위로 조절하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0024] 본 발명은 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 이용하여 촉감을 제시할 있다. 구체적으로, 본 발명은 연속형(CW, Continuous Wave) 레이저 빔이 아닌 펄스 레이저 빔을 이용하여 촉감을 제시할 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명은 생체 조직에 손상을 가하지 않으면서 촉감을 제시할 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 펄스 레이저 빔의 펄스 폭을 ms(millisecond) 이하로 조절하므로, 생체 조직에 손상을 가할 수 있는 레이저 빔의 광-화학적 또는 광-열적 효과를 배제한 상태에서 촉감을 제시할 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명은 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 조절하여 펄스 레이저 빔이 피부 등의 생체 조직에 침투하는 깊이를 조절할 수 있다. 따라서, 이러한 펄스 레이저 빔의 침투 깊이 조절을 통해, 서로 다른 깊이에 존재하는 피부 감수기(Receptor)들을 선택적으로 자극할 수 있으며, 이를 통해 제시하는 촉감의 종류를 변화시킬 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 조절하여 촉감의 강도도 변화시킬 수 있다. 상기 펄스 레이저 빔의 직경이 변화함에 따라 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이가 변화할 수 있고, 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이가 변화함에 따라 에너지 전달 효율이 변화할 수 있는데, 이러한 에너지 전달 효율의 변화가 촉감의 강도

변화를 유발시킬 수 있기 때문이다. 따라서, 본 발명은 에너지 밀도를 동일하게 유지한 상태에서 빔의 직경을 증가시키거나 감소시켜서 촉감의 강도를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명은 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이를 정량적으로 조절할 수도 있으며, 이러한 조절 동작을 촉감 제어에 활용할 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 정량적으로 조절하여, 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이를 정량적으로 증가시키거나 감소시킬 수 있으며, 이러한 정량적인 조절을 기초로 촉감의 종류를 변화시키거나 강도를 변화시킬 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명은 햅틱(Haptic) 장치에도 활용될 수 있다. 구체적으로 본 발명은 촉감을 제시할 수 있으므로, 햅틱스(Haptics) 분야에 응용될 수 있다. 특히, 본 발명은, 생체 조직의 변형을 유발시킬 수 있는 레이저의 광-화학적(Photo-chemical) 또는 광-열적(Photo-thermal) 효과를 배제한 상태에서 촉감을 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 촉감을 정량적으로 제어할 수 있다. 구체적으로, 종래의 햅틱 장치들은 진동 소자, 공기 압력, 핀 배열 등을 이용하여 기계적인 자극을 제시하였기 때문에 촉감을 정량적으로 제어하기가 어려웠으나, 본 발명은 레이저 빔의 직경 등의 파라미터를 조절하여 촉감을 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 움직임을 통해 공간적인 신뢰성도 확보할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0032] 도 1은 레이저 장치가 촉감을 제시하는 것을 보여주는 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치의 구성을 나타내는 구성도이다.
- 도 3은 펄스 레이저 빔의 파라미터들을 보여주는 개념도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치가 포함할 수 있는 렌즈부를 보여주는 예시도이다.
- 도 5 내지 도 7은 빔 직경 변화와 침투 깊이 변화의 관계에 관한 시뮬레이션 결과들이다.
- 도 8는 빔 직경과 침투 깊이 사이의 관계를 보여주는 그래프이다.
- 도 9는 펄스 레이저 빔의 직경에 따른 피부에서의 산란, 에너지 전달 효율을 보여주는 자료이다.
- 도 10 내지 11은 빔 직경의 변화와 촉감 제시를 위한 에너지 밀도(피험자의 50% 이상이 촉감을 느끼는 에너지 밀도) 사이의 관계를 보여주는 실험 결과 그래프들이다.
- 도 12는 피부의 표피 또는 진피에 존재하는 감각 수용기들의 예시를 나타내는 예시도이다.

**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 단순

히 지칭할 뿐이며, 추가적인 구성요소들을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

- [0036] 이하, 본 발명에 다른 레이저 장치의 특징을 개괄적으로 살펴본다.
- [0037] 본 발명에 따른 레이저 장치는, 레이저 빔을 이용하여 대상물과 비접촉한 상태에서 촉감(촉각, 압각, 온각 등)을 제시할 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 레이저 빔을 이용하여 대상물과 비접촉한 상태에서 촉감을 제시하되, 생체 조직에 손상을 가하지 않으면서 촉감을 제시할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 레이저 장치는, 햅틱스(Haptics) 분야를 포함하는 다양한 분야에서, 촉감 제시의 소스로서 활용될 수 있다.
- [0038] 이러한 본 발명에 따른 레이저 장치는, 촉감 제시를 위해, 연속형 레이저(CW laser, Continuous wave laser)가 아닌 펄스 레이저(Pulsed laser)를 이용하여 레이저 빔을 생성한다.
- [0039] 연속형 레이저를 이용하여 레이저 자극을 연속적으로 가하면, 생체 조직에 손상을 가할 수 있는 광-화학적 효과 또는 광-열적 효과가 일어날 수 있으므로, 이러한 효과들을 배제한 상태에서 촉감을 제시하기 위해 펄스 레이저(Pulsed laser)를 이용하는 것이다.
- [0040] 또한, 본 발명에 따른 레이저 장치는, ms(millisecond) 이하의 펄스 폭(Pulse width) 조건에서 펄스 레이저 빔을 생성하며, 이러한 ms 이하의 펄스 폭을 가지는 펄스 레이저 빔을 이용하여 촉감을 제시한다.
- [0041] 펄스 레이저를 이용하는 경우에도, 펄스 폭이 큰 경우에는 레이저 자극의 충분한 노출시간이 확보되어 생체 조직에 손상을 가할 수 있는 광-화학적 또는 광-열적 현상이 일어날 수 있다. 따라서, ms(millisecond) 이하의 펄스 폭(Pulse width) 조건에서 펄스 레이저 빔을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0042] 또한, 본 발명에 따른 레이저 장치는, 촉감 제시를 위한 펄스 레이저 빔의 직경을 증가시키거나 감소시킬 수 있으며, 이를 통해 펄스 레이저 빔이 피부에 침투하는 깊이를 조절할 수 있다. 따라서, 이러한 침투 깊이 조절을 통해, 피부 조직의 서로 다른 깊이 상에 존재하는 감각 수용기(Sensory Receptor)들을 선택적으로 자극할 수 있으며, 이러한 선택적인 자극 동작을 통해 제시하는 촉감(단일 감각 또는 복합 감각)의 종류를 변화시킬 수 있다.
- [0043] 참고로, 도 12를 참조하면, 피부 조직의 서로 다른 깊이 상에 존재하는 다양한 감각 수용기(Sensory Receptor)들을 확인할 수 있다. 도 12에서도 확인할 수 있듯이, 이러한 감각 수용기에는, 크라우제 소체(Krause corpuscle, 냉각 등의 감각 담당), 메르켈 소체(Merkel's disc, 촉각 등을 담당), 마이스너 소체(Meissner's corpuscle, 압각 등을 담당), 신경 말단(Free nerve ending, 통각 등을 담당), 루피니 소체(Ruffini's ending, 온감 등을 담당), 파치니 소체(Pacinian corpuscle, 심부 압각 등을 담당) 등이 있다. 따라서, 본 발명에 따른 레이저 장치는, 침투 깊이 조절을 통해 이러한 감각 수용기(Sensory Receptor)들을 선택적으로 자극하여, 제시하는 촉감의 종류를 변화시킬 수 있다. 예를 들어, 침투 깊이 조절을 통해 냉각, 촉각, 통각 등의 단일 감각을 제시하거나, 촉각 + 온각, 촉각 + 온각 + 압각 등의 복합 감각을 제시할 수 있다.
- [0044]
- [0045] 또한, 본 발명에 따른 레이저 장치는, 상기와 같이 레이저 빔의 침투 깊이를 조절하여, 에너지 전달 효율(펄스 레이저 빔의 에너지가 피부에 전달되는 효율)을 조절할 수도 있다. 구체적으로, 레이저의 빔의 침투 깊이를 증가시켜 에너지 전달 효율을 증가시키거나, 레이저 빔의 침투 깊이를 감소시켜 에너지 전달 효율을 감소시킬 수 있다.
- [0046] 따라서, 이러한 에너지 전달 효율의 조절을 통해, 제시하는 촉감의 강도도 변화시킬 수 있다.
- [0047] 이하, 도 1 내지 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치(100)를 살펴본다.



- [0048] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치(100)는 위에서 살펴본 것과 같이 펄스 레이저 빔을 이용하여 촉감을 제시할 수 있다. 구체적으로, 도 1과 같이 손가락 등의 피부 조직에 촉감을 제시할 수 있다.
- [0049] 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 직경(Diameter)을 조절하기 위한 렌즈부(150), 상기 레이저 출력부, 상기 광필터부, 상기 렌즈부의 동작을 제어하는 제어부(170)를 포함할 수 있다.
- [0050] 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.
- [0051] 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.
- [0052] 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.
- [0053] 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 생체 조직에 손상을 가할 수 있는 광-화학적 효과 또는 광-열적 효과가 유발될 가능성이 있기 때문이다.
- [0054] 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.
- [0055] 한편, 상기 레이저 출력부(110)가 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 조절함에 따라, 피부에 조사되는 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도 역시 조절될 수 있다. 구체적으로, 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 증가시켜 상기 에너지 밀도를 증가시키거나, 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 감소시켜 상기 에너지 밀도를 감소시킬 수 있다.
- [0056] 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.
- [0057] 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.
- [0058] 한편, 상기 광필터부(130)는, 상기 레이저출력부 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 자체가 단위 펄스당 에너지를 조절하는 능력을 갖추고 있지 못하는 경우에는 상기 레이저 장치(100)에 필수적으로 장착되어서, 상기 단위 펄스당 에너지를 조

절하는 주도적인 역할을 수행하게 된다.

- [0059] 상기 렌즈부(150)는, 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)을 조절하기 위한 구성으로서, 상기 펄스 레이저 빔을 집속하기 위한 광집속부(예컨대, 볼록렌즈부 등) 또는 상기 펄스 레이저 빔을 확산시키기 위한 광확산부(예컨대, 오목 렌즈부 등)를 포함할 수 있다.
- [0060] 이러한 상기 렌즈부(150)는 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시킬 수 있다. 구체적으로 상기 렌즈부(150)는, 1) 상기 광집속부와 상기 광확산부를 선택적으로 배치(펄스 레이저 빔이 통과하는 경로 상에 배치)하는 동작, 2) 상기 광집속부의 배치 위치를 변화시키는 동작, 3) 상기 광확산부의 배치 위치를 변화시키는 동작, 4) 상기 광집속부와 상기 광확산부를 연속적으로 배치하고, 상기 광집속부 또는 상기 광확산부의 배치 위치를 변화시키는 동작 등을 통해 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 도 4를 참조하면, 상기 렌즈부(150)가 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 동작의 예시를 살펴볼 수 있다. 구체적으로, 도 4의 (A)를 참조하면, 상기 렌즈부(150)가 상기 광집속부(152)와 상기 광확산부(154)를 선택적으로 배치하여 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 동작을 살펴볼 수 있다. 이 경우 상기 렌즈부(150)는 상기 펄스 레이저 빔이 지나가는 경로에 상기 광확산부(154)를 배치하여 빔의 직경을 증가시키거나, 상기 펄스 레이저 빔이 지나가는 경로에 상기 광집속부(152)를 배치하여 빔의 직경을 감소시킬 수 있다. 또한, 도 4의 (B)를 참조하면, 상기 렌즈부(150)가 상기 광집속부(152)의 배치 위치를 변화시켜 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 동작을 살펴볼 수 있다. 이 경우 상기 렌즈부(150)는, 상기 펄스 레이저 빔이 진행하는 방향(또는 반대 방향)으로 상기 광집속부(152)를 운동시켜서 빔의 직경을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. (이러한 광집속부(152)의 위치 이동에 따른 빔의 직경 변화는, 광확산부(154)의 위치 이동에 따른 빔의 직경 변화에도 당연히 유추되어 적용될 수 있다.)
- [0061] 한편, 상기 렌즈부(150)는, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시켜 상기 펄스 레이저 빔이 피부에 침투하는 깊이를 변화시킬 수 있다. 뒤에서 살펴보겠지만, 상기 펄스 레이저 빔이 피부에 침투하는 깊이는 상기 펄스 레이저 빔의 직경에 따라 변화될 수 있으므로, 상기 렌즈부(150)의 동작(빔의 직경을 변화시키는 동작)에 의해 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이가 변화될 수 있다.
- [0062] 또한, 상기 렌즈부(150)는, 0 mm를 초과하고 6 mm 이하인 범위에서 상기 펄스 레이저의 빔의 직경을 변화시키는 형태로도 구성될 수 있다. 마찬가지로 뒤에서 살펴 보겠지만, 이러한 범위에서 빔의 직경과 침투 깊이가 1:1로 대응되기가 용이하므로, 레이저 빔의 침투 깊이를 정량적으로 제어하기가 용이하기 때문이다.
- [0063] 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.
- [0064] 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.
- [0065] 한편, 상기 입력부는, 패드, 터치스크린 등과 같은 다양한 종류의 입력 장치로서 형성될 수 있으며, 이러한 입력 장치 이외에도 다양한 장치의 형태로 형성될 수 있다.
- [0066] 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.
- [0067] 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.
- [0068] 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.

- [0069] 상기 제어부(170), 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.
- [0070] 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.
- [0071] 한편, 상기 제어부(170)는, 상기 레이저 출력부(110) 및 상기 광필터부(130)의 동작을 제어하여 상기 펄스 레이저 빔의 단위 펄스당 에너지를 총괄적으로 조절할 수 있다. 구체적으로, 상기 제어부(170)는, 상기 레이저 출력부(110) 및 상기 광필터부(130)의 동작을 제어하여 펄스 폭(Pulse width) 또는 광신호의 세기(Power, J/s)를 조절할 수 있으며, 이러한 파라미터들의 조절동작을 통해 단위 펄스당 에너지를 총괄적으로 조절할 수 있다.
- [0072] 또한, 상기 제어부(170)는, 상기 렌즈부(150)의 동작을 제어하여 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시킬 수 있다. 예를 들어, 상기 제어부(170)는, 상기 렌즈부(150)가 포함할 수 있는 상기 광집속부 또는 상기 광확산부를 선택적으로 배치(펄스 레이저 빔이 통과하는 경로 상에 배치)하거나, 상기 광확산부 또는 상기 광집속부가 배치되는 위치를 변화시켜서 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시킬 수 있다. 앞서서도 언급되었듯이, 상기 펄스 레이저 빔의 직경이 변화함에 따라 상기 펄스 레이저 빔이 피부에 침투하는 깊이가 변화할 수 있으므로, 상기 제어부(170)는 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 조절하는 동작을 통해 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이(피부에 침투하는 깊이)를 제어할 수 있다.
- [0073] 또한, 상기 제어부(170)는 펄스 레이저 빔의 직경 정보와 침투 깊이 정보를 포함하고 있는 DB(Data Base)를 기초로 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어할 수도 있다. 여기서 상기 DB에는 상기 펄스 레이저 빔의 직경 정보와 상기 침투 깊이 정보가 대응(매칭)된 상태로 포함될 수 있는데, 예를 들어, '빔 직경 A - 침투 깊이 a', '빔 직경 B - 침투 깊이 b', '빔 직경 C - 침투 깊이 c' 등의 대응 정보가 포함되어 있을 수 있다. 따라서, 상기 제어부(170)는, 이러한 DB를 이용하여 목표하는 침투 깊이를 정량적으로 제어할 수 있다. 구체적으로, a의 침투 깊이를 구현하고자 하는 경우에는 빔의 직경을 A로 조절하고, b의 침투 깊이를 구현하고자 하는 경우에는 빔의 직경을 B로 조절하는 등의 동작을 통해 상기 펄스 레이저 빔의 침투 깊이를 정량적으로 제어할 수 있다. (참고로, 상기 DB는 다양한 메모리 소자에 의해 구현될 수 있으며, 상기 제어부(170)와 링크된 상태로 상기 제어부(170)의 내부 또는 외부에 형성될 수 있다.)
- [0074] 또한, 상기 제어부(170)는 상기 렌즈부(150)를 제어하는 동작을 통해 다양한 촉감을 선택적으로 제시할 수 있다. 구체적으로, 상기 제어부(170)는 상기 렌즈부(150)의 동작을 제어하여 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어할 수 있고, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어하여 상기 펄스 레이저 빔의 피부 침투 깊이를 제어할 수 있으며, 상기 펄스 레이저 빔의 피부 침투 깊이를 제어하여 서로 다른 깊이에 위치하는 감각 수용기(Sensory Receptor)들을 선택적으로 자극시킬 수 있다. 따라서, 이러한 동작을 통해 다양한 감각 수용기들이 담당하는 다양한 감각들을 선택적으로 제시할 수 있다. 참고로, 여기서 선택적으로 제시되는 촉감들은, 개별적인 감각(냉각, 통각, 촉각 등)이거나, 개별적인 감각들이 둘 이상 복합된 복합 감각(촉각 + 온각, 촉각 + 온각 + 압각 등)일 수 있다. 침투 위치 및 침투 깊이의 선택적인 제어에 따라, 1개의 감각 수용기(얇은 깊이의 수용기)만이 자극될 수도 있지만, 둘 이상의 감각 수용기들(얇은 깊이 + 깊은 깊이의 수용기)이 동시에 자극될 수도 있기 때문이다.
- [0075] 또한, 상기 제어부(170)는 펄스 레이저 빔의 직경 정보, 침투 깊이 정보, 및 촉감 종류 정보를 포함하고 있는 DB(Data Base)를 기초로 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어할 수도 있다. 여기서 상기 DB에는 상기 펄스 레이저 빔의 직경 정보, 상기 침투 깊이 정보 및 촉감 종류 정보가 대응(매칭)된 상태로 포함될 수 있으며, 상기 제어부(170)는 이러한 DB와 정량적인 빔 직경의 제어를 기초로 목표하는 종류의 촉감을 구현할 수 있다. 예를 들어, 통각을 구현하고자 하는 경우에는 빔의 직경을 A로 조절하고, 통각 + 압각의 복합감각을 구현하고자 하는

경우에는 빔의 직경을 B로 조절하는 등의 동작을 통해 촉감의 종류를 제어할 수 있다.

[0076] 또한, 상기 제어부(170)는, 상기 펄스 레이저 빔의 직경을 제어하는 동작을 통해 촉감의 강도도 변화시킬 수 있다. 뒤에서 살펴보겠지만, 펄스 레이저 빔의 직경이 증가 또는 감소함에 따라 에너지 전달 효율(피부에 에너지가 전달되는 효율)이 증가 또는 감소하기 때문에, 펄스 레이저 빔의 직경을 변화시키는 동작을 통해 촉감의 강도도 변화시킬 수 있다. 따라서, 상기 제어부(170)는, 1) 에너지 밀도가 동일한 상태에서 상기 빔의 직경을 증가시켜서, 1-1) 촉감의 종류를 변화시킴과 동시에 촉감의 강도를 증가시키거나, 1-2) 촉감의 종류를 변화시키지 않더라도(자극되는 감각 수용기들이 변화하지 않은 경우) 촉감의 강도를 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 제어부(170)는 2) 에너지 밀도가 동일한 상태에서 상기 빔의 직경을 감소시켜, 2-1) 촉감의 종류를 변화시킴과 동시에 촉감의 강도를 감소시키거나, 2-2) 촉감의 종류를 변화시키지 않더라도 촉감의 강도를 감소시킬 수 있다.

[0077] 한편, 이러한 펄스 레이저 빔의 직경, 침투 깊이 및 에너지 전달 효율 사이의 정량적인 대응관계 역시 DB화 될 수 있으며, 상기 제어부(170)는 이렇게 DB화된 정보를 기초로 정량적인 제어 동작을 수행할 수도 있다.

[0078] 이하, 도 5 내지 도 8을 참조하여, 펄스 레이저 빔의 직경과 침투 깊이 사이의 관계를 살펴본다.

[0079] 펄스 레이저 빔의 직경과 침투 깊이 사이의 관계를 살펴보기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

[0080] 시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 아래와 같다.

[0081] - 532 nm의 파장(Wavelength), 5ns의 펄스 폭(Pulse width)을 가지는 레이저 장치를 모델링하여 사용하였다.

[0082] - 피부 조직은 다음의 표 1과 같이 모델링하여 사용하였다.

표 1

파라미터	표피	진피
두께	0.1 mm	4.9 mm
폭	5mm	5mm
굴절률 (n)	1.4	1.4
흡수 계수( $m_a$ )	$0.54 \text{ mm}^{-1}$	$0.26 \text{ mm}^{-1}$
산란 계수( $m_s$ )	$30.02 \text{ mm}^{-1}$	$19.95 \text{ mm}^{-1}$
비등방 계수 (g)	0.8	0.8
티슈 밀도 [ $\text{Kg/m}^3$ ]	1200	1200
비열 [ $\text{J/Kg} \cdot \text{K}$ ]	3589	3300

[0084] 시뮬레이션은, 빔 직경이 0.03 mm 내지 8 mm의 범위로 변화하고, 에너지 밀도가 0.051995 내지 396.3199 J/cm<sup>2</sup>의 범위에서 변화하는 조건에서, 펄스 레이저 빔의 침투 깊이를 분석하는 방식으로 진행되었다.

[0085] 도 5 내지 도 7을 참조하면, 시뮬레이션 결과 데이터들의 일부를 살펴볼 수 있다.

[0086] 도 5는 빔직경 0.03 mm 및 에너지 밀도 396.3199 J/cm<sup>2</sup>의 조건에서 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 도 5를 참조하면, 펄스 레이저 빔의 침투 깊이가 0.11 mm인 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 6은 빔직경 4mm 및 에너지 밀도 0.143312 J/cm<sup>2</sup>의 조건에서 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 도 6을 참조하면, 펄스 레이저 빔의 침투 깊이가 0.66 mm인 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 7은 빔직경 8 mm 및 에너지 밀도 0.069665605 J/cm<sup>2</sup>의 조건에서 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 도 7을 참조하면, 펄스 레이저 빔의 침투 깊이가 0.71 mm인 것을 확인할 수 있다.

[0087] 도 5 내지 도 7을 결과를 분석해보면, 에너지 밀도가 감소하더라도 빔의 직경이 증가함에 따라 침투 깊이가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 펄스 레이저 빔의 침투 깊이는 빔의 직경에 주도적인 영향을 받는 것을 확인

할 수 있다.

- [0088] 도 8은 시뮬레이션 결과들을 '빔 직경 - 침투 깊이'의 관계로 정리한 그래프이다.
- [0089] 이러한 도 8의 결과 그래프를 참조하면, 펄스 레이저 빔의 직경이 증가함에 따라 침투 깊이도 증가하는 것을 확인할 수 있고, 펄스 레이저 빔의 직경이 감소함에 따라 침투 깊이도 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 또한, 빔의 직경이 0 내지 6 mm인 범위에서는, 빔의 직경 변화에 따른 침투 깊이의 변화가 크기 때문에, 빔의 직경 데이터와 침투 깊이 데이터를 1:1로 매칭시키기가 용이한 것을 확인할 수 있다.
- [0091] 이하, 도 9 내지 도 11을 참조하여, 펄스 레이저 빔의 직경과 에너지 전달 효율 사이의 관계를 살펴본다.
- [0092] 도 9는 펄스 레이저 빔의 직경과 에너지 전달 효율 사이의 관계를 보여주는 개념도이다. 도 9를 참조하면, 펄스 레이저 빔의 직경이 증가함에 따라 레이저 빔의 산란이 증가하여 침투 깊이가 증가하고, 이러한 침투 깊이 증가에 의해 피부의 에너지 전달 효율이 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0093] 도 10 내지 도 11은 실험 결과 데이터를 정리한 그래프들이다. 구체적으로, 빔의 직경과 에너지 전달 효율 사이의 관계를 살펴보기 위해 수행된 In-vivo 실험 결과 데이터들을 정리한 그래프들이다.
- [0094] 실험은 아래와 같은 방식으로 진행되었다.
- [0095] 1) 532 nm의 파장(Wavelength), 5ns의 펄스 폭(Pulse width)을 가지는 레이저 장치를 이용하여, 피험자들의 피부에 레이저 자극을 1회 가하는 방식으로 실험을 진행하였다.
- [0096] 2) 빔 직경을 0.03 mm 내지 8 mm의 범위에서 변화시키고, 에너지 밀도를 0.051995 내지 396.3199 J/cm<sup>2</sup>의 범위에서 변화시키는 조건으로 실험을 진행하였다. 대표적으로, 표 2와 같은 파라미터를 이용하여 실험을 진행하였다.
- [0097] 3) 각각의 실험 파라미터에 대한 레이저 자극 후 설문을 통하여 레이저 자극에 대한 응답을 조사하였다. 응답은, '느낌 없음', '촉감', '아픔'의 세가지 분류를 사용하였다.

**표 2**

빔 직경 [mm]	에너지 밀도 [J/cm <sup>2</sup> ]	빔 직경 [mm]	에너지 밀도 [J/cm <sup>2</sup> ]
7	0.051995	1.08	0.3058
8	0.069666	0.43	0.413375
6	0.070771	0.43	0.620063
7	0.075393	0.43	0.826751
6	0.084926	0.43	1.033439
5	0.096815	0.43	1.309022
7	0.098791	0.35	1.975822
6	0.09908	0.35	2.91174
8	0.099522	0.31	3.71163
0.87	0.100982	0.23	4.575392
3	0.127389	0.25	5.70701
4	0.127389	0.21	8.08816
5	0.127389	0.14	18.1984
0.87	0.151473	0.12	24.77
3	0.155697	0.11	29.4783
5	0.157962	0.07	72.7934
4	0.159236	0.05	142.675



0.87	0.201964	0.04	222.9299
0.87	0.252454	0.03	396.3199

- [0099] 도 10 내지 도 11의 그래프는, 이러한 실험 결과 데이터를 분석한 결과를 보여주는 그래프이다. 구체적으로, '빔 직경의 변화'와 '피험자 중 50% 이상이 촉감을 느끼기 위해 필요한 에너지 밀도의 변화(=자극에 대한 평균적인 민감도를 가진 사람이 촉감을 인지하기 위한 에너지 밀도의 변화)'의 관계를 분석한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0100] 도 10의 (a)를 참조하면, '빔 직경'과 '피험자 중 50% 이상이 촉감을 느끼기 위해 필요한 에너지 밀도'의 관계를 분석한 원 데이터를 확인할 수 있다. 또한, 도 10의 (b)를 참조하면, 이러한 원 데이터를 로그 스케일로 나타낸 그래프를 확인할 수 있다.
- [0101] 또한, 도 10에서 확인할 수 있듯이, '빔 직경'과 '피험자 중 50% 이상이 촉감을 느끼기 위해 필요한 에너지 밀도'의 관계를 지수 함수를 이용하여 모델링하였으며, 얻어진 수식을 그래프와 함께 표시하였다. 또한, 회귀식 (Regression equation)의 적합도를 재는 척도인 결정 계수(Coefficient of determination)의 값( $R^2 = 0.9999$ )도 도면상에 함께 표시하였다.
- [0102] 도 11을 참조하면, 도 10 (a)의 원 데이터를 로그 값으로 표현한 그래프를 확인할 수 있다. 또한, 도 10의 경우에도 마찬가지로, '빔 직경'과 '피험자 중 50% 이상이 촉감을 느끼기 위해 필요한 에너지 밀도'의 관계를 모델링 하였으며(5차 다항식을 이용하여 모델링), 얻어진 수식을 그래프와 함께 표시하였다. 또한, 회귀식 (Regression equation)의 적합도를 재는 척도인 결정 계수(Coefficient of determination)의 값( $R^2 = 0.9948$ )도 도면상에 함께 표시하였다.
- [0103] 이러한 도 10 내지 도 11의 결과를 살펴보면, '빔 직경'이 커짐에 따라 '피험자 중 50% 이상이 촉감을 느끼기 위해 필요한 에너지 밀도'가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 즉, '빔 직경'이 커지면, 에너지 밀도가 작더라도 50% 이상의 피험자들에게 충분한 강도(보통의 민감성을 가지는 사람이 촉감을 느낄 수 있는 강도)의 촉감이 제시될 수 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 이러한 실험 결과들을 바탕으로, '빔 직경'이 커짐에 따라 '에너지 효율(피부에 에너지가 전달되는 효율)'도 함께 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0104] 정리하면, 도 10 내지 도 11의 결과를 바탕으로, '빔 직경'을 증가 또는 감소 시켜 '피부에 에너지가 전달되는 효율'을 증가 또는 감소시킬 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0105] 따라서, 에너지 밀도가 동일한 상태에서 빔 직경을 증가시키거나 감소시켜서, 피부에 전달되는 에너지를 증가시키거나 감소시킬 수 있고, 이에 따라 피부에 유도되는 촉감의 강도를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.
- [0106] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉감 제시 방법을 살펴본다.
- [0107]
- [0108] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉감 제시 방법은, 레이저 장치가 촉감 제시를 위해 펄스 레이저 빔(Pulsed laser beam)을 생성하는 단계(a 단계)를 포함할 수 있다.
- [0109] 여기서 상기 레이저 장치(100)는, 상기 펄스 레이저 빔의 펄스 폭을 ms(millisecond) 이하의 범위로 조절하는 것이 바람직하다.
- [0110] 또한, 상기 a 단계 이후에는, 상기 레이저 장치가 촉감 제어를 위해 상기 펄스 레이저 빔의 직경(Diameter)를

변화시키는 단계(b 단계)를 포함할 수 있다.

[0111] 또한, 상기 b 단계 이후에는, 상기 펄스 레이저 빔이 인체를 향해 조사되는 단계(c 단계)를 포함할 수 있다.

[0112] 이상에서 살핀 본 발명에 따른 촉감 제시 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 촉감 제시 방법 발명에도 당연히 유추되어서 적용될 수 있다.

[0113] 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**

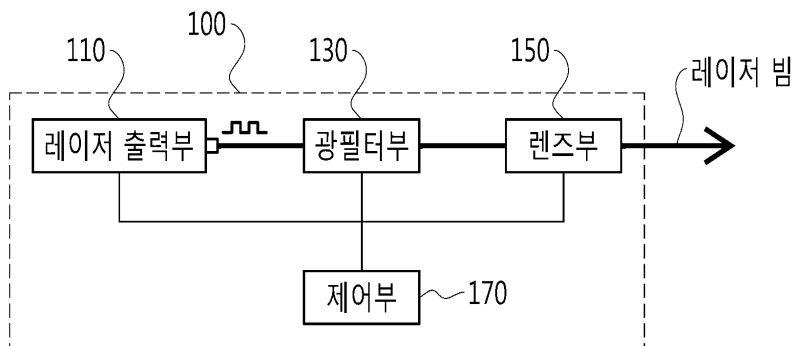
- [0114] 100 : 레이저 장치                      110 : 레이저 출력부
- 130 : 광필터부                            150 : 렌즈부
- 152 : 광집속부                            154 : 광확산부
- 170 : 제어부

**도면**

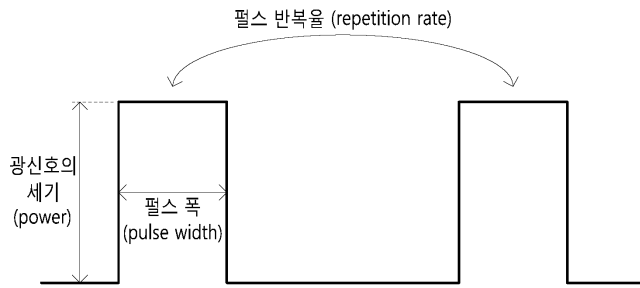
**도면1**



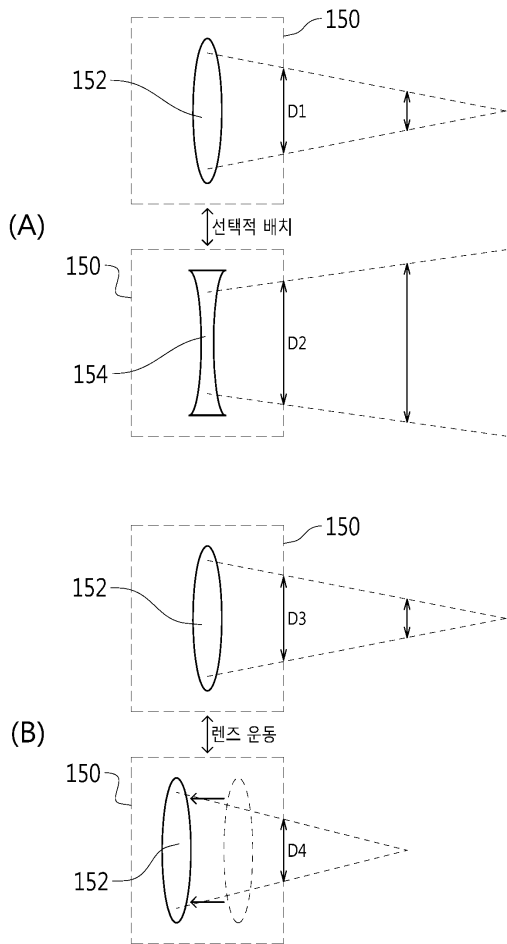
**도면2**



도면3



도면4

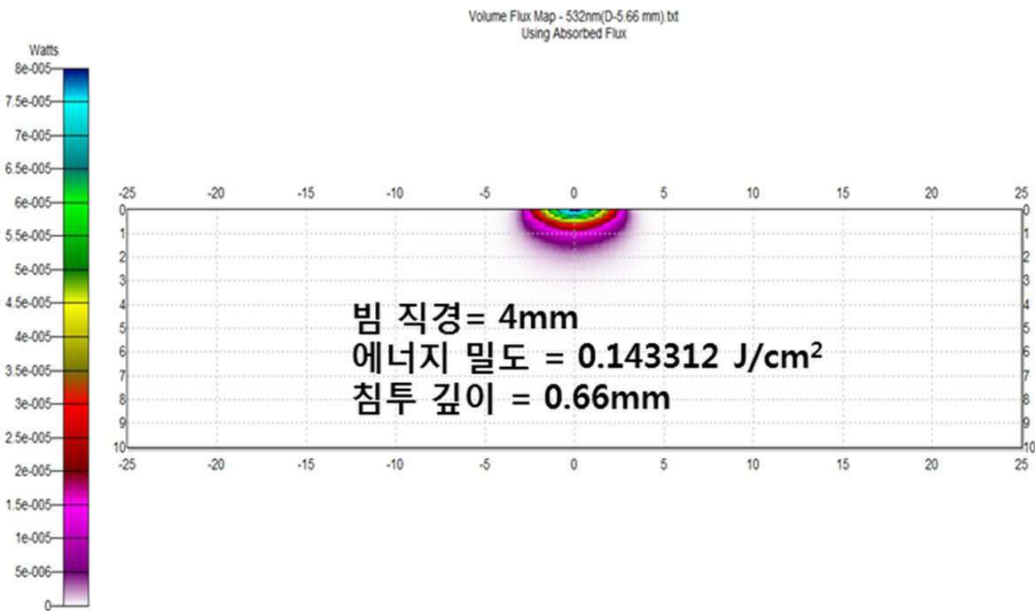




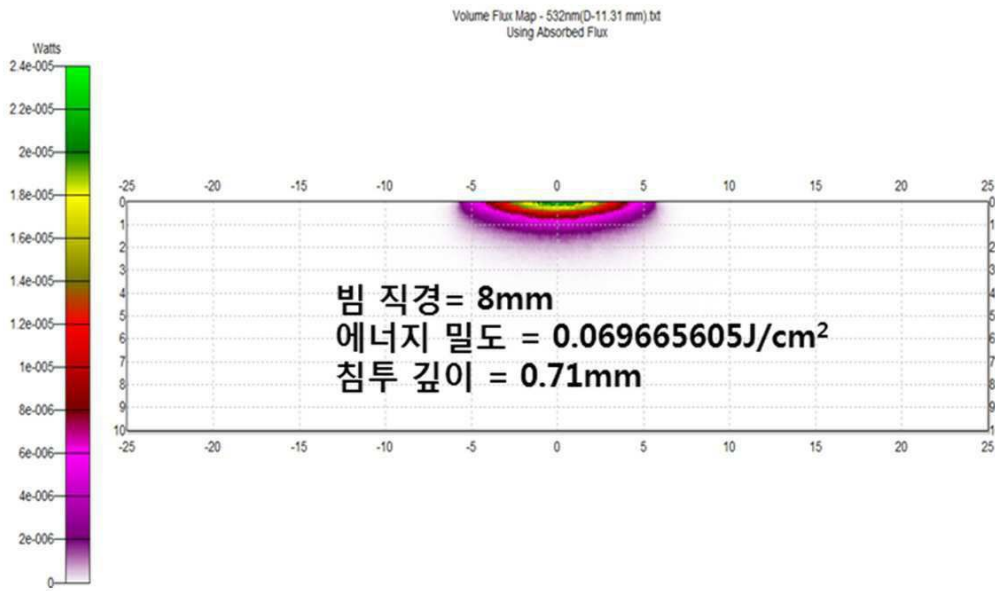
도면5



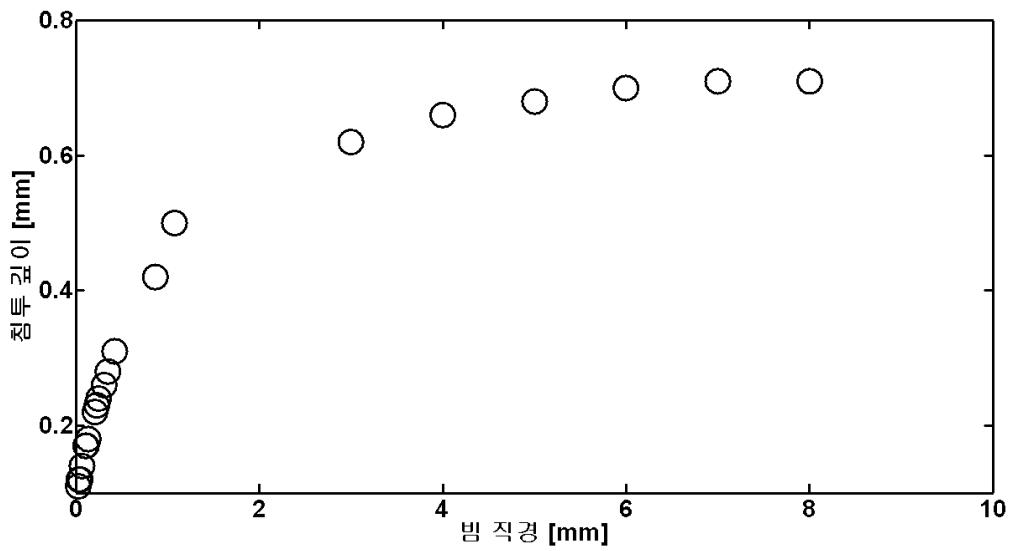
도면6



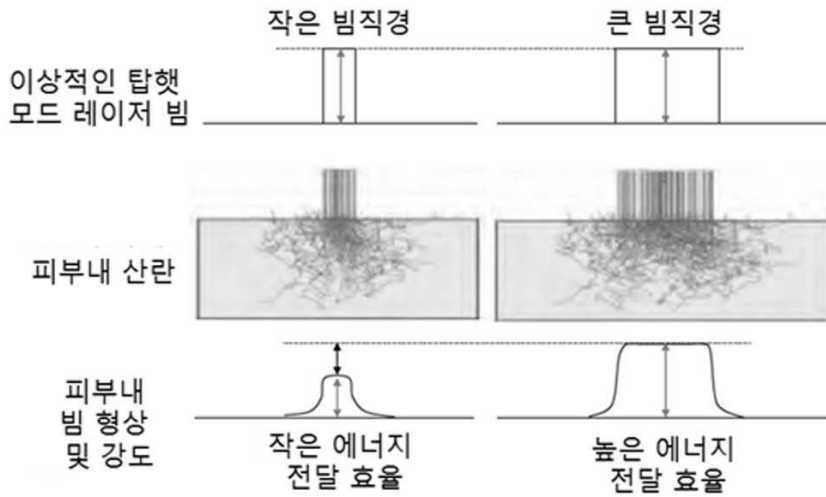
도면7



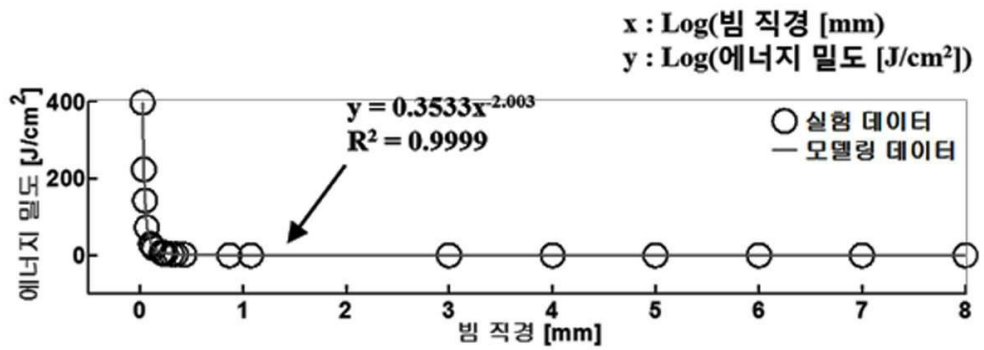
도면8



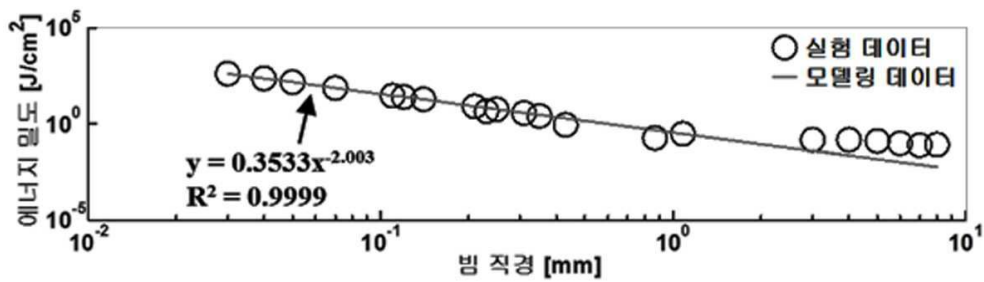
도면9



도면10

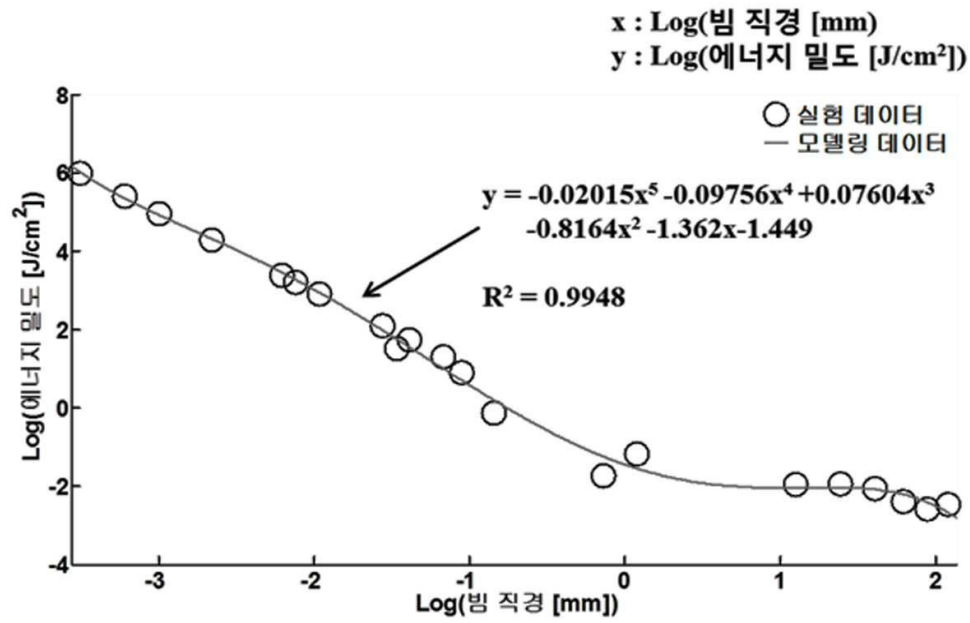


(a) 원 데이터



(b) 가로축 log scale, 세로축 log scale

도면11



도면12

