



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0024253
(43) 공개일자 2017년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/02 (2006.01) B23K 26/00 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/02376 (2013.01)
B23K 26/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0119276
(22) 출원일자 2015년08월25일
심사청구일자 2015년08월25일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
강현욱
부산광역시 남구 분포로 111, 103-304
(74) 대리인
특허법인충정

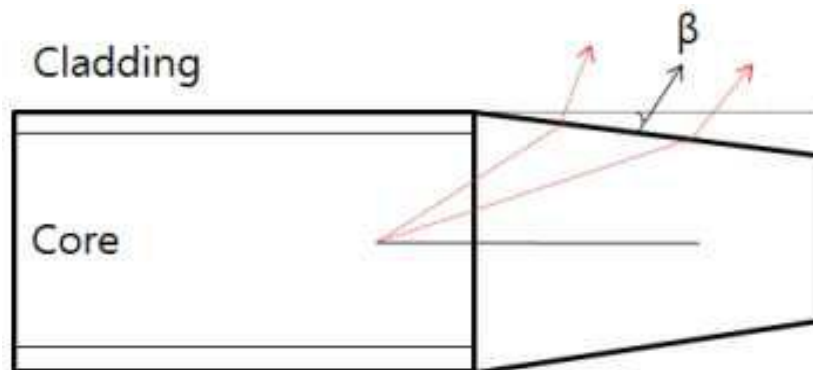
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유와 광섬유 가공장치 및 가공방법

(57) 요약

본 발명은 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유와 광섬유 가공장치 및 가공방법에 관한 것으로서, 광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공하고, 테이퍼링(tapering) 가공된 끝단 표면을 다수개의 양각 형태로 패턴 가공한 것이며, 상기 광섬유를 x축 방향으로 이동시킴과 동시에 광섬유 축을 중심으로 회전시켜 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공하는 단계와, 측면 둘레가 테이퍼링(tapering) 가공된 상기 광섬유 끝단의 표면을 양각이 교차하는 격자형의 패턴으로 절삭 가공하는 단계로 광섬유 끝단을 절삭 및 패턴 가공하게 된다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20150220

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 한국해양과학기술진흥원

연구사업명 해양수산생명공학기술개발사업

연구과제명 해양융복합 바이오닉스 소재 상용화 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교

연구기간 2015.05.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공하고, 테이퍼링(tapering) 가공된 끝단 표면을 다수개의 양각 형태로 패턴 가공한 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 양각 형태의 패턴은 양각이 서로 교차하는 격자형이나 원형의 양각 또는 대각선으로 이어지는 형태로 구성된 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 3

제1항에 있어서,

테이퍼링(tapering) 가공된 상기 광섬유 끝단의 측면 둘레의 절삭 각도(β)는 광섬유의 NA(Numerical Aperture)에 따라 달라지는 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 절삭 각도(β)는 광섬유의 NA가 0.22로 작은 경우 37° 이하이고, NA가 0.38로 큰 경우 30° 이하로 한 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 테이퍼링(tapering) 가공 및 패턴 가공은 고출력 레이저, 산 부식(Acid Etching), 미세전자 기계시스템(MEMS) 중의 어느 하나에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 광섬유 끝단 표면의 격자형 양각 패턴 사이의 각도(α)는 등방향 에너지 분포의 방향성에 따라 $30 \sim 90^\circ$ 범위 내로 한 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 광섬유 끝단 표면의 격자형 양각 패턴 사이의 간격은 $20 \sim 100 \mu\text{m}$ 범위 내이고, 상기 양각 패턴의 개수는 5 ~ 15개이며, 상기 양각 패턴의 깊이는 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 범위 내로 한 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공을 위한 가공장치에 있어서,

광섬유 끝단 표면에 에너지를 조사하는 에너지 제조기;

광섬유를 고정하는 광섬유 홀더;

레이저가 조사되는 초점에 맞추어 상기 광섬유 홀더에 고정된 광섬유를 x축과 z축으로 순서대로 조정하도록 이동시키는 이동 스테이지;

상기 고출력 레이저에 의해 조사되는 레이저의 초점을 모아주는 볼록렌즈 및

상기 고출력 레이저에 의해 절삭 가공되는 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공이 끝나면 상기 광섬유를 회전시키는 각도 스테이지를 포함하는 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유의 절삭 및 패턴 가공장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 테이퍼링(tapering) 및 패턴 가공을 위한 에너지 제조기는 고출력 레이저, 산 부식(Acid Etching), 미세전자기계시스템(MEMS) 중의 어느 하나인 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

청구항 10

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 광섬유의 끝단 표면을 제8항 또는 제9항의 광섬유의 가공장치로 절삭 및 패턴 가공하는 방법에 있어서,

상기 광섬유를 x축 방향으로 이동시킴과 동시에 광섬유 축을 중심으로 회전시켜 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공하는 단계와, 측면 둘레가 테이퍼링(tapering) 가공된 상기 광섬유 끝단의 표면을 양각이 교차하는 격자형의 패턴으로 절삭 가공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공할 때, 상기 고출력 레이저를 사용하는 경우 레이저 에너지 밀도는 $4 \sim 16 \text{ kW/mm}^2$ 인 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공을 위해, 광섬유를 x축 방향으로 $1 \sim 10 \text{ mm/s}$ 의 이동속도로 이동시킴과 동시에 광섬유 축을 중심으로 $200 \sim 500 \text{ rpm}$ 의 회전속도로 회전시키는 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 표면을 패턴 가공할 때, 상기 고출력 레이저를 사용하는 경우 레이저 에너지 밀도는 $4 \sim 16 \text{ kW/mm}^2$ 인 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 표면을 패턴 가공할 때, 상기 고출력 레이저를 사용하는 경우 레이저의 속도는 $10 \sim 30 \text{ mm/s}$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 광섬유 끝단의 표면을 패턴 가공할 때, 패턴의 깊이가 일정 깊이 이상일 경우 상기 광섬유를 2~7회의 왕복병진 운동을 시켜 녹는 현상을 최소화하면서 일정한 광섬유 끝단의 깊이로 절삭이 가능하도록 한 것을 특징으로

로 하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유와 광섬유 가공장치 및 가공방법에 관한 것으로서, 상세히는 전자기 에너지를 광섬유로 전달할 경우 광섬유 끝단 측면 및 표면을 고출력 레이저를 이용하여 테이퍼링(tapering) 및 패턴 가공함으로써 상기 전자기 에너지가 등방향(isotropic) 방향으로 효율적으로 전달될 수 있도록 한 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유와 광섬유 가공장치 및 가공방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 내부의 코어를 통해 전달받은 레이저와 같은 전자기 에너지 광을 조사하는 광섬유 프로브 장치는 다양한 의료 분야에서 폭넓게 활용되고 있으며 주로 측면 조사형이나 전방 조사형 광섬유 프로브가 사용되고 있다. 그러나, 일정한 방향으로 만의 조사로 인해 인체의 내부 조직 치료시 공간적 제약을 많이 받게 되는 문제점이 있었다.
- [0003] 국내외 레이저 치료 시장을 살펴보면 국내 시장은 피부과 질병 치료에 중점을 두고 있어 광섬유 이용이나 개발이 미비한 실정이나 최근 들어서 최소침습적 수술 요구 증가 및 시장 성장에 따라 광섬유 개발에 대한 관심이 고조되고 있다.
- [0004] 국외의 경우 전방형 또는 측면형 광섬유 개발에 많은 투자가 이루어지고 있으며 임상 치료(전립선 치료, 비방 제거술, 잇몸질환 치료 등)에서 많이 사용되고 있다.
- [0005] 그러나 종래의 광섬유 기술은 빛을 직진이나 측면으로 전달이 가능하여 레이저 치료 또는 센싱 분야에서 빛을 다방면으로 전달하거나 수용할 수 있는 기술이 필요한 실정에 있다.
- [0006] 따라서 광섬유 끝단을 원뿔 형태로 가공하여 빛 조사 및 수용을 등방향으로 유도하는 기술이 소개되었으나 3차원적으로 일정하게 빛을 전달하지는 못하고 있고, 질병으로서 많은 암이 구형의 형태로 발전하기 때문에 기존의 광치료를 이용할 경우 암 전체 부위의 치료가 힘들며 재발할 가능성이 있다고 하는 문제가 있다.
- [0007] 광 센싱의 경우에는 광섬유의 NA(Numerical Aperture)에 의해 광 수용각이 결정되기 때문에 빛을 수용할 수 있는 거리나 각도가 정해져 있어 센싱의 감도에 많은 영향을 주게 된다. 여기서 상기 NA는 광섬유의 개구수로 광섬유로 입사되는 광선의 수광 가능 최대 각을 표시하는 중요한 파라미터이다. 즉 전반사한 각이 광섬유 내로 도파하여 가기 위한 최대 입사각, 다시 말하면 NA는 전반사하기 위한 최소 입사각에 대응하는 광섬유의 단면에서의 입사각이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국 등록실용실안공보 제20-0288986호
(특허문헌 0002) 한국 공개특허공보 특2003-95049호
(특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 특개평08-166518

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 바와 같은 제반 문제점을 개선하기 위해 안출된 것으로서, 그 목적은 광섬유 끝단의 측면 테이퍼링(tapering) 가공 및 표면 패턴 가공을 통해 광섬유로 전달되는 다중 모드 빛이 끝단에서 전반사 및 굴절에 의해 등방향으로 빛을 조사할 수 있고, 광섬유 끝단의 광 수용각을 등방향에 가깝게 증가시킴으로써 다방면에서 들어오는 빛을 수용할 수 있도록 한 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유를 제공함에 있다.
- [0010] 다른 목적은 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공을 위한 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유의 가공장치를

제공함에 있다.

[0011] 또 다른 목적은 에너지 광 제조기 등을 이용하여 상기 광섬유 끝단 측면의 테이퍼링 가공 및 끝단 표면을 양각이 서로 교차하는 격자 패턴 형태로 가공하는 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명의 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유는, 광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공하고, 테이퍼링(tapering) 가공된 끝단 표면을 다수개의 양각 형태로 패턴 가공한 것을 특징으로 하고 있다.

[0013] 또 상기 양각 형태의 패턴은 양각이 서로 교차하는 격자형이나 원형의 양각 또는 대각선으로 이어지는 형태로 구성하는 것이 바람직하다.

[0014] 또 테이퍼링(tapering) 가공된 상기 광섬유 끝단의 측면 둘레의 절삭 각도(β)는 광섬유의 NA(Numerical Aperture)에 따라 달라지는 것이 바람직하다.

[0015] 또 상기 절삭 각도(β)는 광섬유의 NA가 0.22로 작은 경우 37° 이하이고, NA가 0.38로 큰 경우 30° 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0016] 또 상기 광섬유 끝단의 테이퍼링(tapering) 가공 및 패턴 가공은 고출력 레이저, 산 부식(Acid Etching), 미세 전자기계시스템(MEMS) 중의 어느 하나에 의해 이루어지는 것이 바람직하다.

[0017] 또 상기 광섬유 끝단 표면의 격자형 양각 패턴 사이의 각도(α)는 등방향 에너지 분포의 방향성에 따라 $30\sim 90^\circ$ 범위 내로 하는 것이 바람직하다.

[0018] 또 상기 광섬유 끝단 표면의 격자형 양각 패턴 사이의 간격은 $20\sim 100\mu\text{m}$ 범위 내이고, 상기 양각 패턴의 개수는 $5\sim 15$ 개이며, 상기 양각 패턴의 깊이는 $10\sim 100\mu\text{m}$ 범위 내로 하는 것이 바람직하다.

[0019] 또 본 발명에 따른 광섬유 가공장치는, 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공을 위한 가공장치에 있어서, 광섬유 끝단 표면에 에너지를 조사하는 에너지 제조기; 광섬유를 고정하는 광섬유 홀더; 레이저가 조사되는 초점에 맞추어 상기 광섬유 홀더에 고정된 광섬유를 x축과 z축으로 순서대로 조정하도록 이동시키는 이동 스테이지; 상기 고출력 레이저에 의해 조사되는 레이저의 초점을 모아주는 볼록렌즈 및 상기 고출력 레이저에 의해 절삭 가공되는 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공이 끝나면 상기 광섬유를 회전시키는 각도 스테이지를 포함하는 것을 다른 특징으로 하고 있다.

[0020] 또 상기 광섬유 끝단의 테이퍼링(tapering) 및 패턴 가공을 위한 에너지 제조기는 고출력 레이저, 산 부식(Acid Etching), 미세전자기계시스템(MEMS) 중의 어느 하나인 것이 바람직하다.

[0021] 또 본 발명의 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유 끝단의 가공방법은, 상기 광섬유 끝단을 절삭 및 패턴 가공하는 방법에 있어서, 상기 광섬유를 x축 방향으로 이동시킴과 동시에 광섬유 축을 중심으로 회전시켜 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공하는 단계와, 측면 둘레가 테이퍼링(tapering) 가공된 상기 광섬유 끝단의 표면을 양각이 교차하는 격자형의 패턴으로 절삭 가공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하고 있다.

[0022] 또 상기 광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공할 때, 상기 고출력 레이저를 사용하는 경우 레이저 에너지 밀도는 $4\sim 16\text{kW}/\text{mm}^2$ 인 것이 바람직하다.

[0023] 또 상기 광섬유 끝단의 측면 둘레를 테이퍼링(tapering) 가공을 위해, 광섬유를 x축 방향으로 $1\sim 10\text{mm}/\text{s}$ 의 이동 속도로 이동시킴과 동시에 광섬유 축을 중심으로 $200\sim 500\text{rpm}$ 의 회전속도로 회전시키는 것이 바람직하다.

[0024] 또 상기 광섬유 끝단의 표면을 패턴 가공할 때, 상기 고출력 레이저를 사용하는 경우 레이저 에너지 밀도는 $4\sim 16\text{kW}/\text{mm}^2$ 인 것이 바람직하다.

[0025] 또 상기 광섬유 끝단의 표면을 패턴 가공할 때, 상기 고출력 레이저를 사용하는 경우 레이저의 속도는 $10\sim 30\text{mm}/\text{s}$ 범위 내로 하는 것이 바람직하다.

[0026] 또 상기 광섬유 끝단의 표면을 패턴 가공할 때, 패턴의 깊이가 일정 깊이 이상일 경우 상기 광섬유를 2~7회의 왕복병진 운동을 시켜 녹는 현상을 최소화하면서 일정한 광섬유 끝단의 깊이로 절삭이 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 및 가공방법에 의하면, 광섬유 끝단 측면 및 표면을 테이퍼링 및 양각 패턴 가공함으로써 빛의 등방향으로의 전달이나 수용이 가능해지는 효과가 있다.
- [0028] 또 광섬유 끝단 표면의 가공된 양각 패턴의 깊이, 넓이, 양각 모양, 패턴 형태(격자형, 원형, 대각선), 패턴 수 등을 광섬유 크기 및 굴절률에 따라 결정함으로써 광섬유 종류에 따라 등방향 조사가 가능해지는 효과가 있다.
- [0029] 또 광섬유의 등방향 조사로 신체에 균일한 방향으로 자극을 전달할 수 있어 기존의 한방 침을 대체하여 더욱 효율적이고 안전한 보조 의료기기로 사용할 수 있는 효과가 있다.
- [0030] 또 광섬유의 등방향 조사로 구형의 암에 빛을 전방향으로 전달할 수 있어 상기 암 전체의 온열치료가 가능해지는 효과가 있다.
- [0031] 또 광섬유 끝단 표면에 형성된 양각 패턴의 넓은 수용각으로 인해 3차원 상에서 발생하는 광을 측정함으로써 다양한 광센서의 개발이 가능해지는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단의 절삭 가공을 보여주는 이미지로서, (a)는 절삭된 광섬유 끝단 표면의 이미지, (b)광섬유의 끝단에서 전자기 에너지를 전면방향으로 전달하는 이미지
- 도 2는 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단의 측면 테이퍼링 절삭 가공각도를 보여주는 단면도
- 도 3은 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공방법을 보여주는 도면이다.
- 도 3에 도시한 바와 같이,
- 도 4는 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유의 가공을 보여주는 이미지 및 그래프로써, (a)는 광섬유 끝단의 측면 테이퍼링 가공 후 에너지 전달을 보여주는 이미지, (b)는 측면으로의 에너지 전달 정도를 정량화한 그래프
- 도 5는 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단의 표면 패턴 가공의 예시를 보여주는 평면도 및 이미지로서, (a)는 격자형 양각 패턴의 평면도, (b)는 표면 패턴 가공 후 등방향 에너지 전달을 보여주는 이미지
- 도 6은 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단 표면의 가공 깊이 및 에너지 분포도 측면도로서, (a)는 얇은 깊이의 표면 패턴에서의 낮은 가로세로비(aspect ratio), (b)는 깊은 깊이의 표면 패턴에서의 높은 가로세로비(aspect ratio)

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유와 광섬유 가공장치 및 가공방법의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조로 하여 상세히 설명한다. 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다.
- [0034] 도 1은 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단의 절삭 가공을 보여주는 이미지로서, (a)는 절삭된 광섬유 끝단 표면의 이미지, (b)광섬유의 끝단에서 전자기 에너지를 전면방향으로 전달하는 이미지이다.
- [0035] 광섬유의 끝단에서 등방향으로 레이저와 같은 전자기 에너지 전달을 유도하기 위해 도 1의 (a)에서 보는 바와 같이, 상기 광섬유 끝단 표면을 일정한 양각 패턴으로 절삭 가공하며, 광섬유 코어 내부에서 전달되는 에너지가 절삭 가공된 표면에서 입사각이 임계각에 비해 크거나 작아짐으로써 전반사(total internal reflection)가 발생 유무가 결정되어 도 1의 (b)에서 보는 바와 같이, 광섬유 끝단에서 등방향으로 전자기 에너지 전달이 가능하게 된다.

[0036] 이러한 광섬유 끝단에서의 등방향 전자기 에너지 조사를 위해 상기 광섬유 끝단의 측면 테이퍼링(tapering) 가공과 표면의 패턴 가공의 2단계 이상의 가공과정이 필요하다.

[0037] 도 2는 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단의 측면 테이퍼링 절삭 가공각도를 보여주는 단면도를 도시한 것이다.

[0038] 도 2에 도시한 바와 같이, 먼저 1단계 가공으로 광섬유 끝단에서 측면방향으로 더 많은 전자기 에너지를 일정하게 전달하기 위해 광섬유 끝단 부분의 1~3mm 정도를 측면 둘레를 따라 테이퍼링(tapering) 절삭 가공하되, 광섬유 끝단의 테이퍼링 가공 각도는 광섬유 고유의 NA(Numerical Aperture)에 따라 결정되며, 다음의 수학적 식 1을 이용하여 전반사 및 전자기 에너지 전달 방향 결정을 위한 가공각도 계산을 하게 된다.

수학적 식 1

$$\beta_1 = 180 - \arcsin \frac{n_d}{n_{core}} - \arcsin \frac{n_{med}}{n_{core}}$$

[0039]

[0040] 여기서, n_d 는 코어의 굴절률이고, n_{core} 는 클래딩의 굴절률이며, n_{med} 는 주위 매질의 굴절률(= 1, 공기)이다.

[0041] 상기 수학적 식 1에 따라 테이퍼링 절삭 각도(β)가 β_1 보다 작을 경우 임계각을 만족시키지 않아 전반사가 발생하지 않으며, 전달된 전자기 에너지 빛이 측면으로 굴절되어 전달된다.

[0042] 따라서 상기한 광섬유에서의 전반사 계산 공식에 따라 NA가 작은 경우($NA=0.22$) 테이퍼링 절삭 각도를 37° 이하로, NA가 큰 경우($NA=0.38$) 테이퍼링 절삭 각도를 30° 이하로 결정하여, 테이퍼링된 면에서 전반사가 일어나지 않도록 함으로써 측면 방향으로 전자기 에너지의 전달이 가능하도록 한다.

[0043] 도 3은 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단 표면의 패턴 가공방법을 보여주는 도면이다.

[0044] 도 3에 도시한 바와 같이, 가공시 광섬유의 흔들림을 방지하도록 광섬유(Fiber holder)를 이용하여 상기 광섬유를 고정하고, 광섬유 스테이지(Translational stage)를 이용하여 광섬유 끝단 표면의 레이저 절삭 가공시 상기 광섬유의 움직임을 x축과 z축으로 순서대로 조정하여 "ㄷ" 모양의 패턴을 형성하며, 상기 광섬유 스테이지를 이용하여 광섬유 끝단 표면의 레이저 절삭 가공시 상기 광섬유의 움직임을 y축으로 이동하여 패턴의 깊이를 조절하게 된다.

[0045] 이와 같은 패턴 가공을 위해 볼록렌즈(Lens)를 통해 레이저가 입사되는 에너지 제조기(Fabrication Energy)를 이용하여 광섬유 끝단 표면을 절삭 가공하되, 이때 광섬유는 x축 또는 z축 방향으로 순서대로 운동을 하게 되며, 상기 광섬유의 끝단의 표면 절삭 가공에 의한 전체 패턴형성이 끝나면 각도 스테이지(Angular stage)를 이용하여 광섬유 끝단을 회전시키고($0 \sim 90^\circ$) 같은 형태의 패턴을 다시 가공하여 격자 모양의 패턴을 광섬유 끝단 표면에 형성하게 된다.

[0046] 상기 광섬유 끝단 측면의 테이퍼링 절삭 가공 및 표면의 패턴 절삭 가공을 위한 에너지 제조기는 광섬유 크기에 따라 CO_2 , nano-, pico-, femto-second laser 등의 고출력 레이저, hydrofluoric acid 등의 산 부식(Acid Etching), 미세전자기계시스템(MEMS) 중의 하나를 사용하게 된다.

[0047] 또한 광섬유 끝단 측면의 테이퍼링 절삭 가공을 할 때 가공용 레이저인 고출력 레이저를 사용하는 경우, 레이저 에너지 밀도는 $4 \sim 16kW/mm^2$ 사이로 선택하며, 일정한 측면가공을 위해 광섬유를 x축 방향으로 $1 \sim 10mm/s$ 로 이동 속도로 이동시키면서 동시에 광섬유 축을 중심으로 $200 \sim 500rpm$ 로 회전시키게 된다.

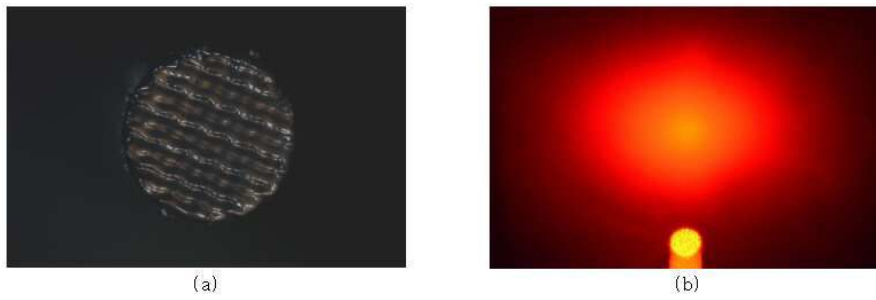
[0048] 도 4는 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위한 광섬유의 가공을 보여주는 이미지 및 그래프로서, (a)는 광섬유 끝단의 측면 테이퍼링 가공 후 에너지 전달을 보여주는 이미지로 광섬유 끝단의 테이퍼링 가공된 측면으로의 전자기 에너지의 전달을 잘 보여주고 있으며, (b)는 측면으로의 에너지 전달 정도를 정량화한 그래프로 테이퍼링 가공된 측면의 세로방향 거리에 따라 0mm에서 에너지의 세기가 급격하게 높아짐을 잘 보여주고 있다. 즉

광섬유 끝단 밖에서 광섬유 축을 따라 레이저 에너지 분포를 측정한 것으로, 그래프에 나타난 것처럼 광섬유 끝단에서만 에너지가 방출되는 것을 잘 보여주고 있다.

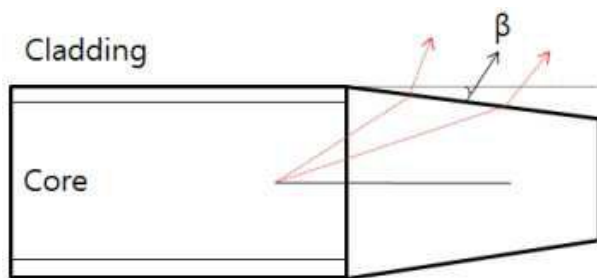
- [0049] 다음에, 2단계 가공으로 광섬유 끝단에서의 등방향(isotropic) 에너지의 전달을 위해 상기 광섬유 끝단 표면의 일정한 패턴 가공이 필요하다. 즉 광섬유 끝단 표면에 패턴 가공을 함으로써 가공된 표면에서 광섬유 코어를 통해 전달되는 전자기 에너지의 전반사가 발생하게 하고, 이를 통해 에너지 전달 방향을 일정한 방향 또는 형태(원형)로 유도할 수 있다. 이와 같은 패턴은 가공 패턴의 깊이, 넓이, 양각 모양, 격자형이나 원형 또는 대각선의 패턴 형태, 패턴 수 등으로 다양하게 이루어질 수 있다.
- [0050] 도 5는 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단의 표면 패턴 가공의 예시를 보여주는 평면도 및 이미지로서, (a)는 격자형 양각 패턴의 평면도, (b)는 표면 패턴 가공 후 등방향 에너지 전달을 보여주는 이미지이다.
- [0051] 도 5의 (a)에 도시한 바와 같이, 광섬유 끝단 표면(Fiber Tip)을 엠보스(Emboss)와 같은 격자형 양각의 패턴으로 가공할 때, 가공용 레이저인 고출력 레이저의 에너지 밀도는 $4 \sim 16 \text{ kW/mm}^2$ 사이로 선택하며, 표면에 형성된 양각 패턴 간의 간격을 $20 \sim 100 \mu\text{m}$ 으로 가공하고, 광섬유 코어의 지름 크기에 따라 가공 패턴의 개수를 5~15개로 설정하게 된다. 따라서 상기한 광섬유 끝단 표면의 격자형 양각 패턴에 의해 도 5의 (b)에서 보는 바와 같이, 등방향으로 에너지가 전달되는 패턴을 잘 보여주고 있다.
- [0052] 광섬유 끝단 표면에 격자형 양각의 패턴으로 가공할 때, 가공용 레이저인 고출 레이저의 속도는 $10 \sim 30 \text{ mm/s}$ 로 설정하며, 표면의 양각 패턴 간의 각도(α)는 등방향 에너지 분포의 방향성에 따라 $30 \sim 90^\circ$ 사이로 설정(예: 타원형: 30도 대 원형: 90도)한다.
- [0053] 도 6은 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유 끝단 표면의 가공 깊이 및 에너지 분포도 측면도로서, (a)는 얇은 깊이의 표면 패턴에서의 낮은 가로세로비(aspect ratio), (b)는 깊은 깊이의 표면 패턴에서의 높은 가로세로비(aspect ratio)이다.
- [0054] 전자기 에너지의 분포 범위에 따라 광섬유 끝단 표면의 양각 패턴의 깊이를 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 사이로 조절하며, 도 6의 (a)에 도시한 바와 같이, 산과 골이 반복되는 형태인 상기 양각 패턴의 가로세로비(aspect ratio)가 작을 경우(얇은 가공) 전자기 에너지의 분포도가 광섬유 끝단의 전면으로 많이 분포하고, 도 6의 (b)에 도시한 바와 같이, 상기 가로세로비(aspect ratio)가 클 경우(깊은 가공) 전자기 에너지의 분포도가 광섬유의 끝단에서 등방향으로 넓게 분포하게 된다.
- [0055] 상기한 깊은 양각 패턴 가공의 경우 광섬유의 2~7회의 왕복병진 운동을 통해 녹는 현상을 최소화 하면서 일정한 광섬유 끝단 깊이의 절삭이 가능하도록 한다.
- [0056] 또한 양각 패턴 간의 간격을 일정하게 또는 다양하게 변형시킴으로써 타원형 또는 구형의 전자기 에너지 분포도를 결정하게 된다. 이와 같이 양각 패턴 간격, 깊이, 패턴간의 각도에 따라 전자기 에너지 분포도를 결정하고 동일한 각도로 광에너지를 수용할 수 있는 광센서에 사용이 가능하다.
- [0057] 상기한 바와 같은 본 발명에 따라 개발된 광섬유를 이용하여 구형 암 온열치료, 원형 조직 치료, 광학 한방 침 개발, 간질성 레이저 응고술(interstitial laser coagulation), 확산 광 단층촬영(DOT, Diffuse optical tomography) 등에 응용이 가능하다.
- [0058] 이상과 같이 본 발명에 따른 등방향 광 조사 및 수용을 위해 가공된 광섬유와 광섬유 가공장치 및 가공방법에 대해서 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 당업자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 물론이다.

도면

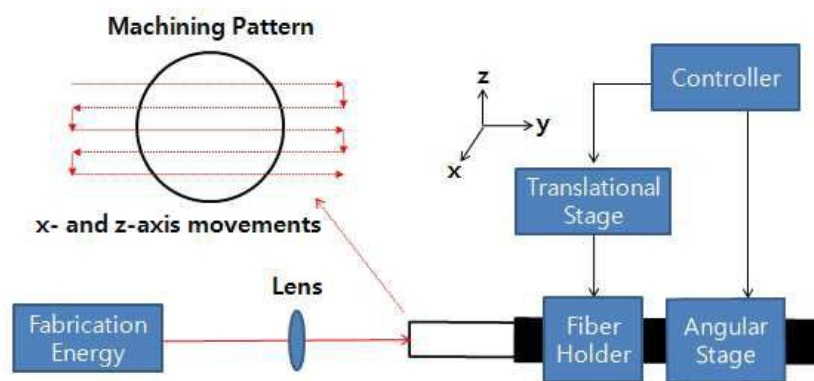
도면1



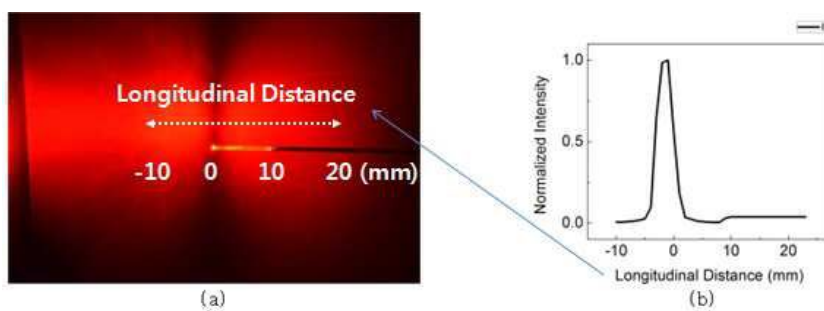
도면2



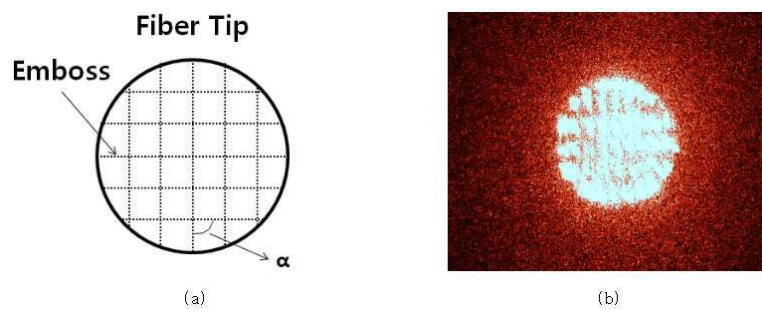
도면3



도면4



도면5



도면6

