(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.[7]
G01M 3/06

(11) 공개번호 특2001-0030829
(43) 공개일자 2001년04월16일

(21) 출원번호 10-2000-7003481
(22) 출원일자 2000년03월30일
번역문제출일자 2000년03월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US1998/20622
(87) 국제공개번호 WO 1999/16366
(86) 국제출원출원일자 1998년09월29일
(87) 국제공개일자 1999년04월08일
(81) 지정국 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투칼 스웨덴 핀랜드

국내특허 : 오스트레일리아 캐나다 중국 이스라엘 일본 대한민국 멕시코 러시아
(30) 우선권주장 8/941,015 1997년09월30일 미국(US)
(71) 출원인 더 리전트 오브 더 유니버시티 오브 캘리포니아

미국,캘리포니아 94607-5200,오클랜드,12층,1111 프랭클린 스트리트,오피스 오브 테크놀로지 트랜스퍼
(72) 발명자 비수리,스티븐,알.

미국,캘리포니아94550,리버모어,모호크드라이브848

맘미니,베쓰,엠.

미국,캘리포니아94555,프리몬트,던힐드라이브34282

다실바,루이즈,비.

미국,캘리포니아94526,댄빌,카미노래몬플레이스1995

셀리어스,피터,엠.

미국,캘리포니아94709,버클리,스프러스스트리트1530
(74) 대리인 박경재

심사청구 : 없음

(54) 기포 검출

요약

본 발명은 가스 기포의 존재를 진단하여 해당 정보를 광음향적 트롬버스를 위한 피드백 시스템에 제공하는 수단으로서 제시된다. 광음향적 트롬버스에서, 초음파 주파수의 펄스 레이저 방사는 광섬유로 전달되고 트롬버스나 다른 폐색 관에 공급된다. 따라서, 폐색의 분해가 전파 압력의 초음파 동작이나 충격파를 통해 이루어진다. 폐색 부분을 둘러싼 액체 내의 증기 기포가 레이저 방사의 결과로서 형성될 수 있다. 이 증기 기포는 폐색 부분을 직접 분쇄하는데 사용되거나 압력파를 발생시키는 수단으로서 사용될 수 있다. 이 증기 기포의 형성을 검출하고 그 수명을 좇는 것이 바람직하다.이 기포 형성과 그 수명에 대한 지식은 기포의 최대 크기, 흡수된 레이저 방사의 밀도, 그리고 흡수 물질의 성질들에 있어서 임계 정보를 산출한다. 이 정보는 방사 조건을 변경하기 위하여 피드백 시스템에서 사용될 수 있다.

대표도

도1

명세서

기술분야

미합중국 정부는 Lawrence Livermore National Laboratory의 운영을 위한 미 합중국 에너지 관리성과 California 대학 간의 계약 제 W-7405-ENG-48호에 따라 본 발명에 대한 권리를 갖는다.

본 발명은 액체 매체에서 음향신호(acoustic signal)들을 발생시키기 위하여 레이저를 사용하는 것에 관한 것으로, 보다 상세하게는 액체 매체 내에서의 가스 기포(gas bubble)의 존재를 검사하는 시스템에 관한 것이다.

배경기술

미국 특허 제 4,986,659호 "산란광의 위상 및 강도를 사용하여 구면 입자들의 크기와 속도를 측정하는 방법"에는 두 개의 교차되는 레이저 빔에 의해 정해지는 샘플 볼륨(sample volume)의 유효 단면에서의 변화를 설정하는 개량된 장치 및 방법이 개시되어 있다. 레이저 발생수단이 한 쌍의 간섭성 레이저 빔들을 발생시키기 위하여 제공되고, 상기 빔들의 분리, 교차각, 그리고 초점 직경을 변화시키는 수단이 제공된다. 이들 빔들은 축을 따라 진행하며, 샘플 볼륨을 구성하는 간섭 패턴을 설정하기 위하여 주어진 각도로 상기 축을 가로지르게 된다. 샘플 볼륨 내에서의 입자들, 물방울들, 또는 기포들에 의해 발생되는 광의 산란을 감지하기 위한 수집장치가 제공된다. 제시된 바람직한 실시예에 있어서, 상기 수집장치는 기 설정된 각도, 그리고 빔 전파 방향에 의해 정해지는 각도를 갖는 오프 축(off-axis) 후방 산란을 포함하는 바람직한 오프 축 각도로 배치된다. 수집된 산란광은 신호 위상 설정수단에 결합된 광 검출기들로 진행되는데, 이 신호 위상 설정수단은 입자, 방울, 기포 등이 상기 샘플 볼륨을 통과하면서 발생되는 신호들의 상대적인 진폭을 측정하기 위하여 각 광 검출기와 신호 진폭 설정수단에 의해 발생되는 신호들 사이의 상대적인 위상을 측정한다. 치수 측정수단이 수신된 신호에서의 위상 및 진폭 변화로부터 입자, 방울, 기포 등의 크기를 설정하는 신호 위상 및 진폭 설정수단에 결합된다. 간섭 패턴을 통과하는 입자들의 크기 변화에 기인한 샘플 볼륨의 유효 단면에서의 변화를 설정하기 위한 방법 및 장치가 개시되어 있다. 입자 방울이나 기포 등의 속도는 공지된 레이저 도플러 풍력 측정기술을 이용하여 설정된다.

미국특허 제 5,263,361호 "레이저 빔을 이용한 액체 용기의 누출 검사장치"는 가스로 가압되어 액체 속에 잠긴 액체 용기의 누출을 검사하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 액체 속에 잠긴 용기로부터 발생하는 가스 기포들은 광전 검출기와 각각 광학적으로 연결되는 다수의 기설정된 위치들을 지나도록 이동한다. 상기 검출기들로부터의 신호들은 카운트되고, 기포들의 수가 기설정된 수를 초과할 때, 하나의 신호가 누출 용기를 나타내도록 활성화된다. 많은 인접한 광전 검출기들을 기설정된 세트로 구분함에 의해 상기 장치는 액체 속에 잠긴 용기 표면으로부터 발생하는 임의의 기포들과 누출을 나타내는 주어진 위치로부터 생성되는 모든 기포들을 구별할 수 있다. 이 광전 검출기들은 액체 내의 기설정된 위치들에 인접하게 위치되거나, 액체 외부에 위치되어 광섬유 케이블들에 의해 기설정된 위치에 결합될 수 있다. 선택적으로, 레이저 빔은 기설정된 위치를 가로질러 진행하여 레이저 원의 반대편에 있는 검출기로 수신될 수 있다. 기포가 레이저 빔을 차단할 때, 신호가 발생한다.

미국 특허 제 4,662,749호 "입자의 크기 및 속도 측정용 광섬유 프로브 및 시스템"은 Ronchi 격자를 통과하는 광이 간섭성 광섬유 번들(fiber optic bundle)과 경사 굴절율 영상 렌즈에 의해 다중위상 처리 스트림 안에 있는 측정 볼륨 상에 투사되는 다중위상 처리 환경에서 기포 또는 방울들의 크기와 속도들을 동시적으로 측정하는 시스템을 개시하고 있다. 상기 측정 볼륨을 통과하는 방울이나 기포들은 영상 렌즈의 반대편에 위치한 속도 및 크기 센서 광섬유 번들들에 의해 감지되는 빛을 반사 또는 굴절시키며, 감지된 신호는 광신호를 전기신호로 변환시키는 신호 처리수단에 입력된다. 가시성 기술, 위상 지연기술, 그리고 주행 시간기술들 중 어느 하나 또는 그 이상의 기술들을 이용하여 적절한 크기 및 속도 측정이 이루어진다.

미국 특허 제 5,473,136 "레이저에 의한 물질 가공을 위한 방법 및 장치"는 레이저를 사용하여 가공할 물질을 검출하는 물질 가공 방법을 개시하고 있으며, 여기서 레이저 광은 레이저 광학 시스템을 경유하여 물질에 조사되고, 물질에 의해 재방사된 광은, 이 광의 강도를 측정하며 그 뒤에 레이저 전력 또는 에너지를 제어하기 위한 평가회로가 연결된 제 1 검출기 배열로 안내된다. 상기 레이저 광학 시스템을 경유하여 물질로 공급된 에너지는 측정되고, 상기 검출기 배열은 평가회로로 절연 파괴의 시작을 나타내는 디스플레이 신호를 공급한다. 상기 평가회로는 상기 물질로 에너지가 공급된 기설정된 시간에 상기 디스플레이 신호가 발생하지 않을 경우 레이저 전력을 감소시키거나 레이저 펄스를 차단시킨다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 증기 기포의 존재를 검출하는 광학적 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 증기 기포의 존재를 나타내는 신호를 발생시키는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은 기포 형성에 사용되는 레이저 펄스들을 제어하는 피드백 시스템을 제공하는 것이다.

레이저와 같은 광원은 광섬유로 연결되어 원하는 기포 형성 부분으로 전송된다. 광섬유 말단부로 반사된 광은 모니터링되고, 광섬유의 기부 밖으로 방사된다. 기포가 말단부에서 형성되면서, 반사광의 양이 증가하여 굴절 부정합 지수가 증가하게 된다($n_{fiber} - n_{air} > n_{fiber} - n_{liquid}$). 이 신호는 기포 형성 및 소멸 시간, 기포 크기, 물질의 흡수 특성, 그리고 물질의 기계적 특성과 같은 기포 및 피조사 물질에 관한 정보를 제공한다. 이 데이터는 조사 조건을 최적화하기 위한 피드백 제어 시스템에서 사용될 수 있다. 본 발명은 레이저 조사의 결과로서 목표 물질의 공동이나 증발의 원격 검출을 포함하는 다양한 응용분야에서 사용될 수 있다. 본 발명은 또한 병원에서 레이저에 의한 발작 치료나, 특히 광섬유의 단부에서 기포가 형성되는 다양한 실험에서 원격 기포 검출에 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예를 나타낸다.

도 2A는 기포 형성 및 소멸 중에 도 1의 검출기의 통상의 출력을 나타낸다.

도 2B 내지 2E는 각각 5us, 55us, 85us 및 100us의 시간에서의 기포 성장 및 소멸을 나타낸다.

도 3은 본 발명의 피드백 시스템의 실시예의 로직제어 요소들의 플로우 챠트를 나타낸다.

도 4는 기포 수명에 대한 데이터를 나타낸다.

도 5는 기포 직경 대 에너지/펄스에 대한 데이터를 나타낸다.

도 6A는 광섬유에 의한 광음향 트롬볼리시스 카테테르 내에서 본 발명이 적용되는 상태를 나타낸다.

도 6B는 부속 액체를 사용하는 봉쇄물의 초음파 분해를 나타낸다.

도 7A-7C는 기포 형성방법으로서 열팽창 동작을 나타낸다.

도 8A-8C는 기포 형성방법으로서 과열 증기 팽창 모드를 나타낸다.

실시예

본 발명이 다양한 기포 검출 분야에서 사용될 수 있지만, 신체 내부의 원격 위치에서 기포가 형성되는 의료 분야에 대하여 설명한다. 많은 기포 검출 방법들이 존재하지만, 이 응용분야에서는 실행이 불가능하다. 광학적 방법들이 기포를 검출하는데 사용되어 왔으며, 주로 방사된 신호의 반대쪽에서 광을 수집하게 된다. 본 발명에 있어서, 광이 동일한 광섬유로부터 전달되고 수집되며, 이에 따라 광섬유를 통로와 교차시킬 필요가 없으며, 원격 및 최소한의 침습성 접근을 가능하게 한다. 더욱이, 치료를 위한 방사선을 전송하는데 필요한 동일한 광섬유를 기포검출 메카니즘에 사용할 수 있다.

본 발명은 렌즈를 통해 광섬유에 결합되고 기포 형성 부분을 향하도록 된, HeNe 레이저 빔이나 다이오드 레이저 빔과 같은 광원으로부터의 빔을 사용한다. 이 진단 빔은 기포 발생을 위한 제 2의 레이저 빔에 의해 사용되는 동일 한 광섬유를 사용할 수 있다. 광섬유의 말단부로부터 나오는 진단 광의 일부분은 반사 및 산란을 통해 광섬유로 되돌아오게 된다. 이렇게 광섬유로 직접 되돌아오는 반사광은 반사광의 분수가 $R=|(n2-n1)/(n2+n1)|^2$인, 광섬유(n1)과 말단부의 물질(n2) 사이의 굴절율의 변화에 의존한다. 더욱이, 광의 일부분은 말단부의 물질의 광학적 성질(산란 계수, 흡수 계수 및 이방성)에 의존하여 광섬유 안으로 산란되어 들어간다. 이렇게 반사 및 산란되는 피드백 광은 동일한 광섬유의 기부 단부에서 측정되며, 따라서 치료 부분으로의 원격 접근이 가능하게 된다. 기포가 발생하면서, 피드백 광의 강도가 변한다. 측정된 신호의 DC 레벨은 광섬유 출력단의 물질에 의존한다. 신호의 AC 성분은 기포 동역학에 상응한다. 발생된 기포 또는 기포들의 성장 및 소멸시간과 크기는 설정될 수 있다. 이렇게 피드백 신호가 물질의 광학적 성질에 의존하기 때문에, 다중 파장에서의 피드백 신호들은 서로 다른 형태의 조직을 확인하는 방법으로 사용될 수 있다. 상기한 바와 같이, 이 정보는 치료용 레이저의 조사 파라메터를 제어 및 조절하는 피드백 시스템에서 사용될 수 있다.

본 발명의 일 실시예가 도 1에 나타나 있다. 레이저 시스템은 기포 발생용의 레이저 빔(10)을 제공한다. 이 빔은 색선별 거울 또는 빔 스플리터(12)로부터 반사되고, 빔 스플리터(14)(또는 구멍을 구비한 거울)를 통과한 후 렌즈(16)에 의해 광섬유(18)의 기부 단부로 포커싱된다. 이 광섬유의 말단부는 맥관구조내의 트롬버스(thrombus) 부근과 같은 매체로 레이저 광을 전송하도록 위치된다. 제 2 레이저 시스템은 기포 검출을 위한 레이저 빔(20)을 제공한다. 레이저 빔(20)은 빔 스플리터들(12,14)을 통과하여, 렌즈(16)에 의해 광섬유(18)로 포커싱된다. 레이저 빔(10)이 액체 매체 안에서 기포들을 형성하면서, 레이저 빔(20)을 광섬유(18)의 말단부에서 광섬유-기포 인터페이스에 의해 가변적으로 반사된다(Fresnel 반사). 이 반사광은 다시 광섬유(18)의 기부 단부 쪽으로 전파되어 렌즈(16)에 의해 수집된다. 이와 같이 수집된 빔의 일 부분은 빔 스플리터(14)에 의해 반사되고, 렌즈(22)에 의해 포커싱된 상태에서 편파기(28)를 통과한 후 필터(24)를 통해 격자(26)로 입사된다. 이 시스템의 다른 표면들에서도 반사광을 발생시키는데, 이와 같은 원하지 않는 반사광의 주요 원인은 포커싱 렌즈(16)와 광섬유(18)의 기부 표면 때문이다. 적당한 방향의 선형 편파기(28)는 상기 광섬유(18)로부터 나오는 임의의 편파광이 전송되는 동안 이들 표면들로부터의 선형적으로 편파 반사된 레이저 광을 제거시킨다. 레이저 빔(10)의 한 성분도 빔 스플리터(14) 쪽으로 다시 전파되어 렌즈(22)에 의해 포커싱된 후 편파기(28)를 통과하게 된다. 필터(24)는 이 기포발생 광의 일부분은 제거시킨다. 격자(26)는 각 레이저 빔들(10, 20)에 의해 발생된 두 파장들을 공간적으로 분리시킨다. 검출기(30)는 레이저 빔(20)으로부터만 광을 수신하도록 위치된다.

도 2A는 검출기(30)에 의해 방사된 신호를 나타낸다. 이 신호는 도 3에 도시된 것과 같은, 피드백 정보를 제공하는 로직 제어 전자회로들(50)로 전달된다. 검출기에 도달된 광의 크기 및 시간 내역과, 이에 따른 검출기 출력신호는 기포형성의 상태와 광섬유 말단부에서의 물질 성질에 관한 중요한 정보를 제공한다. 기포 생성 및 소멸기간 동안의 상기 검출기로부터의 통상적인 출력이 도 2A에 나타나 있다. 기포가 광섬유 끝에서 형성되면, 더욱 많은 광이 광섬유로 반사되면서 검출기 신호의 크기도 증가하게 된다. 도 2B는 5us의 시간 동안 광섬유(18)의 끝에서 형성되는 기포(40)를 나타낸다. 치료용 레이저가 방사되기 전과 그 이후의 잠깐 동안, 예를 들어 10us 동안의 신호를 비교하면 간단한 형태의 기포가 발생하거나 또는 기포가 발생하지 않을 수 있다. 도 3에 도시된 것과 같은, 치료용 레이저(54)(와 그 전원장치(56))로 입력되는 트리거 신호(52)는 피드백 장치의 로직 제어 전자회로들(50)로도 전달될 수 있다. 이 신호는 레이저(54)가 동작되기 바로 전에 검출기(30) 출력으로부터 샘플(58)을 얻기 위하여 피드백 시스템을 트리거시킬 수 있다. 제 2 샘플(62)은 기설정된 지연시간(60) 후에 취해지며, 블록(64)에서와 같이 제 1 샘플과 비교된다. 만약 블록(66)에서 프리셋 임계값이 초과하게 되면, 기포가 형성되는 것으로 추정할 수 있다. 만약 기포가 형성되지 않으면, 예를 들어, 약한 샘플이나 광섬유 끝의 부적절한 배치로 인해 레이저 에너지가 불충분하게 공급되거나 흡수가 불충분하게 이루어지는 것이다. 이 정보는 블록(68)에서와 같이 레이저를 임시적으로 끄는데 상용될 수 있으며, 이에 따라 에너지의 불필요한 전달을 방지하게 된다. 블록(70)에서와 같이, 레이저의 컴퓨터 제어에 따른 레이저 트리거 및 레이저 게이트 신호와 로직 제어신호는 기포 발생 레이저(54)가 동작하기 전에 동작되어야 한다.

샘플 자취(도 2A)에서 보는 바와 같이, 기포의 수명은 증가된 검출기 신호의 기간으로부터 설정될 수 있다. 이 검출기 신호는 신호가 언제 기준선으로 돌아오는지를 설정하기 위하여 여러번 샘플링될 수 있다. 도 2C-2E는 각각 55us, 85us, 100us의 시간에서의 기포(40) 성장 및 소멸을 나타낸다. 선택적으로,

타이밍회로가 정 임계값을 초과할 때 트리거되고, 부 임계값을 초과할 때 동작 종료될 수 있다.이것은 최대 기포 직경과 직접 관련된 기포의 수명에 관한 데이터를 제공할 것이다(도 4).

도 5를 참조하면, 기포의 크기는 에너지 밀도(레이저 에너지, 스폿 크기, 투과 깊이)와 물질 특성의 함수이다. 반사광의 강도가 광섬유와 주변 매체 사이의 굴절율의 차에 의존하면서, 검출기 신호를 분석함에 의해 조직 판별이 이루어질 수 있다. 체내 조직들은 대략 1.33에서 1.5 사이에서 변화하는 굴절율을 갖는다. 광섬유 물질(n=1.4-1.5)의 선택에 따라, 광섬유 끝에서의 Fresnel 반사에 의한 반사광의 퍼센트는 0과 0.3% 사이에 있게된다. 이전의 교정곡선(굴절율에 대한)을 갖는 검출기신호와, 잠재적인 조직들에 대한 이전의 지식을 모니터링함에 의해, 사용자는 어떤 물질이 광섬유 끝에 가장 인접해 있는지를 구별할 수 있다. 서로 다른 파장들이 조직 내에서 서로 다른 광학적 특성들(굴절율, 흡수, 산란, 이방성)을 가질 수 있기 때문에 부가적인 프로브 파장들을 사용하는 것은 조직 판별을 더욱 용이하게 할 것이다. 이렇게 둘 또는 그 이상의 프로브 파장들로부터 복귀되어 검출된 신호들은 물질의 형태를 나타내도록 배분될 수 있다. 예를 들어, 프로브가 혈액 또는 동맥 벽에 가깝게 잠겨있는지의 여부를 판별하기 위하여, 심하게 흡수되고 더욱 적게 산란된 청색광에 대한 적색광의 비율은 광섬유가 혈관에 접촉될 때 보다 더욱 커져야 한다. 이 방식으로, 유사한 목표 조직들에 대하여 레이저 파장들의 현명한 선택이 이루어질 수 있다. 스마트한 레이저 시스템은 원하는 효과를 얻거나 원하지 않는 결과를 방지하도록, 어떤 조직이 조사되고 있는지를 정하고 조사 파라메터들(파장, 펄스기간, 에너지/펄스, 전력등)을 변경시키기 위하여 상기의 데이터들을 제공받는다. 레이저는 목표 물질의 가장 강력한 흡수에 부합되도록 동조되거나, 또는 부적절한 목표가 존재할 때 동작하지 않을 수 있을 것이다. 컴퓨터는 이 데어터를 해석하여 레이저를 제어하는데 사용되거나, 또는 이들 태스크가 타이밍, 레벨 검출 및 로직회로들에 의해 수행될 수 있을 것이다.

본 발명의 일 실시예에 있어서, 피드백 시스템은 발작 치료로서 트롬버스를 분쇄시키는 레이저 방법에 포함될 수 있다. 이 치료용 레이저는 펄스 레이저로 이루어질 수 있다. 극미한 열 에너지가 합병증과 더 이상의 손상을 일으킬수 있기 때문에, 레이저 조사는 가능한 범위로 제한되어야 한다. 만약, 치료용 레이저가 원하는 효과를 제공하지 않을 경우, 레이저의 지속적인 동작이 방지되어야 한다. 연속파 저전력 레이저를 채용하는 본 발명의 피드백 시스템은 광섬유 전송 시스템의 말단부에서의 상태를 모니터링한다. 만약 치료 펄스가 공급되기 바로 전과 공급 후의 수 마이크로초 후에, 검출기 신호에 변화가 관찰되지 않을 경우, 피드백 시스템은 치료용 레이저의 전송을 차단시킨다. 일정 기간 후에, 다른 치료용 펄스가 주어지고, 기포 모니터링 프로브가 기포 발생을 나타내게 된다. 기포가 검출될 때, 레이저가 목표 매체와 적당하게 상호 작용하게 되고, 치료가 계속된다. 이 방식에서, 소모적이고 손상의 가능성이 있는 열의 발생이 방지된다.

본 발명에 의하여 제시된 응용분야는 증기 또는 공동 기포들의 검출이 요구되는 어떠한 방법이나 절차를 포함한다. 이와 같은 응용분야는 다음의 기간동안에 기포 진단 그리고/또는 피드백 메카니즘을 포함한다:

· 국소 빈혈성 간질에 이르는 혈관 폐색의 레이저 치료(즉, 광학적 음향 트롬볼리시스). 이 기술은 트롬버스를 분해할 수 있으며, 병에 걸린 뇌조직의 회복을 이끌게 한다.

· 혈관 경련의 레이저 치료(즉, 광학적 음향 트롬볼리시스). 이 기술은 혈관 수축을 완화시켜서 정상적인 퍼퓨전의 회복에 이르게 하며, 이에 따라 더 이상의 순간적인 국소 빈혈 발병이나 다른 비정상적 퍼퓨전 상황을 방지하게 된다.

· 혈관 폐색의 레이저 치료(즉, 광학적 음향 트롬볼리시스). 이 기술은 트롬버스를 분해하거나 동맥으로부터 동맥 경화성 플라크를 제거시킬 수 있다.

· 경동맥 협착증의 레이저 치료(즉, 광학적 음향 트롬볼리시스).

· 광섬유의 충격 삽입과 그후의 증발 구동 절제에 의해 접근이 용이할 수 있는 신체의 내강 통로에서의 개방 회복.

· 레이저를 사용하거나 다른 증기 기포를 발생시키는 수단을 사용하는 증발 또는 공동 처리.

본 발명의 일 실시예는 광섬유를 포함하는 카테테르를 구비한다. 광섬유는 도 1에 도시된 바와 같이 레이저 빔(110)의 빔 경로를 따라 광 펄스들을 주입하는 높은 반복율의 레이저 시스템의 기부 단부에 결합된다. 말단부에서 광섬유로부터 나오는 광은 카테테르 주변의 액체에 의해 흡수된다. 이 액체는 혈액, 흡수 다이를 포함하는 생물학적 염수 용액, 트롬보스 제약, 또는 트롬보스 자체가 될 수 있다. 광섬유는 레이저에 의해 발생된 광학적 에너지가 광섬유의 단부로 전송되는 에너지 전송수단으로서 동작한다. 광섬유의 말단부로부터 나오는 높은 반복율의 레이저 광은 10 Hz 내지 100 kHz 범위의 펄스 주파수, 200 nm 내지 5000 nm 범위의 파장, 그리고 작은 광섬유 직경에 따라 0.01 J/cm^2 내지 4 J/cm^2 또는 50 J/cm^2 범위의 에너지 밀도를 갖는다. 인가된 에너지는 5 mJ 이하로 유지되며, 바람직하게는 1 mJ 보다 적게 유지된다. 본 발명의 실시예에 있어서, 펄스 주파수는 5 kHz 내지 25 kHz 범위에 있다. 선택적으로, 펄스 주파수 범위의 하단은 100 Hz이고, 그 상단은 100 kHz이다.

트롬버스, 동맥 경화성 플라크 또는 관 조직 내의 다른 폐색 물질의 분해는 폐색부분 근처의 액체 내에 생성된 초음파 복사 전자계에 의해 용이하게 이루어진다. 보조 치료로서, 광섬유를 둘러싸거나 광섬유에 평행인 작업채널이 음향 트롬버스처리 후에 남아있는 잔여 부스러기(〉5um 직경의 입자들)의 분해을 용이하게 하기위하여 적은 양의 트롬버스 약품을 투약하는데 사용될 수 있다. 광학적 에너지에서 음향 에너지로의 변환은 열팽창, 열역학 또는 이들의 결합일 수 있는 몇가지 메카니즘을 통해 수행될 수 있다. 도 6A는 평행인 작업 채널(112)을 구비한 광섬유(10)를 나타내는데, 광섬유(110)와 작업채널(112)은 모두 혈관(116) 내에 삽입된 카테테르(114) 내에 위치된다. 광섬유(110)의 말단부는 혈관(116) 내의 트럼버스(118) 그리고/또는 협착 플라크(120) 부근에 위치된다. 도 6B에서 광섬유(110)는 소멸 공동 기포(111)와 이에 따라 전파되는 음향파(113)를 발생시키기 위하여 레이저 광을 전달한다.

카테테르(114) 내의 평행 작업 채널(112)은 폐색부분(117)이 혈관(116) 내부로부터 제거되는 것을 돕기 위하여 보조액체(115)를 전달한다.

도 7A-C에 도시된 바와 같이, 열가소성 모드에서 광섬유(121)를 통해 각각의 레이저 펄스(122)는 유체(124)에 조절된 레벨의 에너지를 전달하여, 작은 볼륨의 유체에 상당한 열가소성 응력을 생성시킨다. 이러한 응력의 팽창 방향은 도 7A에서 화살표 125로 지시되어 있다. 레이저 펄스(122)에 의하여 가열된 유체(124) 볼륨은 유체(124) 내의 레이저 빔의 흡입 깊이에 의하여 측정되며, 소정 크기를 발생시키기 위하여 제어되어야 한다. 예를 들면, 적정 크기란 섬유 직경, 또는 폐색 부위를 포함하는 혈관 부위와 비교할 수 있는 거리일 수도 있다. 대부분의 레이저 에너지가 소정 크기의 유체 깊이에 도달되도록, 이것은 유체의 조성물 또는 레이저 파장을 조절함으로써 조절될 수 있다. 레이저 펄스 존속 시간은 최소 크기의 흡수 영역을 가로지르는 음향 전달 시간보다 짧은 시간으로 흡수 유체에 모든 레이저 에너지가 도달되기에 충분히 짧은 것이 이상적이다. 이것은 동체적(일정 체적) 가열 공정이다. 약 100 um 직경의 흡수 체적의 경우에, 음향 전달 시간은 약 70 ns이며, 따라서 흡수 시간은 이것보다 충분히 작아야하며, 예를 들면, 약 10 ns이다.

흡수 유체는 고온 체적 상태의 유체에 고압 영역이 발생하도록 에너지 배치에 열가소적으로 응답한다. 고압 영역의 경계는 음파의 패턴으로 약화된다. 압축 웨이브는 에너지 배치 영역으로부터 멀리 전파하며(발산 웨이브 전방), 희박 웨이브는 에너지 배치 영역의 중심을 향하여 전파한다(수렴 웨이브 전방). 희박 웨이브가 초기 배치 영역의 중심으로 수렴하면, 한무리의 공동 기포 형성을 촉진하는 인장 응력 영역(126)을 생성하며, 상기 공동 기포는 하나로 합쳐져서 보다 큰 기포(130)를 형성한다. 결과적으로, 공동 기포는 붕괴되어, 확장 음파(133)가 생성된다. 공동 기포의 붕괴와 그에 따른 반동은 주변 유체에 음향 충격을 가하여, 공동 에너지의 일부를 전달하지 못한다. 이러한 붕괴와 반동 과정은 초기 공동의 유체 밀도와 최대 크기에 의하여 주로 통제되는 시간 스케일을 발생시킨다. 제1 붕괴와 반동은 후속하는 붕괴와 반동 결과를 수반하여, 공동 에너지가 유체 내부로 소산될 때까지 강도를 감소시킨다. 후속 레이저 펄스가 이러한 사이클을 반복 또는 지속하도록 전달되어, 레이저 펄스 주파수에 의하여 측정된 주파수로 초음파 방사 필드를 생성시킨다.

요약하면, 제1 모드로 작동하는 장치는, (ⅰ) (이 케이스와 같이 레이저 파장과 흡수 유체의 선택에 의하여 제어되는 바와 같이) 이러한 크기를 가로지르는 음향 전달 시간 미만의 지속 시간을 갖는 시간 스케일로 섬유 크기와 비교될 수 있는 유체 볼륨 내부에 레이저 에너지를 배치하는 것에 의해, (ⅱ) 공동 기포의 최대 크기가 섬유 직경과 거의 동일하도록 레이저 에너지를 조절하며, 그리고 (ⅲ) 이러한 과정을 반복하여 주변 유체에 음향 방사 필드를 발생시킬 수 있는-공진 작동이 공동위 유효 수명과 레이저 펄스 반복율을 동기화하여 얻어질 수 있는- 반복 횟수로 레이저를 작동시키는 것에 의하여 초음파 방사 필드를 발생시킨다. 일반적인 작동은 100-200 um의 반복 변위를 갖는 1-100 kHz로 순환하는 유체에 기초한 변환기를 야기한다. 이러한 변환은 기계적으로 작동하는 초음파 엔지오플라스티 장치에서 발견된 것과 매우 유사하다.

도 8A-C에 도시된 바와 같이, 광섬유(141)의 과열된 증기 팽창 모드에서, 각각의 레이저 펄스(140)는 카테테르를 함유하고 있는 혈관의 특정 크기와 비교하여 매우 작거나, 심지어 섬유 직경과 비교해서도 작다. 또한 흡수 깊이는 음파가 레이저 펄스의 지속 시간 이내에서 이동하는 거리와 비겨하여 작을 수도 있다. 레이저 에너지는 주위 압력에서 유체의 기화 온도 이상에서 흡수 깊이 이내로 대부분의 유체를 가열하도록 충분한 레벨의 에너지를 배치한다. 레이저 에너지의 베치 과정에서, 열가소적으로 발생된 음파는 유체 내부로 전달되어, 가열 영역으로부터 외부로 전달된다. 1 um 이상의 긴 시간 스케일에서, 과열된 유체(142)는 기화를 진행하여, 증기 거품을 생성한다. 유체가 기화하면, 볼륨(144)은 큰 비율로 증가한다.

레이저 펄스 지속 시간은 기포 팽창이 등압 광정과 거의 유사하기 때문에 열가소성 모드와 같이 짧은 시간으로 제한될 필요는 없다. 그러나, 레이저 펄스 지속 시간은 기포 팽창 시간보다 짧아야 하며, 과열 영역에 대한 통상적인 열적 이완 시간보다 매우 짧아야 한다. (Rayleigh 기포 붕괴 이론에 따르면, 기포 지속 시간은 50 um 직경의 기포에 대하여 약 25 um이다. 열적 이완은 수 백 us 시간 스케일로 발생하여, 레이저 펄스가 지속 시간 이내에서 수 us 또는 그 이하이다). 증기 기포는 유체 내부에 초기에 생성된 증기압 및 그 유체의 물성에 따르는 최대 반경까지 팽창한다. 기포의 최대 반경에서, 팽창된 기포 내부의 증기압은 주변 압력 이하로 떨어지며, 기포(146)가 붕괴되어, 확장 음파(148)를 생성한다. 반복 및 후속하는 붕괴 결과는 제1 붕괴 이후에 발생한다. 이러한 기포 팽창 및 붕괴는 음향 에너지를 유체에 제공한다. 후속 레이저 펄스는 이러한 사이클을 반복 또는 지속하도록 전달되며, 레이저 펄스 주파수에 의하여 측정된 주파수로 초음파 방사 필드를 생성한다. 제1 모드와 유사하게, 증기 기포의 유효 수명과 레이저 펄스 주기를 일치시켜 공진 작동을 달성할 수도 있다.

요약하면, 제2 모드에서 작동하는 기구는 (i) 국소 용적의 유체 내에 레이저 에너지를 인가하고(이 경우 레이저 파장과 흡수 유체를 선택하는 것으로 조절 가능); (ii) 기포의 최대 크기가 기포가 주변 표피에 손상을 가하지 않을 정도로 되도록 레이저 에너지를 조절하고; (iii) 기포의 발생 및 붕괴 과정의 다중 싸이클에 의해 주변 유체에 음향학적 방사장이 발생되는 재현율로 레이저 에너지를 펄스화하는 것에 의해 유체 내에 초음파 방사장을 생성시킨다. 제1 모드와는 달리, 전송 시간은 중요한 문제가 되지 않기 때문에 긴 펄스 길이의 레이저(수 ㎲까지)를 사용할 수 있다.

레이저 파장, 레이저 펄스 길이 및 레이저 흡수 깊이의 작동과 관련한 어떠한 모드의 경우도 최소한의 레이저 펄스 에너지로 적절한 음향학적 반향을 얻을 수 있도록 정확하게 제어되어야 한다. 제1 모드의 경우, 이는 흡수 용적을 섬유 직경이나, 용기 직경의 일정 비율과 같은 시스템 내 특성 규격에 맞추고, 짧은 레이저 펄스(20ns 미만)를 이용하는 것을 필요로 한다. 제2 모드의 경우, 이는 적은 에너지 소요량를 수용할 수 있고 주변 표피에 손상을 미치지 않게 기포를 크지 않게 생성하는 작은 유체 덩어리 내에 충분한 정도의 과열(superheat)이 얻어지도록 레이저 에너지를 매우 작은 흡수 깊이로 인가하는 것이 필요하다.

레이저 에너지를 표피 내의 음향학적 여기 상태로 커플링시키는 이들 광학적 음향 모드는 여러 가지 특징들을 포함한다. 높은 재현율과 결합된 낮은 값의 적정 레이저 펄스 에너지는 과도한 표피의 가열이나 강한 충격 발생을 방지한다. 레이저 에너지는 국부적으로 흡수되어진다. 레이저 에너지는 주변 유체와 열탄성적이거나 열역학적으로 상호 반응할 수 있다. 섬유의 선단에서 기포가 반복적으로 팽창 및 붕괴됨으로써 음향학적 방사장이 얻어진다. 초음파화 작업(resonant operation)은 레이저 펄스 주기를 발생된 기포의 수명에 일치시키는 것으로 얻어질 수 있다. 소프트 섬유질 폐색(fibrous occlusion)(트롬버스)은 기포를 트롬버스 내에 직접 발생시키는 것으로 분해될 수 있다.

도 1 및 도 3에 도시된 바와 같이, 섬유 선단에서 유체 내에 인가된 에너지의 공간적 시간적 분포의 조절 및/또는 조작은 예컨대, 음향학적 에너지를 섬유에 인접한 대상물에 집중시키거나, 음향학적 방사를 보다 균일하게 분배하는 것과 같이, 음향학적 방사장 근처에서 음향학적 방사 패턴을 변조시키는데 이용될 수 있다. 이러한 방식에 기초한 기법들은 레이저 펄스 길이가 짧고 유체 흡수가 비교적 강력하여 레이저 에너지가 섬유 선단의 표면에 인접한 얇은 층에 인가되는 열탄성 응답(제1 모드)의 특별한 경우에 가장 성공적일 것이다. 예를 들면, 섬유 선단에 오목면을 형성함으로써 광학적 에너지는 유체 내에 유사한 형태의 분포로 인가된다. 이 오목한 분포로부터 방사되는 음파는 섬유 선단에서 일정 거리(R)의 지점에 집중되는 경향이 있다(R은 오목 면의 곡률 반경). 평탄한 섬유 선단은 섬유 선단 근처에 초기 평면 탄성 파두(planar acoustic wavefront)를 생성시킬 것이다. 볼록한 섬유 선단은 보다 큰 입체각에 걸쳐 음향 에너지를 분산시키는 수렴하는 구형 파면을 형성할 것이다. 인접장의 방사 패턴을 변조시키는 다른 수단은 레이저 에너지를 전송하는 섬유 다발을 사용하여 인가된 레이저 에너지의 시간적 분배를 제어하는 것이다. 레이저 에너지는 도관 선단에서 개별 섬유 스트랜드에 상이한 배수(different times)로 도달하도록 배열될 수 있으며, 이 상이한 배수는 이들 개별 스트랜드가 상이한 공간적 배치를 갖는다는 것과 조합하여, 레이더에 사용되는 위상 어레이(phased-array) 방식과 유사한 음향 방사 패턴의 방향성 및 형태를 제어하도록 조절될 수 있다.

시판중인 광섬유들은 보통 주변 환경으로부터의 보호를 위하여 피복된다. 피복되지 않은 광섬유들도 사용 가능하다. 이들 광섬유들이 카테테르를 통해 쉽게 슬라이딩되도록 그 표면이 코팅되는 것이 좋다. 가변 직경의 광섬유는 그 기부 단부에서의 좀더 큰 물리적 강도를 갖게하며, 그 말단부에서 좀더 양호한 접근을 가능하게 한다. 이것은 기존의 광섬유를 변경시키거나(코어 둘레로부터 보호집을 벗김) 또는 주문 광섬유를 제작함에 의해 이루어질 수 있다. 주문 제작은 광섬유의 도식 또는 도면 비율을 가변시킴에 의해 이루어지게 된다. 유리 또는 플라스틱 성분은 광학적 품질을 떨어뜨리지 않고 말단부로부터의 광섬유의 좀더 큰 제어가 이루어지도록 광섬유의 도면 기능으로서 변경시킬 수 있다. 이에 대한 특별한 예로서, 단부가 카테테르 집내에서 꼼짝 못하게 되지 않도록 부드럽게 끝부분을 처리하는 것이다. 또한, 끝부분에서의 형태는 그것이 카테테르집의 말단부로부터 돌출될 때 광섬유의 조종을 가능하게 한다.

본 발명에서 사용된 펄스 레이저 에너지 소스는 가스, 액체 또는 고체 매체에 근거하여 사용될 수 있다. 희토류 도핑 고체 레이저, 루비 레이저, 알렉산더 보석 레이저, Nd:YAG 레이저, 그리고 Ho:YLF 레이저는 모두 고 반복율의 펄스 모드에서 동작되고 본 발명에서 사용될 수 있는 레이저들의 실예가 된다. 이들 고체 레이저들의 어느 것도 기본 레이징 파장의 고조파들을 발생시키도록 비선형 주파수 이중 또는 3중 크리스탈을 구비할 수 있다. 초음파 방사의 간섭성 빔을 발생시키는 고체 레이저는 본 발명에 직접 채용되거나, 자외선 및 가시 스펙트럼의 넓은 부분에 거쳐 파장이 가변되는 출력 빔을 발생시키기 위하여 다이 레이저와 함께 사용될 수 있다. 넓은 스펙트럼을 통한 파장 가변성은 레이저 파장을 카테테르의 말단부에 위치한 액체의 흡수 특성에 맞추기 위한 더욱 넓은 범위의 유연성을 제공한다. 출력 빔은 광섬유에 의해 외과 부분으로 결합된다. 동작시, 광의 펄스 빔은 종래의 장치에 비하여 조직에 더욱 작은 손상을 주고 혈관에 구멍을 내지 않는 상태에서 크롬버스나 동맥 경화성 플라크를 제거 그리고/또는 유화시키는 초음파 자극을 주게된다.

여러 가지 다른 펄스 레이저들이 여기에 개시된 레이저 소스와 대체될 수 있다. 마찬가지로, 여러 가지 다이 물질들 및 배치들이 다이 레이저 안에서 사용될 수 있다. 다이 함유 플라스틱 필름이나 큐벳 케이스 다이들과 같은 유동 가능 다이가 아닌 배치들도 다이 레이저 안에서 대체시킬 수 있다. 다이 레이저는 또한 다수의 다른 다이들을 저장할 수 있으며, 사용자의 초기 제어신호들이나 사용시(즉, 혈액이 채워진 필드에서 염수 필드로 전화되거나 또는 칼슘 부착물에 응답할 때)의 조건에 자동 응답하여 서로 교체시킬 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 다이 레이저 구성부품들로 사용되기에 적합한 다이들은 P-테르페닐(피크 파장값: 339); BiBuQ(피크 파장값: 385), DSP(피크 파장값: 405), 그리고 Coumarin 2(피크 파장값: 448)를 포함한다.

펄스 광원의 다른 실시예로서 주파수 2 배 또는 주파수 3 배의 고체 레이저에 의해 펌핑되는 광 파라메트릭 발진기(OPO)가 될 수 있다. OPO 시스템들은 거의 고체 광 요소들로 구성된 소형 시스템에서 광역의 가변 파장성을 허용한다. OPO 시스템에서의 레이저 파장은 또한 사용자의 초기 제어신호들이나 사용시의 조건들에 자동 응답하여 가변될 수 있다.

본 발명을 실시하는데 유용한 카테테르는 여러 가지 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 카테테르는 3.5 ㎜ 또는 그 이하의 외경, 바람직하게는, 2.5 ㎜ 또는 그 이하의 외경을 갖는다. 카테테르 안에 배치되는 광섬유로는 Sturridge, Mass.에 위치한 Spectran, Inc.에서 제조된 모델 800 광섬유와 같이 400 미크론의 직경을 갖는 광섬유나 이 보다 더욱 작은 석영(용융 석영) 광섬유가 있다. 카테테르는 분출 및 흡입 포트들을 제공하기 위하여 다중 내강이 될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 있어서, 카테테르 단부는 무선 차단 및 열 저항성 물질로 구성될 수 있다. 이 무선 차단 단부는 형광 투시하에 카테테르를 위치시키는데 사용될 수 있다.

이상에서 상세히 설명된 실시예들은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 상태에서 여러가지 변화나 변경을 할 수 있으며, 그 범위는 첨부된 청구범위에 의해 제한을 받는다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유를 액체 분위기 매체에 집어 넣는 단계;

고 반복성 레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 제 1 빔을 상기 기부 단부에 결합시키는 단계로서, 레이저 광의 상기 제 1 빔이 상기 액체 분위기 매체 내의 상기 말단부로부터 나오며;

레이저 광의 제 2 빔을 상기 기부 단부로 전송하는 단계로서, 상기 제 2 광 빔이 상기 말단부에 의해 부분적으로 반사되어 반사된 제 2 빔을 발생시키고, 상기 말단부에서 상기 기포가 형성 및 성장하면서 상기 말단부에 의해 반사된 광량이 증가하며;

상기 반사된 제 2 빔을 검출하여 검출신호를 발생시키는 단계;

상기 고 반복성 레이저 시스템이 레이저 광의 상기 제 1 빔을 발사하기 전에 상기 검출신호의 제 1 샘플을 저장하는 단계;

상기 고 반복성 레이저 시스템이 레이저 광의 상기 제 1 빔을 발사한 후 기설정된 지연시간 후에 상기 검출신호의 제 2 샘플을 저장하는 단계; 그리고

샘플 차를 구하기 위하여 상기 제 1 샘플에서 상기 제 2 샘플을 빼는 단계로 구성되어;

상기 샘플 차가 기설정된 임계 레벨보다 크면, 상기 고 반복성 레이저 시스템으로부터 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 계속하거나;

상기 샘플 차가 상기 기설정된 임계 레벨보다 작으면, (i) 적어도 일정 시간동안 상기 고 반복성 레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 중지하는 것, 그리고 (ii) 상기 기포가 형성될 때까지 기설정된 전력까지 상기 제 1 레이저 빔의 전력을 증가시키는 것으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 따라서 상기 고 반복성 레이저 시스템을 제어하는 것을 특징으로 하는, 기포의 존재를 검출하는 방법.

청구항 2

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유를 통해 레이저 광의 빔을 전송하는 단계로서, 레이저 광의 상기 빔의 일부분이 상기 말단부에 의해 반사되고, 상기 말단부에서 기포가 형성 및 성장하면서 레이저 광의 상기 빔의 상기 반사된 부분 내에서의 광량이 증가하며;

레이저 광의 상기 빔의 상기 반사된 일부분을 검출하여 검출신호를 발생시키는 단계;

기포 형성 레이저 시스템이 레이저 광의 제 1 빔을 발사하기 전에 상기 검출신호의 제 1 샘플을 저장하는 단계;

상기 기포 형성 레이저 시스템이 레이저 광의 상기 제 1 빔을 발사한 후 기설정된 지연시간 후에 상기 검출신호의 제 2 샘플을 저장하는 단계; 그리고

샘플 차를 구하기 위하여 상기 제 1 샘플에서 상기 제 2 샘플을 빼는 단계로 구성되어;

상기 샘플 차가 기설정된 임계 레벨보다 크면, 상기 기포 형성 레이저 시스템으로부터 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 계속하거나;

상기 샘플 차가 상기 기설정된 임계 레벨보다 작으면, (i) 적어도 일정 시간동안 상기 고 기포 형성 레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 중지하는 것, 그리고 (ii) 상기 기포가 형성될 때까지 기설정된 전력까지 상기 제 1 레이저 빔의 전력을 증가시키는 것으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 따라서 상기 기포 형성 레이저 시스템을 제어하는 것을 특징으로 하는, 기포의 존재를 검출하는 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 굴절율에 대한 이전 정보와 조우 가능한 물질들의 이전 지식을 가진 사용자가 어떤 물질이 광섬유 끝에 가장 인접해 있는지 구별할 수 있는 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 다수의 샘플들이 적어도 두 개의 교류 파장들과 함께 취하여지며, 서로 다른 파장들이 물질들의 서로 다른 광학적 성질들을 가지며, 상기 광학적 성질들이 굴절율, 흡수, 산란 그리고 이방성의 군으로부터 선택되며, 적어도 두 개의 교류 파장들로부터의 검출신호들이 물질 형태를 나타내도록 비율이 정해지는 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 방법.

청구항 5

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유를 액체 분위기 매체에 집어 넣는 수단;

고 반복성 레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 제 1 빔을 상기 기부 단부에 결합시키는 수단으로서, 레이저 광의 상기 제 1 빔이 상기 액체 분위기 매체 내의 상기 말단부로부터 나오며;

레이저 광의 제 2 빔을 상기 기부 단부로 전송하는 수단으로서, 상기 제 2 광 빔이 상기 말단부에 의해 부분적으로 반사되어 반사된 제 2 빔을 발생시키고, 상기 말단부에서 상기 기포가 형성 및 성장하면서 상기 말단부에 의해 반사된 광량이 증가하며;

상기 반사된 제 2 빔을 검출하여 검출신호를 발생시키는 수단;

상기 고 반복성 레이저 시스템이 레이저 광의 상기 제 1 빔을 발사하기 전에 상기 검출신호의 제 1 샘플을 저장하는 수단;

상기 고 반복성 레이저 시스템이 레이저 광의 상기 제 1 빔을 발사한 후 기설정된 지연시간 후에 상기 검출신호의 제 2 샘플을 저장하는 수단;

샘플 차를 구하기 위하여 상기 제 1 샘플에서 상기 제 2 샘플을 빼는 수단; 그리고

상기 샘플 차에 근거하여 상기 고 반복성 레이저 시스템을 제어하는 수단으로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 6

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유를 통해 레이저 광의 빔을 전송하는 수단으로서, 레이저 광의 상기 빔의 일부분이 상기 말단부에 의해 반사되고, 상기 말단부에서 기포가 형성 및 성장하면서 레이저 광의 상기 빔의 상기 반사된 부분 내에서의 광량이 증가하며;

레이저 광의 상기 빔의 상기 반사된 일부분을 검출하여 검출신호를 발생시키는 수단;

기포 형성 레이저 시스템이 레이저 광의 제 1 빔을 발사하기 전에 상기 검출신호의 제 1 샘플을 저장하는 수단;

상기 기포 형성 레이저 시스템이 레이저 광의 상기 제 1 빔을 발사한 후 기설정된 지연시간 후에 상기 검출신호의 제 2 샘플을 저장하는 수단;

샘플 차를 구하기 위하여 상기 제 1 샘플에서 상기 제 2 샘플을 빼는 수단;

상기 샘플 차가 기설정된 임계 레벨보다 크면, 상기 기포 형성 레이저 시스템으로부터 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 계속하는 수단; 그리고

상기 샘플 차가 상기 기설정된 임계 레벨보다 작으면, (i) 적어도 일정 시간동안 상기 고 기포 형성 레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 중지하는 것, 그리고 (ii) 상기 기포가 형성될 때까지 기설정된 전력까지 상기 제 1 레이저 빔의 전력을 증가시키는 것으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 따라서 상기 기포 형성 레이저 시스템을 제어하는 수단으로 구성된 것을 특징으로 하는, 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 7

기포 형성 레이저 빔과 기포 진단 레이저 빔을 서로 동일 직선 상에 있도록 결합하는 수단;

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유;

상기 기포 형성 레이저 빔과 상기 기포 진단 레이저 빔을 상기 광섬유의 상기 기부 단부로 포커싱하는 수단;

검출기;

상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 수단; 그리고

상기 기포의 존재를 검출하기 위하여 상기 검출기에 의해 발생된 신호를 분석하는 수단으로 구성된 로직 제어 시스템으로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서, 기포 형성 레이저를 제어하기 위하여 상기 검출기에 의해 발생된 상기 신호를 분석하는 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 9

제 7항에 있어서, 상기 기포 진단 레이저 빔이 다이오드 레이저, 다이 레이저 그리고 He-Ne 레이저로 이루어진 군으로부터 선택된 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 10

제 7항에 있어서, 상기 기포 형성 레이지 빔과 기포 진단 레이저 빔을 서로 동일 직선 상에 있도록 결합하는 상기 수단이 이색성 거울로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 11

제 7항에 있어서, 상기 기포 형성 레이지 빔과 기포 진단 레이저 빔을 서로 동일 직선 상에 있도록 결합하는 상기 수단이 빔 스플리터로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 12

제 7항에 있어서, 상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 상기 수단이 빔 스플리터로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 13

제 7항에 있어서, 상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 상기 수단이 구멍을 구비한 거울로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 14

제 7항에 있어서, 상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 상기 수단이 상기 기포 형성 레이저 빔으로부터의 광을 제거하고 상기 기포 진단 레이저 빔의 1 차 표면 반사를 제거하기 위하여 편광기, 필터 그리고 격자로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 15

제 7항에 있어서, 상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 상기 수단이 상기 기포 형성 레이저 빔으로부터의 광을 제거하고 상기 기포 진단 레이저 빔의 1 차 표면 반사를 제거하기 위하여 편광기로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 16

제 7항에 있어서, 상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 상기 수단이 상기 기포 형성 레이저 빔으로부터의 광을 제거하기 위하여 필터로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 17

제 7항에 있어서, 상기 광섬유의 상기 말단부로부터 반사된 광을 상기 검출기로 향하게 하는 상기 수단이 상기 기포 형성 레이저 빔으로부터의 광을 제거하기 위하여 격자로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 18

내부에 폐색 물질을 갖는 신체 내강 내에 광섬유 장치를 사용하는 방법에 있어서,

광섬유의 말단부를 상기 신체 내강 내의 액체 매체 안으로 집어 넣는 단계;

상기 폐색 물질을 분쇄시키기 위하여 상기 액체 매체와 상호 작용하도록 제 1 광 빔을 상기 말단부로 전달하는 단계;

상기 말단부에서의 어떤 기포와 관련된 제 1 정보, 상기 말단부에서의 어떤 물질과 관련된 제 2 정보, 그리고 이들의 결합으로 이루어진 군으로부터 선택된 정보를 얻기 위하여 상기 제 2 빔의 상기 말단부로의 반사를 모니터링하는 단계로서, 상기 제 1 정보가 상기 기포의 부재 또는 존재, 상기 기포의 존속 기간, 상기 기포의 크기, 그리고 이들의 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되며, 상기 제 2 정보가 상기 물질의 형태, 상기 물질의 흡수 특성, 상기 물질의 기계적 특성, 그리고 이들의 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되며; 그리고

상기 정보에 근거하여 상기 제 1 빔을 제어하는 단계로 구성된 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제 18항에 있어서, 상기 신체 내강이 심장 혈관 또는 뇌 혈관인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제 18항에 있어서, 상기 폐색 물질이 트롬버스 또는 동맥 경화성 플라크인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제 18항에 있어서, 액체 매체가 혈액, 광 흡수 다이를 포함하는 생물학적 염수, 트롬버스 약품 또는 트롬버스인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제 18항에 있어서, 적어도 하나의 제 1 및 제 2 광 빔이 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 23

제 22항에 있어서, 상기 제 1 빔이 펄스 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제 22항에 있어서, 상기 제 2 빔이 연속파 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제 18항에 있어서, 상기 제 1 빔이 광학적 변수 발진기에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

제 18항에 있어서, 상기 제 1 빔과 상기 액체 매체 간의 상호 작용이 광 흡수인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제 18항에 있어서, 상기 제 1 빔과 상기 액체 매체 간의 상호 작용이 기포 발생을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제 18항에 있어서, 상기 폐색 물질의 분쇄가 광음향적 메카니즘, 열팽창 메카니즘, 열역학 메카니즘, 또는 이들의 결합에 의해 용이하게 되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

제 18항에 있어서, 상기 폐색 물질의 분쇄가 트롬버스 약품에 의해 용이하게 되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

제 18항에 있어서, 상기 폐색 물질의 분쇄가 상기 폐색 물질의 유화, 제거, 분해, 또는 이들의 결합을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31

제 18항에 있어서, 상기 모니터링이 DC 성분과 상기 제 1 정보를 제공하는 AC 성분을 갖는 신호에 의해 나타나는, 상기 제 2 빔의 반사를 모니터링하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 32

제 18항에 있어서, 상기 제어가 적어도 임시적으로 상기 제 1 빔의 전달을 중지하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 33

제 18항에 있어서, 상기 제어가 상기 제 1 빔의 전달을 계속하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 34

제 18항에 있어서, 상기 제어가 상기 제 1 빔의 조사 파라메터를 제어하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 35

제 18항에 있어서, 상기 기포가 증발, 공동화, 또는 이들의 결합에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 36

내부에 폐색 물질을 갖는 신체 내강을 치료하는 광섬유 장치에 있어서,

기부 단부와 말단부를 구비하며, 상기 신체 내강 내의 액체 매체 안으로 상기 말단부를 집어 넣기에 충분한 구성을 갖는 광섬유;

제 1 광 빔과 제 2 광 빔을 상기 말단부로 전달하기 위하여 상기 기부 단부로 결합시키는 수단으로서, 상기 제 1 빔은 상기 폐색 물질을 분쇄시키기 위하여 상기 액체 매체와 상호 작용할 수 있으며;

상기 말단부에서의 어떤 기포와 관련된 제 1 정보, 상기 말단부에서의 어떤 물질과 관련된 제 2 정보, 그리고 이들의 결합으로 이루어진 군으로부터 선택된 정보를 얻기 위하여 상기 제 2 빔의 상기 말단부로의 반사를 모니터링하는 수단으로서, 상기 제 1 정보가 상기 기포의 부재 또는 존재, 상기 기포의 존속 기간, 상기 기포의 크기, 그리고 이들의 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 제 2 정보가 상기 물질의 형태, 상기 물질의 흡수 특성, 상기 물질의 기계적 특성, 그리고 이들의 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되며; 그리고

상기 정보에 근거하여 상기 제 1 빔을 제어하는 수단으로 구성된 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 37

제 36항에 있어서, 상기 광섬유를 포함하며, 상기 신체 내강 안으로 그 말단부를 집어 넣기에 충분한 구성을 갖는 카테테르가 추가로 구비된 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 38

제 36항에 있어서, 상기 광섬유를 둘러싸거나 또는 상기 광섬유와 평행인 작업 채널이 추가로 구비된 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 39

제 38항에 있어서, 상기 작업 채널이 상기 폐색 물질의 분쇄를 용이하게 하는 액체를 전달하기 위한 채널인 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 40

제 38항에 있어서, 상기 광섬유와 상기 작업 채널을 구비하며, 상기 신체 내강 안으로 그 말단부를 집어넣기에 충분한 구성을 갖는 카테테르가 추가로 구비된 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 41

제 36항에 있어서, 상기 신체 내강이 심장 혈관 또는 뇌 혈관인 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 42

제 36항에 있어서, 상기 폐색 물질이 트롬버스 또는 동맥 경화성 플라크인 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 43

제 21항에 있어서, 액체 매체가 혈액, 광 흡수 다이를 포함하는 생물학적 염수, 트롬버스 약품 또는 트롬버스인 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 44

제 36항에 있어서, 적어도 하나의 제 1 및 제 2 광 빔이 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 45

제 44항에 있어서, 상기 제 1 빔이 펄스 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 46

제 44항에 있어서, 상기 제 2 빔이 연속파 레이저에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 47

제 36항에 있어서, 상기 제 1 빔이 광학적 변수 발진기에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 48

제 36항에 있어서, 상기 제 1 빔과 상기 액체 매체 간의 상호 작용이 광 흡수인 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 49

제 36항에 있어서, 상기 제 1 빔과 상기 액체 매체 간의 상호 작용이 기포 발생을 포함하는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 50

제 36항에 있어서, 상기 폐색 물질의 분쇄가 광음향적 메카니즘, 열팽창 메카니즘, 열역학 메카니즘, 또는 이들의 결합에 의해 용이하게 되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 51

제 36항에 있어서, 상기 폐색 물질의 분쇄가 트롬버스 약품에 의해 용이하게 되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 52

제 36항에 있어서, 상기 폐색 물질의 분쇄가 상기 폐색 물질의 유화, 제거, 분해, 또는 이들의 결합을 포함하는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 53

제 36항에 있어서, 상기 모니터링이 DC 성분과 상기 제 1 정보를 제공하는 AC 성분을 갖는 신호에 의해 나타나는, 상기 제 2 빔의 반사를 모니터링하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 54

제 36항에 있어서, 상기 제어가 적어도 임시적으로 상기 제 1 빔의 전달을 중지하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 55

제 36항에 있어서, 상기 제어가 상기 제 1 빔의 전달을 계속하는 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 56

제 36항에 있어서, 상기 제어가 상기 제 1 빔의 조사 파라메터를 제어하는 것으로 이루어진 것을 특징으

로 하는 광섬유 장치.

청구항 57

제 36항에 있어서, 상기 기포가 증발, 공동화, 또는 이들의 결합에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 58

제 36항에 있어서, 상기 검출신호의 어떤 샘플 내의 파장에서 반사된 광량으로부터 굴절율을 설정한 후 상기 굴절율을 물질에 연관시킴에 의해 상기 물질이 구별되는 것을 특징으로 하는 광섬유 장치.

청구항 59

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유를 액체 분위기 매체에 집어 넣는 단계;

레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 제 1 빔을 상기 기부 단부에 결합시키는 단계로서, 레이저 광의 상기 제 1 빔이 상기 액체 분위기 매체 내의 상기 말단부로부터 나오며;

레이저 광의 제 2 빔을 상기 기부 단부로 전송하는 단계로서, 상기 제 2 광 빔이 상기 말단부에 의해 부분적으로 반사되어 반사된 제 2 빔을 발생시키고, 상기 말단부에서 상기 기포가 형성 및 성장하면서 상기 말단부에 의해 반사된 광량이 증가하며;

상기 반사된 제 2 빔을 검출하여 정보를 발생시키는 단계; 그리고

상기 정보에 근거하여 상기 레이저 시스템을 제어하는 단계로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 방법.

청구항 60

기부 단부와 말단부로 구성된 광섬유를 통해 레이저 광의 빔을 전송하는 수단으로서, 레이저 광의 상기 빔의 일부분이 상기 말단부에 의해 반사되고, 상기 말단부에서 기포가 형성 및 성장하면서 상기 빔의 상기 일부분 내에서의 광량이 증가하며;

레이저 광의 상기 빔의 상기 일부분을 검출하여 정보를 발생시키는 수단; 그리고

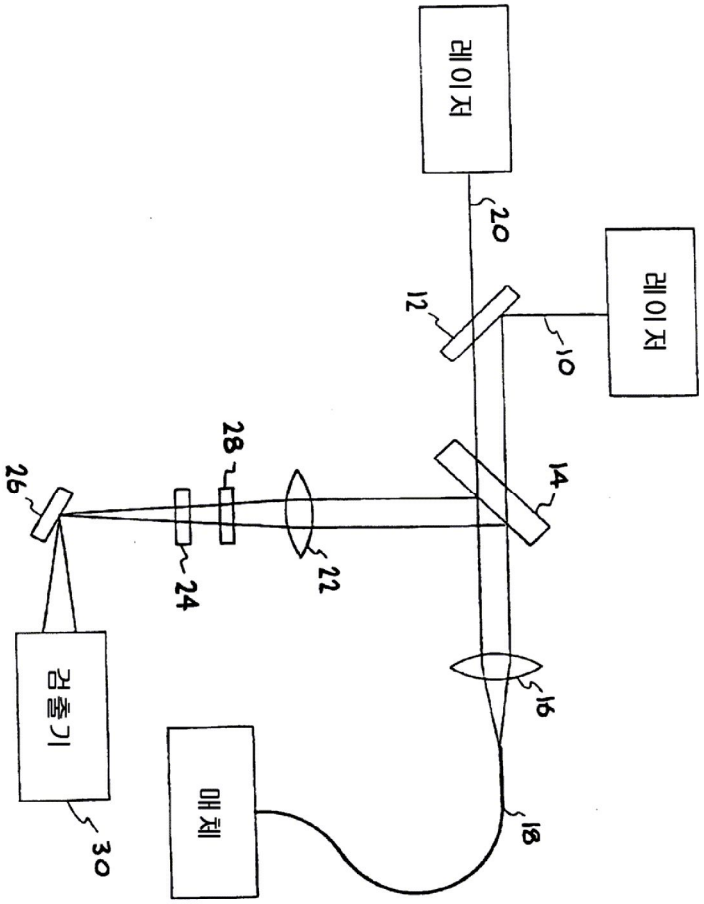
상기 정보에 근거하여 기포 형성 레이저 시스템을 제어하는 수단으로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

청구항 61

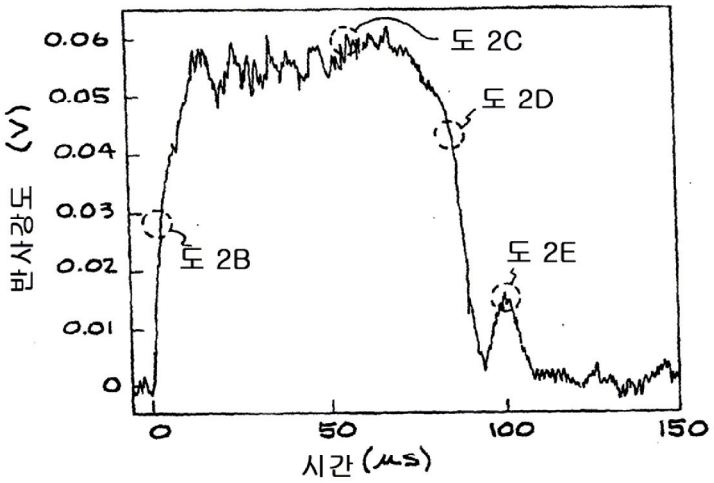
제 5항에 있어서, 상기 고 반복성 레이저 시스템을 제어하는 수단이, 상기 샘플 차가 기설정된 임계 레벨보다 크면 상기 고 반복성 레이저 시스템으로부터의 레이저 광의 상기 제 1 빔의 발사를 계속시키는 수단, 그리고 상기 샘플 차가 상기 기설정된 임계 레벨보다 작으면, 상기 고 반복성 레이저 시스템의 발사를 중지시키는 수단으로 구성된 것을 특징으로 하는 기포의 존재를 검출하는 장치.

도면

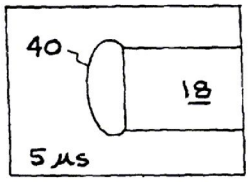
도면1


레이저
20
12
레이저
10
28
26
14
24
22
검출기
16
매체
18
30

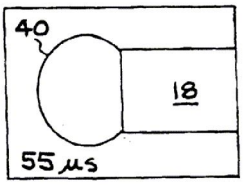
도면2a


0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
검출신호 (V)
도 2C
도 2D
도 2B
도 2E
0
50
100
150
시간 (ms)

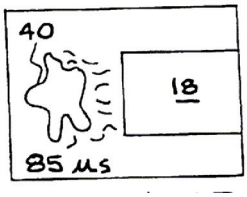
도면2b



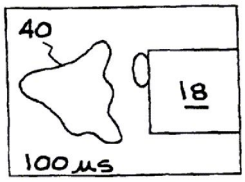
도면2c



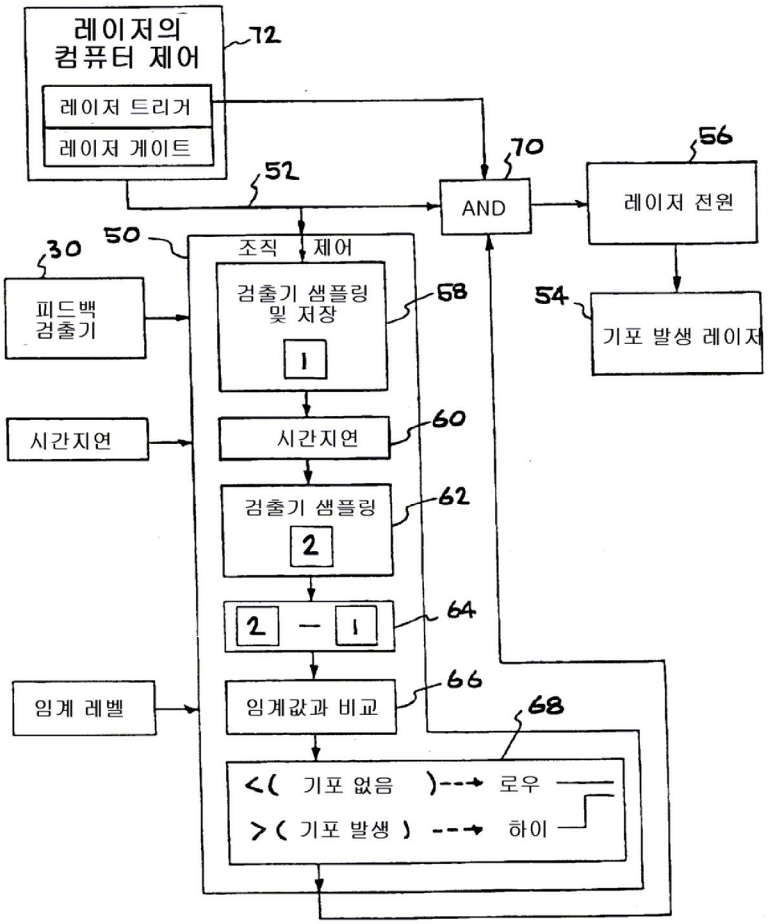
도면2d



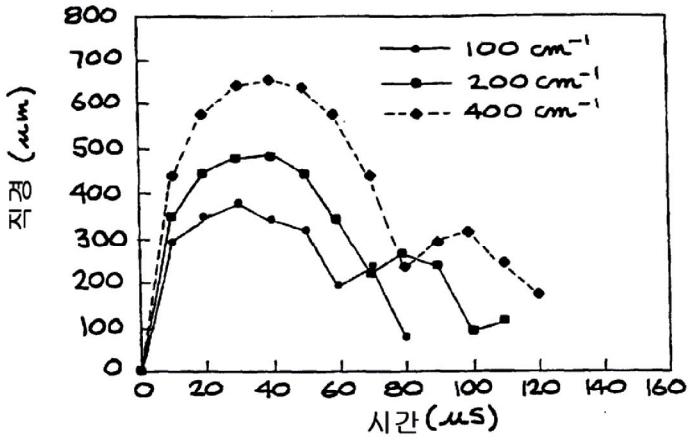
도면2e



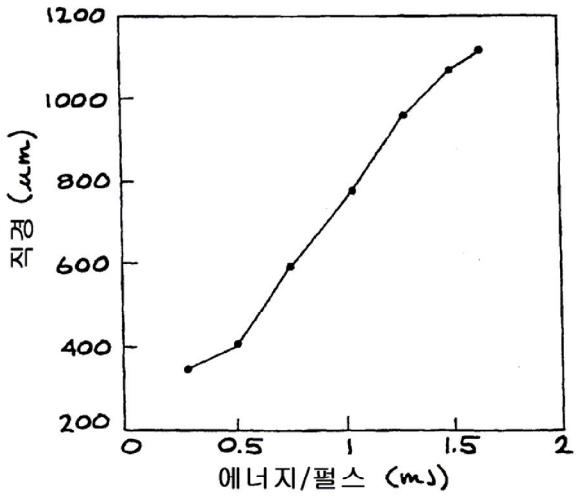
도면3


레이저의
컴퓨터 제어
72
레이저 트리거
레이저 게이트
52
70
AND
56
레이저 전원
54
기포 발생 레이저
30
50
조직
제어
피드백
검출기
검출기 샘플링
및 저장
58
1
시간지연
시간지연
60
검출기 샘플링
62
2
2
—
1
64
임계 레벨
임계값과 비교
66
68
<(기포 없음)--→ 로우
>(기포 발생) --→ 하이

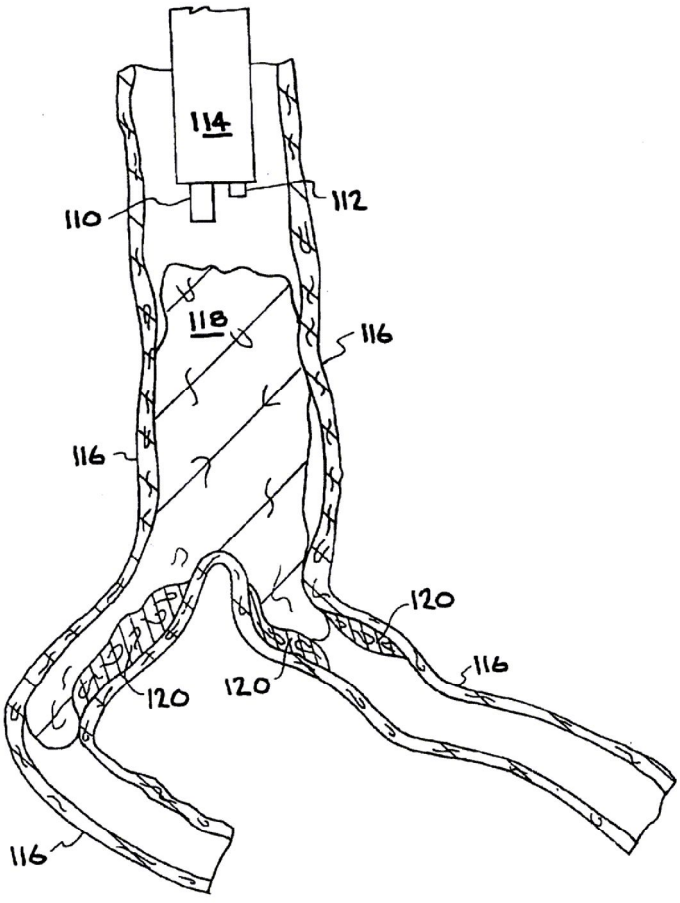
도면4


100 cm⁻¹
200 cm⁻¹
400 cm⁻¹
직경 (μm)
시간 (μs)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
0
20
40
60
80
100
120
140
160

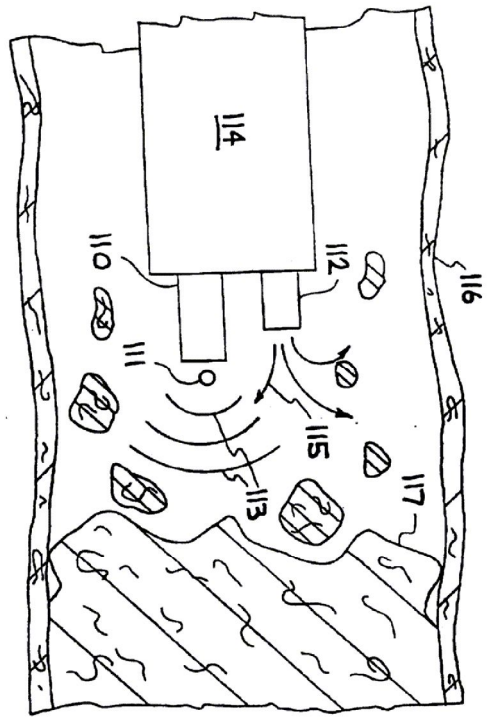
도면5


1200
1000
800
600
400
200
직경 (㎛)
0
0.5
1
1.5
2
에너지/펄스 (mJ)

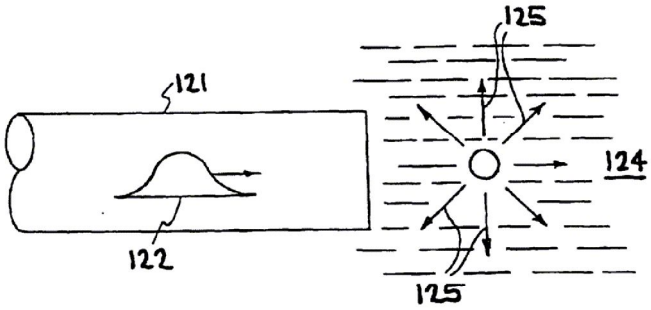
도면6a


114
110
112
118
116
116
120
120
116
116

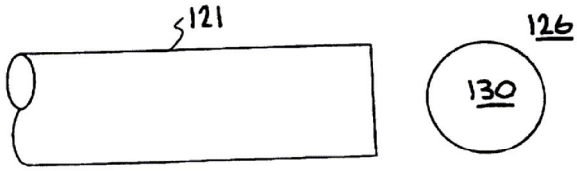
도면6b



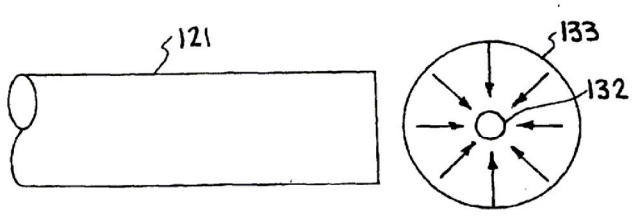
도면7a



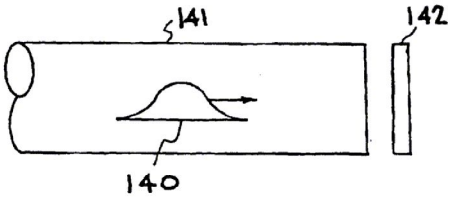
도면7b



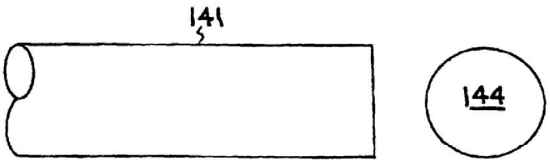
도면7c



도면8a



도면8b



도면8c

