



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0004885
(43) 공개일자 2009년01월12일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) Int. Cl.
B23K 26/36 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2008-7023270</p> <p>(22) 출원일자 2008년09월23일
심사청구일자 없음
번역문제출일자 2008년09월23일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/FI2007/000050
국제출원일자 2007년02월23일</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2007/096465
국제공개일자 2007년08월30일</p> <p>(30) 우선권주장
20060181 2006년02월23일 핀란드(FI)</p> | <p>(71) 출원인
피코테온 리미티드 오와이
핀란드 헬싱키 에프아이-00120 부리발디 2에이</p> <p>(72) 발명자
라팔라이넨 레이요
핀란드 에프아이-70870 헬틀란라흐티 하포세나혼티 24</p> <p>뮌뮌메키 베사
핀란드 에프아이-00200 헬싱키 바타쿠야 1 에이 9
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
박장원</p> |
|--|--|

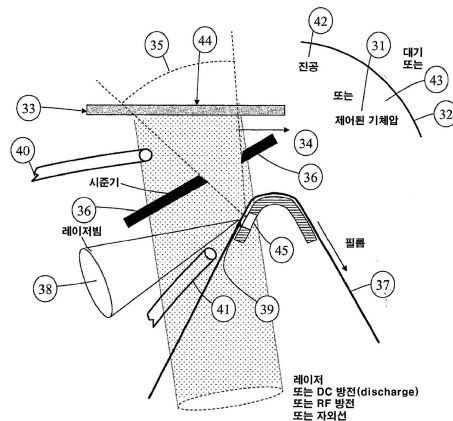
전체 청구항 수 : 총 43 항

(54) 레이저 삭마에 의해 표면들 및 재료들을 형성하는 방법

(57) 요약

본 발명은 레이저 삭마가 고작해야 10^{-3} 기압인 공간에서 수행되는 레이저 삭마 코팅 방법에 관한 것이다. 저진공 수준은 부착된 표면들의 품질 특징을 현저하게 약화시키지 않으면서 표면들의 유리한 산업적 생산을 가능하게 한다. 본 발명은 또한 나노 입자들을 형성하는 방법과도 관련이 있고, 그에 따라 타겟 재료는 고작해야 10^{-3} 기압인 공간에서 나노 입자를 생성시키기 위한 펄스 레이저에 의해 삭마된다.

대표도



(72) 발명자

폴리 라세

핀란드 에프아이-00670 헬싱키 카스켄폴타안티 6
에이

메키탈로 유하

핀란드 에프아이-10600 타미사리 락스토르핀티 165

특허청구의 범위

청구항 1

하나 이상의 표면들에 의해서 물체를 코팅하는 레이저 삭마 방법에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 레이저 삭마는 많아야 10^{-3} atm인 공간에서 실행되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 레이저 삭마는 통상의 대기압 하에서 실행되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 삭마할 타겟과 코팅할 기관 사이의 거리는 2 μ m 내지 20mm로 한 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 삭마할 타겟과 코팅할 기관 사이의 거리는 5 μ m 내지 10mm로 한 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 삭마할 타겟과 코팅할 기관 사이의 거리는 10 μ m 내지 5mm로 한 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 6

선행하는 청구항들 중 어느 한 항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 기관이 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성 폴리머, 자연 발생 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 7

선행하는 청구항들 중 어느 한 항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟이 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성 폴리머, 자연 발생 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 8

선행하는 청구항들 중 어느 한 항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 레이저 삭마는 펄스 레이저에 의해 실행되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 레이저 설비는 피코초 레이저와 같은 냉간 가공 레이저인 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

코팅되는 표면은 그 표면이 1mm^2 당 하나 미만의 핀홀을, 바람직하기로는 cm^2 당 하나 미만의 핀홀을 포함하고 가장 바람직하기로는 코팅된 전체 영역에 핀홀이 전혀 없도록 형성된 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

코팅되는 표면은, 그 부착되는 표면의 첫 번째 50%가 직경이 1000nm를 초과하는 어떠한 입자도 포함하지 않도록 하되, 바람직하기로는 입자의 크기가 100nm를 초과하지 않도록 하고, 가장 바람직하기로는 입자의 크기가 30nm를 초과하지 않도록 해서, 형성된 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

코팅할 물체인 기관은, 코팅되는 물체 상에 부착되는 표면의 균일성이 원자력 현미경(AFM: atomic force microscopy)을 이용하여 $1\ \mu\text{m}^2$ 의 면적을 가로질러 측정했을 때에 $\pm 100\text{nm}$ 가 되도록, 펄스 냉간 가공 레이저를 이용하여 타겟을 삭마함으로써 코팅되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

타겟은, 고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해서, 재료가 사전에 상당히 삭마되지 않은 타겟의 영역으로부터 본질적으로 지속적으로 증기화되도록 하는 방식으로, 레이저 빔을 사용하여 삭마되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟이 라멜라 공급 방식으로 공급되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟이 필름/테이프 공급 방식으로 공급되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟의 두께가 $5\ \mu\text{m}$ 내지 5mm, 유리하기로는 $20\ \mu\text{m}$ 내지 1mm, 바람직하기로는 $50\ \mu\text{m}$ 내지 $200\ \mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 17

제1항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 레이저 빔이 터빈 스캐너를 통해서 타겟으로 보내지는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟으로 향하는 스캐닝 폭은 10mm 내지 800mm, 유리하기로는 100mm 내지 400mm, 바람직하기로는 150mm 내지 300mm인 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 19

제1항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 기관은 레이저 삭마를 이용하여 하나 또는 다수의 타겟으로부터 증기화된 플라즈마 재료 기둥(plasma material plume) 내에서 이동하는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 20

제1항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟과 기관 사이의 거리가 삭마 공정 전체에 걸쳐서 본질적으로 일정하게 유지되는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 21

제1항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 코팅되는 표면이 다수의 타겟으로부터 동시에 삭마된 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 22

제1항 또는 제21항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 코팅할 표면은 삭마된 재료로 형성된 플라즈마 기둥 안으로 반응성 재료를 도입시킴으로써 형성되고, 상기 반응성 재료는 플라즈마 기둥 내에 함유된 삭마된 재료와 반응하여 결과적인 화합물 또는 화합물들이 기관에/기관 상에 형성되는 표면을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 삭마 방법.

청구항 23

나노 입자를 형성하는 방법에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟 재료가 많아야 10^{-3} atm인 공간에서 펄스 레이저에 의해 삭마됨으로써 나노 입자가 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟 재료가 통상의 대기압에서 펄스 레이저에 의해 삭마됨으로써 나노 입자가 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 25

제23항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟 재료가 상승된 압력에서 펄스 레이저에 의해 삭마됨으로써 나노 입자가 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 가스 분위기가 불활성 가스를 함유하는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 27

제25항 또는 제26항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 가스 분위기가 반응성 화합물을 함유하는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 28

제27항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 가스 분위기가 산소를 함유하는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 29

제23항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 삭마된 기관이 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성 폴리머, 자연 발생 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 30

제23항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 레이저 삭마는 펄스 레이저에 의해 실행되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 31

제30항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 레이저 설비는 피코초 레이저와 같은 냉간 가공 레이저인 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 32

제30항 또는 제31항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 채택된 레이저 설비의 출력은 적어도 10 W인 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 33

제30항 또는 제31항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 채택된 레이저 설비의 출력은 적어도 20 W인 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 34

제30항 또는 제31항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 상기 채택된 레이저 설비의 출력은 적어도 50 W인 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 35

제23항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟은, 사전에 상당히 삭마되지 않은 타겟의 지점(spot)으로부터 본질적으로 지속적으로 증기화되도록 하는 방식으로, 레이저 빔을 사용하여 삭마되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 36

제35항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟이 라멜라 공급 방식으로 공급되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 37

제35항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟이 필름/테이프 공급 방식으로 공급되는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 38

제37항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟의 두께가 5 μ m 내지 5mm, 유리하기로는 20 μ m 내지 1mm, 바람직하기로는 50 μ m 내지 200 μ m인 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 39

제23항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 레이저 빔이 터빈 스캐너를 통해서 타겟으로 보내지는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 40

제39항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 타겟으로 향하는 스캐닝 폭은 10mm 내지 800mm, 유리하기로는 100mm 내지 400mm, 바람직하기로는 150mm 내지 300mm인 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 41

제1항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 나노 입자가 다수의 다른 타겟들로부터 동시에 삭마된 재료에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 42

제23항 또는 제41항에 있어서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 나노 입자는, 삭마된 재료로 형성된 플라즈마 기둥 안으로 반응성 재료를 도입시킴으로써 형성되고, 상기 반응성 재료는 플라즈마 기둥 내에 함유된 삭마된 재료와 반응하고, 이에 의해 얻어진 화합물 또는 화합물들이 나노 입자를 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 입자를 형성하는 방법.

청구항 43

표면 처리 장치로서,

고품질 플라즈마를 이용하여 물체를 가공 및/또는 코팅하기 위해, 표면 처리 장치의 방사선 전송 라인 안에 터빈 스캐너를 포함하는 것을 특징으로 하는 표면 처리 장치.

명세서

기술분야

- <1> 본 발명은 레이저 삭마에 기초한 코팅 방법 및 나노 입자들을 동시에 생산하기 위한 방법에 관한 것으로, 본 발명의 방법에서는 진공에서, 통상의 대기압에서, 혹은 과압에서 고품질 표면들이나 나노 입자들을 제조된다.

배경기술

- <2> 최근 수년에 걸쳐 레이저 기술은 상당히 진보되었고, 최근에는 꽤 좋은 효율로 작동하며 일례로 냉간 삭마용으로 사용될 수 있는 섬유계 반도체 레이저 시스템을 제조하는 것이 가능해졌다. 이들 레이저들 중에서, 냉간 가공용 레이저라 함은 피코초(picosecond) 레이저 및 펨토초(femtosecond) 레이저를 의미하는 것이다. 일례로 피코초 레이저에 있어서, 냉간 가공 범위라는 용어는 100 피코초 또는 그 미만의 펄스 길이를 지칭하는 것이다. 피코초 레이저는 펨토초 레이저와는 다른 펄스 길이를 갖는 것 이외에도 그들의 반복 주파수와 관련해서도 다른데, 최근의 상업적 피코초 레이저는 1 내지 4MHz의 범위의 반복 주파수를 갖는 반면에, 펨토초 레이저는 kHz 범위로 측정된 반복 주파수를 유지할 뿐이다. 냉간 삭마는, 기껏 해봐야, 재료의 증기화를 허용할 뿐이고, 그에 따라 재료가 증기화(삭마)되었을 때에 그 재료로의 열전달은 일어나지 않는데, 이는 다시 말하자면 각 펄스에 의해 삭마된 재료만이 펄스 에너지를 받게 된다는 것이다.
- <3> 완전한 섬유계, 다이오드 펌프 반도체 레이저(fibre based diode pumped semiconductor laser)에 필적하는 것은, 레이저 빔을 우선 섬유로 보내고 그리고서는 가공할 지점(spot)으로 보내게 되는 램프 펌프 레이저 소스(lamp-pumped laser source)이다. 본 출원인에게 있어서 우선권 주장일까지 입수 가능했던 정보에 따르면, 이러한 섬유계 레이저 시스템은 레이저 삭마에 기반을 둔 산업적 규모의 제조용으로서 현재 활용 가능한 유일한 방법이다.
- <4> 현재의 섬유 레이저에 사용되는 섬유와, 그에 따른 낮게 유지되는 빔 출력은 증기화시킬 수 있는 재료의 범위에 제한을 두게 된다. 그러므로 알루미늄은 알맞은 펄스력을 사용하여 증기화시킬 수 있는 반면에, 동, 텅스텐 등과 같은 증기화가 더 곤란한 재료는 상당히 높은 펄스력을 필요로 한다.
- <5> 종래 기술에서의 또 다른 문제점은 레이저 빔의 스캐닝 폭이다. 일반적으로, 거울 필름 스캐너에서 선형 스캐닝(linear scanning)을 적용해왔는데, 이는 이론적으로는 일례로 대략 70mm의 공칭 스캐닝 선 폭에 이를 수 있겠지만, 실제로 그 스캐닝 폭은 불확실하기는 하지만 대략 30mm 정도로 유지될 수 있는데, 이 경우, 스캐닝 범위의 가장자리(fringe)들이 품질의 불균일성을 유지하고 그리고/또는 중앙 영역과는 다를 수 있다. 이와 같은 의미에서, 이 처럼 작은 스캐닝 폭으로 인해 대형의 넓은 물체의 코팅 분야에 현재의 레이저 설비를 사용한다고 하는 것은 산업적으로 타산이 맞지 않거나 기술적으로 실현 불가능하다.
- <6> 본 출원인이 알고 있는 한, 본 출원의 우선권 주장일 현재 공지되어 있는 냉간 삭마용 펄스 레이저 설비의 유효 용량은 삭마에 있어 대략 10 W를 유지한다. 이 경우, 반복 주파수는 레이저로는 4MHz의 펄스 주파수로만 제한될 수 있다. 펄스 주파수를 더 높게 증가시키려고 하는 시도가 행해지는 경우, 종래 기술에 따른 스캐너는 레이저 빔 펄스의 상당히 유의적인 부분들이 레이저 장치의 벽 구조체뿐만 아니라 플라즈마 형태의 삭마된 재료에 제어 불가능하게 보내지게 한다. 이러한 최종적인 결과(net effect)로 인해, 삭마된 재료가 부착된 표면의 품질과 생산 속도의 질이 떨어지고, 또한 타겟에 타격되는 방사선속(radiation flux)이 충분히 균일하지 않은데, 이는 생성된 플라즈마의 구조에서 볼 수 있고, 이로써 코팅할 표면에 타격되었을 때에 불균일한 품질을 갖는 표면을 형성한다. 이러한 문제점들은 형성시킬 플라즈마 재료 기둥(plume of plasma material)이 성장하는 것과 비례한다.
- <7> 종래 기술에 따른 장치에 있어서는 또한, 증기화되는 재료의 표면에서의 펄스 에너지 밀도가 (일반적으로) 감소되기 때문에 플라즈마 품질에 바로 영향을 미치게 되는, 상기 증기화되는 재료와 관련된 삭마 중의 레이저 빔의 초점 변화에 의해서도 문제점이 야기되는데, 그 결과 플라즈마의 증기화/형성이 불완전해진다. 이로 인해 플라즈마는 저에너지 플라즈마가 되고, 불필요하게 많은 양의 파편/입자가 생기게 되며, 또한 표면 형태의 변화, 코팅 접착 및/또는 코팅 두께의 변화 가능성도 야기된다.

- <8> 최근 수년 동안 레이저 기술에 있어서 상당한 발전으로 인해 반도체 섬유에 기반을 둔 고출력 레이저 시스템에서 사용하기 위한 수단들이 개발되었고, 그에 따라 냉간 삭마에 기반을 둔 방법들의 발전을 지원할 수 있게 되었다.
- <9> 그러나 종래의 섬유 레이저의 섬유들은 고출력 용도, 즉 충분한 정미 출력(net power) 수준에서 펄스 형태 레이저 방사가 광 섬유를 통해서 가공 지점(spot)으로 전송되는, 고출력 용도로는 가능하지 않다. 가공 지점에 필요한 수준의 출력에서, 보통의 섬유들은 흡수로 인해 발생된 전송 손실을 이겨낼 수 없다. 레이저 방사를 레이저 공급원으로부터 타겟까지 전송하는 섬유 기술을 사용하는 한 가지 이유는, 개방된 공기를 통해서 단일의 레이저 빔을 전파하는 것이 산업 작업 환경에서 작업자들에 대해서는 상당한 안전 위험을 구성한다 해도 산업적 규모로 철저하게 불가능하지만 않다면 기술적으로는 대단한 도전이 된다는 사실에 입각한 것이다.
- <10> 본 출원의 우선권 주장일의 시점에서, 완전한 섬유계 다이오드 펌프 반도체 레이저(fibre based diode pumped semiconductor lasers)는 램프 펌프 레이저(lamp-pumped laser)에 필적하는 것이고, 이들 두 방식은 모두, 레이저 빔이 먼저 섬유로 보내지고 이어서 그 섬유로부터 가공 지점의 타겟에 보내진다고 하는 특징을 갖는다. 이들 섬유계 레이저 시스템은 레이저 삭마에 기반을 둔 생산을 산업적 규모 가능하게 한 유일한 방법이다.
- <11> 섬유 레이저에 있어서 현재 이용 가능한 섬유들과 그 따라 제한된 빔 출력으로 인해, 타겟 재료들을 증기화/삭마하기 위한 섬유 재료들의 사용이 제한된다. 동, 텅스텐 등과 같은 증기화/삭마가 더 곤란한 재료들은 상당히 높은 펄스 출력을 요한다. 이는 동일한 종래 기술을 이용하여 새로운 화합물을 제조하고자 하는 관심을 갖고 있는 경우에도 적용될 수 있다. 몇 가지 예들 중에서 지적해 보자면, 레이저 삭마 후에 하는 조건에서 적절한 기상 반응을 통해서 탄소로부터 바로 다이아몬드를 제조하는 것과 알루미늄 및 산소로부터 바로 산화 알루미늄을 제조하는 것이 있다.
- <12> 한편, 이와 같은 섬유 레이저 기술의 추가 발전에 가장 현저한 걸림돌들 중 하나는, 섬유가 파단되지 않고 레이저 빔의 품질이 희생되지 않도록 하는 이른바, 섬유의 고출력 펄스에 대한 저항성이다.
- <13> 새로운 냉간 삭마 기술을 적용함으로써, 코팅, 박막 제조 및 절단/선긋기/조각(cutting/scoring/engraving) 등과 관련한 품질 및 생산 속도의 문제점들은 레이저 출력을 증가시키는 것과 타겟 표면 상의 레이저 빔 스폿의 크기를 줄이는 것에 집중한 해결이 시도되었다. 그러나 출력의 많은 부분이 소음으로 소비되었다. 일부 레이저 제조업자들이 레이저 효율과 관련된 문제점들을 해결하지는 못하고 있지만, 정성적 문제점들과 생산 속도와 관련된 문제점들은 해결되지 않은 채로 남아 있다. 코팅/박막 형성과 절단/선긋기/조각 등의 양자에 있어서의 대표적인 실패들을 보면 이들은 낮은 반복 주파수, 작은 스캐닝 폭 및 긴 작업 시간에서 제조가 가능할 뿐이어서, 그 자체의 특징은 산업적 실행 가능성의 범위 밖에 있는 것이고, 그 사실은 대형 대상물에 있어서는 특히나 강조된다.
- <14> 펄스의 에너지 용량(content)으로 인해, 펄스 출력이 증가되고 그와 동시에 펄스 지속 시간이 짧아질 때에는 상기 문제점은, 지속 시간이 더 짧은 레이저 펄스를 관찰해보면, 더 증대해진다. 나노초 펄스 레이저들은 냉간 삭마 방법에 부적절하기는 하지만 종종 현저한 문제점들을 발생시킨다.
- <15> 펄스 지속 시간을 펨토초 또는 아토초(attosecond) 범위까지 단축시키게 되면 문제점은 거의 극복할 수 없게 된다. 일례로, 펄스 지속 시간이 10 ~ 15 ps인 피코초 레이저 시스템에서, 펄스 에너지는 레이저의 총 출력이 100 W이고 반복 주파수가 20 MHz일 때에 10 ~ 30 μm에 대해 5 μJ이 되어야 한다. 이와 같은 종류의 펄스 출력을 견뎌 낼 수 있는 섬유는 본 출원의 우선권 주장일 현재까지 본 출원인이 알고 있는 한은 입수할 수 있는 것이 아니다.
- <16> 펄스를 짧게 하면 할수록 주어진 시간 주가 당 더 많은 에너지가 섬유를 따라서 주어진 섬유 단면을 통해 전달되어야 한다. 위와 같은 조건에서의 펄스 지속 시간 및 레이저 출력에서, 각 개별 펄스의 수준은 대략 400 kW의 출력에 상당할 수 있다. 본 출원의 우선권 주장일 현재 본 출원인이 알고 있는 한은, 200 kW라도 견뎌낼 수 있으며 15 ps의 펄스 지속 시간을 갖는 펄스가 최적의 펄스 형상으로 왜곡이 없이 통과할 수 있게 하는 섬유의 제조는 현재까지는 가능하지 않다.
- <17> 임의의 활용 가능한 재료로부터 플라즈마를 형성하기 위한 가능성에 대한 제한을 피하고자 하는 목적이 있는 경우, 일례로 200 kW 내지 80 MW 범위에서 펄스 출력을 자유롭게 선택할 수 있어야 한다. 현재의 섬유 레이저의 제약과 관련된 문제점들은 섬유에만 기인하는 것이 아니고 소망하는 방식의 총 출력에 목표를 두었을 때에 개별 다이오드 펌프 레이저들을 광 커플러(optical coupler)들을 개재시켜 서로 연결시키는 것에도 기인한다. 이와 같은 종류의 결합된 빔은 종래의 기술을 이용하여 단일 섬유에서 가공 지점(spot)으로 보내진다.

- <18> 결국, 고출력 펄스를 가공 지점으로 전송하기 위한 전송 버스 상에 광 커플러들이 사용될 때에, 광 커플러들은 섬유 자체와는 적어도 동일한 크기로 큰 출력을 견뎌낼 수 있어야 한다. 종래의 출력 수준을 사용하는 경우에도, 적절한 광 커플러들은 제조 비용이 상당히 비싸고 그 작동은 어느 정도는 신뢰성이 없었고, 이들 광 커플러들은 사용 중에 낡아지므로 소정의 주기마다 교체되어야 한다.
- <19> 생산 속도(production rate)는 반복 주파수(repetition frequency) 또는 반복률(repetition rate)에 직접 비례한다. 한편, 종래 기술의 거울 필름 스캐너(즉, 갈바노 스캐너 또는 진동 방식에 대응하는 다른 스캐너)는 그 작동 사이클에서 통상적으로 왕복 선회 운동의 특성을 보이는데, 작동 사이클의 양 단부에서 거울을 정지시키는 것은 상당한 문제를 유발하는데, 그 이유는 반환점 및 순간적인 정지와 관련된 가속 및 감속은 이러한 종류의 거울을 스캐너로서 활용하는 데 있어 영향을 미치고 특히 스캐닝 폭에도 영향을 미치기 때문이다. 반복 주파수를 증가시키으로써 생산 규모를 늘리려는 시도를 하는 경우, 방사선이 감속 및/또는 가속되는 거울을 거쳐서 타겟에 타격될 때에 가속 및 감속은 스캔되는 범위를 좁히거나 방사선 분포를 불균일하게 하고 그에 따라 타겟 내의 플라즈마의 분포를 불균일하게 하는 결과를 가져온다.
- <20> 단지 펄스 반복 주파수를 증가시키으로써 코팅/박막 생산 속도를 증가시키려고 하는 시도를 하는 경우, 종래 기술의 상기한 바와 같은 스캐너들은 kHz 범위의 저 펄스 주파수가 사용되는 경우에도 타겟 상의 중첩 지점(spot)들에 제어 불가능한 방식으로 펄스를 보내게 된다.
- <21> 이와 동일한 문제점은 나노초 범위의 레이저에도 적용되는데, 이 경우의 펄스는 고 에너지 및 장시간의 지속 시간을 가지므로 이들 문제점들은 더욱 더 심각하다. 따라서, 나노초 범위의 단일 펄스라 해도 타겟 재료에는 심한 부식을 야기할 것이다.
- <22> 종래 기술에 의하면, 타겟은 불균일하게 소모될 뿐만 아니라 쉽게 파편화되며, 그에 따라 플라즈마 품질을 떨어뜨리게 된다. 따라서, 이러한 종래 기술을 이용하여 코팅한 표면은 플라즈마에 기인하는 유해한 문제점들도 겪게 된다. 표면이 파편들을 포함할 수 있고, 플라즈마가 불균일하게 분포될 수 있어서, 분할된 표면을 형성하게 되므로, 이는 정확도가 요구되는 응용 분야 있어서는 문제의 소지가 될 수 있으나 일례로 페인트 또는 안료 응용 분야에서는 그렇게 필연적으로 문제의 소지가 되지는 않는데, 이 경우에서의 단점들은 그 응용 분야에서 특정 관찰 문턱값을 넘지 못한다. 현재의 방법은 타겟에 단지 한번만 사용할 수 있는데, 이것이 의미하는 바는, 동일한 타겟 표면이 재사용될 수 없다는 것이다. 새로운 타겟 표면만을 사용하거나, 혹은 타겟 및/또는 빔 지점을 상호 관련지어 적절히 이동시키으로써 위와 같은 문제점을 해결하려는 시도가 있었다.
- <23> 기계 가공 또는 가공 방식의 응용 분야에 있어서, 유동 제어와 관련된 구멍을 드릴 가공하는 것과 같은 경우에 발생할 수 있는 바와 같은, 파편들을 포함하는 임의의 폐재료 또는 잔류물도 또한 불균일한 (그에 따라 흡이 되는) 절삭선을 유발하는데, 이는 결국에는 바람직하지 않은 것이다. 표면들은, 일례로 특정의 반도체 제조에서는 바람직하지 않은, 떨어져 나온 파편들로 인한 불균일한 외관을 갖기도 한다.
- <24> 거울 필름 스캐너의 왕복 이동이 또한 거울이 거울의 이동을 위한 베어링에 의해 장착되는 경우에, 구조체 및 위치에 부하를 가하는 관성력을 유발한다. 이와 같은 관성력은 특히 거울이 그의 최대 설정 범위에서 기능하는 경우에 거울 고정 장치들을 점진적으로 풀 수도 있고, 결국에는 장시간에 걸친 점진적인 설정 변경의 결과를 가져오고, 이는 명백히 불균일한 제품 품질의 반복성을 야기한다. 정지시키고 방향 및 운동 속도를 변경시킬 필요로 인해, 위와 같은 거울 필름 스캐너는 삭마 및 플라즈마 생산에 활용하기에는 아주 제한된 스캐닝 폭을 갖는다. 어떤 경우에서라도 작동이 느리다 해도 유효한 생산 사이클은 생산 사이클의 총 지속 시간과 관련해서 짧다. 생산을 증가시킨다는 관점에서, 거울 필름 스캐너들을 사용하는 시스템은 플라즈마 생산률(production rate)과 관련하여 불가피하게 느려서, 상기 시스템은 좁은 스캐닝 폭, 장기간의 불안정성 및 플라즈마에서의 유해한 입자 방출에 직면하게 되는 높은 가능성을 갖고, 그 결과 기계 가공 및/또는 코팅된 제품들은 그 결과에 상응하는 특징들을 갖게 된다.
- <25> 섬유 레이저 기술은 또한, 많은 양의 에너지가, 섬유를 용융 및/또는 분해시키지 않으면서나 혹은 섬유가 전송되는 고출력에 의해 변형됨에 따라 레이저 빔의 품질이 실질적으로 열화되는 일이 없이는, 광 섬유를 통해 전송될 수 없다는 다른 문제점들과도 관련된다. 약간이라도 구조적 결함이나 품질 결함이 있는 경우에는, 10 μJ의 펄스 출력으로도 섬유가 손상될 수 있다. 섬유 기술에 있어서, 손상에 특히 민감한 요소(element)들은 일례로 다이오드 펌프와 같은 다수의 레이저 출력원(laser power source)들을 연결시키는 광 섬유 커플러들이다.
- <26> 펄스가 짧으면 짧을수록 주어진 에너지에 대해서 출력이 더 커지고, 이는 레이저 펄스가 동일한 양의 에너지를 전송하는 동안에 짧아진 경우에는 문제점이 두드러지게 된다는 것을 의미한다. 이 문제점은 나노초 레이저에 있

어서 특히 현저해진다.

- <27> 펄스 지속 시간을 펨토초, 또는 심지어는 아토초의 크기로 단축시키면 거의 극복할 수 없는 문제점이 야기된다. 일례로, 펄스 지속 시간이 10 ~ 15 ps인 피코초 레이저 시스템에 있어서, 레이저의 총 출력이 100 W이고 반복 주파수가 20 MHz인 때에 펄스 에너지는 10 ~ 30 μm 에 대해 5 μJ 이 되어야 한다. 본 출원의 우선권 주장일까지, 본 출원인은 상기한 바와 같은 펄스를 견뎌내는 섬유는 전혀 찾아 볼 수 없었다.
- <28> 섬유 레이저의 한 가지 중요한 응용 분야인 레이저 삭마에 있어서, 최대 및 최적의 펄스 출력 및 에너지를 얻는 것이 아주 중요하다. 펄스 길이가 15 ps, 펄스 에너지가 5 μJ , 총 출력이 1000 W인 경우에, 펄스 에너지 수준은 대략 400,000 W(400 kW)이다. 본 출원의 우선권 주장일 시점까지 본 출원인이 입수 가능한 정보에 따르면, 15 ps의 펄스 길이를 가지고서 200 kW의 펄스라도 통과시킬 수 있으면서 펄스를 최적의 형상으로 유지하면서 최적으로 유지하는 섬유의 제조는 어느 누구도 성공하지 못하였다.
- <29> 어느 경우든 간에, 임의의 입수 가능한 재료로부터 플라즈마를 형성하는 가능성에 대한 제약을 피하고자 하는 목적을 갖고 있다면, 일례로 200 kW 내지 80 MW 범위에서 펄스 출력을 비교적 자유롭게 선택할 수 있어야 한다.
- <30> 그러나 현재의 섬유 레이저의 여러 제약들과 관련한 문제점들은 섬유에만 기인하는 것이 아니고, 결과적인 빔이 단일 섬유를 거쳐서 가공 지점에 전송될 수 있도록 바라는 총 출력을 얻기 위하여 광 커플러에 의해서 개별 다이오드 펌프 레이저들을 서로 연결하는 것과는 관련이 있다.
- <31> 적용 가능한 광 커플러들은 고출력 펄스를 가공 지점에 전송하는 광 섬유만큼이나 높은 출력을 견뎌낼 수 있어야 한다. 레이저 빔의 전송 단계 모두에서 펄스의 형상을 최적으로 유지하는 것도 또한 중요하다. 현재의 출력 값들을 견뎌내는 광 커플러들은 제조 비용이 아주 비싸며 다소 신뢰성이 떨어지고, 마모에 민감한 요소를 구성하고, 이로 인해 주기적 교체가 필요하다.
- <32> 레이저 빔 및 삭마에 의거한 종래의 기술들은 출력과 품질과 관련하여 여러 문제점들을 갖고 있다. 일례로, 특히 스캐너와 관련해서는, 균일하고 양호한 품질의 제품을 규모로 대량 생산할 수 있게 하는 수준까지 반복 주파수를 증가시킬 수 없다. 더욱이, 종래 기술에 따른 스캐너들은 증기화 장치(진공 챔버)의 외부에 배치되고, 그에 따라 레이저 빔은 출력을 항상 어느 정도까지 감소시키게 되는 진공 챔버의 광학 창을 통해서 진공 챔버 안으로 보내져야 한다.
- <33> 본 출원의 우선권 주장일 현재 본 출원인이 지득한 삭마용으로 사용할 수 있는 종래 기술의 설비의 유효 출력은 대략 10 W이다. 또한 반복 주파수는 일례로 레이저인 경우에는 4MHz 초핑 주파수(chopping frequency)로만 제한될 수도 있다. 펄스 주파수를 더 증가시키려는 시도를 하는 경우, 종래 기술에 따른 스캐너들은 레이저 빔 펄스의 상당한 부분들이 레이저 장치의 벽 구조체뿐만 아니라 플라즈마 형태의 삭마된 재료에 제어 불가능하게 보내지게 한다. 이로 인해, 형성되는 표면의 품질은 생산 속도에서와 마찬가지로 저하되는 최종적인 결과(net effect)를 갖게 된다. 또한 타겟을 타격한 방사선속(radiation flux)이 충분히 균일하지 않게 되어 이로 인해 플라즈마의 구조체에 악영향을 미치게 되고, 그 결과 코팅할 표면을 타격할 때에 불균일한 품질의 표면이 형성된다.
- <34> 타겟이 기계 가공할 대상물 및/또는 그의 부품이고 타겟의 표면이 성형되어야 하는 경우에 해당하는 기계 가공 응용 분야에서, 절단 효율과 품질 모두에 영향을 미치는 일이 쉽게 발생할 수 있다. 또한, 절단 지점 둘레의 표면 상이나 코팅하려고 하는 바로 그 표면 상에 파편(fragment)들이나 스파터(spatter)들이 내려 앉는 상당한 위험도 있다. 또한, 종래 기술을 사용하게 되면 반복되는 표면 처리로 다수의 층을 도포하는 데에 시간이 소요되고, 최종 결과물의 품질은 필연적으로 충분히 균일하지 못하게 된다.
- <35> 본 발명의 우선권 주장일 현재 본 출원인이 지득한 종래 기술에 따른 스캐너들은 3 m/s 미만의 스캐닝 속도만 가능하고, 게다가 그 스캐닝 속도는 스캐닝 과정에서 실제로 일정하지 않고 변화한다. 이는 주로 종래 기술에 따른 스캐너들이 스캔 거리 주행을 마쳤을 때 정지하고 이어서 스캐닝 과정을 반복하기 위하여 반대 방향으로 반전되는 선회하는 거울에 기반을 둔다는 사실에 기인한다. 왕복하는 거울은 당해 기술 분야에서 공지되어 있지만, 운동의 불균일성과 관련된 문제점들은 여전히 갖고 있다. 평탄형 거울을 이용하여 실행하는 삭마 기술은 미국 특허 제6,372,103호 및 미국 특허 제6,063,455호에 설명되어 있다. 가속, 감속 및 정지하는 운동으로 인해 스캐닝 속도가 일정하지 않기 때문에 가공 지점에서 증기화시킴으로써 생성된 플라즈마 수율은 타겟의 여러 다른 부분들에서, 특히 스캐닝 영역의 극단적인 지점들에서 각기 다른데, 그 이유는 플라즈마의 수율 및 품질은 전적으로 스캐닝 속도에 따라 달라지기 때문이다. 어떤 의미에서는, 일반적으로 에너지 수준과 단위 시간 당 펄스의 수를 크게 하면 할수록 종래 기술에 따른 장치를 사용할 때의 상기와 같은 단점들이 더 커진다는 것을 생

각할 수 있다. 성공적인 삭마 중에 재료는 원자 입자로 증기화된다. 그러나 이를 깨뜨리는 일이 발생한 경우, 타겟 재료는 삭마에 의해 생산되는 표면의 품질에 저질로 영향을 미치게 되는 수 마이크로미터 크기의 파편들이 방출되거나 떨어져 나간다.

- <36> 현재까지 공지된 스캐너들의 속도는 낮으므로, 펄스 주파수를 증가시키는 것은, 거울 구조체 상으로 향하는 에너지 수준을, 레이저 빔이 스캐너에 도달하기 전에 팽창되지 않으면 현재의 거울 구조체가 용융/연소하게 되는 수준으로까지, 높게 증가시키는 결과를 가져온다. 따라서, 별도의 집광 렌즈 배열 장치를 스캐너와 삭마 타겟 사이에 추가할 필요가 있다.
- <37> 현재의 스캐너의 작동 원리는 스캐너들이 경량이어야 한다는 데 전념한 것이다. 이것이 또한 의미하는 바는, 스캐너들이 레이저 빔의 에너지를 흡수할 수 있도록 한 비교적 작은 질량을 갖는다는 것이다. 이러한 사실은 또한 현재의 삭마 응용 기기들에 용융/연소의 위험을 추가하는 것이다.
- <38> 종래 기술에 있어서의 또 다른 문제점은 레이저 빔의 스캐닝 폭에 있다. 해결책은 대략 70mm의 공칭 스캔 선 폭을 이론적으로는 달성할 수 있다고 생각되는 거울 필름 스캐너에서 선 스캐닝을 사용하는 것인데, 실제에 있어서 스캐닝 폭은 약 30 mm에서도 문제의 소지가 있고, 이에 의하면 스캐닝 영역의 가장자리 구역들이 불균일한 품질로 남아 있게 되고 그리고/또는 중앙 구역과는 다르게 된다. 스캐닝 폭이 이처럼 작다고 하는 점은 대형의 넓은 대상물용의 표면 처리 응용 분야의 현재의 레이저 설비를 산업적으로 사용하는 것이 부적절하거나 기술적으로 실행할 수 없다는 사실을 뒷받침한다.
- <39> 종래 기술에 따른 상황이 레이저 빔이 초점을 벗어난 경우에서 발생한 경우, 결과적인 플라즈마는 오히려 저품질이 될 수 있다. 방출된 플라즈마는 또한 타겟으로부터 떨어져 나온 파편들을 포함할 수도 있다. 이와 동시에, 증기화시키는 타겟 재료는 더 이상 사용할 수 없을 정도로 손상될 수 있다. 이와 같은 상황은 두께가 너무 두꺼운 타겟이 재료 공급원으로서 사용되는 종래 기술에 따른 통상적이다. 최적의 초점을 유지하기 위해, 타겟은 타겟이 소모되는 정보에 상당하는 거리만큼 레이저 빔의 입사 방향으로 이동해야 한다. 이는, 타겟을 다시 초점에 맞추어지게 할 수 있어서 타겟 표면의 구조와 조성이 타겟으로부터 증기화되는 재료의 양에 비례하여 변화할 수 있는 정도로 이미 변화되었다 해도 문제점은 여전히 해결되지 않은 채로 남아 있게 한다. 종래 기술에 의하면, 두꺼운 타겟의 표면 구조체는 재료가 소모됨에 따라 변화한다. 일례로, 타겟이 화학적 화합물이거나 혼합물인 경우에는, 문제점은 쉽게 보인다.
- <40> 종래 기술에 따르면, 증기화되는 재료와 관련한 삭마 중의 레이저 빔의 초점 변화는, 재료의 표면 상의 펄스 에너지 밀도가 일반적으로 감소하기 때문에, 플라즈마 품질에 바로 영향을 미치고, 그 결과 플라즈마의 증기화/형성이 더 이상 완성되지 않는다. 그 결과, 저에너지 플라즈마가 형성되고 불필요하게 많은 수의 파편/입자들이 형성되며, 또한 표면 형태에 있어서의 변화와 코팅의 부착 및/또는 코팅 두께에 있어서의 잠재적인 변화가 야기된다.
- <41> 초점을 조정하여서 상기 문제점을 완화시키려는 시도가 행해졌다. 종래 기술의 설비에서의 레이저 펄스의 반복 주파수는 일례로 200 kHz 이하로 낮고 스캐닝 속도는 고작 3 m/s 이하이므로, 플라즈마 강도의 변화 속도는 느려지고, 이에 의해 설비는 초점을 조정함에 따른 플라즈마 강도에 있어서의 변화에 반응하는 시간을 갖는다. 소위 플라즈마 강도 실시간 측정 시스템은 (a) 표면 품질과 그 균일성이 중요하지 않은 경우와, (b) 낮은 스캐닝 속도가 이용되는 경우에 사용될 수 있다.
- <42> 결국, 본 출원의 우선권 주장일 현재 본 출원인이 입수할 수 있는 정보에 따르면, 종래 기술에 따른 기술을 이용해서는 고품질 플라즈마를 형성하는 것이 가능하지 않다. 따라서, 종래 기술을 이용해서는 아주 많은 코팅들은 고품질로 형성할 수 없다.
- <43> 종래 기술에 따른 시스템들은 이들 시스템들에 복잡한 조정 시스템들이 사용되어야 한다. 현재 공지된 방법에 있어서, 타겟은 일반적으로 두꺼운 봉 또는 박판(sheet) 형태이다. 줌 방식 초점 조정 렌즈가 사용되어야 하거나, 타겟은 타겟이 소모됨에 따라 레이저 빔을 향해 이동되어야 한다. 이와 같은 실례를 실시하고자 하는 시도도, 충분한 신뢰성이 전혀 가능하지 않은 경우와 게다가 품질이 크게 변하는 경우에는 아주 곤란하고 비용이 비싸고, 이에 의해 정확한 조정은 거의 불가능하여 두꺼운 타겟을 제조하는 비용이 비싸지는 등의 문제가 있다.
- <44> S 분극이나 선택적으로는 P 분극, 또는 순환 분극(circular polarization)을 갖는 광을 이용하되 랜덤 분극을 갖는 광은 이용하지 않고서 레이저 펄스를 삭마 타겟까지 보내는 데 있어 종래 기술이 어떻게 사용되는지를 설명하는 미국 특허 공보가 있다.

발명의 상세한 설명

- <45> 레이저 삭마에 의거한 현재의 코팅 방법으로는 일례로 입체 물체를 높은 코팅 품질로 효율적으로 코팅할 수 없다. 현재의 방법을 이용하여 얻은 플라즈마 기둥(plasma plume)(통상적으로는, 30 ~ 70 mm)은 증기화시킬 타겟과 코팅할 기관 사이의 거리를 증가시키되, 입체 물체의 표면들이 두께 또는 품질과 관련하여 균일해지지 않을 정도로 길게 증가시킨다. 현재의 방법은 또한 심지어 작은 평면 물체를 코팅하는 하는데 있어 적절한 성공을 달성하기 위해서는 고비용의 고진공 수준을 이용하여야 하는데, 상기 진공은 통상적으로는 적어도 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ mbar 사이의 범위에 있다.
- <46> 본 발명은, 레이저 삭마가 많아야 10^{-3} atm인 공간에서 실행될 수 있도록, 하나 또는 다수의 표면들로 물체를 코팅하는 레이저 삭마 방법에 관한 것이다.
- <47> 본 발명은 임의의 평면 또는 입체 표면들이나 심지어는 입체 물체를 높은 품질로 경제적이고 산업적으로 실행 가능한 방식으로 제조할 수 있게 한다.
- <48> 본 발명은 또한 타겟 재료가 많아야 10^{-3} atm인 공간에서 펄스 레이저에 의해 삭마됨으로써 나노 입자가 형성되도록 한 나노 입자를 형성하는 방법에 관한 것이다.
- <49> 본 발명은, 평면 및 특히 입체 형상 물체 모두를 우수한 기술적 특징(표면의 균일성, 조도 특성, 경도 및 필요시 광학적 특징 및 결정 조직)을 가지고 산업적으로 실행 가능한 생산 속도로 코팅시킬 수 있다는 놀라운 발견에 기초한 것이다. 삭마할 타겟 재료와 코팅할 기관 사이의 거리를 충분히 짧게, 즉 $2\mu\text{m}$ 내지 20mm 범위로 유지되도록 해서 표면을 제조하면 특히 바람직하다.
- <50> 이와 동시에, 본 발명에 따르면 기술적으로 높은 품질을 갖는 동일한 표면들을 통상의 압력의 가스 분위기에서도 제조할 수 있다는 점을 찾아내었다. 이는 설비 요건(양호한 진공 챔버들)이 감소되고 생산을 증가된 속도로 실시할 수 있는 방식으로 인해 제조 비용을 극적으로 자연스럽게 낮춘다. 레이저 삭마에 의해 일부 물체, 특히 대형 물체들을 코팅하는 것은 전에는 정확히 말하자면 경제적으로 실행 하는 것이 불가능하였는데, 그 이유는 대형 물체는 대형의 느리게 펄핑되는 진공 챔버들을 설치하는 것이 필요하고 이는 생산을 경제적으로 가치 있게 하지 못하기 때문이다. 또한, 결정화 물을 함유하는 암석 재료와 같은 특정 재료들은 진공 공간이 없이는 고진공을 사용할 수 없게 하는데, 그 진공 공간은 특히 상승된 온도와 조합되는 경우에는 암석에 함유된 결정화 물의 파괴를 야기하고 그와 동시에 암석 제품의 구조를 파괴시키기 때문이다.
- <51> 본 발명에 따른 표면 생산 속도는 종래 기술의 생산 속도에 비해 매우 크다. 종래 기술의 방법에 의해 1 캐럿(0.2g)의 다이아몬드 재료를 생산하는 데에 24시간이 소요된다면, 현재의 방법은 일례로 20 W의 레이저 출력을 사용하여서 시간 당 4 캐럿(0.8 g)을 생산한다. 본 발명에 따라서 발견된 바로는, 일례로 다이아몬드와 같은 소망하는 재료의 품질 특징들을 각 경우의 요구에 따라 맞출 수 있다는 것이다.
- <52> 본 발명의 목적은 종래 기술과 관련된 문제점들을 해결하거나, 혹은 적어도 완화시킨 표면 처리 장치를 제공하기 위한 것이다. 본 발명의 다른 목적은 본 출원의 우선권 주장일 현재 종래 기술에 따라서 얻어지는 것으로 알려진 것보다 더 높은 품질로 더 효율적으로 기관/타겟을 코팅하는 방법, 장치 및/또는 배열 장치를 제공하기 위한 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은 본 출원의 우선권 주장일 현재 종래 기술에 따라서 얻어지는 것으로 알려진 것보다 더 양호한 표면으로 더 효율적으로 물체를 반복해서 코팅하는 데 사용되는 표면 처리 장치의 기술에 의해 실시될 수 있는 입체 인쇄 유닛을 제공하기 위한 것이다. 본 발명의 목적들은 다음과 같은 목적과도 관련이 있다.
- <53> 본 발명의 제1 목적은 어떠한 타겟에서 실시하더라도 고품질 미세 플라즈마를 어떻게 생산할 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하기 위한 것으로, 이에 따르면 타겟 재료는 플라즈마에 어떠한 과편도 형성하지 않는데, 달리 말하자면, 플라즈마가 순수하거나, 상기 과편들이 만일 존재하는 경우라도 거의 존재하지 않고 그 크기는 타겟을 삭마함으로써 플라즈마가 생성되기 시작하는 삭마 깊이에 비해서 작다.
- <54> 본 발명의 제2 목적은 고품질 플라즈마를 방출함으로써 어떻게 하면 냉간 기계 가공 방법들에 사용하기 위한 미세하고 균일한 절단 선을 생성할 수 있을 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하기 위한 것인데, 그에 따르면 가공되는 타겟 재료는 플라즈마에 혼재될 수 있는 어떠한 과편도 형성하지 않는데, 달리 말하자면, 플라즈마가 순수하거나, 상기 과편들이 만일 존재하는 경우라도 거

의 존재하지 않고 그 크기는 타겟을 삭마함으로써 플라즈마가 생성되기 시작하는 삭마 깊이에 비해서 작다.

- <55> 또한, 본 발명의 제3 목적은 입자형 파편들을 전혀 포함하지 않고 있는 고품질 플라즈마, 즉 플라즈마가 순수하거나, 상기 파편들이 만일 존재하는 경우라도 거의 존재하지 않고 그 크기는 타겟을 삭마함으로써 플라즈마가 생성되기 시작하는 삭마 깊이에 비해서 작은 고품질 플라즈마를 사용하여 기관으로서 작용하는 영역의 표면을 어떻게 하면 코팅할 수 있을 것인가 하는 과제, 달리 말해 임의의 재료로부터 실제로 생성될 수 있는 순수 플라즈마를 이용하여 기관 표면을 어떻게 코팅할 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하는 것이다.
- <56> 또한, 본 발명의 제4 목적은 파편의 발생을 제한하거나 그 크기를 삭마 깊이보다 작게 제한함으로써 입자형 파편의 운동 에너지 소비를 감소시킬 수 있는 방식으로 해서, 기관을 파지하는 양호한 부착 특성을 갖는 코팅을 고품질 플라즈마에 의해서 어떻게 생성시킬 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하기 위한 것이다. 이와 동시에, 파편이 존재하지 않음으로 인해, 파편들은 핵형성 및 응축 현상을 통해서 플라즈마 제트의 균일성에 악영향을 줄 수도 있는 저온 표면을 형성하지 않는다. 또한, 상기 제4 목적에 따르면, 바람직한 짧은 방사 펄스, 즉 피코초 수준의 펄스 또는 그보다 더 짧은 지속 시간을 갖는 펄스를 사용하는 경우 열 영향을 받는 영역이 최소화되고 펄스와 펄스 사이에서는 2개의 연속하는 펄스들 사이의 특정 간격이 적용되므로, 방사 에너지를 효율적으로 플라즈마 에너지로 변환시키게 된다.
- <57> 또한, 본 발명의 제5 목적은 넓은 스캐닝 폭을 어떻게 하면 얻을 것이며 이와 동시에 대형 물체에 대해서도 산업적 규모로 고품질의 플라즈마와 넓은 코팅 폭을 어떻게 하면 얻을 수 있을 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하기 위한 것이다.
- <58> 또한, 본 발명의 제6 목적은 상기한 목적에 따른 산업적 규모의 응용 분야에서 사용하기 위한 높은 반복 주파수를 어떻게 하면 얻을 수 있을 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하기 위한 것이다.
- <59> 또한, 본 발명의 제7 목적은 상기 제1 내지 제6 목적에 따라 제품을 제조하고 표면을 코팅할 목적의 고품질 플라즈마를 제조하되 필요한 경우에는 동일한 품질의 재코팅/박막을 생성시키는 코팅 단계들에서 사용하기 위한 타겟 재료를 절약하면서도 상기 고품질 플라즈마를 어떻게 하면 제조할 수 있을 것인가 하는 과제를 해결하기 위한 적어도 새로운 방법 및/또는 이 방법과 관련된 수단을 달성하기 위한 것이다.
- <60> 본 발명의 또 다른 목적은, 각기 적절한 형태의 상기한 바와 같은 제품들과 관련하여 그에 적절하게 따라서 어떻게 하면 냉간 가공을 하고 그리고/또는 표면을 코팅할 것인가 하는 과제를 해결하기 위한, 상기 제1, 제2, 제3, 제4, 및/또는 제5 목적에 따른 방법 및 수단을 적용하기 위한 것이다.
- <61> 본 발명의 목적은 방사선의 사용에 기반을 둔 표면 처리 장치로서 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 스캐너를 방사선 전송선에 구비시킨 표면 처리 장치에 의해 고품질 플라즈마를 생산함으로써 달성된다.
- <62> 본 발명의 일 실시예에 따른 표면 처리 장치를 사용할 때에, 처리할 표면으로부터 그리고/또는 코팅 생성으로부터의 재료 제거는 방사선 출력과 관련한 불필요한 제한 없이 충분한 생산 속도에서도 고품질 코팅에 요구되는 표준 요구 수준에 도달될 수 있다.
- <63> 본 발명의 다른 실시예들은 또한 종속 청구항들에서 예시적으로 나타내고 있다. 본 발명의 실시예들은 적절한 부분에 결합시킬 수 있다.
- <64> 본 발명의 실시예들은 제품 및/또는 코팅 제조에 활용할 수 있고, 여기서 제품 재료들은 비교적 자유롭게 선택할 수 있다. 반도체 다이아몬드를 일례로 아주 많은 양을 저비용, 양호한 반복성, 고품질로 대량 생산할 수 있다.
- <65> 본 발명의 일 균의 실시예에 있어서, 표면 처리는 대부분의 임의의 레이저 공급원이 터빈 스캐너를 구비한 방사선 전송 라인에서 전송되도록 한 방사선의 방출원으로서 사용될 수 있는 경우인 레이저 삭마에 기반을 둔다. 따라서 적용 가능한 레이저 공급원은 CW, 반도체 레이저와 같은 레이저와, 피코초, 펨토초, 또는 아토초 수준의 펄스 길이를 갖는 펄스 레이저 시스템을 포함하는데, 상기 후자의 세가지 펄스 길이는 냉간 가공 방법용으로 적절한 레이저 공급원을 대표하는 것이다. 그러나 본 발명은 방사선 공급원의 선택을 그와 같이 제한하지는 않는다.

실시예

- <81> 본 발명은 하나 이상의 표면들에 의해서 물체를 코팅하는 레이저 삭마 방법에 관한 것으로, 상기 레이저 삭마는 많아야 10^{-3} atm인 공간에서 실행되게 된다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는, 또한 레이저 삭마는 통상의 대기압에서 수행될 수 있다.
- <82> 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 코팅할 물체 또는 기관과, 레이저 빔을 이용하여 삭마할 재료 또는 타겟과의 사이의 거리를 2 μ m 내지 20 mm, 유리하게는 5 μ m 내지 10 mm, 보다 바람직하게는 10 μ m 내지 5 mm로 한다. 필요한 거리는 코팅할 기관, 원하는 표면의 품질 및/또는 그 표면의 기술적 특성에 따라 달라진다.
- <83> 본 발명의 바람직한 일 실시예에서, 코팅할 표면은 하나의 단일 타겟으로부터 삭마된 재료로 구성된다.
- <84> 본 발명의 바람직한 다른 실시예에서, 코팅할 표면은 다수의 타겟들로부터 동시에 삭마된 재료로 부착(deposition)된다.
- <85> 또한, 본 발명의 바람직한 다른 실시예에서, 코팅할 표면은 삭마된 재료로 형성된 플라즈마에서, 플라즈마 기둥에 포함된 삭마된 재료와 반응하는 반응 물질이 가져와지도록 형성되고, 생성된 일 화합물 또는 화합물들은 기관 상에 생성된 표면을 형성한다.
- <86> 따라서 타겟이 레이저 펄스로 삭마될 때에 분자 플라즈마 기둥(plasma plume)이 생성된다.
- <87> 설명의 명료성을 위해 주지하고 있어야 할 점은, 원자 수준의 플라즈마라 함은 전기력에 의해 핵에 부착된 전자들을 여전히 갖고 있는 원자 부분들도 포함할 수 있는 적어도 부분적으로 이온화된 가스도 지칭하는 것이다. 따라서, 일례로 일단 이온화 된 네온은 원자 수준의 플라즈마로 간주될 수 있다. 물론, 별개의 전자들과 단지 핵들로만 이루어진 입자체들을 플라즈마로 간주하기도 한다. 따라서, 순수한 양호한 플라즈마만이 가스, 원자 수준 플라즈마, 및/또는 플라즈마를 포함하지만, 일례로 고체 파편들 및/또는 입자들은 포함하지 않는다.
- <88> 펄스 레이저 부착(PLD: pulsed laser deposition) 응용 분야에서 펄스를 이용하는 것과 관련하여 주목할 점은, PLD의 레이저 펄스를 길게 하면 할수록 타겟에 펄스를 타격함으로써 타겟으로부터 증기화되는 재료 내의 플라즈마 에너지 수준과 원자의 속도는 더 낮아진다는 것이다. 반대로, 펄스를 짧게 하면 할수록 재료 분사의 증기화된 재료와 원자 속도의 에너지 수준이 높아진다. 한편, 이것이 또한 의미하고 있는 바는, 증기화에 의해 얻어진 플라즈마는 더 균일하고 균질이며 고상 및/또는 액상의 석출물(precipitate) 및/또는 파편, 클러스터, 미립자(micro particles) 또는 조대 입자(macro particles)들과 같은 응축물들을 포함하지 않는다. 즉, 증기화된 재료의 삭마 문턱값(ablation threshold)이 초과하지 않는다는 전제하에서, 펄스를 짧게 하고 반복률을 높게 하면 할수록, 생산된 플라즈마의 품질이 더 우수해진다.
- <89> 재료의 표면에 타격되는 레이저 펄스의 열 펄스의 유효 깊이는 레이저 시스템들 사이에서 상당히 변화한다. 이러한 영향 구역을 열영향부(HAZ: heat affected zone)라 일컫는다. HAZ는 실질적으로는 레이저 펄스의 출력과 지속 시간에 의해 결정된다. 일례로, 나노초 레이저 시스템은 전형적으로는 약 5 밀리주울 이상의 펄스 출력을 생산하고, 반면에 피코초 레이저 시스템은 1 내지 10 μ J(마이크로주울)의 범위의 펄스 출력을 생산한다. 상기 두 시스템이 동일한 반복률을 갖는 경우, 나노초 레이저 시스템에 의해 생산된 1000배 이상의 강력한 출력의 HAZ는 피코초 펄스의 HAZ에 비해 상당히 깊다는 것은 분명하다. 상당히 얇은 삭마층은 또한 표면으로부터 방출된 파편들의 크기에 직접적인 영향을 미치기도 하는데, 이는 소위 냉간 삭마 방법의 이점이다. 나노초 크기 범위의 입자들은 기관을 타격할 때에 코팅에 주로 핀홀과 같은 주요 부착 결함을 표면에 거의 야기하지 않는다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 고상으로 존재(경우에 따라서는 액상으로도 존재)하는 파편들은 전기장 및/또는 자기장을 이용하여 제거한다. 이는 전기장을 수집하고 타겟을 전기 전하 하에 유지시키는 것을 이용하여 실행될 수 있고, 이에 따라 전기 운동성이 작은 파편들은 플라즈마 기둥으로부터 멀리 내보내지게 된다. 자기 여과도 플라즈마 체트를 편향/변형시킴으로써 동일한 방식으로 작동하는데, 이에 의하면 입자들이 플라즈마로부터 분리된다.
- <90> 본 발명에 따르면 표면이라는 용어는 표면 또는 입체 재료를 지칭하는 것이다. 상기 표면이라는 용어에 대해 어떠한 기하학적 형상이나 3차원적 제한도 가해지지 않는다.
- <91> 본 발명에 따른 기관의 코팅은 평활하고, 핀홀이 없는 표면을 전체 물체 표면에 형성할 수 있게 한다.
- <92> 본 발명에 따르면 기관은, 일례로, 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 이루어지거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상의 결합으로 이루어진다.

- <93> 유사하게, 타겟은 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 이루어지거나, 또는 이들 타겟들 중 1종 이상의 결합으로 이루어진다.
- <94> 여기서, 반합성(semi-synthetic) 화합물은 일례로 개질되어서 자연적으로 발생한 폴리머들이나 혹은 이들을 함유하는 복합체를 지칭한다.
- <95> 다시 말해, 본 발명은 특정 기관이나 타겟에 제한을 두지 않는다.
- <96> 본 발명에 따르면, 금속은 일례로 다른 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <97> 금속 화합물은 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <98> 유리는 일례로 금속, 금속 화합물, 다른 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <99> 돌은 일례로 금속, 금속 화합물, 유리, 다른 암석 재료, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <100> 세라믹은 화합물은 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 다른 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <101> 합성 폴리머는 화합물은 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 다른 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <102> 또한, 본 발명에 따르면, 반합성 폴리머는 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 다른 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <103> 또한, 본 발명에 따르면, 자연적으로 발생한 폴리머는 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 또 다른 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <104> 또한, 본 발명에 따르면, 복합 재료는 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 다른 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <105> 중이도 상기한 모든 화합물들로 코팅될 수 있다.
- <106> 복합 재료에 대한 한 가지 정의가 폴리머 사이언스 사전(Polymer Science Dictionary: Alger, M.S.M., Elsevier Applied Science, 1990, 81페이지) 간행물에 있는데, "돌 이상의 단순(또는 한 단위(monolithic)) 재료들의 조합으로 이루어진 것으로, 그 각각의 성분들은 그들 각각의 주체성(identity)을 갖고 있는 것"이라고 정의하고 있다. 복합 재료는 그들 각각의 성분 재료들과 비교할 때에 다른 물성들을 나타내며, 복합체 속성을 이용한다 함은 향상된 물리적 물성들을 지칭하는 것인데, 그 이유는 기술의 근본적인 목적은 구성 재료의 물성들보다 우수한 물성을 갖는 재료들을 만들어내는 데 있기 때문이다. 복합 재료들은 또한 복합체 구성 성분에 기초하여 돌 이상의 상태로 이루어진 이성분 구조체를 갖기도 한다. 이러한 상태들은 연속적일 수 있거나, 혹은 하나 이상의 상태들은 연속 매트릭스 내측에 분산된 상태일 수도 있다.
- <107> 본 발명에 따르면, 전적으로 새로운 화합물 이외에도, 2 이상의 재료들이 복합체 재료를 분자 수준으로 만들어내는 복합체 재료들도 만들어낼 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 일례로 폴리실록산 및 다이안몬드로 표면들 또는 입체 표면들이 제조될 수 있고, 본 발명의 다른 실시예에서는 일례로 폴리실록산 및 탄소 질화물(질화

탄소)로 표면들 또는 입체 표면들이 제조될 수 있다. 본 발명에 따르면, 복합체 재료의 2 이상의 성분들의 상대적인 양은 자유롭게 선택될 수 있다.

- <108> 또한, 본 발명에 따르면, 무기 단량체 또는 올리고머 재료는 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 또 다른 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <109> 또한, 본 발명에 따르면, 유기 단량체 또는 올리고머 재료는 일례로 금속, 다른 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 또 다른 유기 단량체 또는 올리고머 재료로 코팅되거나, 또는 이들 기관들 중 1종 이상이 결합된 것으로 코팅될 수 있다.
- <110> 본 발명에 따르면 상기 모든 기관들이 조합된 것들은 상기 기관 재료들 중 하나 이상이 조합된 것으로 코팅될 수도 있다.
- <111> 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 코팅되는 표면은 그 표면이 1mm^2 당 하나 미만의 구멍을, 바람직하기로는 cm^2 당 하나 미만의 구멍을 포함하고 가장 바람직하기로는 코팅된 전체 영역에 구멍이 전혀 없도록 형성된다. 기술 용어로서, "핀홀(pinhole)"이란 용어는 이러한 구멍들에 대해서 사용된다. 본 발명은 또한 그러한 방법에 의하여 코팅된 제품에 관한 것이다.
- <112> 본 발명의 다른 바람직한 실시예에서, 코팅되는 표면은, 그 표면의 첫 번째 50%가 직경이 1000nm를 초과하는 어떠한 입자도 포함하지 않도록 하되, 바람직하기로는 입자의 크기가 100nm를 초과하지 않도록 하고, 가장 바람직하기로는 입자의 크기가 30nm를 초과하지 않도록 해서, 형성된다. 본 발명은 또한 그러한 방법에 따라 코팅된 제품에 관한 것이다.
- <113> 본 발명의 또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 코팅할 물체인 기관은, 코팅되는 물체 상에 부착되는 표면의 균일성이 원자력 현미경(AFM: atomic force microscopy)을 이용하여 $1\ \mu\text{m}^2$ 의 면적에서 측정했을 때에 $\pm 100\text{nm}$ 가 되도록, 펄스 냉간 가공 레이저를 이용하여 타겟을 삭마함으로써 코팅된다. 바람직하게는 이와 같은 측정된 조건, 표면의 균일성은 25 nm 이하이고, 바람직하게는 2 nm 이하이다. 본 발명은 또한 그러한 방법에 따라 제조된 제품에 관한 것이다.
- <114> 본 발명에 따르면, 삭마된 재료는 3D 인쇄(입체 인쇄)에 사용될 수 있다. 본 출원의 우선권 주장일 시점에 공지된 종래 기술(일례로, 스크로프 디벨롭먼트 인크.(Scroff Development Inc.)의 JP-시스템 5, 비엠펜 테크놀로지 인크.(BMP Technology Inc.)의 탄도 입자 제조(Ballistic Particle Manufacturing), 솔리드스케이프 인크.(SolidScape Inc.)의 모델 메이커(Model Maker), 3D 시스템즈 인크.(3D Systems Inc.)의 멀티 제트 모델링(Multi Jet Modelling), 그리고 Z 코퍼레이션(Z Corporation)의 Z402 시스템))에 따른 3D 인쇄는 상대적으로 불량한 기계적 강도를 갖는 재료를 사용한다. 본 발명에 따른 설비는 고효율의 능력이 있으므로, 즉 비교적 저렴한 방식의 신속한 층 성장률(growth rate)을 갖기 때문에, 삭마된 재료는 일례로 흑연이나 다이아몬드 형태의 탄소를 사용할 때에는 잉크 프린터 원리에 따라서 인쇄되는 물체의 매 분할층(slice)에 대응하는 층(layer)들에 보내진다. 따라서, 충분히 내구성 있는 재료를 일례로 탄소를 사용하여 제조할 수 있다. 그러나 본 발명의 실시예를 다이아몬드 재료에만 한정시키려는 것은 아니며, 삭마된 재료의 선택에 의거하여 다른 재료도 사용될 수 있다. 따라서, 일례로 본 발명의 실시예에 따른 설비는 대부분의 임의의 적절한 재료, 일례로 다이아몬드 또는 질화탄소로 중공 또는 중실 물체를 제조할 수 있다.
- <115> 따라서, 일례로 그 유명한 다비드(David) 조각도 우선 다이아몬드 층들로 이루어진 매 분할층으로 나누어 인쇄할 수 있고, 그 후에 분할층들 간의 임의의 가장자리를 삭마를 이용하여 매끄럽게 할 수 있다. 조각상은 다이아몬드 재료를 도핑/함금함으로써 각 층에 대해서도 개별적으로 적절한 톤의 색상을 입힐 수 있다. 따라서, 대부분의 임의의 3D 물체, 즉 공구, 부품, 또는 그와 유사한 물체, 디스플레이 부품, PDA 또는 이동 전화기와 같은 다른 물체의 쉘 구조체, 또는 그 부품과 같은 3D 물체를 바로 인쇄할 수 있다.
- <116> 본 발명에 따른 코팅 방법에 있어서, 레이저 삭마는 펄스 레이저를 사용하여 실행된다. 본 발명의 특별히 바람직한 일 실시예에 있어서, 삭마에 사용되는 레이저 설비는 피코초 레이저와 같은 냉간 가공 레이저이다. 본 발명의 또 다른 양호한 실시예에서, 레이저 설비는 펨토초 레이저이고, 또 다른 양호한 실시예에서는 아토초 레이저이다.

- <117> 본 발명의 방법에 따르면, 냉간 가공 레이저의 출력은 바람직하기로는 적어도 10W, 더 바람직하기로는 적어도 20W, 가장 바람직하기로는 적어도 50W이다. 본 명세서에서는 레이저 설비의 출력에 대한 상한을 제한하지 않는다.
- <118> 본 발명에 따르면, 고품질이며 응용 기기용으로 충분한 내구성을 가지며 적절한 광학 특성을 갖는 (소망하는 색상을 갖거나 또는 투명한) 표면은 대체로 진공인 상태나 심지어는 통상의 대기압을 가지는 기압에서 레이저 삭마를 이용하여 기판을 코팅함으로써 달성된다.
- <119> 코팅은 기판이 대략 60℃를 유지하게 하거나 기판 온도를 현저하게 증가시키므로써(> 100℃) 실온이나 실온에 근접한 온도에서 실행된다.
- <120> 이는 건축 산업에서 사용하는 암석, 금속, 복합체 및 여러 가지 폴리머 박판과 같은 대형 물체(넓은 기판 표면을)를 코팅함에 있어 특히 유리하다. 종래 기술에 의한 현재의 코팅 방법으로는 위와 같은 물체가 충분히 높은 진공을 받게 한다는 것은 비용이 비싸다는 것은 차치하고라도 아주 느리고 그에 따라 코팅 공정의 전체 시간을 극적으로 증가시킨다. 많은 응용 장치로 다공성 재료(암석 등)들을 상기와 같이 코팅함에 있어서는 고진공을 달성하기가 어렵다. 가열이 포함되더라도 한다면, 대부분의 형태의 암석은 그들의 결정수를 흘리게 될 것이고, 이는 암석 재료의 구조를 자연스럽게 변화시킬 것이어서 의도한 응용 분야에 있어서는 그 유용성이 나빠지거나 소멸될 것이다.
- <121> 코팅이 통상의 대기압 하에서나 혹은 이 대기압에 근접한 저진공 하에서 수행될 수 있다면, 작동의 품질과 경제성 모두에 영향을 미치게 될 것이다. 특정 적용 분야에 있어서는, 사전에 제조하기가 불가능한 제품을 제조할 수 있다.
- <122> 본 발명에 따르면, 많은 암석 제품들은 일례로 내구성 표면을 형성하기 위해 알루미늄 산화물로 코팅될 수 있다. 상기와 같은 표면은 또한 가스 이외에 습기도 방지하며, 그에 따라 암석 재료의 내측이나 표면 상에 암석 붕괴 성질을 갖는 균류나 얼음의 형성을 방지한다. 본 발명에 따르면, 암석 재료는 알루미늄 산화물로 바로 코팅하거나, 혹은 일례로 금속 알루미늄으로 피복시키고 그 후에 형성된 알루미늄 표면을 RTA + 광, 열 산화(500℃) 또는 급탕수 내에서의 열 산화와 같은 다수의 방법들을 사용하여 산화시킬 수 있다. 지르코늄과 같은 특정 원소의 특정 양을 알루미늄에 추가하는 경우, 산화되는 금속 표면은 순수 알루미늄과 비교했을 때에 더 효과적으로 확장되며 암석 내의 모든 공동 안으로 확산된 긴밀한 산화물 표면을 형성한다. 본 발명에 따르면, 암석 재료는 산화를 통해서 표면이 최종 형성되기 전에 안료 또는 착색제를 첨가함으로써 특정 색으로 염색할 수도 있다. 암석 제품에 색상을 입히는 위와 같은 표면은 본 발명에 따라서 레이저 삭마를 이용하여 형성시킬 수 있다. 본 발명에 따르면 알루미늄 산화물 표면은 다이아몬드 표면, 탄소 질화물 표면, 또 다른 암석 표면, 또는 어떤 다른 산화물 표면과 같은 임의의 다른 강성 표면으로 대체할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는, 자체 청소(self-cleaning) 표면이 암석 제품의 상부 코팅으로서 부착될 수 있다.
- <123> 상기와 같은 자체 청소 표면은 일례로 티타늄 또는 아연 산화물로 구성될 수 있다. 본 발명에 따르면, 기판은 바람직한 산화물로 바로 코팅되거나, 산소를 함유하는 분위기에서 바람직한 금속을 증기화시키므로써 코팅될 수 있다. 본 발명에 따른 표면의 두께는 바람직하기로는 10nm 내지 150nm, 바람직하기로는 15nm 내지 100nm, 가장 바람직하기로는 20nm 내지 50nm이다.
- <124> 알루미늄 산화물 표면이 단결정 구조를 갖는 경우, 일반적으로는 그를 사파이어 표면이라 부른다.
- <125> 더 높은 진공이 사용되는 경우, 단결정 다이아몬드, 알루미늄 산화물 또는 실리콘과 같은 단결정 재료의 표면을 형성할 때에는 특히나 본 발명의 일 실시예에서는 유리한 장점을 갖는다. 그러나 고진공은 실리콘 삭마를 위해서는 필요하지는 않다. 본 발명에 따라 제조된 단결정 다이아몬드 또는 실리콘은 일례로 반도체로서, 다이아몬드인 경우에는 보석으로서, 레이저 설비의 부품들(다이오드 펌프의 광 봉, 렌즈 용액, 섬유)로서, 상기 표면을 필요로 하는 응용 분야에서는 내구성이 아주 높은 표면으로서, 그리고 기타 등등의 것으로서 유용하다.
- <126> 본 발명에 따르면 반도체 다이아몬드는 일례로 인듐 기판 상에서 성장시킬 수 있고(도 4 참조), 반도체 실리콘은 일례로 플라스틱 또는 종이 위에서 바로 성장시킬 수 있다. 실리콘 층이 일례로 5 μ m 내지 15 μ m로 충분히 얇은 경우, 그와 같은 반도체는 굽혀질 수 있어서, 일례로 가요성 전자 기기를 제조하는 데 사용될 수도 있다. 다이아몬드계와 실리콘계 반도체 재료들 모두는 바람직하기로는 피코초 레이저를 이용하여, 더 바람직하기로는 터빈 스캐너가 설치된 피코초 레이저를 이용하여 소망하는 형상으로 절삭할 수 있다. 본 발명에 따라 제조된 다이아몬드 및 실리콘 반도체 재료들은 일례로 소망하는 도전성 물성을 얻기 위하여 적절한 원소들을 도핑시켜서 결합시킬 수 있다.

- <127> 반도체 재료들의 특징들을 조절하기 위한 한 방법은 원하는 특징들을 가져오는 나노 입자들과 이들을 도핑하는 것이다.
- <128> 본 발명에 따른 다른 실시예에 있어서, 하나 이상의 다이아몬드 표면들이 기판의 상부에 형성된다. 이와 같은 다이아몬드 표면에 있어서, 본 발명에 따르면 sp³ 접착부의 수는 종래 기술의 다이아몬드상 탄소(DLC: diamond-like carbon)의 경우와는 달리 바람직하게도 아주 많고, 생성된 표면은 극히 강성이며, 모든 표면 두께에서 내스크래치성을 갖는다. 다이아몬드 표면은 바람직하기로는 투명한 것이다. 다이아몬드 표면은, 1mm의 두께에서 흑색 색상이며 단지 200℃의 온도까지만 견뎌낼 수 있는 종래 기술에 있어서의 예를 들면 저품질 DLC과는 달리 고온을 견뎌내기도 한다. 본 발명에 따라 형성된 다이아몬드 표면은 무수소 탄소 공급원(hydrogen-free carbon source)을 이용하여 바람직하게 생성된다. 바람직하기로는, 상기 탄소 공급원은 소결 탄소이고, 가장 바람직하기로는 열분해 탄소 유리질 탄소(pyrolytic carbon vitreous carbon)이다.
- <129> 본 발명에 따르면, 열분해 탄소는 단결정 다이아몬드 재료가 일례로 MEMS 응용 분야용으로 생산되는 경우에 특히 바람직한 타겟이다.
- <130> 보다 적합한 품질의 DLC 표면을 생산하는 경우, 본 발명에 따르면 저비용으로 신속하게 생산할 수도 있다.
- <131> 착색된 다이아몬드 표면이 필요한 경우, 형성할 다이아몬드 표면은 탄소 외에 소망하는 색을 발현하는 원소 또는 화합물을 증기화시킴으로써 착색될 수 있다.
- <132> 본 발명에 따라 생성된 다이아몬드 표면은 하부 표면의 기계적 마모 및 파열을 방지할 뿐만 아니라 화학적 침식도 방지한다. 다이아몬드 표면은 일례로 금속의 산화 및 그 결과에 따른 장식 기능이나 다른 기능의 손상을 방지한다. 다이아몬드 표면은 또한 하부 표면을 산 및 알칼리에 대해서 보호한다.
- <133> 본 발명의 바람직한 일 실시예에서, 타겟은 레이저 빔으로 삭마되고, 그에 따라 재료는 사전에 삭마된 적이 없는 타겟의 지점(spot)에서 실질적으로 계속적으로 증기화된다.
- <134> 이는 새로운 표면이 항상 삭마될 수 있게 타겟을 이동시킴으로써 달성될 수 있다. 종래 기술의 현재의 여러 방법들에서는, 재료 프리폼은 일반적으로 두꺼운 봉 또는 플레이트의 형태로 되어 있다. 결과적으로, 이들 방법은 줌 초점 조정 렌즈의 사용해야 하거나, 재료 프리폼이 소모됨에 따라 재료 프리폼을 레이저 빔에 대해서 이동시켜야 한다.
- <135> 이를 실시하고자 하는 그저 간단한 시도는 충분한 신뢰성을 가지고 전혀 가능하지 않는 경우에는 아주 어려우며 비용이 많이 들며, 그 품질은 정확한 제어가 거의 불가능할 정도로 여전히 크게 변화하고, 그에 따라 두꺼운 블랭크를 제조하는 것은 비싸다고 하는 등의 문제가 있다.
- <136> 여러 가지 것들 중에서도 종래 기술의 스캐너들로 인해 레이저 빔을 제어하는 기술에 여러 제약이 따르므로, 레이저 설비의 펄스 주파수를 증가시킬 때에는 특히나 여러 가지 방해 요소들 없이 행할 수는 없다. 펄스비를 4MHz 이상으로 더 증가시키려고 하는 시도를 하는 경우, 종래 기술에 따른 스캐너들은 레이저 빔의 상당한 부분들이 레이저 설비의 벽 구조체뿐만 아니라 플라즈마 형태의 삭마된 재료로 제어 불가능하게 보내지게 한다. 이는 삭마된 재료로 형성된 표면의 품질을 떨어뜨리며 생산 속도를 늦추는 최종적인 결과(net effect)를 가지며, 또한 타겟에 타격되는 방사속(radiation flux)이 형성된 플라즈마 구조체에서 현저하게 있고 결국에는 불균일한 코팅면이 형성되게 하는 최종적인 결과(net effect)도 갖게 된다. 레이저 빔 전체 또는 그의 일부가 이미 삭마된 표면에 타격되는 경우, 타겟과 기판 간의 거리는 이들 펄스와 관련하여서 변화한다. 타겟을 타격하는 펄스들이 타겟의 이미 삭마된 지점들에 이르렀을 때에, 다른 펄스들이 재료를 다른 양들로 방출하고, 그에 따라 수 마이크로 크기의 입자들이 타겟으로부터 삭마된다. 상기 입자들은 기판을 타격할 때에 형성되는 표면의 품질을 상당히 떨어뜨리고, 결과적으로는 제품의 물성도 떨어뜨린다.
- <137> 본 발명의 일 실시예에서, 타겟 재료는 미국 특허 제6,372,103호에 설명된 바와 같이 회전 운동하는 종래 기술의 타겟 재료이다. 본 발명에 따른 다른 실시예에서, 타겟 재료는 상업적으로도 입수 가능한 타일형 타겟 판(tile-like target sheet)이다.
- <138> 본 발명의 바람직한 일 실시예에 있어서, 타겟 재료는 필름/테이프로서 공급된다.
- <139> 위와 같은 바람직한 실시예에 있어서, 필름/호일은 일례로 도 7에 도시한 바와 같이 롤 형태이다. 필름이 우선 시작부터 종료까지 하나의 레이저 빔 팬(laser beam fan)의 폭으로 증기화된 때에, 테이프/호일은 일례로 일 측면에 충분한 양만큼 이동하고, 그에 따라 전적으로 새로운 경로가 형성될 수 있다. 이는 호일/필름의 전체 폭이 다 사용될 때까지 계속된다. 당연하게도, 이 시스템의 주요 이점은 공급원 재료가 일정하게 유지되기 때문에 최

상 품질의 증기화 결과가 일정하게 유지된다고 하는 사실이다.

- <140> 본 발명의 다른 실시예는 레이저 빔의 초점 깊이보다 (a) 얇거나, (b) 그 초점 깊이와 동일한 두께를 가지거나, 혹은 (c) 그 초점 깊이보다 두꺼운 도 7에 도시된 호일/테이프(46)에 기초한다. 상기 세 경우 중 (c)의 경우와 관련해서, 레이저 빔의 초점 깊이를 초과하는 재료 부분은 별도의 롤(48)에 수집된다. 테이프·호일의 두께는 일례로 5 μ m 내지 5mm, 바람직하기로는 20 μ m 내지 1mm, 가장 바람직하기로는 50 μ m 내지 200 μ m이다.
- <141> 본 발명의 특히 바람직한 일 실시예에서, 타겟과 기관 사이의 거리는 전체 삭마 공정에 걸쳐서 실질적으로 일정하게 유지된다.
- <142> 본 발명의 또 다른 실시예에 다른 코팅 방법에 있어서, 어떠한 조정 기구도 레이저 빔에 필요치 않은데, 이것이 의미하는 바는, 본 발명에 따른 호일/필름 증기화 시스템은 위와 같은 초점 조정 단계를 필요로 하지 않는다는 것이다. 위와 같은 기구가 필요치 않은 이유는 호일/필름이 초점에 일정하게 조정된 채로 유지되므로 공급되는 필름의 새로운 표면이 타겟으로서 작용하기 때문이다. 필름 중에서 레이저 빔의 초점 깊이에 대응하는 재료의 부분만 활용된다(도 17 참조). 따라서, 매끈한 코팅 결과물이 얻어지고, 코팅 공정 중에는 어떠한 초점 조정 장치도 필요치 않게 된다.
- <143> 타겟 재료들은 비싸고 타겟 재료의 새로운 표면만이 바람직하게 사용되므로, 타겟을 가능한 한 얇게 해서 산업적으로 바람직하게 사용할 수도 있다. 테이프 형태의 타겟 재료들은 현재의 타겟 재료들에 비해 당연하게도 상당히 저렴하고, 덜 복잡하고 더 경제적인 제조 방법으로 인해 더 쉽게 활용할 수 있다.
- <144> 본 발명의 다른 바람직한 실시예에 따르면, 코팅 공정은 라멜라 공급방식(lamella feed)을 적용한다. 각각의 새로운 피스의 코팅에 대해서, 새로운 라멜라 형 타겟이 공급된다. 이러한 재료 공급 방법은 예를 들어서, 작고 얇으며 부드러운 플레이트를 제조하는 과정에 현재 사용되는 세라믹 알루미늄 산화물 플레이트에 아주 적합하다. 대형 타겟의 제조는 보통 곤란하고 고가이다.
- <145> 종래 기술의 장치에 있어서, 스캐닝 폭이 문제를 야기했다. 일반적으로, 거울 필름 스캐너에서 선형 스캐닝(linear scanning)을 적용해왔는데, 이는 이론적으로는 일례로 대략 70mm의 공칭 스캐닝 선 폭에 이를 수 있겠지만, 실제로 그 스캐닝 폭은 불확실하기는 하지만 대략 30mm 정도로 유지될 수 있는데, 이 경우, 스캐닝 범위의 프린지(fringe)들이 품질의 불균일성을 유지하고 그리고/또는 중앙 영역과는 다를 수 있다. 이와 같은 의미에서, 이 처럼 작은 스캐닝 폭으로 인해 대형의 넓은 물체의 코팅 분야에 현재의 레이저 설비를 사용한다고 하는 것은 산업적으로 타산이 맞지 않거나 기술적으로 실현 불가능하다.
- <146> 본 발명의 양호한 실시예에서, 레이저 빔은 터빈 스캐너를 통해서 타겟에 보내진다.
- <147> 터빈 스캐너는 평탄형 거울 스캐너와 관련된 출력 전송 문제점들을 해소하는데, 타겟 재료가 충분히 높은 출력을 이용하여 증기화되어서 양호하고 균일한 품질의 플라즈마가 제조될 수 있고 결과적으로는 양호한 품질의 표면들 및 3D 구조체들이 제조될 수 있도록 하는 방식으로 해소한다. 터빈 스캐너는 또한 더 큰 스캐닝 폭을 가능하게 하고, 그 결과 단일 세트의 레이저 설비로도 더 큰 표면 영역을 코팅할 수 있게 한다. 이것이 의미하는 바는, 작업 속도가 양호하고 형성되는 표면이 균일한 품질로 형성된다고 하는 것이다. 본 발명에 따른 방법의 바람직한 일 실시예에서, 타겟을 스캐닝하는 폭은 10mm 내지 700mm, 바람직하기로는 100mm 내지 400mm, 가장 바람직하기로는 150mm 내지 300mm로 할 수 있다. 물론, 소형 응용 분야에서는 더 작아져야 한다.
- <148> 결과적으로, 본 발명은 하나의 레이저 공급원만으로 제한어서는 안 된다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기관은 하나 또는 다수의 타겟들로부터 증기화된 플라즈마 재료 기둥에 고정 상태로 유지된다. 본 발명에 따른 더 바람직한 일 실시예에 따르면, 기관은 레이저 삭마에 의해 하나 또는 다수의 타겟들로부터 증기화된 플라즈마 재료 기둥 내에서 움직인다. 코팅이 진공이나 반응성 가스의 분위기에서 실행되는 경우, 코팅은 바람직하기로는 개별 진공 챔버에서 실행된다.
- <149> 본 발명은 코팅되는 물체 상에 형성되는 표면의 최대 조도가 $\pm 100\text{nm}$ 가 되게 하는 방식으로 물체를 코팅할 수 있게 한다. 본 발명의 바람직한 일 실시예에서는 코팅되는 물체 상에 형성된 표면의 최대 조도가 $\pm 25\text{nm}$ 이고, 본 발명의 더 바람직한 일 실시예에서는 코팅되는 물체 상에 형성된 표면의 최대 조도가 $\pm 2\text{nm}$ 이다.
- <150> 형성되는 표면의 평활도는 실제 요건들과 요구되는 기능에 따라서 조정될 수 있다.
- <151> 형성되는 표면의 두께는 본 발명에 따른 방법에서 제한되지 않는다. 본 발명에 따르면 물체들은 1nm로부터 시작해서 그 이상으로, 아주 두꺼운 표면이나 균일한 3D 구조체까지 코팅될 수 있다.

- <152> 코팅할 물체인 기관과 삭마할 재료인 타겟 간의 거리는 종래 기술에 따르면 30mm 내지 70mm, 바람직하기로는 30mm 내지 50mm이다.
- <153> 본 발명에 따른 방법은 각기 다른 기능들을 갖는 표면들 및/또는 3D 재료들이 제조될 수 있게 한다. 이러한 표면들로는, 일례로, 여러 종류의 유리 및 플라스틱 제품(렌즈, 안경, 선글라스, 스크린 커버, 건물 및 차량의 창, 실험실, 예술 및 가정의 유리 제품들)에 있어서 극히 경성이며 내스크래치성을 갖는 표면들 및 3D 재료들(스크래치 없는 표면들)을 포함하는데, 여기서 특히 바람직한 광학 코팅 재료들은 MgF_2 , SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 를 포함하고, 특히 바람직한 경성 코팅 재료들은 여러 종류의 금속 산화물들, 탄화물들, 그리고 질화물들을 포함하고 물론 다이아몬드 코팅들도 포함한다. 또한, 상기 표면들은, 통신 기기의 케이싱 구조체, 지붕 피복용 금속 판, 내부 장식 또는 건물용 보드(board), 마루청 널(batten), 창 샷시와 같은 여러 가지의 금속 제품들과 그 표면들과; 그릇 설거지 싱크대, 물 방취 U자관(water trap), 오븐, 금속 코인, 보석, 공구 및 그 부품들과; 자동차 및 기타 차량의 엔진 및 그 부품들, 자동차 및 기타 차량의 금속 피복 및 도장 금속 표면들과; 선박, 보트, 항공기에 사용되는 금속 표면들을 갖는 물체, 항공기 터빈, 그리고 내연기관 엔진과; 베어링과; 포크, 나이프, 스푼과; 가위, 칼, 회전 날, 톱, 그리고 모든 종류의 금속 피복 커터, 나사, 그리고 너트와; 금속 피복 반응기, 펌프, 증류 칼럼, 탱크, 및 프레임 구조체와 같은 화학 산업 공정에 사용되는 금속제 공정 설비와; 오일, 가스, 화학제 배관 및 여러 종류의 밸브와 제어 유닛들과; 오일 탐사 설비의 부품들과 드릴 비트들과; 물 배관과; 무기 및 그 부품들, 탄알, 그리고 카트리지와들과; 마멸과 파열을 겪는 금속 노즐, 마멸과 파열을 겪는 종이제 기계 부품들과 같은 일례로 코팅 페이스트 적용 설비의 부품들과; 어린이 놀이 기구들에 있어서의 눈 주걱(snow scoop), 삽(shovel)/가래(spade) 및 금속 구조체와; 노면 레일 구조체, 교통 신호등 및 기둥들과; 금속 캔 및 용기들과; 외과용 기구들, 인공 관절 및 임플란트, 기구들과; 카메라, 비디오 카메라, 산화 또는 다른 마멸 및 파열에 민감한 전자 장비의 금속 부품들, 우주선 및 이들의 마찰과 고온을 견뎌낼 수 있는 피복 수단(solutions)들을 포함한다.
- <154> 또한, 본 발명에 따라 제조되는 제품들은, 부식성 화학적 화합물을 견뎌내는 표면들과 3D 재료들과, 반도체 재료들과, LED 재료들과, 보는 각도에 따라 달라지는 색상을 변화시키는 염료들 및 이들로 형성된 표면들과, 앞에서 설명한 바 있는 빔 확장기 및 다이오드 펌프 광 붐과 같은 레이저 설비 및 다이오드 펌프의 부품들과, 보석 용도의 귀한 돌 재료들과, 의료 제품의 표면들 및 입체 형태의 의료 제품들과, 자체 청소 표면들과, 앞에서 언급한 바 있는 내공해성 및/또는 내습성을 가지며 자체 청소(필요시) 능력이 있는 암석 및 세라믹 재료와 같은 건설 산업용의 여러 가지 제품들(코팅된 암석 제품들과 돌 표면이 위에 형성된 제품들)과, 본 발명의 일 실시예에 따른 대리석 염색된 그린 및 자체 청소 기능이 있는 사암과 같은 염색된 암석 제품들을 포함한다.
- <155> 또한, 본 발명에 따라 제조된 제품들은, 일례로 여러 종류의 렌즈 및 스크린 차폐 용액들에 있어서의 반사 방지(AR: anti-reflective) 표면들과, 자외선 차단 코팅들과, 물, 용액, 또는 공기의 정화에 사용되는 자외선 반응 표면들을 포함한다. 설명한 바와 같이, 형성할 표면의 두께는 조정될 수 있다. 따라서, 본 발명에 따라 형성되는 다이아몬드 또는 탄소 질화물 표면의 두께는 일례로 1nm 내지 3000nm가 될 수 있다. 또한, 아주 균일한 다이아몬드 표면이 형성될 수 있다. 따라서, 형성된 다이아몬드 표면의 최대 조도는 $\pm 25nm$ 의 수준으로 할 수 있고, 바람직하기로는 $\pm 10nm$ 이고, 낮은 마찰이 요구되는 특정의 아주 필요로 하는 응용 분야에서는 $\pm 2nm$ 수준으로 조정할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 다이아몬드 표면은 하부 표면의 기계적 마멸 및 파열뿐만 아니라 화학적 침식도 방지한다. 다이아몬드 표면은, 일례로 금속의 산화 및 그 결과에 따른 장식 기능이나 다른 기능의 손상을 방지한다. 다이아몬드 표면은 또한 하부 표면을 산 및 알칼리에 대해서 보호한다. 본 발명에 따른 다이아몬드 표면은 하부 표면의 기계적 마멸 및 파열뿐만 아니라 화학적 침식도 방지한다. 다이아몬드 표면은, 일례로 금속의 산화 및 그 결과에 따른 장식 기능이나 다른 기능의 손상을 방지한다. 다이아몬드 표면은 또한 하부 표면을 산 및 알칼리에 대해서 보호한다. 장식 금속 표면들은 특정 응용 분야에 있는 것으로 본다. 본 발명에 따라서 타겟으로서 활용되는 특별한 특정의 장식 금속 또는 금속 화합물에는 일례로, 금, 은, 크롬, 백금, 탄탈륨, 티타늄, 동, 아연, 알루미늄, 철, 강, 아연 블랙(zinc black), 루테늄 블랙(ruthenium black), 루테늄, 코발트, 바나듐, 질화 티타늄, 질화 티타늄 알루미늄, 질화지르코늄, 질화 크롬, 탄화 티타늄 실리콘 및 탄화 크롬이 있다. 물론 상기 재료들은 내마모성 표면 또는 산화 또는 다른 화학적 반응에 대해 보호되는 표면들과 같이 다른 물성을 얻기 위해서 사용될 수도 있다.
- <156> 이와 관련하여 언급할 가치가 있는 금속 화합물은, 금속 산화물, 질화물, 할로젠 화합물, 탄화물을 포함하는데, 이와 같은 목록의 금속 화합물들로 국한시키지 않는다.
- <157> 본 발명에 따라 제조된 여러 종류의 산화물 표면들은 일례로, 산화 알루미늄, 산화 티타늄, 산화 크롬, 산화 지

르코늄, 산화 주석, 산화 탄탈륨 등을 포함하고 또한 이들 서로 간의 복합 조합이나 일례로 여러 금속들, 다이아몬드, 탄화물들 또는 질화물들과의 복합 조합도 포함한다. 상기 재료들은 반응성 가스의 분위기를 이용함으로써 여러 종류의 금속들로부터 본 발명에 따라서 제조될 수 있다.

- <158> 또한 본 발명은 타겟 재료가 10^{-3} 기압의 공간에서 나노 입자를 생성하기 위하여 펄스 레이저에 의하여 삭마되는 나노 입자 생성을 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명의 바람직한 실시예에서, 나노 입자들은, 타겟 재료가 정상 공기압에서 나노 입자들을 생성하기 위하여 펄스 레이저에 의하여 삭마되도록 생성된다.
- <159> 이와 관련하여, "나노 입자(nano particle)"란 용어는 평균 직경이 1nm 내지 900 nm, 바람직하게는 1 nm 내지 500 nm, 보다 바람직하게는 1 nm 내지 100 nm인 입자를 의미한다. 입자의 크기와 구조는 각 경우에 사용하는 경우의 필요에 따라 조정될 수 있다.
- <160> 본 발명의 보다 바람직한 실시예에 따르면, 타겟 재료가 상승된 압력에서 나노 입자들을 생성하기 위하여 펄스 레이저에 의하여 삭마되도록 나노 입자가 생성된다. 압력이 가해지는 경우에, 본 발명의 실시예에서 사용되는 가스 분위기는 불활성 가스(noble gas)를 포함한다. 가스 분위기는 또한 산소와 같은 반응 화합물을 포함할 수 있다.
- <161> 본 발명에 따른 나노 입자들을 생성하는 경우, 삭마되는 타겟은 예를 들어서, 금속, 금속 화합물, 유리, 돌, 세라믹 재료, 합성 폴리머, 반합성(semi-synthetic) 폴리머, 자연적으로 발생한 폴리머, 복합 재료, 무기 또는 유기 단량체 또는 올리고머 재료이다.
- <162> 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 나노 입자들은 레이저 삭마가 펄스 레이저에 의해서 수행되도록 생성된다.
- <163> 이 경우에 삭마를 위하여 사용되는 레이저 장치는 피코초 레이저와 같은 냉간 가공 레이저이다. 이것은 또한 펨토초 레이저 또는 아토초 레이저가 될 수 있다. 채용된 펄스 레이저의 출력은 바람직하게는 적어도 10 W, 보다 바람직하게는 적어도 20 W, 더욱 바람직하게는 적어도 50 W이다.
- <164> 본 발명의 바람직한 실시예에서, 나노 입자는, 타겟이 레이저 빔에 의해서 삭마되도록 생성되어서, 재료가 이전에는 삭마된 적이 없는 타겟의 부위에서 본질적으로 계속 증기화된다. 이것을 실현하는 일 방법은 라멜라 공급 방식으로 타겟을 공급하는 것이다. 동일한 결과를 얻기 위한 본 발명에 따른 다른 방식은 필름/테이프 공급방식으로 타겟(즉, 삭마되는 재료)을 공급하는 것이다.
- <165> 타겟이 필름/테이프 공급방식이 사용되는 경우에, 타겟의 두께는 통상적으로 바람직하게는 5 μm 내지 5 mm이고, 보다 바람직하게는 20 μm 내지 1 mm이고, 더욱 바람직하게는 50 μm 내지 200 μm 이다.
- <166> 본 발명의 특히 효율적인 실시예에서, 나노 입자들은, 레이저 빔이 터빈 스캐너를 통해서 타겟을 향하도록 생성된다. 이 경우에 타겟을 향하는 스캐닝 폭은 10 mm 내지 800 mm, 바람직하게는 100 mm 내지 400 mm, 보다 바람직하게는 150 mm 내지 300 mm가 될 수 있다.
- <167> 소형 응용 분야에서는, 당연히 이와 같은 것은 소형이 되어야 한다.
- <168> 또한 나노 입자가 다수의 상이한 타겟들로부터 동시에 삭마되는 재료로부터 생성되어 나노 입자들이 형성될 수 있다. 또한, 나노 입자는 삭마된 재료로부터 생성된 플라즈마 기둥에서, 플라즈마 기둥에 포함된 삭마된 재료와 반응하는 반응 물질이 가져와지도록 형성되고, 생성된 일 화합물 또는 화합물들이 함께 나노 입자를 생성한다.
- <169> 또한 본 발명은 독립 청구항을 기초로 제조된 코팅된 표면과 나노 입자에 관한 것이다.
- <170> [여러 예들]
- <171> 이하에서는 본 발명에 따른 방법 및 물을 설명하는데, 본 발명을 예시된 예들에만 제한하는 것은 아니다. 표면들은 코어라제 오아이(Corelase OY)에서 제조한 X-lase 10W 피코초 레이저와 코어라제에서 제조한 X-lase 20W 내지 80W 피코초 레이저, (USPLD) 모두를 사용하여 제조하였다. 펄스 에너지는 광학 기기들에 의해 소망하는 영역에 초점을 맞춘 1cm^2 의 영역에 보낸 펄스 에너지를 지칭한다. 1064nm의 파장을 사용하였다. 코팅할 재료들의 온도는 실온에서부터 200°C까지의 범위이다. 타겟 재료의 온도는 여러 제품들에 있어서 실온 ~ 700°C의 범위에서 조정되었다. 코팅에 사용된 타겟 재료들은 산화물들, 금속들, 여러 종류의 탄소계 재료들이다. 코팅이 산소 가스상 내에서 행해질 때에, 산소압은 10^{-4} 내지 10^{-1} mbar 범위에서 가변시켰다. 저출력 레이저에 사용된 스캐너는 종래의 거울 스캐너, 즉 갈바노 스캐너이다. 후속하는 코팅에서, 축을 중심으로 회전하는 스캐너, 즉 터빈

스캐너를 이용하였다. 터빈 스캐너는 스캐닝 속도를 조정할 수 있는 것인데, 타겟 재료에 보내진 빔의 스캐닝 속도는 1m/s ~ 350m/s의 범위에서 조정되었다. 갈바노 스캐너의 성공적인 사용에는 통상적으로 1MHz 이하의 더 작은 펄스 주파수가 요구된다. 한편, 터빈 스캐너에서는, 1MHz ~ 30MHz와 같은 높은 반복률에서도 고품질의 코팅이 형성될 수 있었다. 생성된 코팅은 AFM, ESEM, FTIR과 라마 및 초점 공유 현미경들을 사용하여 검사하였다. 또한, 광학 특성(전송)들과 저항과 같은 전자적 물성도 시험했다. 사용된 지점(spot)의 크기는 20 내지 80 μ m의 범위에서 변화되었다. 검사된 모든 표면들에는 핀홀이 없었다. 조도, 표면 균일도는 AFM 설비를 이용하여 1 μ m²의 면적에서 측정하였다.

<172> <예 1>

<173> 본 예에서는, 대리석을 (소결 탄소로 이루어진) 다이아몬드 코팅으로 코팅하였다. 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 5 μ J, 펄스 길이: 20ps, 타겟과 기관 간의 거리: 4mm, 진공도: 10⁻⁶ mbar(10⁻³ atm). 생성된 다이아몬드 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 다이아몬드 표면의 두께는 대략 500nm였고, 표면 균일도는 \pm 10nm였다. 상기 표면 상에서 미립자(microparticle)는 발견되지 않았다.

<174> <예 2>

<175> 본 예에서는, 알루미늄 필름을 (소결 탄소로 이루어진) 다이아몬드 코팅으로 코팅하였다. 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 5 μ J, 펄스 길이: 20ps, 타겟과 기관 간의 거리: 4mm, 진공도: 10⁻⁵ atm. 알루미늄 필름에 스카이 블루 음영을 착색하였다. 생성된 다이아몬드 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 다이아몬드 표면의 두께는 대략 200nm였고, 표면 균일도는 \pm 8nm였다. 상기 표면 상에서 미립자는 발견되지 않았다.

<176> <예 3>

<177> 본 예에서는, 이산화 실리콘 물체를 (소결 탄소로 이루어진) 다이아몬드 코팅으로 코팅하였다. 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 2MHz, 펄스 에너지: 10 μ J, 펄스 길이: 15ps, 타겟과 기관 간의 거리: 2mm, 진공도: 10⁻³ atm. 생성된 다이아몬드 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 다이아몬드 표면의 두께는 대략 50nm였고, 표면 균일도는 \pm 4nm였다. 상기 표면 상에서 미립자는 보이지 않았다. 표면 조도는 우수하였고, 나노 입자의 크기는 고작 20nm였다.

<178> <예 4>

<179> 본 예에서는, 동 판 물체를 이산화동으로 코팅하였다. 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 5 μ J, 펄스 길이: 17ps, 타겟과 기관 간의 거리: 10mm, 진공도: 10⁻¹ atm. 코팅 공정의 결과, 균일한 품질의 동 산화물 표면이 형성되었다. 형성된 표면의 두께는 대략 5 μ m였다.

<180> <예 5>

<181> 본 예에서는, 대리석을 이산화 알루미늄 코팅으로 코팅하였다. 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 4 μ J, 펄스 길이: 10 내지 20 ps, 타겟과 기관 간의 거리: 3mm, 진공도: 10⁻⁶ atm. 생성된 산화 알루미늄 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 산화 알루미늄의 두께는 대략 500nm였고, 표면 균일도는 \pm 5nm였다. 상기 표면 상에서 미립자는 보이지 않았다.

<182> <예 6>

<183> 본 예에서는, 대리석을 이산화 알루미늄 코팅으로 코팅하였다. 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 4 μ J, 펄스 길이: 10 ps, 타겟과 기관 간의 거리: 3mm, 진공도: 0. 생성된 산화 알루미늄 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 산화 알루미늄 표면의 두께는 대략 5 μ m였고, 표면 균일도는 \pm 10nm였다. 상기 표면 상에서 나노 입자는 관찰되지 않았다.

<184> <예 7>

<185> 본 예에서는, 흑연 물체를 산화 알루미늄 코팅으로 코팅하였다. 표면은 산화 알루미늄을 직접 삭마함으로써 형

성되었고, 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 4 μ J, 펄스 길이: 10ps, 타겟과 기관 간의 거리: 9mm, 진공도: 10⁻³atm. 생성된 산화 알루미늄 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 사파이어 표면의 두께는 대략 1 μ m였고, 표면 균일도는 \pm 9nm였다. 상기 표면 상에서 현저한 양의 나노 입자나 미립자는 관찰되지 않았다.

<186> <예 8>

<187> 본 예에서는, 강 물체를 산화 티타늄 코팅으로 코팅하였다. 표면은 산소를 함유하는 헬륨 분위기에서 티타늄을 삭마함으로써 형성되었고, 레이저 장치는 다음과 같은 성능 파라미터들을 가졌다. 즉, 반복 주파수: 20MHz, 펄스 에너지: 4 μ J, 펄스 길이: 10ps, 타겟과 기관 간의 거리: 1mm, 진공도: 10⁻²atm. 생성된 산화 티타늄 표면을 AFM(Atomic Force Microscope: 원자력 현미경) 설비를 이용하여 검사하였다. 산화 티타늄 표면의 두께는 대략 50nm였고 1 μ m²의 면적에서 측정된 표면 균일도는 \pm 3nm였다.

<188> <예 9>

<189> 산화 인듐 주석(ITO)(In₂O₃: 90 중량%, SnO₂: 10 중량%)을, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 5 μ J, 펄스 길이: 20ps, 타겟과 코팅할 타겟 간의 거리: 40mm의 조건에서, 삭마함으로써 면 직물 조각(100 mm x 100 mm)을 코팅하였다. 코팅 공정 중의 진공도는 10⁻³atm이었다. 코팅 결과, 균일하고 투명한 코팅이 대략 1 μ m의 두께로 형성되었다. 평균 조도는 10nm 미만으로 측정되었다.

<190> <예 10>

<191> 산화 인듐 주석(ITO) 재료(In: 90 중량%, Sn: 10 중량%)를, 반복 주파수: 27MHz 및 활성 상태에서 삭마함으로써 동 박판(thin copper plate)(두께 약 1mm, 300mm x 300mm)을 코팅하였다. 펄스 에너지는 5 μ J, 펄스 길이는 20ps, 타겟과 코팅할 타겟 간의 거리는 5cm를 유지하였고, 코팅 중의 진공도는 10⁻²atm으로 했다. 측정된 코팅의 두께는 950nm이고, 조도, 즉 표면 균일도는 1 μ m²의 면적에서 2nm 미만으로 측정되었다. 이 샘플의 표면에서도 핀홀은 관찰되지 않았다.

<192> <예 11>

<193> 산화 알루미늄을, 반복 주파수: 4MHz, 펄스 에너지: 5 μ J, 펄스 길이: 20ps, 타겟과 코팅할 타겟 간의 거리: 2cm, 코팅 공정 중의 진공도: 10⁻³atm로 한 조건에서, 삭마함으로써 얇은 아크릴 플라스틱 판(100 mm x 100 mm)을 코팅하였다. 코팅 결과, 투명한 코팅이 대략 800nm의 두께로 형성되었다. 표면의 조도, 즉 균일도는 1 μ m²의 면적에서 3nm 미만으로 측정되었다.

<194> 당해 기술 분야에서 숙련된 자들에게 있어서는 본 발명에서 특정된 것에 의거하여 볼 때에, 타겟 및/또는 표면 처리 공정의 다른 단계에서는 타겟이라 칭하는 대상물은, 재료가 (타겟 역할을 하는) 것으로부터 삭마되거나 (기관 역할을 하는) 것으로 부착되는지 여하에 따라서는, 기관 역할을 할 수 있으며 또한 이 반대가 될 수도 있다고 하는 것은 명백히 알 수 있다. 따라서, 적어도 이론적으로는, 동일한 대상물이 가공/코팅 공정의 단계에 따라서는 타겟과 기관으로서 모두 기능할 수 있음은 가능하다.

도면의 간단한 설명

<66> 도 1은 본 발명에 따른 방법을 위한 여러 가지 가능한 적용 영역을 나타내는 도면이다.

<67> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 삭마 코팅 장치를 나타내는 도면이다.

<68> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 장치에서 형성된 다층 기관을 도시하는 것이다.

<69> 도 4는 증기화시킬 탄소 재료(재료 예비 형성 127)가 열분해 탄소이고 타겟과 기관 사이의 거리가 4mm인 장치에서 레이저 삭마에 의해 단결정 다이아몬드 붕을 제조하는 본 발명의 일 실시예를 도시하는 도면이다.

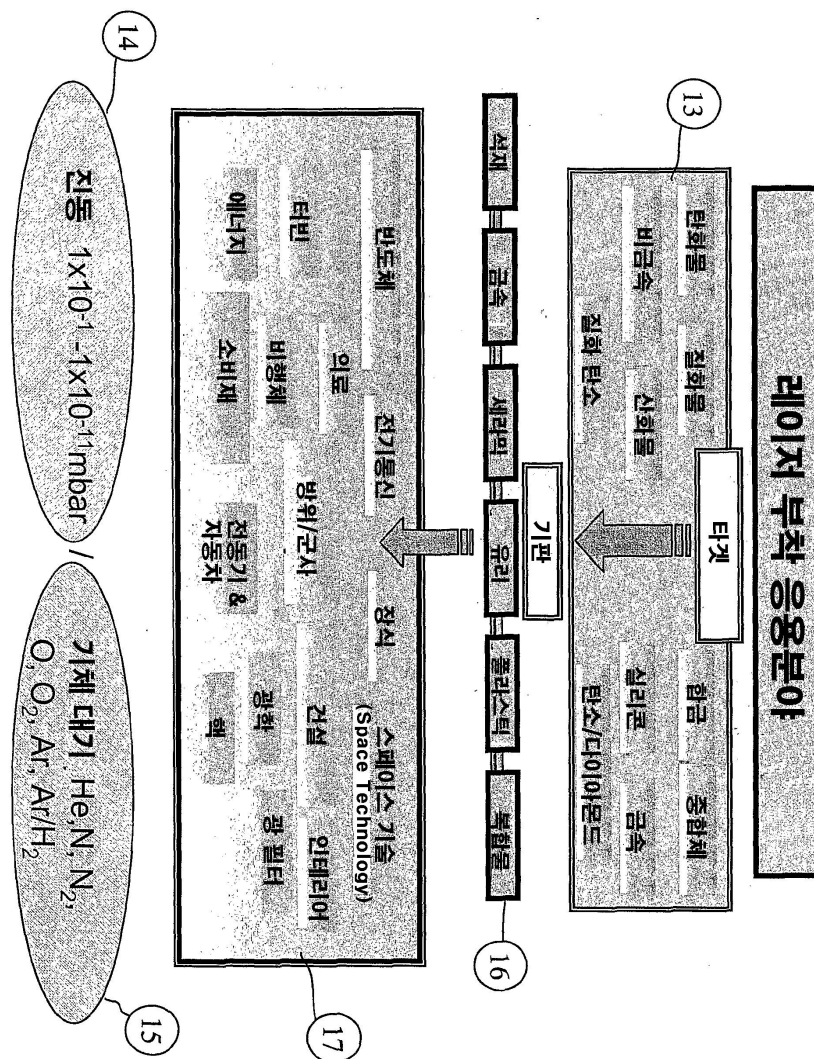
<70> 도 5는 본 발명에 따라 코팅된 대형 입체 물체, 즉 이 경우에는 눈 밀어내기 기구(snow pusher)인 대형 입체 물체를 도시하는 도면이다.

<71> 도 6은 본 발명에 따라 코팅된 통신 장치 쉘 구조체를 도시하는 도면이다.

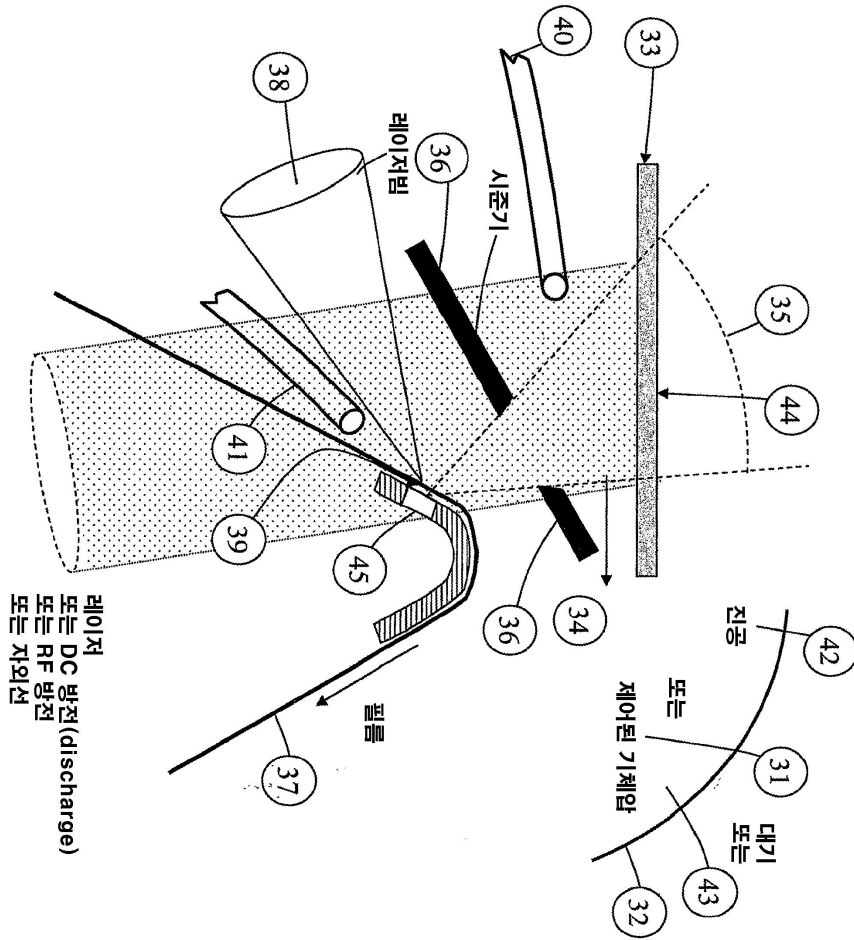
- <72> 도 7은 타겟이 테이프 공급 형태로 공급되는 본 발명에 따른 삭마 코팅 장치를 도시하는 도면이다.
- <73> 도 8은 본 발명의 어떤 실시예들에서 레이저 빔을 스캐닝하기 위하여 사용된 터빈 스캐너를 도시하는 도면이다.
- <74> 도 9는 삭마되는 재료로 보내지는 열 전달과 이에 의해 타겟 재료에 야기되는 손상과 관련하여 열간 가공(마이크로초 및 나노초 펄스 레이저, 긴 펄스)과 냉간 가공(피코초 및 펨토초 레이저, 짧은 펄스) 사이의 차이를 나타내는 도면이다.
- <75> 도 10은 암석 제품을 코팅하기 위한 본 발명에 따른 실시예들을 나타내는 도면이다.
- <76> 도 11은 본 발명에 따라 코팅된 의료 기기들을 도시하는 도면이다.
- <77> 도 12는 본 발명에 따라 코팅된 의료 제품들을 도시하는 도면이다.
- <78> 도 13은 본 발명에 따라 코팅된 항공기 요소들을 도시하는 도면이다.
- <79> 도 14는 본 발명에 따라 산화 알루미늄으로 코팅된 광학 제품들을 도시하는 도면이다.
- <80> 도 15는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 코팅 응용 분야의 예들을 도시하는 도면이다.

도면

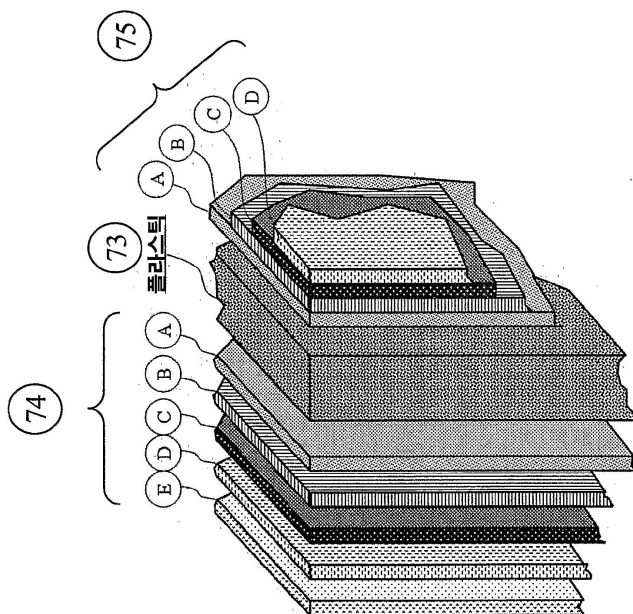
도면1



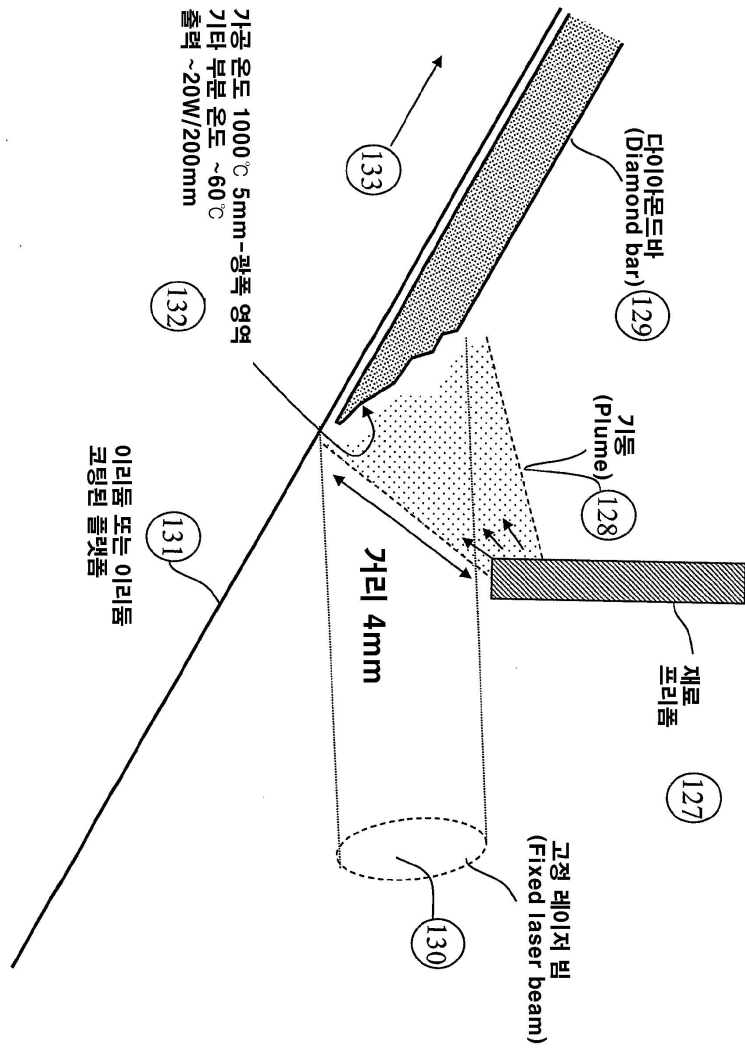
도면2



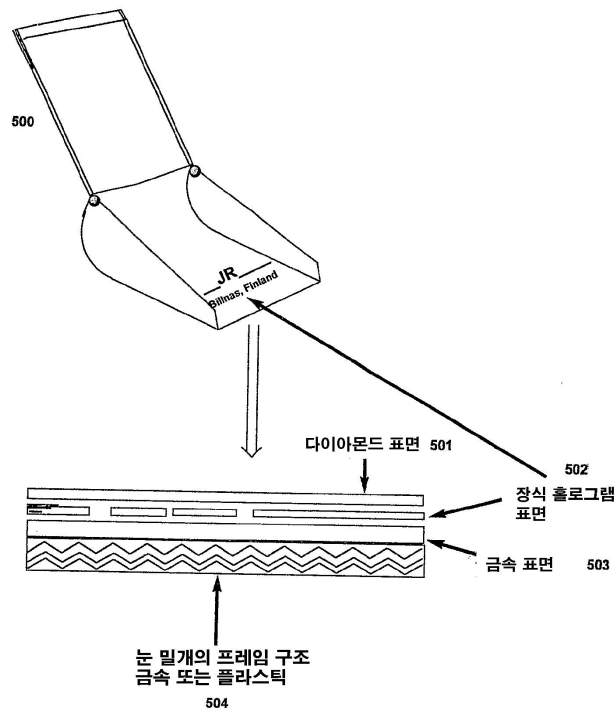
도면3



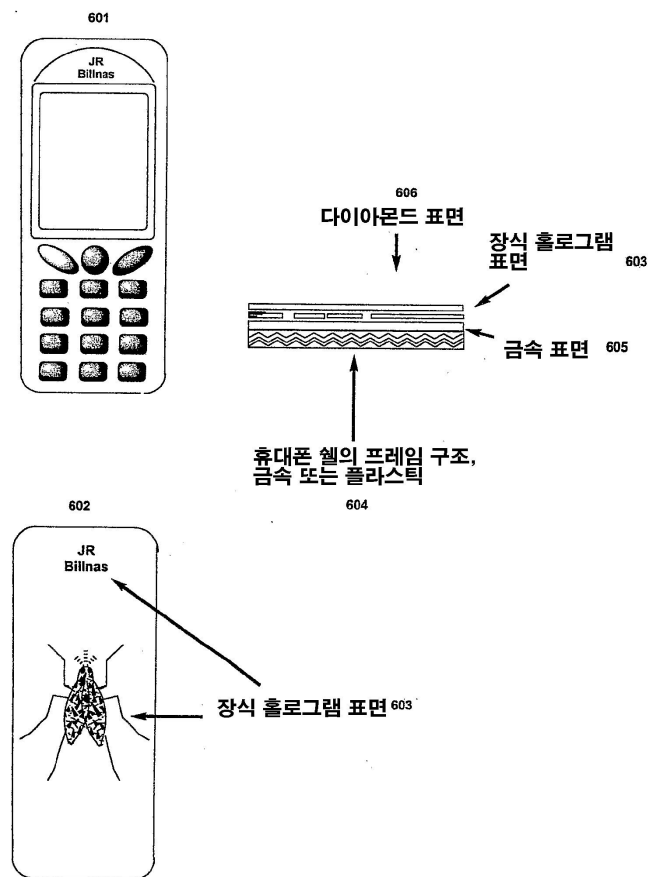
도면4



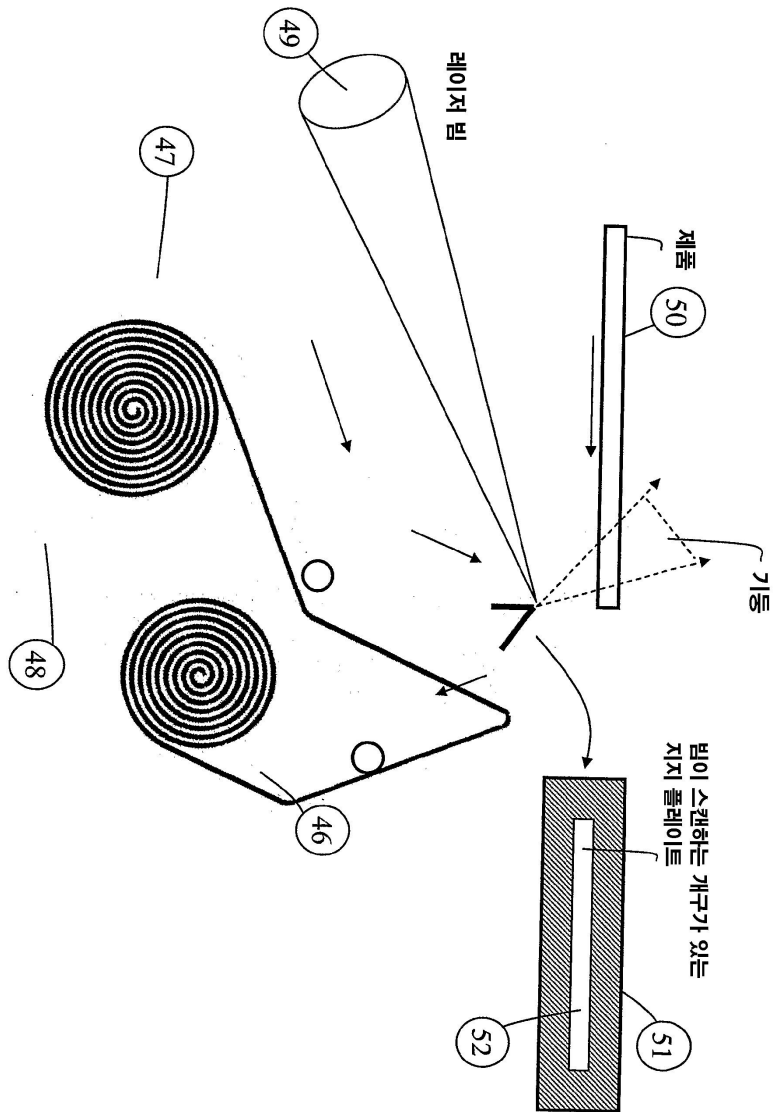
도면5



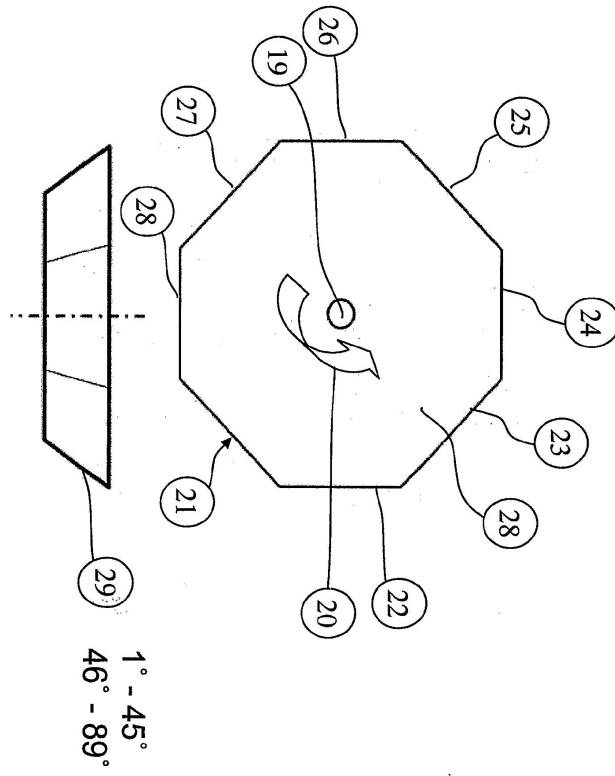
도면6



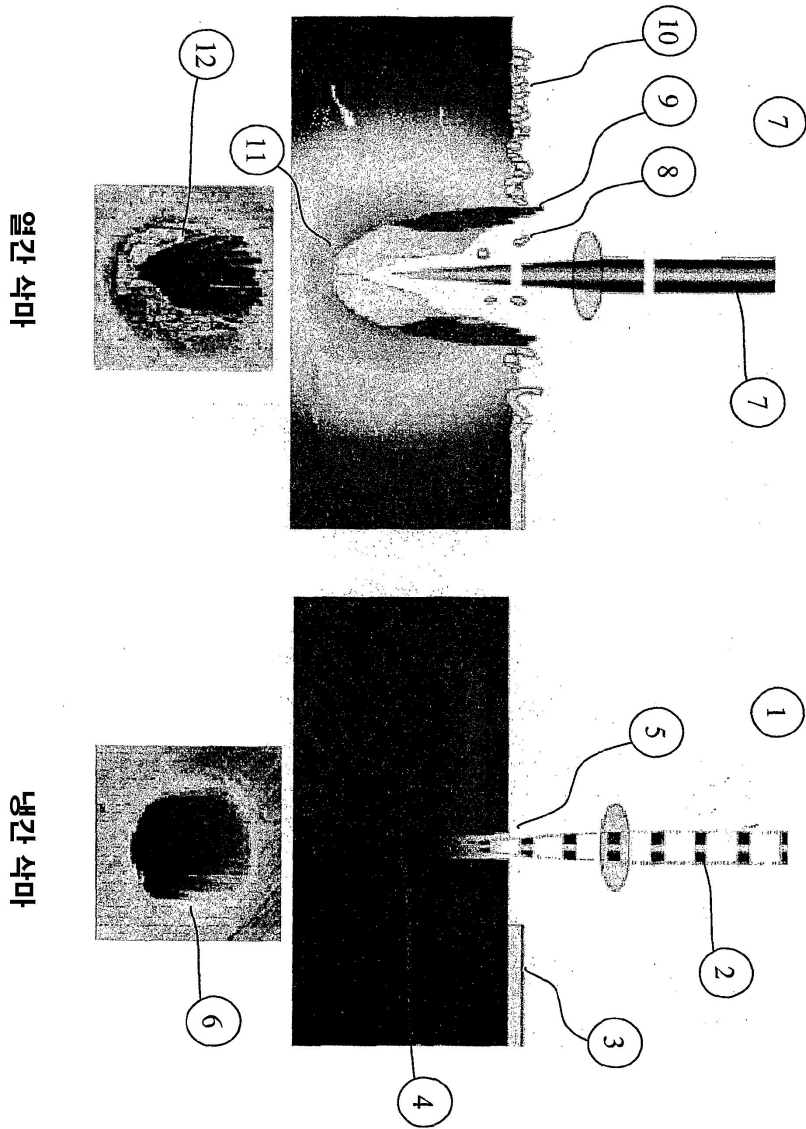
도면7



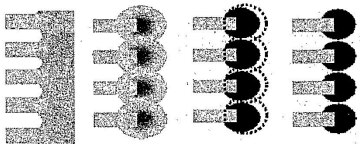
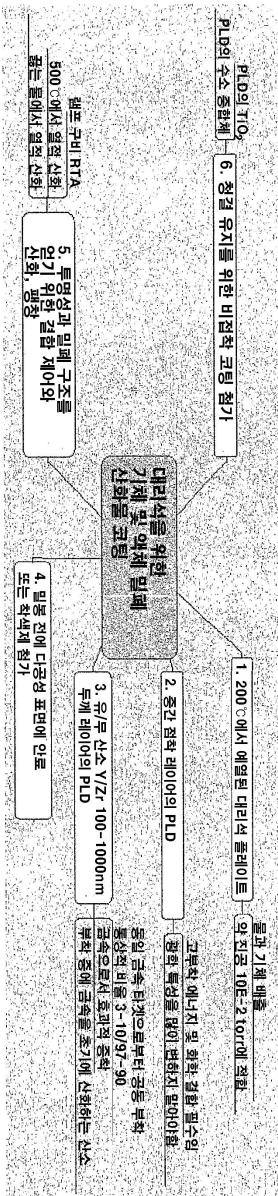
도면8



도면9



석재 플레이트 (광 착색제와 비접착 특성을 가지는 기체 및 액체 밀폐 산화물 코팅)



단계 3, 다공성 표면에 금속/부분 산화된 금속

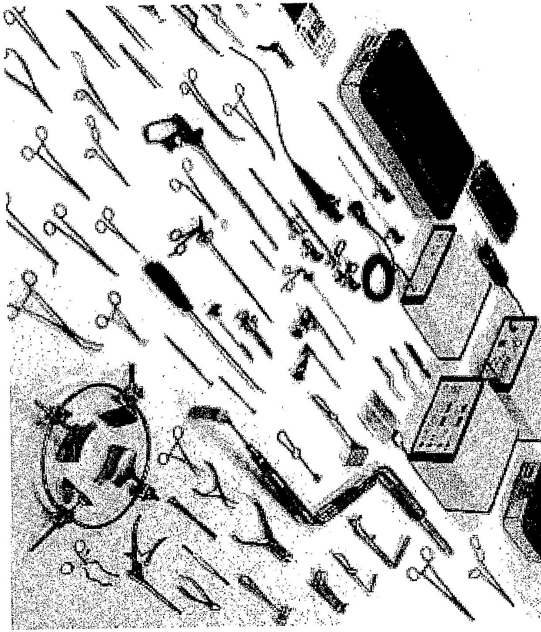
단계 4, 다공성 코팅 내의 착색제

단계 5, 완전 산화, 팽창 및 결함 제어

단계 6, 선택적 최종 표면 레이어 부가

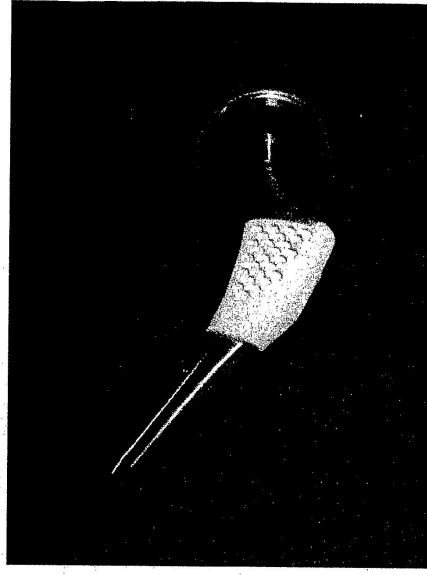
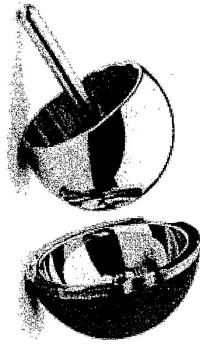
도면11

의학용 기구

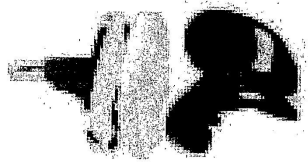


- 부식이 없음
- 세정이 용이
- 매끄러운 표면
- 마모 감소
- 날카로운 유지

도면12

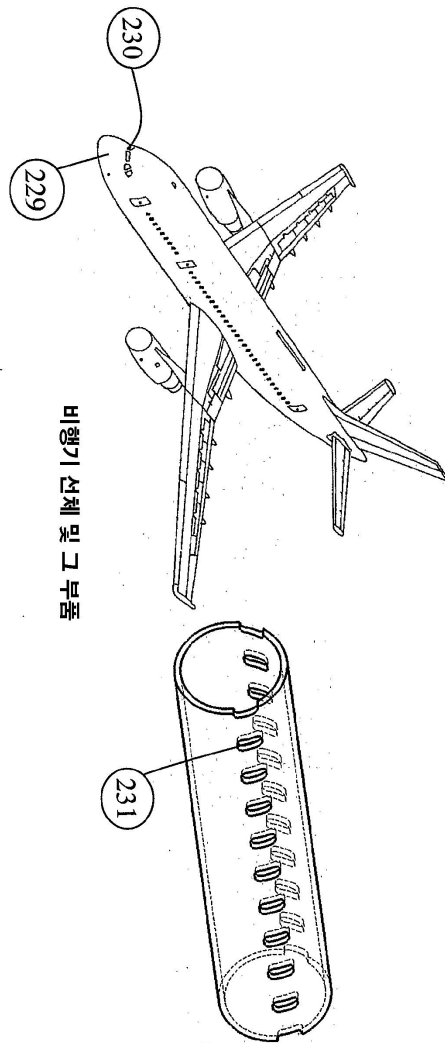


(폴딩 상태) (폴딩 상태)



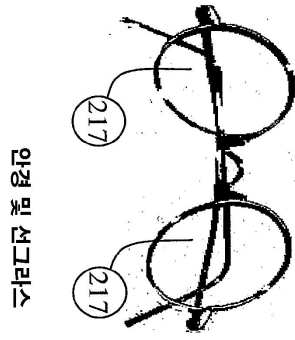
- 미착 감소
- 부식 없음
- 마모 감소
- 생체 적합성 개선

도면13



비행기 선체 및 그 부품

도면14



도면15

