



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0046468
(43) 공개일자 2020년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 11/00 (2006.01) C30B 29/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C30B 11/002 (2013.01)
C30B 11/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0127667
(22) 출원일자 2018년10월24일
심사청구일자 2018년10월24일

(71) 출원인
주식회사 에스티씨
경기도 화성시 향남읍 발안공단로4길 65
(72) 발명자
이희춘
서울특별시 강남구 언주로 107, 206동 601호 (개포동, 현대아파트)
문성환
경기도 수원시 영통구 센트럴타운로 76, 6119동 3101호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이재화

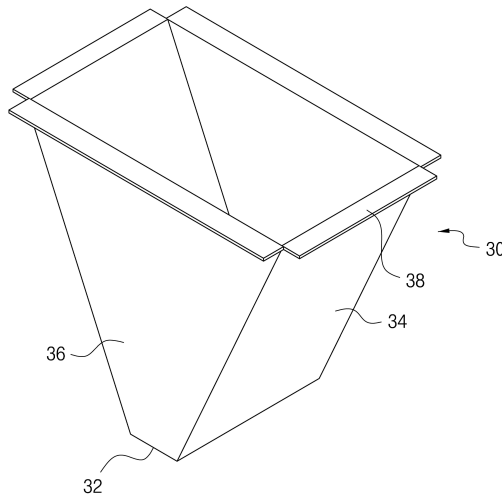
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 사파이어 단결정 성장장치용 도가니

(57) 요약

본 발명의 사파이어 단결정 성장장치용 도가니는 알루미늄이나 원료가 투입되어 사파이어 단결정이 수직방향으로 성장되는 도가니로서, 단결정 시드가 장착되는 하부의 내부 면적에 비해 상부의 내부 면적이 크게 형성되어, 단결정 시드의 사용량을 최소화할 수 있고, 사파이어 단결정 성장시간을 단축할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
C30B 29/20 (2013.01)

김형중

경기도 의정부시 녹양로62번길 60-3, 3층

(72) 발명자
장계원
경기도 성남시 분당구 산운로 97, 501동 504호
김준환
서울특별시 양천구 목동동로 50, 908호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10037619
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	WPM 사업
연구과제명	300mm a-축 사파이어 단결정 성장기술
기여율	1/1
주관기관	(주)에스티씨
연구기간	2010.09.01 ~ 2019.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

알루미나 원료가 투입되어 사파이어 단결정이 수직방향으로 성장되는 도가니로서,

상기 도가니는

직사각형 형태의 바닥부;

상기 바닥부와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 한쌍의 P면부; 및

상기 바닥부와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 직각방향으로 연결되고 P면부의 가장자리에 연결되며, 사다리꼴 형태로 형성되는 한쌍의 C면부;를 포함하는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 2

알루미나 원료가 투입되어 사파이어 단결정이 수직방향으로 성장되는 도가니로서,

상기 도가니는

직사각형 형태의 바닥부;

상기 바닥부와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 적어도 하나의 경사지게 형성되는 한쌍의 경사부;

상기 경사부에서 상방향으로 연장되는 한쌍의 직선부; 및

상기 바닥부와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 수직방향으로 연결되고 경사부 및 직선부의 가장자리에 연결되는 한쌍의 측면부;를 포함하는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 바닥부, P면부 및 C면부는 평판으로 형성되고, 상호 용접에 의해 결합되는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도는 리니지 결합이 전파되는 계면 각도보다 크게 형성되는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도(θ)는 $10^\circ \leq \theta < 60^\circ$ 인 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도(θ)는 $30^\circ \leq \theta < 60^\circ$ 인 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 경사부는 사파이어 단결정 잉곳의 직경이 6인치 이상일 때 1단 절곡되고, 8인치 이상인 경우 2단 절곡이 이루어지는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 경사부는

상기 바닥부의 4 면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 제1경사부; 및

상기 제1경사부에서 제1경사부와 다른 각도로 절곡되는 제2경사부;를 포함하는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 도가니의 상면에는 외측방향으로 절곡되어 도가니의 강도를 보강하는 보강 리브가 형성되는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 10

제2항에 있어서,

상기 경사부에서 직선부의 제2경사각도는, $85^\circ \leq \text{제2경사각도} < 90^\circ$ 인 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

청구항 11

알루미나 원료가 투입되어 사파이어 단결정이 VHGF(Vertical Horizontal Gradient Freezing)법에 따라 수직방향으로 성장되는 도가니로서,

상기 도가니는

직사각형 형태의 바닥부;

상기 바닥부와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 한쌍의 P면부; 및

상기 바닥부와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 직각방향으로 연결되고 P면부의 가장자리에 연결되며, 사다리꼴 형태로 형성되는 한쌍의 C면부;를 포함하며,

상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도는 리니지 결합이 전파되는 계면 각도보다 크게 형성되고,

상기 한쌍의 P면부는 각각 사파이어 단결정 잉곳의 직경이 6인치 이상일 때 적어도 하나의 절곡부를 포함하는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 알루미나 원료가 투입되어 사파이어 단결정을 성장시키는 사파이어 단결정 성장장치의 도가니에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 사파이어 단결정은 알루미늄(Al)과 산소(O)가 결합된 형태의 화합물인 알루미나(Al_2O_3)를 일정 온도에서 용융 후 응고되는 과정에서 HCP(육방정) 계통(Hexagonal system)의 결정구조를 가지고 한 방향으로 응고된 물질이다.

- [0003] 사파이어 단결정은 다이아몬드 다음의 경도를 지닌 소재로서, 내마모성, 내식성이 쿼츠와 비교해 약 10배 높고 절연특성, 빛 투과성이 우수하여 합성보석, 시계유리 뿐만 아니라 IT용, 산업용, 군사용, LED용 기판 등과 같은 첨단소재 분야에도 광범위하게 사용되고 있다. 특히, IT 기기의 터치 스크린(touch window)용 소재로 각광받고 있으며, 군사용 적외선 탐지 미사일 및 전투기, 탐색기 등의 윈도우용 소재로 사용되고 있다.
- [0004] 사파이어 단결정 성장법은 크게 시드(Seed)를 도가니 위쪽에 두고 아랫방향으로 결정을 성장시키는 상부 시딩법(upper seeding method)과 시드를 도가니 내부 바닥에 두고 위쪽으로 성장시키는 하부 시딩법(lower seeding method)으로 나눌 수 있다.
- [0005] 상부 시딩법에는 Czochralski, Kyropoulos, EFG법 등이 있다.
- [0006] Czochralski법은 고순도 알루미늄(Al_2O_3)을 이리듐 도가니에 넣고 용융시킨 후 시드(Seed)를 용액에 넣었다가 회전시키면서 인상하여 성장시키는 성장방법이다. 결정의 직경 조절이 자유롭고 길이가 길어 생산성이 높다는 장점이 있기 때문에 실리콘과 같은 반도체 단결정 성장에 가장 널리 이용되고 있다.
- [0007] 그러나, Czochralski법은 세라믹 결정과 같이 취성이 큰 결정의 육성에서는 높은 온도 구배로 인해 균열이 발생하기 쉬우며, 이로 인해 육성 가능한 결정의 직경에 큰 제한이 있을 뿐 아니라 전위와 같은 결정 내 결함이 높은 단점이 있다.
- [0008] Kyropoulos법은 알루미늄 재료를 용융시킨 후 시드(Seed)를 용액 위에 접촉시키고 용액의 온도를 서서히 낮추면서 성장시키는 성장방법이다.
- [0009] 이러한 Kyropoulos법은 회전과 인상의 움직임이 없어 Czochralski법에 비해 낮은 결함밀도를 가지며 대형의 잉곳을 성장시킬 수 있다는 장점이 있지만, 결정의 크기와 형태의 제어가 어려워 LED 기판용으로 사용시 잉곳 대비 기판의 수율이 낮은 단점이 있다.
- [0010] EFG법은 알루미늄 재료를 용융시켜 판상의 모세관을 통하여 올라오는 용융액의 위에 시드(Seed)를 접촉시킨 후 서서히 인상하며 판상의 잉곳을 성장시켜 얇은 판상이나 복잡한 단면의 결정을 효과적으로 육성시킬 수 있는 방법이다.
- [0011] 그러나, EFG법은 결정표면에 많은 기포가 형성되는 것을 피하기 어려워 표면의 50%가량을 그라인딩 등의 방법으로 제거해야 할 필요가 있어 생산성이 높지 않다.
- [0012] 하부 시딩법에는 HEM(Heat Exchange Method)법, VHGF(Vertical Horizontal Gradient Freezing)법 등이 있다.
- [0013] HEM법은 도가니 바닥에 시드(Seed)를 고정시키고 알루미늄 재료를 충전한 후 챔버 내부의 온도를 서서히 하강시키면서 결정을 성장시키는 방법이다.
- [0014] 이러한 HEM법은 낮은 결함밀도와 대형 잉곳 성장이 가능하다는 장점이 있으나 성장된 결정의 직경 대 길이비가 1:1 이하로 제한되며, 단면적이 큰 대형결정을 육성시키는 경우에는 결정의 성장시간이 지나치게 길어 생산성이 떨어지는 단점이 있다.
- [0015] VHGF법은 도가니 바닥에 시드(Seed)를 고정시키고 도가니 내부에 알루미늄 재료를 담아 용융시킨 후 챔버 내부의 수직 및 수평방향의 온도분포를 조절하여 히트 싱크(Heat sink) 방향으로부터 방향성 있는 응고를 진행하여 결정을 성장시키는 방법이다.
- [0016] 이러한 VHGF법은 결함밀도가 낮고 수직 수평방향으로 동시에 온도구배를 부가하여 결정의 형상에 대한 제한을 없애고 성장시간을 대폭 단축시킬 수 있다.
- [0017] 종래의 사파이어 단결정 성장장치는 한국 공개특허공보 제10-2011-0027593호(특허문헌 1)에 개시되고, 성장로 내부에 사파이어 잉곳을 성장시키는 도가니가 배치되며, 도가니의 주변에 히터가 설치된다.
- [0018] 종래의 도가니는 원통 형태 또는 직육면체 형태로 형성되어 상부와 하부의 면적이 동일하게 형성되므로 도가니의 하부에 장착되는 단결정 시드의 양이 많이 필요하고, 사파이어 잉곳의 성장 시간이 길어지며, As grown 잉곳으로부터 C-축방향의 원봉형 잉곳(즉, 코어)을 코어링한 후 남겨지는 사파이어 스크랩이 많아 낭비가 심한 문제가 있다.
- [0019] 한국 공개특허공보 제10-2011-0025716호(특허문헌 2)에는 도가니의 수평방향 온도를 균일하게 하기 위하여, 도가니의 외부에 발열체가 다수의 분할된 상태로 배치되어, 각각 독립적으로 작동되는 사파이어 단결정 성장장치로서, 원료의 장입이 용이하도록 도가니 상부가 벌어져 있는 정삼각형의 V자 단면형상을 가지며 일정 길이의 도

가니를 사용하고 있으나, 리니지 결합이 단결정 내부로 전파하는 것을 방지하기 위한 해결방안이나 단결정 잉곳 제품의 직경이 대구경화될 때 도가니의 파손이 발생하는 것을 방지하기 위한 해결방안은 제시되어 있지 않다.

[0020] 한편, 단결정 잉곳의 직경 크기가 커지는 경우, 도가니의 상단부 폭이 지나치게 길어지게 되므로 바람직하지 않다.

[0021] 대구경의 단결정 잉곳을 성장하는 경우 바닥부와 경사부 사이의 절곡부(chamfer)에 응력이 집중되어 도가니가 파손될 우려가 있으며, 도가니 두께를 두껍게 하는 경우 고온에서 Mo의 강도가 약해지기 때문에 절곡부(chamfer)의 응력 집중으로 인하여 도가니가 파손될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0022] (특허문헌 0001) : 한국 공개특허공보 제10-2011-0027593호

(특허문헌 0002) : 한국 공개특허공보 제10-2011-0025716호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0023] 따라서, 본 발명의 목적은 도가니의 하부 면적은 작고 상부면적은 크게 형성하여 단결정 시드의 양을 최소화하고, 사파이어 잉곳 성장시간을 최소화할 수 있는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니를 제공하는 것이다.

[0024] 본 발명의 다른 목적은 도가니의 하부를 사다리꼴 형태로 형성하여 C-축방향의 원뿔형 잉곳을 코어링하고 남겨지는 사파이어 스크랩의 양을 최소로 줄일 수 있어 사파이어 잉곳의 낭비를 최소화할 수 있는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니를 제공하는 것이다.

[0025] 본 발명의 또 다른 목적은 대구경의 단결정 잉곳을 성장하는 경우 바닥부와 경사부 사이의 절곡부(chamfer)에 응력이 집중되는 것을 방지할 수 있는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니를 제공하는 것이다.

[0026] 본 발명의 또 다른 목적은 도가니의 하부에 사다리꼴 형태로 경사지게 형성하여 리니지 결합이 사파이어 잉곳 내부로 전파되는 것을 방지하여 사파이어 잉곳의 불량률을 최소화할 수 있는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0027] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 사파이어 단결정 성장장치용 도가니는 알루미늄 원료가 투입되어 사파이어 단결정이 수직방향으로 성장되는 도가니이고, 단결정 시드가 장착되는 하부의 내부 면적에 비해 상부의 내부 면적이 크게 형성된다.

[0028] 상기 도가니는 직사각형 형태의 바닥부; 상기 바닥부와 연결되는 4 면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 한쌍의 P면부; 및 상기 바닥부와 연결되는 4 면 중 양쪽 측면에 직각방향으로 연결되고 P면부의 가장자리에 연결되며, 사다리꼴 형태로 형성되는 한쌍의 C면부;를 포함할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 도가니는 직사각형 형태의 바닥부; 상기 바닥부와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 적어도 하나의 경사지게 형성되는 한쌍의 경사부; 상기 경사부에서 수직방향으로 연장되는 한쌍의 직선부; 및 상기 바닥부와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 수직방향으로 연결되고 경사부 및 직선부의 가장자리에 연결되는 한쌍의 측면부;를 포함할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 경사부는 상기 바닥부의 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 제1경사부; 및 상기 제1경사부에서 제1경사부와 다른 각도로 절곡되는 제2경사부;를 포함할 수 있다.

[0031] 상기 경사부는 사파이어 단결정 잉곳의 직경이 6인치 이상일 때 1단 절곡되고, 8인치 이상인 경우 2단 절곡이 이루어질 수 있다.

- [0032] 상기 도가니의 상면에는 외측방향으로 절곡되어 도가니의 강도를 강화하는 강화 리브가 형성될 수 있다.
- [0033] 상기 바닥부, P면부 및 C면부는 평판으로 형성되고, 상호 용접에 의해 결합될 수 있다.
- [0034] 상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도는 리니지 결합이 전파되는 계면 각도보다 크게 형성될 수 있다.
- [0035] 상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도(θ)는 $10^\circ \leq \theta < 60^\circ$, 바람직하게는 $30^\circ \leq \theta < 60^\circ$ 로 형성될 수 있다.
- [0036] 상기 경사부에서 직선부의 제2경사각도는, $85^\circ \leq \text{제2경사각도} < 90^\circ$ 일 수 있다.
- [0037] 상기 도가니에서 성장된 사파이어 단결정 잉곳은 사파이어 단결정 잉곳의 성장방향인 A축 방향과 직각방향인 C축 방향으로 원봉 형태로 코어링되어 단결정 잉곳 제품이 제조될 수 있다.
- [0038] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 본 발명은 알루미늄 원료가 투입되어 사파이어 단결정이 VHGF(Vertical Horizontal Gradient Freezing)법에 따라 수직방향으로 성장되는 도가니로서, 상기 도가니는 직사각형 형태의 바닥부; 상기 바닥부와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 한쌍의 P면부; 및 상기 바닥부와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 직각방향으로 연결되고 P면부의 가장자리에 연결되며, 사다리꼴 형태로 형성되는 한쌍의 C면부;를 포함하며, 상기 바닥부와 P면부 사이의 제1경사각도는 리니지 결합이 전파되는 계면 각도보다 크게 형성되고, 상기 한쌍의 P면부는 각각 사파이어 단결정 잉곳의 직경이 6인치 이상일 때 적어도 하나의 절곡부를 포함하는 사파이어 단결정 성장장치용 도가니를 제공한다.

발명의 효과

- [0039] 본 발명의 사파이어 단결정 성장장치용 도가니는 도가니의 하부 면적은 작고 상부면적은 크게 형성하여 단결정 시드의 양을 최소화하고, 사파이어 잉곳 성장시간을 최소화할 수 있다.
- [0040] 또한, 도가니의 하부를 사다리꼴 형태로 형성하여 C-축방향의 원봉형 잉곳을 코어링하고 남겨지는 사파이어 스크랩의 양을 줄일 수 있어 사파이어 잉곳의 낭비를 최소화할 수 있다.
- [0041] 더욱이, 도가니의 하부에 사다리꼴 형태로 경사지게 형성하여 리니지 결합이 사파이어 잉곳 내부로 전파되는 것을 방지하여 사파이어 잉곳의 불량률 최소화할 수 있다.
- [0042] 본 발명에 따른 도가니는 다면체 형상으로 이루어져 있어 이로부터 성장된 사파이어 단결정 잉곳도 평면을 포함하고 있기 때문에 As Grown 상태에서 잉곳 내부의 기포, 리니지, 쌍정과 같은 결함의 검사가 용이하게 이루어질 수 있다.
- [0043] 또한, 사파이어 단결정 성장은 A축 성장하여 C축으로 코어링을 하여 사용하기 때문에 기존의 원기둥형 단결정 잉곳과 비교할 때 길이방향으로 일정한 길이를 갖는 다면체, 예를들어, 육면체 형상의 단결정 잉곳이 성장되는 본 발명의 형상학적 이론 수율은 원기둥형 단결정 잉곳의 2배 이상이다.

도면의 간단한 설명

- [0044] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 사파이어 단결정 성장장치의 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 도가니의 사시도이다.
- 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 도가니의 단면도이다.
- 도 4는 기존의 도가니를 사용할 때 C축 방향의 코어링되는 잉곳 제품과 스크랩 부분을 보여주는 도면이다.
- 도 5a는 본 발명의 제1실시예에 따른 도가니를 사용할 때 C축 방향의 코어링되는 잉곳 제품과 스크랩 부분을 보여주는 도면이다.
- 도 5b는 단결정 시드에서 사파이어 잉곳이 성장할 때, 리니지 결합의 전파방향을 설명하기 위한 설명도이다.
- 도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 1단 챔퍼형 도가니의 사시도이다.
- 도 7은 본 발명의 제3실시예에 따른 2단 챔퍼형 도가니의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0045] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시될 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고

려하여 특별히 정의된 용어들은 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 한다.

- [0046] 본 발명의 사파이어 단결정 성장은 VHGF(Vertical Horizontal Gradient Freezing)법의 잉곳 성장을 바탕으로 설명이 이루어지나, 하부 시딩법을 사용하는 HEM법 등의 다른 공법에도 사용 가능하다.
- [0047] VHGF법에 따른 사파이어 단결정 성장은 도가니 바닥에 단결정 시드(Seed)를 고정시키고 도가니 내부에 알루미늄 재료를 담아 용융시킨 후 챔버 내부의 수직 및 수평 방향의 온도분포를 조절한 후 잔류 시드(seed)로부터 수직 방향인 A축 방향으로 방향성 있는 응고를 진행하여 결정을 성장시킨다.
- [0048] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 사파이어 단결정 성장장치의 단면도이다.
- [0049] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 사파이어 단결정 성장장치는 VHGF법에 따른 사파이어 단결정 성장장치로서, 내부 공간을 갖는 챔버(10)와, 챔버(10) 내부에 배치되어 챔버(10) 내부를 단열하는 내화물(20)과, 내화물(20)의 내부에 배치되어 알루미늄 원료가 투입되어 사파이어 단결정(60)의 성장이 이루어지는 도가니(30)와, 도가니(30)의 외부를 둘러싸도록 내화물(20) 내부에 배치되어 핫 존(hot zone)의 온도를 승온시키며 도가니 내부의 전체적인 온도구배를 형성하도록 발열이 이루어지는 메인히터(40)와, 도가니(30) 하부와 접촉하는 냉각관을 구비하고 도가니(30)의 온도를 조절하는 냉각유닛(50)과, 상기 냉각관을 둘러싸도록 배치되어 도가니(30)로부터 냉각관을 통해 빠져나가는 열유속을 제어하는 보조히터(도시되지 않음)를 포함하고 있다.
- [0050] 챔버(10)는 사파이어 단결정(60)의 용융점(2050℃) 이하의 고온에서 내화물(20)로부터 방출되는 열에 의한 변형이 발생되지 않아야 하며, 진공 및 가스 분위기에서 사용이 가능하여야 한다.
- [0051] 따라서, 챔버(10)는 열에 의한 변형을 방지하기 위하여 냉매(냉각수, 가스 등)를 이용하여 챔버(10)를 냉각할 수 있도록 냉매가 흐르는 이중 챔버가 사용될 수 있다.
- [0052] 내화물(20)은 메인히터(40)에서 방출되는 열이 외부로 유출되는 것을 방지하는 단열재 역할을 하는 것으로, 내화물(20)의 소재로는 텅스텐, 몰리브데늄, 카본 및 흑연계 펠트 등의 금속계 및 세라믹계 재질 등이 사용될 수 있다.
- [0053] 도가니(30)는 알루미늄 원료를 용융시킨 후 응고시켜 사파이어 단결정(60)을 성장시킬 때 알루미늄 원료의 용융 온도인 2050℃에서도 녹지 않을 수 있는 텅스텐이나 몰리브데늄, 이리듐 등의 금속재질로 형성된다.
- [0054] 도가니(30)는 챔버(10) 내에 수직으로 세워지도록 배치되고, 도가니(30)의 내부 바닥에는 사파이어 단결정을 성장시킬 수 있는 크기를 갖는 사파이어 단결정 시드(seed)(62)가 장착된다. 도가니(30)의 상면에는 외측방향으로 절곡되는 보강리브(38)가 형성되어 도가니(30)의 강도를 보장하는 것이 바람직하다.
- [0055] 메인히터(40)는 핫 존(hot zone)의 온도를 승온시키며 도가니 내부의 전체적인 수직 및 수평 방향의 온도구배를 형성하도록 발열이 이루어지며, VHGF(Vertical Horizontal Gradient Freezing)법에 따라 단결정 성장장치에 도가니 내부에 장입된 알루미늄 원료를 용융시킨 후 도가니 내부에 수직 및 수평 방향의 온도구배를 형성하여 잔류 시드(seed)가 있는 도가니 바닥으로부터 상측으로 방향성 있는 응고를 진행하는 데 적합한 히터를 사용할 수 있다.
- [0056] 메인히터(40)의 상부에는 메인히터(40)에서 상부로 복사되는 열을 반사시키기 위한 반사판(190)이 설치된다. 즉, 내화물(20)의 상부 내면에 반사판(190)이 설치되어 메인히터(40)에서 발생하는 열이 반사하여 챔버(10)의 상부로 열이 누수되는 것을 방지한다. 반사판(190)은 몰리브데늄 재질로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0057] 메인히터(40)의 온도제어를 위해 파이로미터(Pyrometer)를 사용하여 온도를 측정한다. 챔버(10) 및 내화물(20)에는 파이로미터(Pyrometer)를 사용하여 온도를 측정하기 위한 포트홀(170)이 형성된다.
- [0058] 파이로미터(Pyrometer)는 그 특성상 측정하고자 하는 물체의 방사율(Emissivity)에 따라 측정값이 변하게 된다. 따라서, 흑연 재질의 메인히터(40)의 온도를 직접 측정하게 되면 성장공정에서 발생하는 이물질(가스, 흡착물 및 분진 등)로 인하여 메인히터(40)의 표면 방사율이 변하기 때문에 온도 측정에서 오차가 발생된다.
- [0059] 본 실시예에서는 이러한 온도측정 오차를 줄이기 위하여 내화물(20)의 내면에 온도 측정을 위해 별도로 온도측정용 흑연판(160)을 장착하여 파이로미터(Pyrometer)의 온도 측정지점으로 사용된다.
- [0060] 흑연판(160)은 메인히터(40)에 비해 이물질이 적게 흡착되어 방사율이 일정하고, 메인히터(40)와 인접하여 응답성이 빠르고, 메인히터(40)에 비해 사이즈가 작고 교체가 용이하여 보다 정밀한 온도를 측정할 수 있다.

- [0061] 도 1에서 미설명 부재번호 90은 지지 플레이트, 96은 기움 방지부, 190은 반사판이다.
- [0062] 산화물 단결정 중 하나인 사파이어 단결정의 경우, 많은 응용 분야에서 C면을 사용하기 때문에 수평방향의 C축(C-axis) 성장이 형상학적으로 유리하다. 그러나, C축 성장에서 많은 결함이 발생하기 때문에 대부분의 단결정 성장공법은 수직방향의 A축 성장을 이용한다.
- [0063] 하부 시딩(seeding)공법의 성장 방향(Growth direction)은 아래에서 위 방향이다. 하부 시딩(seeding)공법의 성장 방위는 A축이므로 가장 많이 사용하는 C면의 대구경화를 위해서는 A축의 단결정 잉곳의 높이가 증가해야 한다.
- [0064] 일반적으로 A축 단결정 성장이 완성된 잉곳의 하부, 특히 시드와 근접된 부분은 리니지 결함 등이 많고 구경이 작기 때문에 버려버리고, 웨이퍼 형상으로 슬라이싱(slicing)이 이루어지는 원봉형 잉곳(즉, 코어)은 상부로부터 얻는다.
- [0065] 도가니(30)는, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 단결정 시드(62)가 장착되는 직사각형 형태의 바닥부(32)와, 바닥부(32)와 연결된 4면(변) 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 바닥부(32)의 전면 및 후면과 동일한 길이를 갖고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 한쌍의 P면부(34)와, 바닥부(32)의 4면(변) 중 길이가 짧은 양쪽 측면에 연결되고 바닥부(32)에서 직각방향으로 연결되고 양쪽 가장자리가 P면부(34)의 가장자리에 연결되도록 상측방향으로 갈수록 폭이 점차적으로 넓어지게 형성되는 한쌍의 C면부(36)를 포함한다.
- [0066] 상기 바닥부(32), P면부(34) 및 C면부(36)는 예를 들어, 몰리브덴(Mo)으로 이루어진 평판으로 형성되고, 예를 들어, TIG(Tungsten Inert Gas Welding) 방식의 상호 용접에 의해 결합될 수 있다.
- [0067] 한쌍의 P면부(34)는 각각 직사각형 평판 형태로 형성되고 바닥부(32)에서 상측방향으로 갈수록 외측방향으로 벌어지는 제1경사각도(θ)를 갖는다.
- [0068] 한쌍의 C면부(36)는 각각 사다리꼴 평판 형태이고, 상측방향으로 갈수록 그 폭이 점차적으로 넓어지게 형성된다.
- [0069] 이와 같이, 도가니(30)는 전체적인 모양이 하부는 내부 면적이 작고 상부는 내부 면적이 하부에 비해 넓어지게 형성되어 단결정 시드(62)의 사용량을 최소화할 수 있고, 사파이어 단결정의 성장이 완료된 후 C축 방향으로 코어링을 실시하여 원봉 형태의 잉곳 제품이 제조되므로 남겨지거나 버려지는 사파이어 스크랩(scrap)의 낭비를 최소화할 수 있다.
- [0070] 즉, 기존의 도가니(70)가 직육면체 형태일 경우 도 4에 도시된 바와 같이, C면을 따라 원봉 형태의 잉곳 제품(72)을 코어링 가공할 때 사파이어 잉곳의 남겨지는 부분(P), 즉, 스크랩이 많아 낭비가 심한 문제가 있는 반면에, 본 실시예에 따른 도가니(30)는 도 5a에 도시된 바와 같이, C축을 따라 원봉 형태의 잉곳 제품(80)을 제조할 때 사파이어 잉곳의 남겨지는 부분(Q), 즉 스크랩을 최소화할 수 있어 낭비를 최소화할 수 있다.
- [0071] 그리고, 동일 시간 동안 사파이어 잉곳을 성장시킬 때 기존의 직육면체 형태나 원통 형태의 도가니의 경우 동일한 직경 및 폭으로 성장시키기 때문에 시간이 오래 걸리지만, 본 실시예에 따른 도가니(30)는 하부의 면적이 작고 상측방향으로 갈수록 면적이 점차적으로 커지는 구조이므로 사파이어 잉곳을 빨리 성장시킬 수 있어 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0072] 사파이어 단결정 성장 시 발생하는 주요 결함으로는 크랙, 기포, 리니지(Lineage) 등이 있다. 이러한 결함 중 리니지 결함은 단결정에서 흔히 말하는 서브 그레인 바운더리(sub-grain boundary)를 말하는 것으로 단결정을 구성하는 원자들의 배열방향이 0~0.1도 틀어져서 성장된 것을 말한다.
- [0073] 상기 리니지 결함의 생성원인으로는 고온에서 단결정 성장 시 걸리는 온도차이에 의한 응력, 고온에서의 온도의 급격한 변화, 개재물에 의한 열적 물리적 불평형, 또는 물리적 압력에 의한 슬립(slip) 등이 있으며 이러한 결함이 생성된 후 그 위에 성장되는 결정은 결함이 생성된 방향을 따라 지속적으로 성장되기 때문에 결함이 면으로 존재하게 된다. 따라서 리니지 결함이 생성되면 사파이어 단결정 전체가 불량이 되는 경우가 많다.
- [0074] 단결정 시드에서 사파이어 잉곳이 성장할 때, 리니지 결함의 전파는 고-액 계면(즉, 잔류 시드의 상부면)과 도가니가 만나는 점에서 계면의 수직 방향(도 5b의 화살표 A방향)으로 진행된다. 따라서, 직육면체 도가니를 사용하는 경우 고-액 계면과 도가니의 바닥부가 만나는 P면부 방향의 계면 각도로 리니지 결함의 전파가 이루어지고, 리니지 결함이 사파이어 잉곳의 외부로 전파될 경우 결정 내부는 리니지 결함이 없게 되나, 리니지 결함이 사파이어 잉곳의 내부로 전파될 경우 해당 위치에 불량이 발생하는 문제가 있다.

- [0075] 본 실시예에서는 도 3과 같이 리니지 결합이 전파되는 계면 각도에 비해 바닥부(32)와 P면부(34)가 이루는 제1경사각도(θ)를 크게 설정하여 리니지 결합이 사파이어 잉곳 내부로 전파되는 것을 방지할 수 있어 사파이어 잉곳의 리니지 불량을 방지할 수 있다.
- [0076] 여기에서, 바닥부(32)와 P면부(34) 사이 제1경사각도(θ)는 $10^\circ \leq \theta < 60^\circ$, 바람직하게는 $30^\circ \leq \theta < 60^\circ$ 로 형성되는 것이 좋다.
- [0077] 상기와 같이, 리니지 결합의 전파는 고-액 계면(즉, 잔류 시드의 상부면)과 도가니가 만나는 점에서 계면의 수직 방향으로 진행되므로, 소직경용 도가니인 경우, 잔류 시드도 상대적으로 작게 형성되는 것이 바람직하다. 따라서, 6인치 미만의 소직경용 도가니인 경우, 바닥부(32)와 P면부(34) 사이 제1경사각도(θ)는 60° 를 초과하며 70° 미만, 즉, $60^\circ < \theta < 70^\circ$ 으로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0078] 즉, 바닥부(32)와 P면부(34) 사이 제1경사각도는 리니지 결합이 전파되는 계면 각도보다 크게 설정하는 것이 필요하고 C축을 따라 코어팅을 실시하여 원봉 형태의 잉곳 제품을 제조할 때 낭비를 최소화할 수 있다.
- [0079] 한편, 상기한 제1실시예에 따른 도가니(30)는 C면이 사다리꼴 형상으로 이루어져 있으며, 예를 들어, 4인치의 단결정 잉곳 제품을 제조할 때 적합한 구조이다. 그러나, 단결정 잉곳의 직경 크기가 더 커지는 경우, 사다리꼴 도가니의 상단부 폭이 지나치게 길어지게 되므로 바람직하지 않다.
- [0080] 따라서, 4인치 이상 6인치의 단결정 잉곳 제품을 제조할 때는 하기 제2실시예와 같이 1단의 챔퍼(chamfer)형으로 형상을 변경하여 도가니 상부의 길이가 너무 길어지는 것을 방지하는 것이 바람직하다.
- [0081] 또한, 단결정 잉곳의 높이가 200mm 이상인 경우(즉, 8인치 잉곳 제품인 경우) 또는 도가니 두께가 두꺼워지는 경우 고온에서 Mo의 강도가 약해지기 때문에 절곡부(chamfer)의 응력 집중으로 인한 도가니 파손을 막기 위해 8인치 이상의 잉곳을 제조할 경우 제3실시예와 같이 2단 이상의 챔퍼를 도입하는 것이 바람직하다.
- [0082] 도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 1단 챔퍼형 도가니의 측면도이다.
- [0083] 제2실시예에 따른 도가니(100)는 직사각형 형태의 바닥부(102)와, 바닥부(102)와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 경사부(104)와, 경사부(104)에서 상방향으로 연장되는 직선부(106)와, 바닥부(102)와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 수직방향으로 연결되고 경사부(104) 및 직선부(106)의 가장자리에 연결되는 측면부(108)를 포함한다.
- [0084] 이 경우, 상기 직선부(106)는 경사부(104)에서 상방향으로 경사지게 연장될 때, 상기 직선부(106)의 제2경사각도는 도가니(100)와 잉곳의 분리 및 도가니와 도가니 용접지그의 분리가 용이하게 이루어지도록 $85^\circ \leq$ 제2경사각도 $< 90^\circ$ 의 각도를 주는 것이 바람직하다.
- [0085] 제2실시예에 따른 도가니(100)는 제1실시예에 따른 4인치의 도가니(30)에 비해 사이즈가 큰 6인치의 단결정 잉곳 제품을 제조할 때 사용되는 것으로, 도가니(100)의 하부는 사다리꼴 형태로 형성되고, 도가니(100)의 상부는 하부보다 각도가 더 작은 사다리꼴 형태로 형성된다.
- [0086] 여기에서, 경사부(104)의 제1경사각도(θ)는 제1실시예와 동일하게 $10^\circ \leq \theta < 60^\circ$, 바람직하게는 $30^\circ \leq \theta < 60^\circ$ 로 형성되는 것이 좋다.
- [0087] 도 7은 본 발명의 제3실시예에 따른 2단 챔퍼형 도가니의 측면도이다.
- [0088] 제3실시예에 따른 도가니(110)는 직사각형 형태의 바닥부(112)와, 바닥부(112)와 연결되는 4면 중 길이가 긴 전면 및 후면에 연결되고 외측방향으로 벌어지도록 경사지게 형성되는 제1경사부(114)와, 제1경사부(114)에서 제1경사부(114)와 다른 각도로 절곡되는 제2경사부(116)와, 제2경사부(116)에서 상방향으로 연장되는 직선부(118)와, 바닥부(112)와 연결되는 4면 중 양쪽 측면에 수직방향으로 연결되어 제1경사부(114), 제2경사부(116) 및 직선부(118)의 가장자리에 연결되는 측면부(120)를 포함한다.
- [0089] 제3실시예의 도가니(110)에서도 바닥부(112)와 제1경사부(114) 사이의 경사각도(θ)는 제1실시예와 동일하게 $10^\circ \leq \theta < 60^\circ$, 바람직하게는 $30^\circ \leq \theta < 60^\circ$ 로 형성되는 것이 좋다.
- [0090] 상기 직선부(118)는 제2경사부(116)에서 상방향으로 경사지게 연장될 때, 상기 직선부(118)의 경사각도는 도가니(100)와 잉곳의 분리 및 도가니와 도가니 용접지그의 분리가 용이하게 이루어지도록 $85^\circ \leq$ 제2경사각도 $< 90^\circ$ 의 각도를 주는 것이 바람직하다.
- [0091] 제3실시예에 따른 도가니(110)는 8인치 이상의 대구경의 잉곳을 제조할 때 사용하는 것으로, 제2실시예에 따른

도가니(6인치 크기의 잉곳을 제조할 때 적용)(100)에 비해 사이즈가 클 경우 사용되는 것으로, 대구경의 경우 바닥부와 경사부 사이의 절곡부(chamfer)에 응력이 집중되어 도가니가 파손될 우려가 있다. 따라서, 절곡부를 2번 이상 절곡하여 응력을 분산시켜 도가니의 파손을 방지한다.

[0092] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예를 예를 들어 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

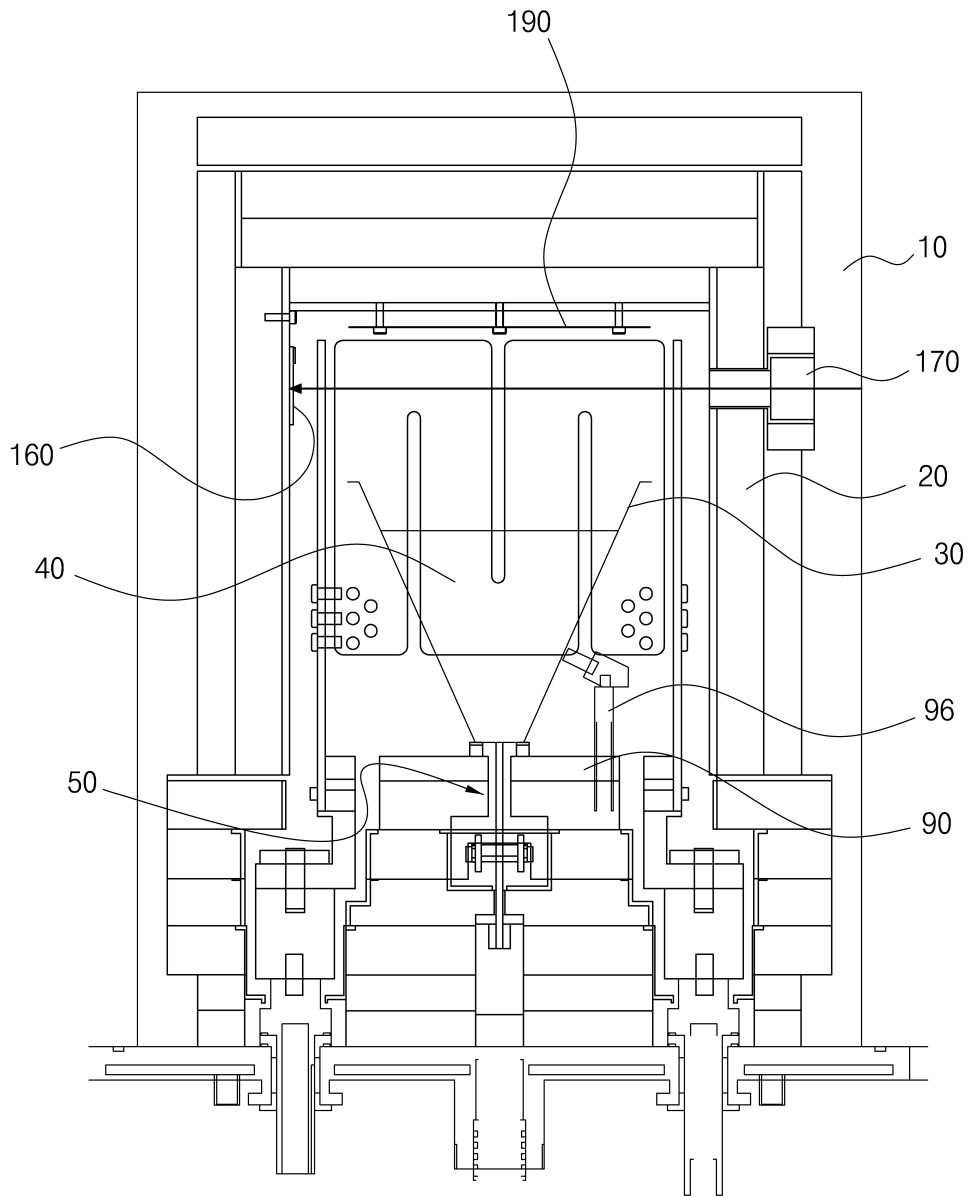
부호의 설명

[0093]

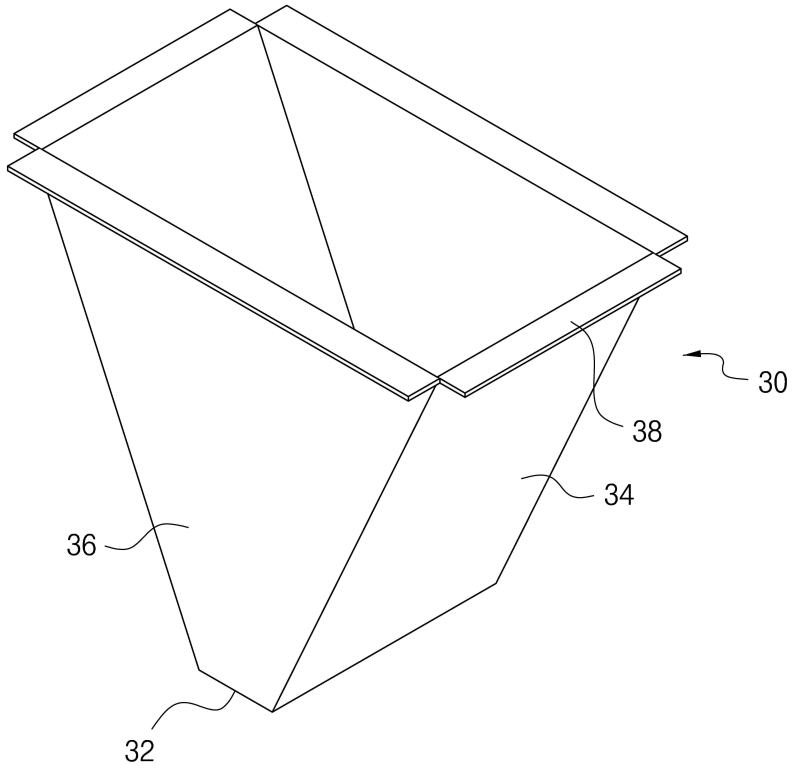
10: 챔버	20: 내화물
30,100,110: 도가니	32,102,112: 바닥부
34: P면부	36: C면부
38: 보강리브	40: 메인히터
50: 냉각유닛	60: 사파이어 단결정
62: 단결정 시드	72,80: 잉곳 제품
104,114,116: 경사부	106,118: 직선부
108,120: 측면부	

도면

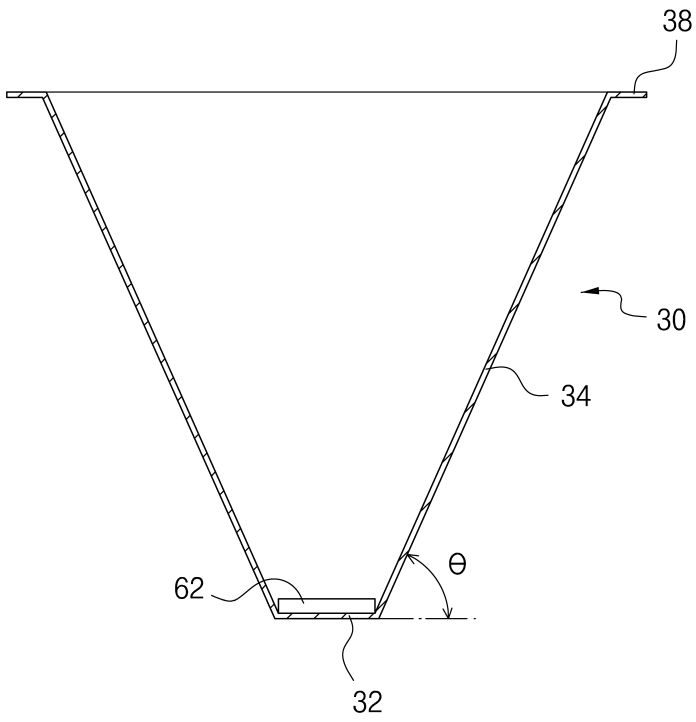
도면1



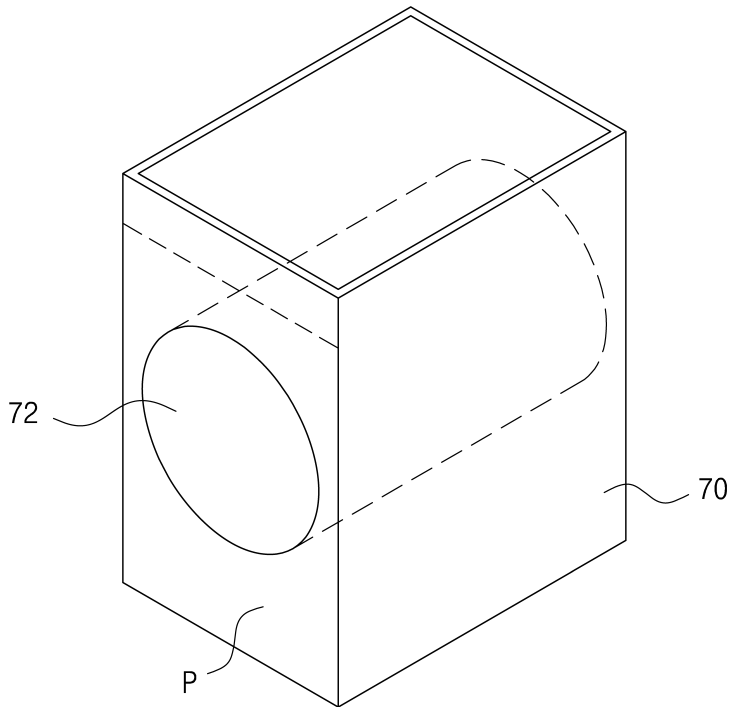
도면2



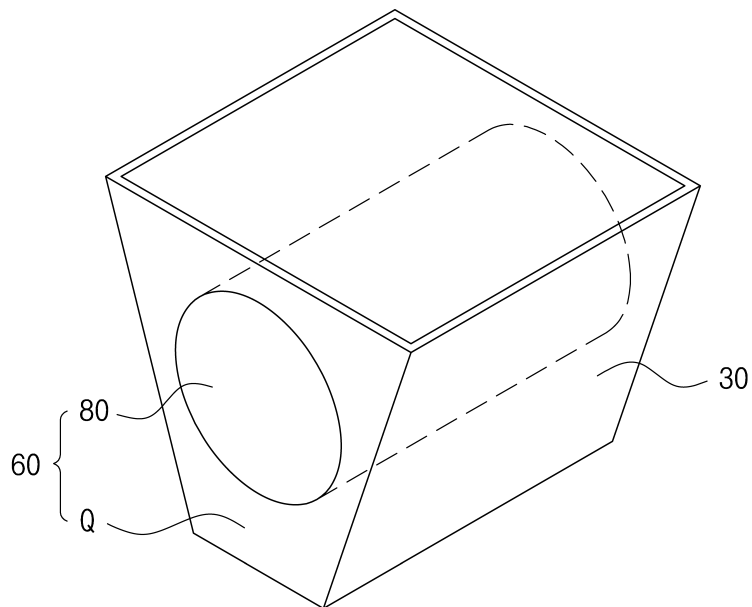
도면3



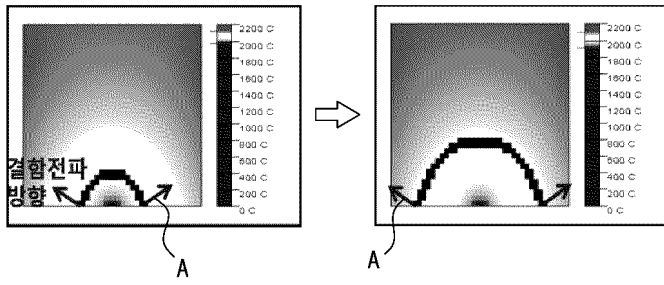
도면4



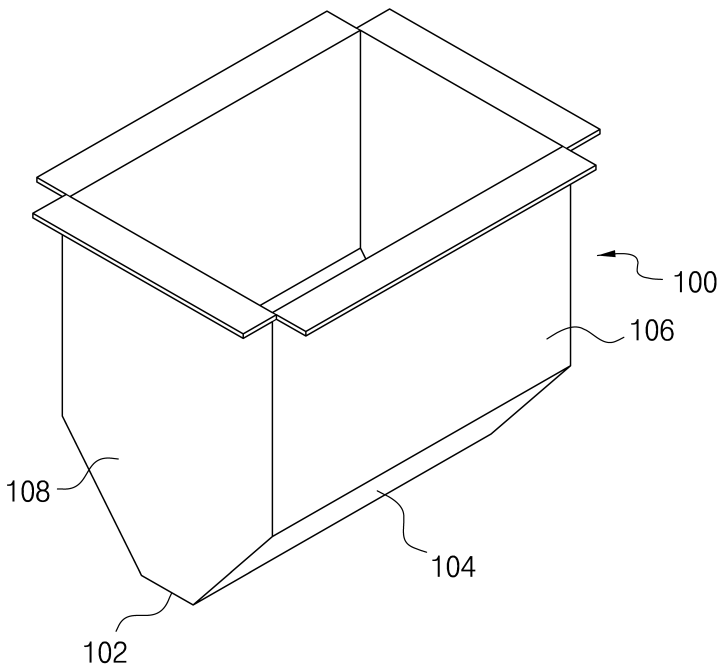
도면5a



도면5b



도면6



도면7

