



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월31일
(11) 등록번호 10-1742347
(24) 등록일자 2017년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/301 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7032469(분할)
(22) 출원일자(국제) 2011년03월29일
심사청구일자 2016년02월15일
(85) 번역문제출일자 2012년12월12일
(65) 공개번호 10-2013-0009879
(43) 공개일자 2013년01월23일
(62) 원출원 특허 10-2012-7022017
원출원일자(국제) 2011년03월29일
심사청구일자 2012년10월08일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/001556
(87) 국제공개번호 WO 2011/131283
국제공개일자 2011년10월27일
(30) 우선권주장
10004313.2 2010년04월23일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006135272 A*
JP2009182067 A*
JP2006135272 A*
JP2009182067 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
에베 그룹 게엠베하
오스트리아, 세인트. 플로리안, 아-4782, 테아 에
리히 탈너 슈트라쎄 1
(72) 발명자
린드너, 프리드리치, 폴
오스트리아, 샤프딩/인 아타-4780, 인부르크스트
라쎄, 22
부르그라프, 요르겐
오스트리아, 샤프딩/인 아-4780, 베른스타이너 스
트라쎄, 34
(74) 대리인
강명구, 김현석

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 오준철

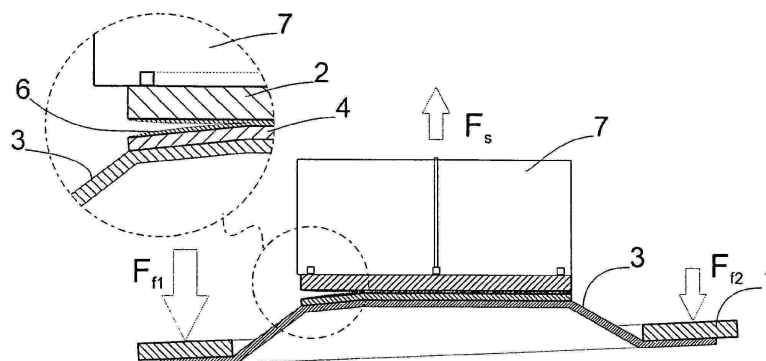
(54) 발명의 명칭 제작 기판을 캐리어 기관으로부터 분리하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

결합층에 의해 제작 기판에 연결된 캐리어 기관으로부터 제작 기판을 박리하기 위한 장치에 있어서, 상기 장치는 필름 프레임; 필름 프레임에 연결되고 가요성 필름의 접착 표면 섹션에서 제작 기판을 고정하기 위한 접착층을 가지며, 상기 가요성 필름이 접착 표면 섹션을 둘러싸는 가요성 필름의 부착 섹션에서 필름 프레임에 연결되는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



상기 가요성 필름; 뿐만 아니라 필름 프레임과 상기 필름에 의해 특히 가변적 부피로, 결합층을 분리하기 위한 용매를 보유하기 위하여 형성된 용매 저장소, 여기서 제작 기관 및 결합층이 상기 용매 저장소에 수용될 수 있으며; 용매를 용매 저장소에 전달하기 위한 전달 수단; 및 제작 기관을 캐리어 기관으로부터 박리하기 위한 박리 수단에 의해 실시된다.

또한 본 발명은 필름 프레임과 상기 필름 프레임에 연결된 가요성 필름에 의해 형성되며, 결합층을 분리하기 위한 용매를 보유하기 위한 용매 저장소를 형성하고; 뿐만 아니라 제작 기관 및 결합층을 용매 저장소에 고정하고; 그리고 용매를 용매 저장소에 전달하고; 그리고 제작 기관을 캐리어 기관으로부터 박리함으로써, 제작 기관을 캐리어 기관으로부터 박리하는 방법에 관한 것이다.

명세서

청구범위

청구항 1

결합층(6)에 의해 제작 기관(4)에 연결된 캐리어 기관(2)으로부터 제작 기관(4)을 박리하기 위한 장치에 있어서, 상기 제작 기관(4)은 가요성 필름(3)에 수령되며 상기 가요성 필름(3)은 상기 필름(3)의 접촉 표면 섹션(3k)에서 상기 제작 기관(4)을 고정하기 위한 접착층(3s)을 가지며, 여기서 상기 필름(3)은 상기 접착 표면 섹션(3k)을 둘러싸는 상기 필름(3)의 부착 섹션(3b)에서 필름 프레임(1)에 연결되며, 상기 장치는

- 상기 캐리어 기관(2)에 작용하는 힘 F_s 와, 상기 필름 프레임(1)의 주변부 상에 분포되어 작용하고 상기 힘 F_s 에 대항하는, 서로 다르게 제어되는 적어도 2개의 힘 F_{f1} 및 F_{f2} 에 의해 상기 제작 기관(4)을 상기 캐리어 기관(2)으로부터 박리하기 위한 박리 수단을 포함하는, 제작 기관(4)을 박리하기 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 필름(3)은 상기 접착 표면 섹션(3k)과 상기 부착 섹션(3b) 사이에 위치하는 박리 섹션(3a)에서 클램핑될 수 있음을 특징으로 하는, 제작 기관(4)을 박리하기 위한 장치.

청구항 3

결합층(6)에 의해 제작 기관(4)과 연결된 캐리어 기관(2)으로부터 제작 기관(4)을 박리하기 위한 방법에 있어서, 상기 제작 기관(4)은 가요성 필름(3)에 수령되며 상기 가요성 필름(3)은 상기 필름(3)의 접촉 표면 섹션(3k)에서 상기 제작 기관(4)을 고정하기 위한 접착층(3s)을 가지며, 여기서 상기 필름(3)은 상기 접착 표면 섹션(3k)을 둘러싸는 상기 필름(3)의 부착 섹션(3b)에서 필름 프레임(1)에 연결되며, 상기 방법은

- 상기 캐리어 기관(2)에 작용하는 힘 F_s 와, 상기 필름 프레임(1)의 주변부 상에 분포되어 작용하고 상기 힘 F_s 에 대항하는, 서로 다르게 제어되는 적어도 2개의 힘 F_{f1} 및 F_{f2} 에 의해 상기 제작 기관(4)을 상기 캐리어 기관(2)으로부터 분리하는 단계를 포함하는, 제작 기관(4)을 박리하기 위한 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제작 기관(4)은 서로 다른 접착제를 함유하는 결합층에 의해 상기 캐리어 기관(2)에 결합됨을 특징으로 하는, 제작 기관(4)을 박리하기 위한 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

명세서

[0001]

[0002] 본 발명은 제작 기판(product substrate)을 캐리어로부터 박리(strip)하기 위한 청구항 1에 청구된 장치 및 청구항 10에 청구된 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 제작 기판의 뒷면-연마(back-grinding)는 종종 반도체 산업에서 필수적이며 기계적으로 및/또는 화학적으로 발생할 수 있다. 뒷면-연마 목적을 위하여 일반적으로 제작 기판은 임시로 캐리어 상부에 고정되며, 고정을 위한 다양한 방법이 존재한다. 캐리어 물질은 예컨대 플름, 유리 기판 또는 실리콘 웨이퍼일 수 있다.

[0004] US 2009/305617 A1은 결합력을 감소시키기 위해 용매용 공급 챔버에 웨이퍼를 고정하기 위한 캐리어 장치를 제시한다. 또 다른 장치가 US 2007/255458 A1 및 DE 197 34 635 A1에 제시된다.

[0005] 사용된 캐리어 물질 및 캐리어와 제작 기판 사이에 사용된 결합층에 의존하여, 결합층을 용해 또는 파괴하기 위한 서로 다른 방법이 공지되어 있으며, 예컨대 UV 광, 레이저 빔, 온도 활동, 또는 용매의 사용 등이다.

[0006] 박리(Stripping)는 더욱더 가장 중요한 공정 단계 중 하나를 구성하는데 왜냐하면 수 마이크론의 기판 두께를 갖는 얇은 기판이 박리/박피(stripping/peeling) 동안 쉽게 파괴되거나 또는 박리 공정에 필요한 힘에 의해 손상을 입기 때문이다.

[0007] 또한 얇은 기판은 형상 안정성을 거의 갖지 않거나 또는 전혀 갖지 않으며 전형적으로 지지체 물질 없이 감긴다. 따라서 뒷면-연마된 웨이퍼를 조작하는 동안 웨이퍼를 고정하고 지지하는 것이 본질적으로 필수적이다.

발명의 내용

[0008] 따라서, 본 발명의 목적은 비파괴적으로 그리고 가능한 한 용이하게 제작 기판을 캐리어로부터 분리하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 이러한 목적은 청구항 1 및 10의 특징에 의해 달성된다. 본 발명의 유리한 개선점은 종속 청구항에 제시된다. 본 발명의 구성은 또한 명세서, 청구항, 및/또는 도면에 제시된 특징 중 적어도 둘의 모든 조합을 포함한다. 구체화된 수치 범위에 있어서, 제시된 한계 이내의 수치는 또한 경계 수치로서 개시될 것이며 이들은 임의의 조합으로 청구된다.

[0010] 본 발명은 필름 프레임에 의해 형성되고 필름이 부착되는 용매 저장소에 전달되는 용매에 의해 일반 장치 및 일반 방법을 개선하는 아이디어에 기초한다. 필름 프레임 상에 탑재되는 필름의 탄성 및 가요성(flexibility)으로 인하여, 가변적 부피의 용매 탱크를 제조하고 동시에 제작 기판의 가장자리로부터 시작하여 제작 기판을 조심스럽게 박리하기 위해 필름의 탄성 또는 가요성을 더욱 사용하는 것이 가능하다. 이러한 방식으로 제작 기판은 분리 직후에 또 다른 공정 단계를 위하여 즉시 활용가능하며 필름 및 필름 프레임에 의해 보호된다. 많은 공정 단계가 필름 프레임 상에 탑재된 제작 기판상에서 직접 수행될 수 있다.

[0011] 제작 기판은 예컨대 반도체 웨이퍼와 같은 제작 기판으로서 정의되며, 이는 전통적으로 0.5 μm 내지 250 μm 두께까지 얇아지며, 이러한 경향은 더욱더 얇은 제작 기판을 지향한다. 본 발명은 필름 프레임 상에 탑재된 필름과 유사한 가요성을 갖는 제작 기판에 대하여 특히 효과적으로 작동한다. 본 발명에 청구된 장치 및 본 발명에 청구된 방법에서 제작 기판은 캐리어 기판으로부터 박피되며, 이는 특히 제작 기판의 주변부로부터 중심을 향하여 진행한다.

[0012] 캐리어는 예컨대 50 μm 내지 5000 μm , 특히 500 μm 내지 1000 μm 두께를 갖는 캐리어 기판이다.

[0013] 결합층은 접착제, 예컨대 가용성(soluble) 접착제, 특히 열가소성 물질일 수 있으며, 이는 예컨대 캐리어-제작 기판 결합물의 가장자리 영역에서, 특히 0.1 내지 20 mm의 가장자리 영역에서 선택적으로 도포된다. 그 대신에, 접착제는 전체 표면에 도포될 수 있으며, 접착력은 접착-감소층, 예컨대 플루오로폴리머, 바람직하게는 테플론에 의해 중심에서 감소될 수 있다.

[0014] 척크(chuck)가 고정 수단으로서 특히 적합하며, 특히 예컨대 흡인 경로(suction path), 구멍, 또는 흡인 컵에서 특히 부압(negative pressure)에 의해, 캐리어 기판을 고정하기 위한 스피너(spinner) 척크가 적합하다. 그 대신에, 예를 들어 수평 클램프(lateral clamp)에 의한 기계적 고정이 고려될 수 있다. 고정(holding)은 또 다른 대안적인 구성에서 정전기적으로 수행된다.

[0015] 박리 수단(stripping means)은 필름 프레임 상에 탑재된 필름 및 필름 프레임 홀더(holder)를 포함하며 상기 필

름 프레임 홀더는 힘을 인가하여 필름 프레임을 고정한다.

- [0016] 본 발명의 한 유리한 구체 예에서, 용매가 본질적으로 가열 없이 작용하도록 제조되는 것이 제공된다. 이러한 용매는 바람직하게는 상온에서 사용된다. 이러한 방식으로 모든 가열 수단을 배척하는 것이 가능하다.
- [0017] 결합층에 의해 발생한 캐리어 기관과 제작 기관 사이의 결합을 적어도 부분적으로 분리하기 위하여 의도되는 용매에 의해, 박리 수단에 의한 박리가 바람직하게는 명확하게 촉진된다.
- [0018] 서로 다른 접착제를 포함하는 결합층에 대하여, 결합층의 적어도 부분적인 분리를 위해 결합층을 선택적으로 용해하는 유동화제(fluid agent)를 용매가 특히 포함하기 때문에, 제어된 방식으로 또는 정의된 영역에서 특정 결합층을 용해시키는 것이 가능해졌다. 결합층의 화학적 용해는 특히 제작 기관에 대하여 보호성이며 대응 물질 선택으로 인하여, 특히 제작 기관의 단지 가장자리 영역에 결합층이 제공될 때, 용해는 또한 매우 빠르게 일어날 수 있으며, 이에 따라 용매는 측면으로부터 매우 빠르게 작용할 수 있다. 이러한 방식으로 캐리어 기관 및/또는 제작 기관에서의 천공이 생략될 수 있다.
- [0019] 용매가 단지 제작 기관의 주변부 영역에서 결합층 분리의 적어도 시작 시점에서 작용하도록 용매 저장소가 제조되는 정도에서, 상단 및/또는 하단으로부터, 특히 측면 가장자리 내에 위치하는 제작 기관의 내부 영역으로부터 제작 기관 및/또는 캐리어 기관에 대한 작용이 생략될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 또 다른 구성에서 캐리어 기관에서 작용하는 힘 F_s 및 필름 프레임에서 작용하고 힘 F_s 에 대하여 유도되는 힘 F_f 를 유도하는 위해 박리 수단이 제조된다는 것이 제공된다. 이러한 방식으로 박리는 간단하며 특히 필름에 의해 보호성 방식으로 수행된다. 힘 F_f 는 필름 프레임의 주변부, 특히 주변부에 분포된 필름 프레임 상의 적어도 두 위치에서 작용하며, 힘 F_{f1} 및 F_{f2} 는 한 바람직한 구체 예에서 더 큰 힘 F_f 를 사용하여 제작 기관을 측면으로부터 박리하기 위해 서로 다르게 제어될 수 있다.
- [0021] 여기서, 접촉 표면 섹션과 부착 섹션 사이에 위치하는 박리 섹션에서 특히 힘 F_s 및 힘 F_f 에 의해 필름이 클램핑되는 경우 특히 바람직하다. 이러한 방식으로 박리는 제작 기관의 주변부에서 조심스럽게 수행된다. 용매에 의한 분리 및 힘 F_s 및 F_f 에 의한 박리는 상호 서로 지지한다.
- [0022] 본 발명의 바람직한 한 구체 예에 따르면, 용매 및/또는 결합층에 대하여 작용하는 진동 발생기가 제공되는데, 이는 특히 필름에 인접하거나, 및/또는 용매 저장소의 용매 내에 위치할 수 있다. "위치할 수 있다"라는 것은 표면 접촉 및 또한 부분적인 침적(immersion) 둘 모두를 포함한다. 상기 진동 발생기는 용매에 의한 분리를 지원하며 적어도 인자 2, 최적화된 구성에 있어서 인자 5, 더욱 바람직하게는 인자 10 내지 50 만큼 분리 공정을 촉진시킨다. 바람직하게는 진동 발생기는 초음파에 의해, 특히 접촉 표면 섹션의 영역에서 작용한다.
- [0023] 또 다른 바람직한 구체 예에서, 용매 저장소가 트로프-모양(trough-shaped)으로 제조되는데, 이에 의해 제작 기관의 박리가 최소 용매 소비로 달성될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 본 발명의 또 다른 장점, 특징 및 상세사항은 후술하는 바람직한 예시적인 구체 예의 설명 및 도면의 이용으로부터 명확해 질 것이다.
- 도 1a는 필름 프레임 상의 제작 기관, 캐리어 기관 및 결합층으로 구성된 기관 결합물의 개략적인 상면도를 나타낸다.
- 도 1b는 도 1a의 개략적인 측면도를 더욱 상세하게 나타낸다.
- 도 2는 용매가 전달될 때 도 2에 따르는 개략도를 나타낸다.
- 도 3은 결합층을 분리하는 방법 단계의 개략도를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명에 청구된 바와 같이 제작 기관을 캐리어 기관으로부터 박리하는 방법 단계의 개략도를 나타낸다.
- 도 5는 본 발명에 청구된 바와 같이 제작 기관을 캐리어 기관으로부터 박리하는 대안적인 방법 단계의 개략도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 도면에서 동일한 구성성분 및 동일 기능을 갖는 구성성분은 동일 참조번호로 식별된다.
- [0026] 도 1a는 본 구체 예에서 적어도 내부 주변부(1i)에서 둥근형인 필름 프레임(1)을 나타내며, 도 1b에 도시된 섹션 도면에 따라 상기 필름 프레임(1)의 하단에서 필름(3)이 필름 프레임(1)에 대하여 동심원으로 (concentrically) 자신의 접착층(3s)에 의해 결합된다. 필름 프레임(1)의 내부 주변부(1i)까지의 방사 거리 (radial distance) A를 가지면서, 필름 프레임(1) 내에서 제작 기관-캐리어 기관 결합물이 필름(3)의 접착층 (3s) 상에서 동심원으로 필름 프레임(1)에 결합된다. 제작 기관-캐리어 기관 결합물은 필름(3)에 접착된 제작 기관(4), 캐리어 기관(2), 및 제작 기관(4)과 캐리어 기관(2)에 연결된 결합층(6)으로 구성된다. 제작 기관(4)의 지름 및 캐리어 기관(2)의 지름은 본질적으로 동일하며, 제작 기관(4)의 두께가 캐리어 기관(2)의 두께보다 더 작다.
- [0027] 필름(3)은 본 예에서 원형 고리 모양을 갖는 부착 섹션(3b)으로 구성되며 여기에서 상기 필름(3)이 필름 프레임 (1)에 고정된다. 또한, 필름(3)은 접촉 표면 섹션(3k)으로 구성되며 여기에서 제작 기관(4)이 필름(3)의 접착층 (3s) 상에 고정된다. 부착 섹션(3b)과 접촉 표면 섹션(3k) 사이에 박리 섹션(3a)이 존재하며 상기 박리 섹션 (3a)은 특히 부착 섹션(3b)과 접촉 표면 섹션(3k)에 대해 동심원으로 위치하며 접촉 기능을 가질 필요가 없으나, 본 발명에 청구된 주요 기능은 부여된다. 따라서 박리 섹션(3a)은 제작 기관(4)의 주변부(4u)에서부터 필름 프레임(1)의 내부 주변부(1i)까지 연장되며, 이를 여기서 방사 거리 A라 한다. 필름 프레임(1)의 두께 D와 거리 A의 비율은 바람직하게는 최소 1:2 내지 1:50, 특히 1:5 내지 1:25이다.
- [0028] 도 1b에 제시된 최초 위치에서, 필름(3)과 접촉하는 제작 기관(4)의 측면 및 필름(3)과 접촉하는 필름 프레임 (1)의 측면이 동일 평면에 배열되며 하나의 평면 E에 배열된다. 도 1a 및 1b에 도시된 부품들은 공지된 필름 프 레임 마운터에 장착된다.
- [0029] 필름(3)과 필름 프레임(1)의 내부 주변부(1i)는 트로프-모양 용매 저장소(20)를 형성하며, 여기에 제작 기관-캐 리어 기관이 전술한 바와 같이 배열될 수 있다.
- [0030] 도 2에 도시된 방법 단계에 따르면, 용매(22)가 전달 수단(23)에 의해 용매 저장소(20)로 전달될 수 있다. 여기 서 전달 수단(23)은 라인(24) 및 용매 보관소(25)로 구성되며 상기 용매 보관소(25)는 용매(22)를 용매 저장소 (20)로 전달하기 위하여 중앙 장치(central unit)로부터 시작될 수 있다.
- [0031] 도 2가 제시하는 바와 같이, 용매 저장소(20)는 필름(3)으로 인하여 가변적 부피이며, 여기서 상기 필름(3)은 캐리어 기관(2)에서 아래로 작용하는 힘 F_s 및 필름 프레임(1)에서 위로 작용하는 힘 F_f 에 의해 적어도 박리 섹션(3a)에서 탄성이다. 힘이 적용은 중앙 장치에 의해 유사하게 제어된다.
- [0032] 보관 수단 저장소의 부피를 증가시키는 것은 용매(22)가 필름 프레임(1)의 가장자리를 넘어 나아가는 것을 방지 하며 동시에 용매(22)의 즉각적인 분포 또는 전달이 가능하게 된다.
- [0033] 도 3에 제시된 바와 같이 힘 F_s 는 캐리어 기관(2)을 고정하기 위한 캐리어 기관 홀더(7)에 의해 전달되며, 캐리 어 기관(2)을 캐리어 기관 홀더(7) 상에 고정하는 것은 캐리어 기관 홀더(7)의 표면 내에 기계가공된 진공 경로 (8)에 의해 그리고 상기 진공 경로(8)에 연결된 진공 수단(도시되지 않음)을 통하여 일어난다.
- [0034] 제작 기관(4)에 대하여 필름(3)의 반대쪽 면에서, 특히 초음파를 생성하기 위한 음향 파 발생기(10)가 존재할 수 있으며, 이에 의해 초음파가 제작 기관(4)으로, 그러나 특히 결합층(6) 및 용매(22)로 전달될 수 있으며, 이 러한 방식에 따라 분리 공정이 특히 인자 2, 바람직하게는 인자 5, 더욱 바람직하게는 인자 10 내지 50 만큼 크 게 촉진된다.
- [0035] 도 5에 도시된 한 대안적인 구체 예에 따르면, 음향 파 발생기(10')는 적어도 유체 용매(22)의 표면에 접촉하며, 바람직하게는 상기 유체 용매(22) 내에 적어도 부분적으로 침적된다. 이러한 방식으로 음향 파가 용 매(22)에 직접 전달되고 용매(22)로부터 결합층(6)으로 전달될 수 있다.
- [0036] 도 3에 도시된 바와 같이 필름 프레임(1)에 작용하는 힘 F_f 는 필름 프레임(1) 상에 표면 힘(superficial forc e)으로서 균일하게 분포되어 작용할 수 있으며 이에 따라 용매 저장소(20)의 부피 변화가 박리 섹션(3a) 내 필 림(3)의 변형에 의해 야기될 수 있다.
- [0037] 도 4에 도시된 바와 같이, 제작 기관(2)을 캐리어 기관(4)으로부터 박리하는 것은 반대 방향으로 지향하는 힘

F_s 및 F_f 또는 F_{s1} 및 F_{s2} 에 의해 뒷면에서 일어나며, 도 4에 제시된 확대도에 따라 제작 기관(4)의 박리가 가장 자리 측면으로부터 먼저 조심스럽게 시작하도록 하기 위해, 여기에 제시된 구체 예의 힘 F_{f1} 은 힘 F_{f2} 보다 더 크도록 설정된다.

[0038] 힘 F_{f1} 또는 복수의 힘 F_{f1} , F_{f2} 내지 F_{fn} 은 필름 프레임(1)의 주변부 상에 분포된 지점(spot)에 전달될 수 있거나 또는 필름 프레임 홀더에 의해 분포되어 전달될 수 있다.

[0039] 힘 F_{f1} , F_{f2} 및/또는 F_{fn} 이 서로 다르게 형성되는 정도에서, 힘을 필름 프레임(1)에 적용하기 위한 고정 수단은 필름 프레임(1)의 경사(tilting)를 허용하도록 형성되어야 한다.

[0040] 도 3에 도시된 용매(22)에 의한 분리의 공정 단계와 도 4에 도시된 반대방향 힘(opposing force) F_s , F_{f1} , F_{f2} , F_{fn} 에 의한 박리의 방법 단계 사이에, 용매(22)가 용매 저장소(20)로부터 특히 흡인(suction)에 의해 제거되는 하나의 방법 단계가 존재할 수 있다.

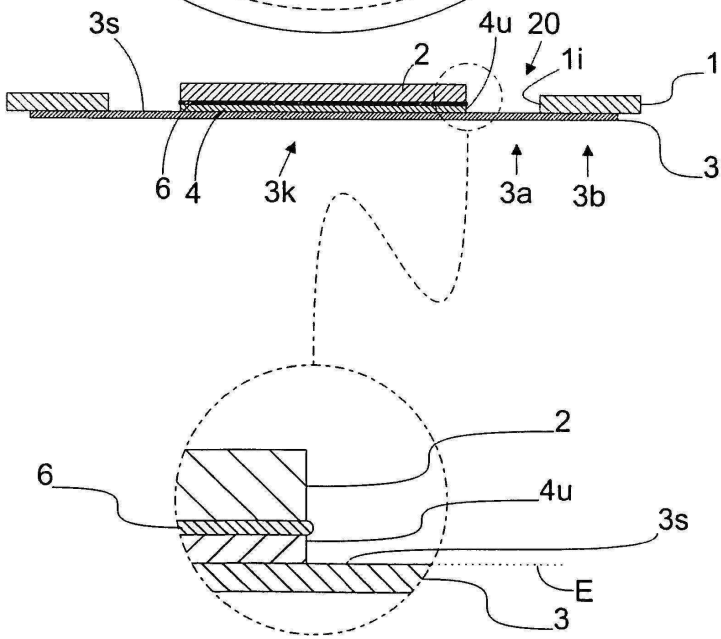
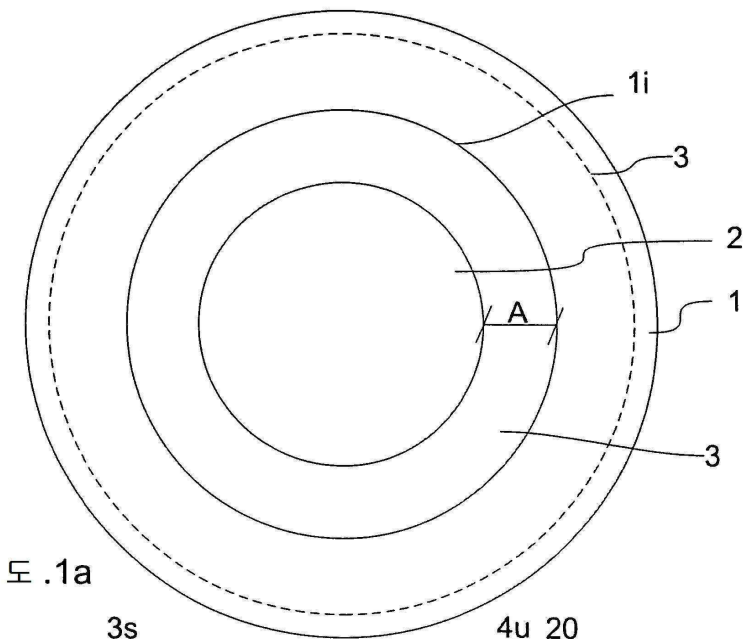
부호의 설명

[0041] 참조 번호 목록

- 1 필름 프레임
- 2 캐리어 기관
- 3 필름
- 3a 박리 섹션
- 3b 부착 섹션
- 3k 접촉 표면 섹션
- 3s 접촉층
- 4 제작 기관
- 4u 주변부
- 6 결합층
- 7 캐리어 기관 홀더
- 8 진공 경로
- 10, 10' 음향 파 발생기
- 20 용매 저장소
- 22 용매
- 23 전달 수단
- 24 라인
- 25 용매 보관소
- F_s , F_{f1} , F_{f2} ... F_{fn} 힘
- F_s 힘

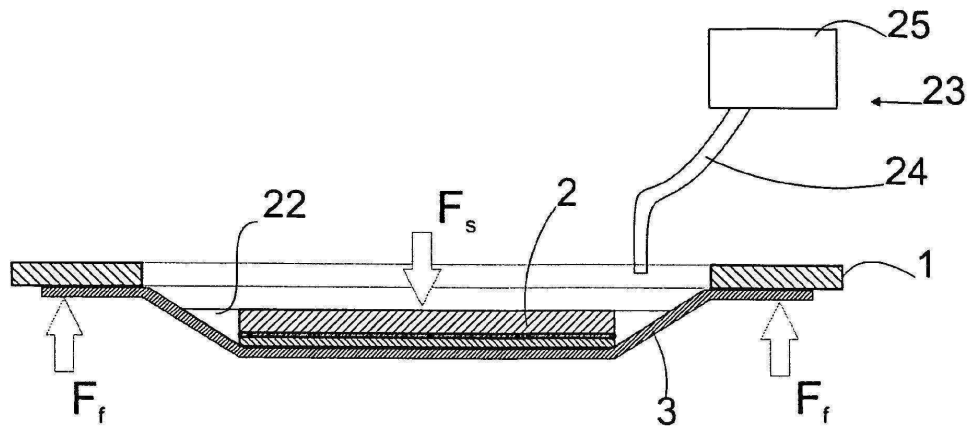
도면

도면1

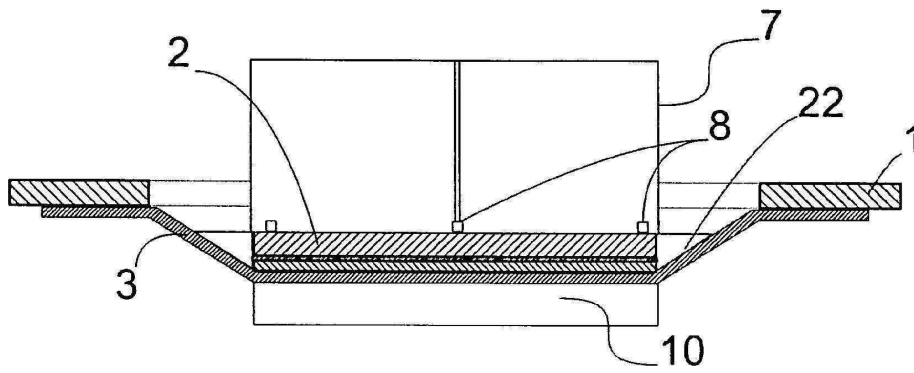


도 .1b

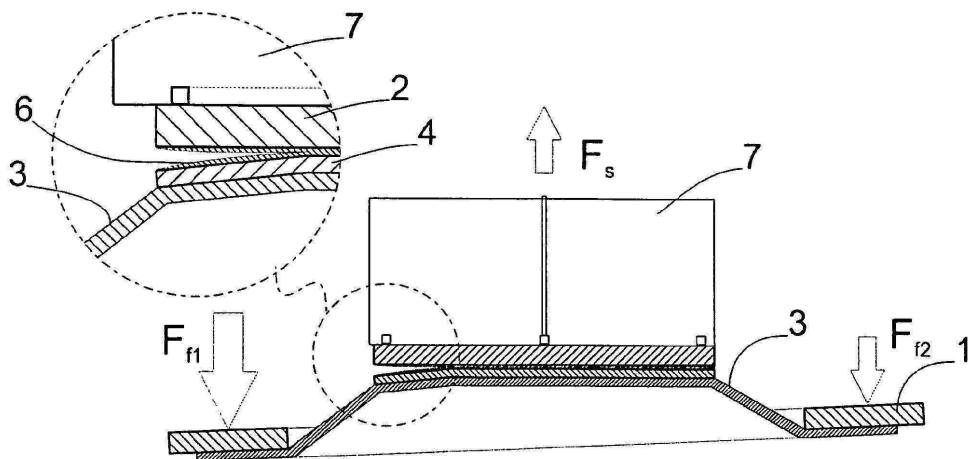
도면2



도면3



도면4



도면5

