(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
H01H 51/26

(45) 공고일자 2002년12월28일
(11) 등록번호 10-0351271
(24) 등록일자 2002년08월21일

(21) 출원번호	10-1995-0703489	(65) 공개번호	특1996-0701459
(22) 출원일자	1995년08월19일	(43) 공개일자	1996년02월24일
번역문제출일자	1995년08월19일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP1994/02063	(87) 국제공개번호	WO 1995/17760
(86) 국제출원일자	1994년12월08일	(87) 국제공개일자	1995년06월29일
(81) 지정국	국내특허 : 대한민국 미국 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독일 덴마크 스페인 핀랜드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투칼 스웨덴		

(30) 우선권주장 320525/1993 1993년12월20일 일본(JP)

(73) 특허권자 더 니뽄 시그널 컴파니, 리미티드
일본 도쿄 170-6047 도시마구 히가시 이케부쿠로 3-초메 1-1에사시마사요시
일본미야기껭센다이시다이하꾸구야기야마미나미1죠메11-9
(72) 발명자 에사시마사요시
일본미야기껭센다이시다이하꾸구야기야마미나미1죠메11-9
아사다,노리히로
일본국사이따마껜우라와시가미끼자끼1-쪼메13-8더니뽄시그널컴파니리미티드 요노오피스나이
(74) 대리인 박장원

심사관 : 박준영

(54) 플레이너형전자릴레이및그제조방법

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 반도체 소자 제조기술을 이용하여 제조하는 플레이너(planar)형 전자 릴레이 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 반도체 소자의 고집적화로 대표되는 마이크로일렉트로닉스의 발전에 의하여 여러가지 기기가 그 고기능화와 함께 소형화하고 있다. 산업용 로봇과 같은 비교적 큰 에너지를 취급하는 제어계도 그 예외는 아니다. 이와 같은 제어계에서는 제어장치의 마이크로일렉트로닉스화에 의하여, 큰 에너지의 제어를 매우 작은 에너지로 제어하도록 되어 있다. 이 결과, 노이즈 등에 의한 오동작의 문제가 표면화하고, 최종방법의 출력 소자로서 전자 릴레이의 수요가 증대하고 있다.

<3> 그런데, 종래의 전자 릴레이는 반도체와 비교하면 현격한 차이로 큰 부피를 점유한다. 따라서, 기기의 소형화를 추진하기 위하여서는 전자 릴레이의 소형화가 필요하다.

<4> 그리고, 종래의 일반적인 코일형태의 전자 릴레이에서는 길이 14㎜, 폭 9㎜, 높이 5㎜가 세계 최소형이었다("초박형 신호 릴레이", 마쯔시다 전공기보, 제 35호 페이지 27-31(1987년) 참조).

<5> 또, 최근에는, 더한층 전자 릴레이의 소형화를 도모하기 위해 마이크로 머시닝 기술을 이용한 플레이너형 전자 릴레이가 제안되고 있다(에이치. 호사카, 에이치. 쿠와노 및 케이.케이. 야나기사와의 "일렉트로마그네틱 릴레이; 개념과 기본 특성", IEEE MENS 워크샵 93, 페이지 12-17(1993년) 참조).

<6> 그렇지만, 상기의 플레이너형 전자 릴레이도 코일은 종래의 권선형을 사용하고 있으며, 소형화에는 한계가 있었다.

발명의 상세한 설명

<7> 본 발명은 상기의 사정을 감안한 것으로서, 전자 릴레이의 보다 더 한층의 소형화를 도모하는 것을 목적으로 한다.

<8> 본 발명인 플레이너형 전자 릴레이는 반도체 기판, 절연 기판 및 자석을 구비하여 구성되고, 상기 반도체 기판은 평면 가동판과, 상기 가동판을 상기 반도체 기판의 수직 방향으로 요동가능하도록 지지하는 토션바와, 상기 가동판의 주변부에 통전에 의하여 자계를 발생시키는 평면 코일과, 상기 가동판에

고정된 전기 배선에 의하여 연결된 한쌍의 가동 접점부를 구비하고, 상기 가동판 및 토션바가 상기 반도체 기판에 일체로 형성되는 구성으로 되어 있고, 상기 절연 기판은 한 쌍의 고정 접점부를 구비하고, 상기 반도체 기판에 고정되며, 상기 한 쌍의 고정접점부는 상기 절연 기판의 상기 가동접점부와 접촉 가능한 위치에 설치되고, 상기 자석은 상기 토션바의 축방향과 평행한 상기 가동판의 대변의 평면 코일부분에 자계로 작용하도록 배치된다.

<9> 이러한 구성에 의하면, 반도체소자 제조 공정을 이용하여 반도체 기판에 가동부를 형성함과 동시에 가동판에 평면 코일을 형성하도록 하였으므로, 코일부분을 박형화 및 소형화할 수가 있으며, 종래의 권선형에 비하여 각별히 전자 릴레이의 소형화를 도모할 수 있다.

<10> 또 상기 자석은 반도체 기판의 윗면에 위쪽 기판에 설치하고 그 위쪽 기판과 반도체 아랫면쪽의 절연기판에 고정하면 좋다.

<11> 또, 위쪽 기판과 아래쪽 절연 기판으로 가동판 수납 공간을 밀폐구조로서 진공밀봉하도록 하면, 가동판의 요동저항을 없앨 수 있게 되고, 가동판의 응답성을 높일 수 있다.

<12> 이 경우, 위쪽 기판의 중앙부에 홈을 만들어, 가동판 수납공간을 형성하도록 하면, 가동판을 요동시키기 위한 가동판 수납공간을 확보하기 위한 반도체 기판측의 가공공정을 생략할 수 있다.

<13> 또한, 위쪽 기판을 절연기판으로 하면 좋다.

<14> 또한, 상기 자석은 영구자석으로 하면 좋다.

<15> 또한 본 발명인 플레이너형 전자 릴레이는 반도체 기판 및 절연 기판을 구비하고, 상기 반도체 기판은 평면 가동판과, 상기 가동판이 상기 반도체 기판의 수직방향으로 요동가능하게 되도록 지지하는 토션바와, 적어도 상기 가동판의 주변부에 설치된 자석과, 상기 가동판에 고정된 전기 배선에 의하여 연결된 한쌍의 가동 접점부를 구비하고, 상기 가동판 및 토션바가 상기 반도체 기판에 일체로 형성되는 구성으로 되어 있고, 상기 절연 기판은 한 쌍의 고정접점부를 구비하고, 상기 반도체 기판에 고정되며, 상기 한 쌍의 고정접접부가 상기 절연 기판의 상기 가동접점부와 접촉가능한 위치에 설치된다.

<16> 이와 같이, 반도체 기판측에 평면 코일을 형성하면, 통전에 의한 평면 코일의 발열의 영향을 전혀 고려할 필요가 없어진다.

<17> 또, 영구자석을 박막 구조로하면, 가동판의 요동동작에 영향이 없고, 반도체 제조기술로 영구자석을 일체로 형성할 수 있으므로, 영구자석의 장치공정의 생략되고 전자 릴레이의 제조가 용이해진다.

<18> 이 경우에도, 상기 반도체 기판의 윗면에 위쪽 기판을 설치하고, 윗쪽 기판과 반도체 기판 아랫면쪽의 절연기판에 의하여, 가동판 수납공간을 밀폐구조로서 진공밀봉하도록 하면 좋다.

<19> 본 발명인 플레이너헝 전자 릴레이의 제조방법은 반도체 기판의 아랫면으로부터 윗면을 향하여, 토션바 형성부분을 제외한 반포체 기판 부분을 관통시킴으로써, 상기 토션바 부분에서 반도체 기판에 요동가능하게 축으로 지지되는 가동판을 형성하는 단계와; 상기 가동판에 가동접점부를 형성하는 단계와; 상기 가동판 주위에 평면 코일을 형성하는 단계와; 상기 가동접점부와 접촉 가능한 고정접점부를 절연 기판에 형성하는 단계 및; 상기 토션바의 축방향과 평행만 상기 가동판의 대변에 대응하는 위치에 각 자석을 고정하는 단계를 포함한다.

<20> 또한 본 발명인 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법은 반도체 기판의 아랫면으로부터 윗면을 향하여, 토션바 형성 부분을 제외한 반도체 기판 부분을 관통시킴으로써, 상기 토션바 부분에서 반도체 기판에 요동가능하게 축으로 지지되는 가동판을 형성하는 단계와; 상기 가동판에 자석을 형성하는 단계와; 상기 가동판에 가동접점부를 형성하는 단계와; 상기 토션바의 축방향과 평행한 상기 가동판의 대변옆의 반도체 기판부분에 평면 코일을 형성하는 단계 및; 상기 가동접점부와 접촉가능한 고정 접점부를 형성하는 단계를 포함한다.

<21> 또, 이들 각 전자 릴레이의 제조방법에 있어서, 평면 코일을 형성하는 단계에서는 전주(電湊: electro casting) 코일법을 이용하면 좋다. 즉, 반도체 기판 상에 스퍼터링으로 니켈층을 형성한 후, 니켈층상에 전해도금 또는 스퍼터링에 의하여 동층(銅層)을 형성하고, 다음으로, 평면 코일부분에 상당하는 부분을 마스크(mask)하여 동 에칭 및 니켈에칭을 순차로 행하고, 다음으로 상기 마스크를 제거한 후 코일 패턴상에 동 전해도금을 하도록 한다.

<22> 이러한 방법에 의하여 평면 코일을 형성하면, 박막의 코일을 저저항에서 고밀도로 실장하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

<23> 도 1은 본 발명에 따른 전자 릴레이의 제 1 실시예를 예시하는 구성도.

<24> 도 2는 제 1 실시예의 확대 종단면도.

<25> 도 3은 제 1 실시예의 가동판의 상면쪽의 확대 사시도.

<26> 도 4는 제 1 실시예의 가동판의 하면쪽의 확대 사시도.

<27> 도 5는 본 발명의 전자 릴레이의 동작 원리를 설명하는 도면.

<28> 도 6은 제 1 실시예의 영구자석에 의한 자속(磁束) 밀도 분포의 계산 모델 도면.

<29> 도 7은 계산한 자속밀도 분포 위치를 표시하는 도면.

<30> 도 8은 도 7에 표시하는 위치의 자속밀도 분포의 계산결과를 표시하는 도면.

<31> 도 9는 가동판의 변위량과 전류량과의 계산결과를 표시하는 그래프.

<32> 도 10은 토션바(torsion bar) 및 가동판의 굴곡(deflection)량의 계산 모델도.

<33> 도 11 (a) 내지 (j)는 제 1 실시예의 실리콘 기판의 가공공정의 설명도.

<34> 도 12 (a) 내지 (g)는 제 1 실시예의 글라스 기판의 가공공정의 설명도.

<35> 도 13은 본 발명의 전자 릴레이의 제 2 실시예의 구성을 표시하는 사시도.

<36> 도 14는 본 발명의 전자 릴레이의 제 3 실시예의 구성을 표시하는 사시도.

실시예

<37> 이하, 본 발명의 실시예를 도면에 의거하여 설명하기로 한다.

<38> 도 1 내지 도 4에는 본 발명에 따른 플레이너형 전자 릴레이의 제 1 실시예의 구성을 도시한다.

<39> 도면에서 본 실시예의 전자 릴레이(1)는 반도체 기판인 실리콘 기판(2)의 상하면에, 각각 예를 들면 붕규산(硼珪酸) 글라스 등으로 된 위쪽 및 아래쪽 절연기판으로서의 위쪽 및 아래쪽 글라스 기판(3, 4)을 양극접합한 3층 구조로 되어 있다. 그리고, 상기 위쪽 글라스 기판(3)은 후술하는 가동판(5) 상방부분을 개방하도록 예컨대, 초음파 가공 등에 의하여 개구부(3a)가 설치되어 있다.

<40> 상기 실리콘 기판(2)에는 평면 형태의 가동판(5)과, 상기 가동판(5)의 중심위치에서 실리콘 기판(2)에 대하여 기판 상하방향으로 요동가능하게 가동판(5)을 축받이하는 토션바(6,6)가 이방성 에칭에 의하여 일체로 형성되어 있다. 따라서, 가동판(5) 및 토션바(6)도 실리콘 기판과 동일재료로 되어있다. 상기 가동판(5)의 상민 주변부에는 도 3에 도시된 바와 같이, 통전에 의하여 자계를 발생하는 동박막으로된 평면 코일(7)이 절연 피막으로 덮여서 설치되어 있다. 여기서, 코일은 저항분에 의하여 줄(joule) 열 손실이 있고, 저항이 큰 박막코일을 고밀도로 실장하면 발열에 의하여 구동력이 제한되므로, 본 실시예에서는 종래 공지의 전해도금에 의한 전주 코일법에 의하여 상기 평면 코일(7)을 형성하고 있다. 전주 코일법은 기판상에 스퍼터로 얇은 니켈층을 형성하고, 이 니켈층의 위에 전해 도금 또는 스퍼터에 의하여 동층을 형성하고 코일에 상당하는 부분을 제외하고 동층 및 니켈층을 제거하고, 이 코일 패턴상에 동전해 도금을 행하여 박막의 평면 코일을 행하는 것으로, 박막 코일을 저저항에서 고밀도로 실장할 수 있는 특징이 있고, 마이크로 자기소자의 소형화, 박형화에 유효하다. 또. 가동판(5)의 아랫면쪽의 양측에는, 도 4에 도시된 바와같이, ㄱ 자 모양의 전기배선(8,8)이 설치되고, 이들 각 전기배선(8,8)의 각각의 끝부 윗면에는, 예컨대 백금 등의 가동접점(9,9)이 설치되어 있다.

<41> 또, 아래쪽 글라스 기판(4)의 윗면에는, 전기배선(10,10)이 도 4의 이점쇄선으로 표시되는 것과 같은 패턴으로 형성되어 있고, 상기 전기배선(10, 10) 윗면의 상기 가동접점(9,9)에 대응하는 위치에 같은 방법으로 금, 백금 등으로 된 고정접점(11, 11)이 도 2에 도시된 바와 같이 설치되어 있다. 상기 전기배선(10,10)은 도 2에 도시된 바와 같이, 아래쪽 글라스 기판(4)에 설치한 관통구멍부분을 통하여 아래쪽 글라스 기판(4)의 아랫면쪽에 끌어내어져 있다.

<42> 실리콘 기판(2)의 토션바(6,6)의 옆쪽 윗면에는, 토션바(6,6)의 부분에 의해 상기 평면 코일(7)과 전기적으로 접속하는 한 쌍의 전극단자(12,12)가 설치되어 있고, 이 전극 단자(12,12)는, 실리콘 기판(2) 상에 전주 코일법에 의하여 평면코일(7)과 동시에 형성된다.

<43> 위쪽 및 아래쪽 글라스 기판(3, 4)의 제 1 도중 좌우측에는 상기 토션바 (6,6)의 축방향과 평행인 가동판(5)의 대변의 평면 코일(7) 부분에 자계를 작용시키는 서로 짝을 이룬 원형상의 영구자석(13A, 13B)과 (14A, 14B)이 설치되어 있다. 서로가 짝을 이루는 한쪽의 각 3개씩의 영구자석(13A, 13B)은 도 2에 도시된 바와 같이, 아래쪽이 N극, 위쪽이 S극이 되도록 설치되고, 서로가 짝을 이루는 다른 쪽의 각 3개씩의 영구자석(14A, 14B)은 도 2에 도시된 바와 같이, 아래쪽이 S극, 위쪽이 N 극이 되도록 설치되어 있다.

<44> 이하 동작을 설명하기로 한다.

<45> 예컨대, 한 쪽의 전극단자(12)를 +극, 다른 한쪽의 전극단자(12)를 -극으로 하여 평면코일(7)에 전류를 흘린다. 가동판(5)의 양쪽에서는, 영구자석(13A, 13B)(14A, 14B)에 의하여 도 2의 화살표로 표시된 바와같이, 상하의 자석 간에서 가동판(5)의 평면에 따라 평면 코일(7)을 가로지르는 방향으로 자계가 형성되어 있고, 이 자계중의 평면 코일(7)에 전류가 흐르면, 평면 코일(7)의 전류밀도와 자속밀도에 응해서 평명 코일(7), 바꾸어 말하면 가동판(5)의 양단에, 전류, 자속밀도, 힘의 플레밍의 왼손법칙에 따른 방향(도 5에 표시함)에 자기력(F)이 작용하고, 이 힘은 로렌츠의 힘에서 구할 수 있다.

<46> 이 자기력(F)은 평면 코일(7)로 흐르는 전류밀도를 i, 영구자석(13A, 13B, 14A, 14B)에 의한 자속밀도를 B라 하면, 하기의 수학식1에서 구할 수 있다.

<47> [수학식 1]

$$F = i \times B$$

<49> 실제에는, 평면 코일(7)의 감긴 수(卷數)(n)와 자기력(F)이 움직이는 코일길이(w)(도 5에 도시됨)에 따라 다르며, 하기의 수학식2와 같이 된다.

<50> [수학식 2]

$$F = nw(i \times B)$$

<52> 한편, 가동판(5)이 회동하므로서 토션바(6,6)가 비틀려서, 이것에 의해서 발생하는 토션바(6,6)의 용수철 반력(F')과 가동판(5)의 변위각(ϕ)의 단계는 하기의 수학식3과 같이 된다.

<53> [수학식 3]

$$\varnothing = (Mx/GIp)$$

$$= (FTL/8.5\times 10^{9} r^{4})\times 1_{1}$$

<56> 여기서, Mx는 비틀기 모멘트, G는 횡(橫) 탄성계수, Ip는 극단면 이차 모멘트이다. 또, L, l_1, r는 각각 토션바의 중심축에서 역점(力點)까지의 거리, 토션바의 길이, 토션바의 반경이며, 도 5에 도시되어 있다.

<57> 그리고, 상기 자기력(F)과 용수철(탄력)반력(F')이 균형이 잡히는 위치까지 가동판(5)이 회동한다. 따라서, 수학식3의 F'에 수학식2의 F를 대입함으로써, 가동판(5)의 변위각(ϕ)은 평면 코일(7)로 흐르는 전류(i)에 비례하는 것을 알 수 있다.

<58> 따라서, 가동판(5) 아랫면의 가동접점(9,9)가 토션바(6)의 탄력힘을 이겨내서 아래쪽 글라스 기판(4)의 윗면의 고정접점(11,11)에 압접(壓接: 압해서 접촉시킨다)하는데 충분한 전류를 평면 코일(7)로 흘리면, 가동판(5)의 회동으로 가동접점(9,9)와 고정접점(11,11)을 접촉시킬 수 있다. 그리고, 평면 코일(7)로 흐르는 전류의 전환 또는 전류를 온/오프하면서, 접점의 전환 또는 전류의 통전/차단을 제어할 수 있다.

<59> 이하, 본 실시예의 전자 릴레이에서의 영구자석에 의한 자속밀도 분포의 계산 결과에 관하여 설명하기로 한다.

<60> 도 6은 본 실시예에 사용된 원주상의 영구자석의 자석밀도 분포계산 모델을 도시하며, 영구자석의 S극 각각의 표면을 미소영역(dy)을 분할하고, 구하는 점의 자속을 계산하였다.

<61> N극 표면에서 형성되는 자속밀도를 Bn, S극 표면에서 형성되는 자속밀도를 Bs라 하면, 이들은 원주상의 영구자석에 의한 자속밀도 분포의 계산식으로부터 각(4), (5)식에 의하여 구할 수 있고, 임의의 점에서의 자속밀도 B는 Bn과 Bs를 합성한 것으로 되고, 수학식6에서 표시된다.

<62> [수학식 4]

$$Bn = \frac{Br}{2\pi}\int_{-d/2}^{d/2} \frac{Z[(d/2)^2 - y^2]^{1/2} dy}{[(y-yo)^2 + Z^2][(d/2)^2 + z^2 + yo^2 - 2yoy]^{1/2}}$$

<64> [수학식 5]

$$Bs = \frac{Br}{2\pi}\int_{-d/2}^{d/2} \frac{(z+1)[(d/2)^2 - y^2]^{1/2} dy}{[(y-yo)^2 + (z+1)^2][(d/2)^2 + (z+1)^2 + yo^2 - 2yoy]^{1/2}}$$

<66> [수학식 6]

$$B = Bn + Bs$$

<68> 여기서 수학식4 및 수학식 5의 각 식에 있어서, Br은 영구자석의 잔류 자속 밀도, x,y,z는 영구자석의 둘레의 공간의 임의의 점을 나타내는 좌표, 1은 영구자석의 N극면과 S극면과의 거리, d는 각 극면의 반경이다.

<69> 예컨대, 반경 1mm, 높이 1mm, 잔류 자석밀도 0.85T의 Sm-Co 영구자석 DIANET DM-18(상품명, 세이꼬 전자 부품제)를 사용하여, 도 7에 표시된 바와 같이, 배치된 영구자석의 표면에 수직인 면(a)의 자속밀도 분포를 계산한 결과를 도 8에 나타내었다.

<70> 도 7과 같이 배치한 경우에는 자석간의 공간은 거의 0.3T이상의 자속밀도로 되어 있다.

<71> 이하, 가동판(5)의 변위량의 계산결과에 관하여 설명하기로 한다.

<72> 가동판(5)에 형성된 평면 코일(7)의 폭을 100㎛, 권수를 14, 가동판(5)의 두께를 20㎛로 하고, 토션바(6)의 반경을 25㎛, 길이 1mm, 가동판(5)의 폭을 4mm, 길이를 5mm로 하고, 수학식 2 및 3으로부터 구하였다. 또한, 가속밀도는 전술한 자속 밀도 분포 계산으로 얻어진 0.3T를 사용하였다.

<73> 그 결과, 도 9의 (A) 및 (B)로부터 전류 1.5mA로 두번의 변위각이 얻을 수

<74> 있음을 안다. 또한 (C)는 전류와 발생하는 열량 Q와의 관계를 표시하는 것으로서, 이때의 단위면적당의 발생열량은 13μW/㎠로 되었다.

<75> 이하, 발열량과 발열의 관계에 대하여 설명하기로 한다.

<76> 발열량은 코일의 저항으로 발생하는 줄 열이며, 따라서, 단위 시간당 발생하는 열량(Q)은 하기의 수학식7에 의하여 표현된다.

<77> [수학식 7]

$$Q = i^{2} R$$

<79> 여기서, i는 코일에 흐르는 전류, R은 코일의 저항이다.

<80> 발열량 대류(對流)에 의한 방열량(Qc)은 하기의 수학식8로 표현된다.

<81> [수학식 8]

$$Qc=hS\Delta T$$

<83> 여기서, h는 열전달 계수(공기는 5×10^{-3} ~5×10^{-2} [와트/㎠℃]), S는 소자의 표면적, △ T는 소자표면과 공기와의 온도차이다.

<84> 발열부로 되는 가동판의 면적을 20㎟ (4×5)라 하면, 수학식8은

<85> [수학식 8']

$$Qc=1.0\Delta T[mW/℃]$$

<87> 로 되고, 수십 μW/㎠ 정도의 발열량이면 소자의 온도상승의 문제는 무시할 수 있음을 안다.

<88> 또한, 참고로, 복사에 의한 발열량 Qr은 하기의 수학식9로 표현된다.

<89> [수학식 9]

$$Qr=\varepsilon S\sigma T^{4}$$

<91> 여기서, ε 은 복사률(흑체는 ε =1로 일반적으로 ε <1), S는 소자의 표면적, σ 는 스테판 볼쯔만 정수($\pi^{2}K^{4}/60h^{3}c^{2}$), T는 소자의 표면온도이다.

<92> 또 토션바로부터의 전도에 의한 방열량(Qa)는 하기의 수학식10으로 표현된다.

<93> [수학식 10]

$$Qa=2\lambda (S/l_{1})\Delta T$$

<95> 여기서, λ 는 열전도율(실리콘은 84와트/mK), S는 토션바의 단면적 l_1은 토션바의 길이, △T는 토션바의 양단의 온도차이다. 토션바의 반경을 25㎛, 길이를 1㎜로 하면 수학식10은

<96> [수학식 10']

$$Qa=0.1\Delta T[m와트/℃]$$

<98> 로 된다.

<99> 이하 토션바의 가동판 자체 중량에 의한 구부러짐과, 전자력에 의한 가동판의 구부러짐에 관하여 설명하기로 한다.

<100> 도 10에 이들의 계산 모델을 표시한다. 토션바의 길이를 l_1, 토션바의 폭을 b, 가동판의 무게를 f, 가동판의 두께를 t, 가동판의 폭을 w, 가동판의 길이를 L_1이라 하면, 토션바의 굴곡량(△ Y)은, 한쪽만의 들보의 굴곡량의 계산방법을 이용하여, 하기의 수학식11과 같이 된다.

<101> [수학식 11]

$$\Delta Y=(1/2)(4\,l_{1}^{3}f)/(Ebt^{3})$$

<103> 여기서, E는 실리콘의 영(Young's modulus)율이다.

<104> 또, 가동판의 무게(f)는 하기의 수학식12으로 표현된다.

<105> [수학식 12]

$$f=WL_{1}t\rho g$$

<107> 여기서, ρ 는 가동판의 체적밀도, g는 중력가속도이다.

<108> 또, 가동판의 굴곡량(△ X)은, 같은 방법으로 한쪽만 가진 들보의 굴곡량의 계산방법을 이용하여, 하기의 수학식13과 같이 된다.

$$\Delta X=4(L_{1}/2)^{3}F/EWt^{3}$$

<110> 여기서, F는 가동판의 끝에 작용하는 자기력이다. 그리고, 상기 자기력(F)은 수학식2의 코일길이(w)를 가동판의 길이(W)로 간주하고 구한다.

<111> 이들 토션바의 휘는 양과 가동판의 굴곡량의 계산결과를 표1에 나타내었다. 또한, 가동판의 굴곡량은, 자기력(F)을 30μ N로서 계산한 것이다.

<112> [표 1]

<113> 토션바의 가동판의 굴곡량의 계산결과

W	6㎜	6㎜	6㎜
L_1	13㎜	13㎜	13㎜
t	50㎛	50㎛	100㎛
b	50㎛	50㎛	50㎛
l_1	0.5㎜	1.0㎜	1.0㎜
f	89μ N	89μ N	178μ N
△ Y	0.022㎛	0.178㎛	0.356㎛
△ X	0.125㎛	0.125㎛	0.016㎛

<115> 상기의 표1에서 분명한 것과 같이, 폭50㎛, 길이 1.0㎜의 토션바의 경우, 폭 6㎜, 길이 13㎜, 두께 50㎛의 가동판에 의한 굴곡량(△ Y)은 0.178㎛이며, 가동판의 두께를 배인 100㎛로 하여도, 굴곡량(△ Y)은, 0.356㎛이다. 또, 폭 6㎜, 길이 13㎜, 두께 50㎛의 가동판의 경우, 자기력에 의한 굴곡량(△ X)은, 0.125㎛이며, 가동판 양단의 변위량을 200㎛정도로 하면 본 실시예의 전자 릴레이의 특성에는 아무런 영향이 없다.

<116> 이상 설명한 바와같이, 본 실시예의 전자 릴레이에서는, 코일의 발열에 의한 영향도 무시할 수 있고, 또, 가동판(5)의 요동 특성도 아무런 문제도 없으며, 종래와 똑같은 기능을 발휘할 수 있다. 그리고, 반도체 소자의 제조 공정을 이용하여 접점 가동부나 코일들을 형성하므로서, 종래에 비하여 각별히 초소형이고, 박형의 전자 릴레이로 할 수 있다. 이 때문에, 최종 단계의 출력을 전자 릴레이로 제어하는 제어께 시스템의 소형화를 꾀할 수 있다. 또, 반도체 소자의 제조 공정으로 제조하므로서, 대량 생산이 가능해진다.

<117> 또한, 본 실시예에서는 자계의 형성에 영구자석을 사용하였으나, 전자석을 사용하여도 좋다. 또, 자석을 기판을 설치하여 고정하는 구성으로 하였으나, 소정 위치에 자석이 고정할 수 있으면, 반드시 기판에 고정할 필요는 없다.

<118> 이하, 상기 제 1실시예의 전자 릴레이의 제조공정을 도 11 및 12를 참조하면서 설명하기로 한다.

<119> 먼저 도 11(a) 내지 (j)에 실리콘 기판의 가공공정을 표시한다.

<120> 두께 300㎛의 실리콘 기판(101)의 상하면을 열산화하여 산화막(1㎛)(102)을 형성한다((a)도면 참조).

<121> 다음에, 표리양면에 포토그래프에 의하여 관통구멍의 패턴을 형성하고 관통구멍부분에 산화막을 에칭 제거하고((b))도면 참조), 또, 가동판 형성부의 이면쪽 (도면중에서 위쪽)의 산화막을 두께 0.5㎛까지 제거한다((c)도면 참조).

<122> 다음에, 표면쪽(도면중에서 아래쪽)에 왁스층(103)을 설치한 후, 이면쪽의 관통구멍부분에 이방성 에칭을 100㎛행하고((d)도면 참조), 관통구멍과 가동판 부분에 이방성 에칭을 100㎛행한다((f)도면 참조).

<123> 다음에, 관통구멍 부분에서 포위된 가동판 이면에 상당하는 실리콘 기판부분에, 전기배선부분을 남겨놓고 마스크하고, 예를 들면 니켈 혹은 동의 스퍼터를 행하여 ㄱ자 모양의 전기 배선(8,8)을 형성하고, 또, 가동접점부분을 제거하여 마스크하고, 금 혹은 백금의 층을 예컨대 증착등에 의하여, 형성하고 가동접점(9,9)을 형성한다((g)도면 참조).

<124> 다음에, 표면쪽의 왁스층(103)을 제거하고, 표면쪽의 산화막(102) 위에, 종래 공지의 전주 코일법에 의하여 평면 코일(7), 전극 단자부(도시되지 않음)을 형성한다. 전주 코일법은, 실리콘 기판(101)의 표면쪽 산화막(102) 위에 니켈의 스퍼터를 행하여 니켈층을 형성하고, 전해도금 또는 스퍼터에 의하여 동층을 형성한다. 다음에, 포지티브형의 레지스터로 평면 코일 및 전극단자에 상당하는 부분을 마스크하고, 동 에칭, 니켈 에칭을 순차로 행하고, 에칭후, 레지스터를 제거하면, 또 동전해 도금을 행하여 니켈층의 전주를 동으로 덮어 평면 코일 및 전극단자에 상당하는 동층을 형성한다. 다음에, 동층을 제외한 부분에 네거티브형의 도금 레지스터를 도포한 후, 동전해 도금을 행하여 동층을 두껍게 하여, 평면 코일 및 전극단자를 형성한다. 그리고, 평면 코일부분을 예컨대 감광성(感光性) 폴리이미드등의 절연층으로 덮는다. 평면 코일을 2층으로 하는 경우에는, 재차 니켈의 스퍼터 공정에서 절연층 형성까지의 공정을 반복하여 행하면 좋다((h)도면 참조).

<125> 다음에, 표면쪽에 왁스층(103')을 설치하고, 가동판 이면 부분을 마스크한 후, 관통구멍부분에 이방성 에칭을 100㎛을 행하고, 관동구멍부분을 관통시켜서, 가동판 부분을 제외한 왁스층(103)을 제거한다. 이때, 상하의 산화막(102)도 제거된다. 이에 따라서, 가동판(5)과 토션바(도시하지 않음)가 형성되고 도 1의 실리콘 기판(2)이 형성된다((i),(j)도면 참조).

<126> 이상으로, 실리콘 기판(2)의 가동판(5) 및 토션바가 일체로 형성된다.

<127> 그후, 가동판 부분의 왁스층을 제거한 후, 실리콘 기판(2)의 상하면에 위쪽 글라스 기판(3)과 아래쪽 글라스 기판(4)을 각각 양극 접합에 의하여 결합하고, 상하의 글라스 기판(3,4)의 소정 위치에 영구자석(13A,13B)와 (14A, 14B)을 장치하면 된다.

<128> 다음에, 도 12(a) 내지 (g)를 참조하면서, 상하 글라스 기판의 가동공정을 설명한다.

<129> 먼저, 위쪽 글라스 기판(3)은 예컨대 초음파 가공에 의하여, 가동판 위쪽 부분에 상당하는 위치에 구멍을 열고, 개구부(3a)를 형성하면 된다((a)도면 참조). 한편, 아래쪽 글락스 기판(4)에서는 먼저, 전해방전 가공에 의하여 관통홀용의 관통구멍(4a, 4a)을 글라스 기판(4)의 이면쪽(도면 중 위쪽)으로부터 형성한다((b)도면 참조). 그리고, 아래쪽 글라스기판(4)의 양면에, 예컨대 니켈 혹은 동의 스퍼터를 행하

고, 금속층(104)을 형성한다((c)도면 참조).

<130> 다음에, 관통구멍(4a)을 포함하는 전기배선부분을 마스크하고, 기타부분을 에칭하여 금속층(104)을 제거하므로서, 전기배선(10,10)을 형성한다((d)도면 참조).

<131> 다음에 글라스 기판(4)의 표면쪽(도면중 아래쪽)에 리프트 오프용으로 포토그래프에 의하여 고정접점의 패턴을 형성하고, 고정 접점부를 제외하여 레지스터(105)를 도포하고((c)도면 참조), 글라스 기판(4) 표면쪽의 전면에 금 혹은 백금의 증착에 의하여 증착층(106)을 형성하고((f)도면 참조), 또한 레지스터를 제거하므로서, 고정접점부를 제외한 다른 부분의 증착층(106)을 제거하고, 고정접점(11,11)을 형성한다((g)도면 참조).

<132> 도 13에 본발명의 전자 릴레이의 제 2의 실시예를 도시한다. 또한, 제 1 실리예와 동일 요소에는 동일 부호를 붙이고 설명은 생략하기로 한다.

<133> 도면에 있어서, 본 실시예의 전자 릴레이(21)는 실리콘 기판(2) 및 아래쪽 글라스 기판(4)와 구성은 제 1 실시예와 마찬가지이지만, 위쪽 글라스 기판(3')의 구성이 다르다. 즉, 위쪽 글라스 기판(3')은 제 1 실시예의 위쪽 글라스 기판(3)의 개구부(3a)에 상당하는 부분을, 방전가공등에 의하여 홈(3A')으로서 폐색하는 구성으로 하고 있다.

<134> 그리고, 실리콘 기판(2)의 상하면에, 위쪽 글라스 기판(3')과 아래쪽 글라스기판(4)을, 도 13 중의 화살표로 표시하는 바와같이, 실리콘 기판(2)의 상하면에 양극접합에 의하여 결합하고, 가동판(5)의 요동공간을 밀폐하는 구성으로 하고 있다. 또, 이 밀폐공간을 진공분위기로 하여 전자 릴레이(21)를 구동시킨다. 또한, 영구자석에 대신하여 전자석을 사용하여도 좋다.

<135> 이러한 구성에 의하면, 가동판(5)의 요동공간을 진공분위기로 하므로서, 가동판(5)이 회동하는 경우에는 공기저항이 없어지게 되므로, 가동판의 응답성을 향상할 수 있다. 그리고, 실리콘 기판(2)에 상하의 글라스 기판(3',4)을 결합할 때에, 접착제를 사용하면 가스가 가동판의 요동공간에 침입할 염려가 있으나, 본 실시예와 같이, 양극접합을 활용하면 그 염려는 없다. 또, 가동판(5)의 요동공간을 진공밀봉할 때, 공간 내에 유화불소(SF_6)를 봉입하므로서, 절연내압이 향상된다.

<136> 도 14에 있어서, 본 실시예의 전자 릴레이(31)에서는 가동판(5)쪽에 평면 코일에 대신하여 박막의 영구자석(32)을 설치한다. 한편, 실리콘 기판(2)의 코션바(6,6)의 축방향과 평행인 평면 코일(7A, 7B)을 설치한다. 또, 위쪽 글라스 기판(3')은 도 13에 표시하는 바와 같은 방법으로 홈(3A')을 가지며 폐색된 구성인 것이다.

<137> 이러한 구성과 같이, 영구자석(32)을 가동판(5)측에 설치하고, 평면 코일(7A, 7B)을 실리콘 기판(2)에 설치하도록 하여도 상술한 각 실시예와 같은 방법으로 동작시킬 수 있다. 또, 가동판(5)측에 코일을 설치하고 있지 않으므로, 발열에 관한 문제는 생기지 않는다. 또, 가동판측에 박막의 자석을 사용하고 있기 때문에, 가동판의 동작이 둔해지는 일은 없고, 응답성이 향상될 수 있다. 그 밖에, 박막 영구 자석을 반도체 소자 제조기술로 일체형성하므로, 보다 더욱 소형화할 수 있음과 아울러, 자석의 설치 공정이 용이해지고, 자석 릴레이의 제조가 용이해지는 장점이 있다. 그리고 가동판(5)의 요동공간을 진공밀봉하므로, 도 13에 표시하는 실시예와 같이 가동판(5)의 응답성이 양호해진다.

<138> 또, 본 실시예에서는 가동판의 주위에 영구자석을 형성하는 구성으로 하였으나, 가동판의 전면에 형성하도록 하여도 좋다.

<139> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 코일을 종래의 권선형이 아닌 반도체 소자 제조기술을 이용하여 형성하는 구성으로 하였으므로 종래의 권선형 코일을 사용하는 전자 릴레이에 비교하여 각별히 소형화 및 박형화할 수 있다. 따라서, 전자 릴레이를 사용하는 제어계의 시스템의 집적화 및 소형화를 꾀할 수 있다.

<140> 또, 가동판의 요동공간을 밀폐공간으로서 진공밀봉하는 구성으로 하면, 공기 저항을 없앨 수 있고, 가동판의 응답성을 향상할 수 있고, 릴레이 응답성을 높일 수 있다.

<141> 본 발명은 전자릴레이의 박형화 및 소형화를 도모할 수 있고, 전자 릴레이에 의한 최종단계의 출력을 제어하는 제어 시스템의 소형화를 도모할 수 있으며 산업상 이용성은 매우 큰 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

반도체 기판, 절연 기판 및 자식을 구비하여 구성되고,

상기 반도체 기판은 평면 가동판과, 상기 가동판을 상기 반도체 기판의 수직방향으로 요동가능하도록 지지하는 토션바와, 상기 가동판의 주변부에 통전에 의하여 자계를 발생시키는 평면 코일과, 상기 가동판에 고정된 전기 배선에 의하여 연결된 한쌍의 가동 접점부를 구비하고, 상기 가동판 및 토션바가 상기 반도체 기판에 일체로 형성되는 구성으로 되어 있고,

상기 절연 기판은 한 쌍의 고정접점부를 구비하고, 상기 반도체 기판에 고정되며, 상기 한 쌍의 고정접점부는 상기 절연 기판의 상기 가동접점부와 접촉 가능한 위치에 설치되고,

상기 자석은 상기 토션바의 축방향과 평행한 상기 가동판의 대변의 평면 코일부분에 자계로 작용하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 자석이 상기 토션바의 축방향과 평행인 가동판의 대변의 평면 코일부분에만 자계로 작용하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 자석이 상기 가동판에 대하여 상하로 배치되고, 상기 가동판의 평면에 따라 자계를 발생시키는 구성인 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 자석은 상기 가동판에 대하여 상하로 배치되고, 또한 서로 어긋나게 되어, 상기 가동판의 평면에 따라 자계를 발생시키는 구성인 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 5

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서, 상기 반도체 기판의 아랫면에 상기 절연기판을 배치하고, 상기 반도체 기판의 윗면에 위쪽 기판을 설치하고, 상기 위쪽 기판과 반도체 기판 하측의 절연 기판에 상기 자석을 고정시키는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 위쪽 기판과 절연기판은 가동판 수납공간을 폐색하고, 상기 가동판 수납공간을 진공상태로 하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 자석은 영구자석인 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 8

반도체 기판 및 절연 기판을 구비하고,

상기 반도체 기판은 평면 가동판과, 상기 가동판이 상기 반도체 기판의 수직방향으로 요동가능하게 되도록 지지하는 토션바와, 적어도 상기 가동판의 주변부에 설치된 자석과, 상기 가동판에 고정된 전기 배선에 의하여 연결된 한쌍의 가동 접점부를 구비하고, 상기 가동판 및 토션바가 상기 반도체 기판에 일체로 형성되는 구성으로 되어 있고,

상기 절연 기판은 한 쌍의 고정접점부를 구비하고, 상기 반도체 기판에 고정되며, 상기 한 쌍의 고정접점부가 상기 절연 기판의 상기 가동접점부와 접촉가능한 위치에 설치되는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 자석은 박막의 영구자석인 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 영구자석은 상기 가동판의 위면 전면에 형성되는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 11

제 8 항에 있어서, 상기 반도체 기판의 아랫면에 상기 절연 기판을 배치하고, 상기 반도체 기판의 윗면에 위쪽 기판을 설치하고, 상피 위쪽 기판과 반도체 아랫면의 상기 절연기판으로 가동판 수납공간을 폐색하여 상기 가동판 수납공간을 진공상태로 하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 12

제 6 항 또는 제 11 항에 있어서, 상기 위쪽 기판은 상기 기동판 위쪽에 상당하는 중앙부에 홈을 가지고 상기 가동판 수납공간을 형성하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 위쪽 기판은 절연기판인 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 14

제 1 항의 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법에 있어서, 상기 방법은;

반도체 기판의 아랫면으로부터 윗면을 향하여, 토션바 형성부분을 제외한 반도체 기판 부분을 관통시킴으로써, 상기 토션바 부분에서 반도체 기판에 요동가능하게 축으로 지지되는 가동판을 형성하는 단계와;

상기 가동판에 가동접점부를 형성하는 단계와;

상기 가동판 주위에 평면 코일을 형성하는 단계와;

상기 가동접점부와 접촉 가능한 고정접점부를 절연 기판에 형성하는 단계 및;

상기 토션바의 축방향과 평행한 상기 가동판의 대변에 대응하는 위치에 각 자석을 고정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 자석을 고정하는 단계는 상기 자석을 상기 가동판에 대하여 상하로 위

치시키고, 상기 가동판의 평면에 따라 자계를 발생시키도록 고정시키는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 16

제 14 항에 있어서, 상기 자석을 고정하는 단계는 상기 자석을 상기 가동판에 대하여 상하로 위치시키고, 또한 서로 어긋나게 위치하여 상기 가동판 평면에 따라 자계를 발생시키도록 고정시키는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이.

청구항 17

제 8 항의 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법에 있어서, 상기 방법은:

반도체 기판의 아랫면으로부터 윗면을 향하여, 토션바 형성 부분을 제외한 반도체 기판 부분을 관통시킴으로써, 상기 토션바 부분에서 반도체 기판에 요동가능하게 축으로 지지되는 가동판을 형성하는 단계와;

상기 가동판에 자석을 형성하는 단계와;

상기 가동판에 가동접점부를 형성하는 단계와;

상기 토션바의 축방향과 평행한 상기 가동판의 대변 옆의 반도체 기판부분에 평면 코일을 형성하는 단계 및;

상기 가동접점부와 접촉 가능한 고정 접점부를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 18

제 14항 또는 제 17 항에 있어서, 상기 가동판 형성 단계는 이방성 에칭을 사용하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 19

제 14 항 또는 제 17 항에 있어서, 상기 평면 코일 형성 단계는 전해 도금에 의하여 형성되는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 방법은 상기 전해 도금에 의한 평면 코일 형성 공정은 반도체 기판 상에 스퍼터링으로 니켈층을 형성한 후, 상기 니켈층 상에 동 전해 도금에 의하여 동층을 형성하고, 다음으로 평면 코일부분에 상당하는 부분을 마스크하여 동에칭 및 니켈 에칭을 순차적으로 실시하고, 다음으로 상기 마스크를 제거한 후, 코일 패턴 상에 동 전해 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 21

제 19 항에 있어서, 상기 방법은 상기 전해 도금에 의한 평면 코일 형성 공정은 반도체 기판 상에 스퍼터링으로 니켈층을 형성한 후, 상기 니켈층 상에 스퍼터링을 사용하여 동층을 형성하고, 다음으로 평면 코일부분에 상당하는 부분을 마스크하여 동에칭 및 니켈 에칭을 순차적으로 실시하고, 다음으로 상기 마스크를 제거한 후, 코일 패턴 상에 동 전해 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 22

제 14 항 또는 제 17 항에 있어서, 상기 방법은 상기 반도체 기판의 윗면과 아랫면에 위쪽 기판과 아랫쪽 기판을 고정하는 단계를 추가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 위쪽 및 아랫쪽 기판의 고정 단계는 양극 접합을 사용하여 실시되는 것을 특징으로 하는 플레이너형 전자 릴레이의 제조방법.

요약

본 발명은, 반도체 제조기술을 이용하여 제조하는 박형 동시에 소형의 전자 릴레이에 관한 것이다.

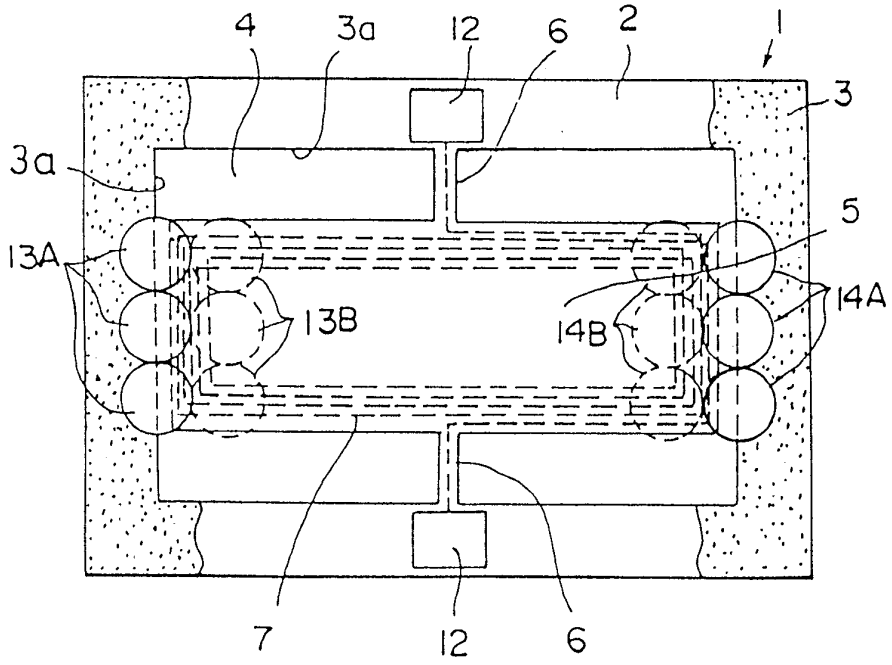
반도체 제조기술을 이용하여, 실리콘 기판(2)에, 평판상의 가동판(5)과, 이 가동판(5)을 축받이하는 토션바(6)와를 일체로 형성하고, 가동판(5)의 상면에 평면 코일(7)을 설치하고 하면쪽에 가동접점(9)을 설치하고, 또, 실리콘 기판(2)의 상하면에 글라스 기판(3,4)을 설치하고, 아래쪽 글라스 기판(4)에는 상기 가동접점(9)과 접촉 가능한 고정접점(11)을 설치한다. 또, 글라스 기판(3,4)에 평면 코일에 자계를 작용시키는 영구자석(13A,13B 및 14A,14B)을 고정하여 구성하고, 평면 코일(7)에 통전하여 자기력을 발생시키고, 토션바(6)의 비트는 힘에 저항하여 가동판(5)을 회동제어하여, 가동접점(9)과 고정접점(11)과를 접촉 또는 이격시킨다.

대표도

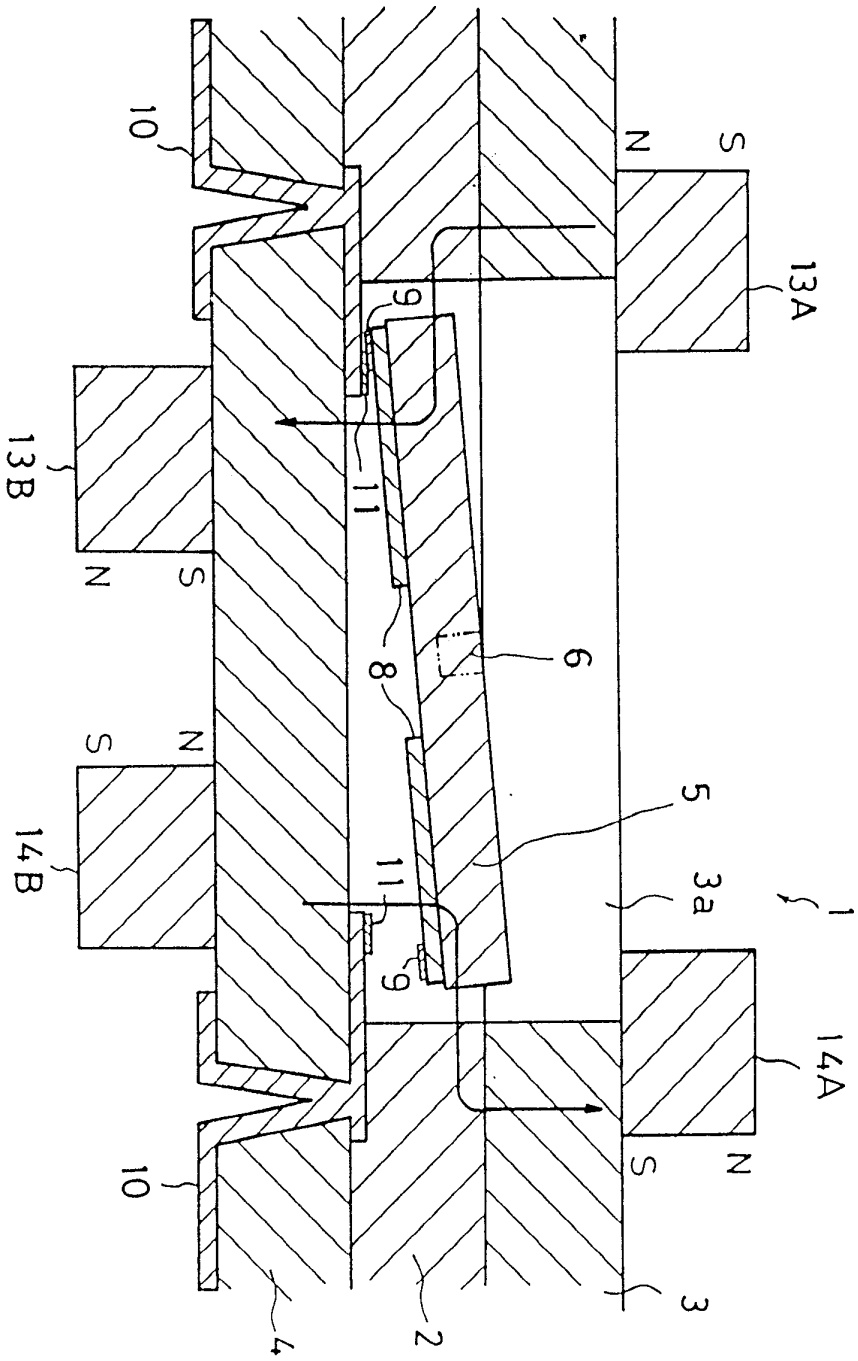
도1

도면

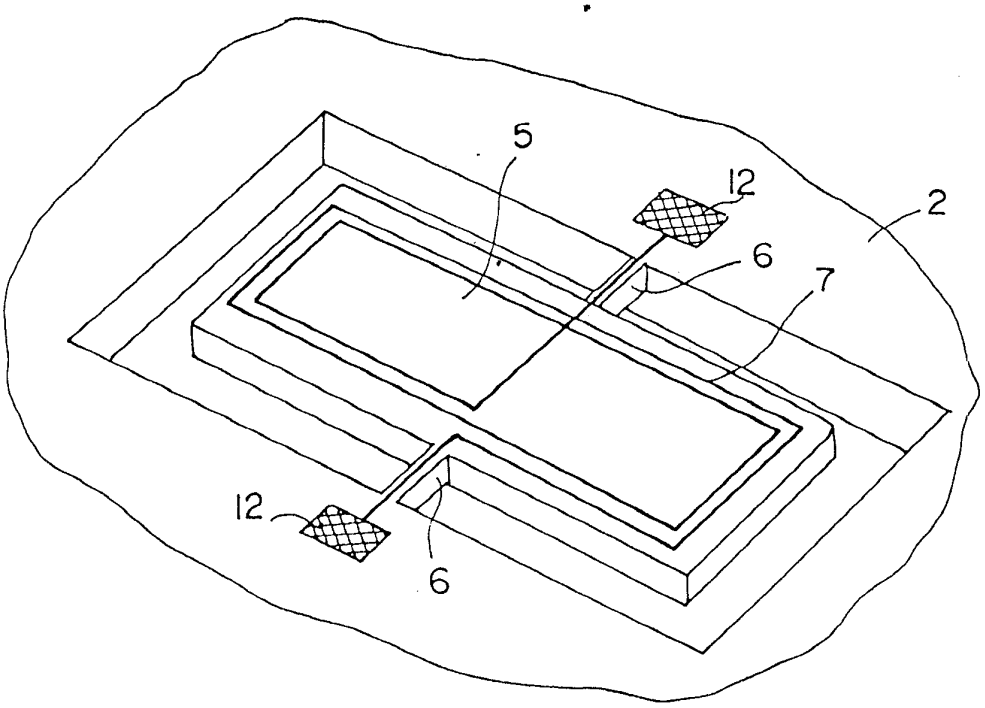
도면1



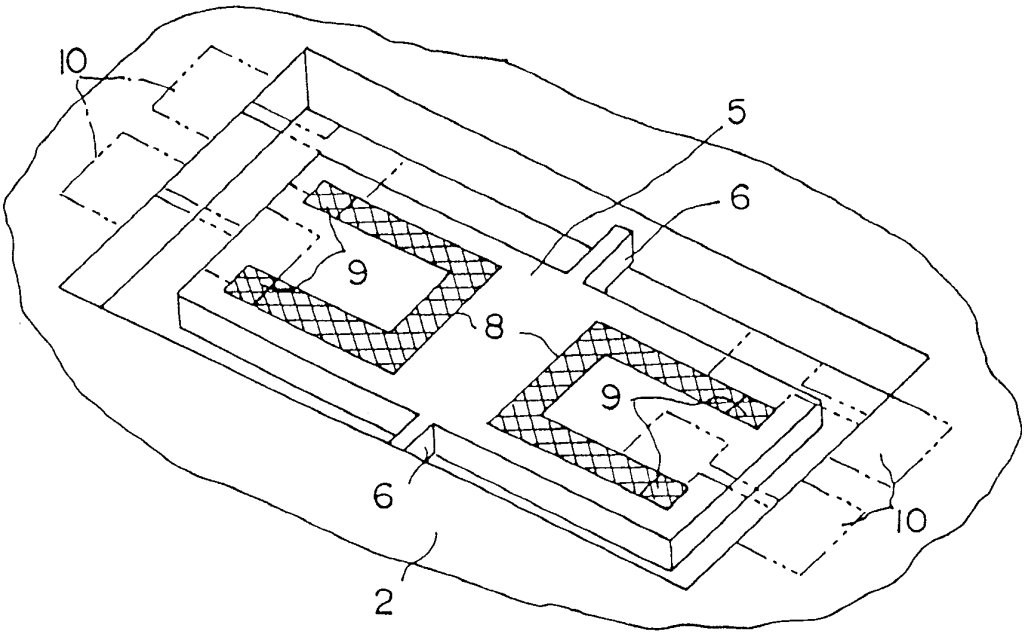
도면2



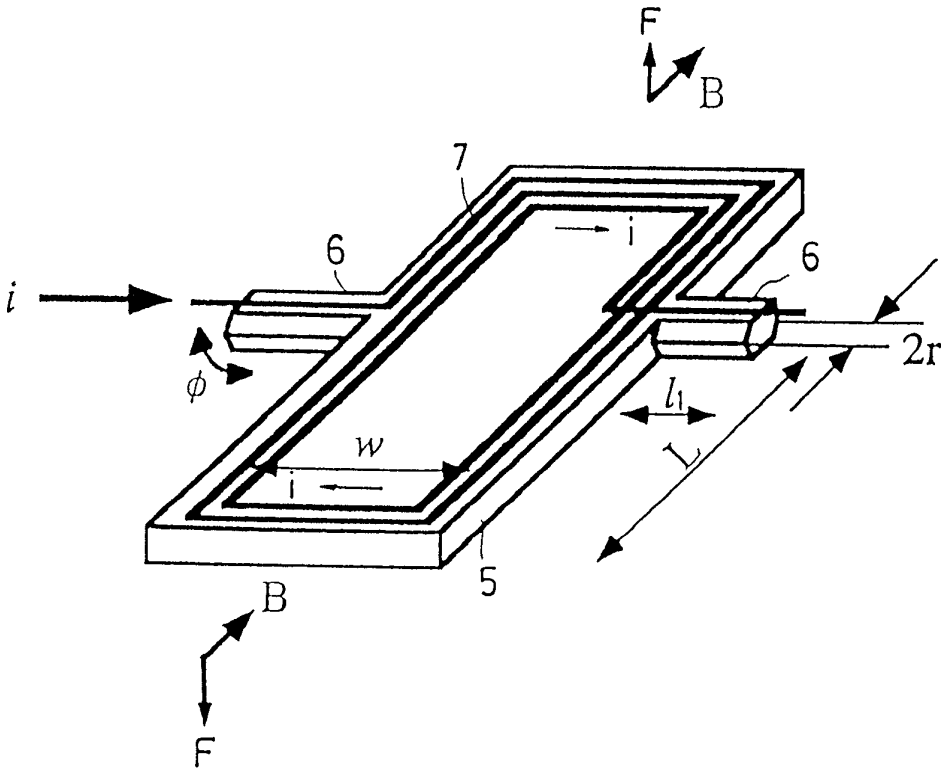
도면3



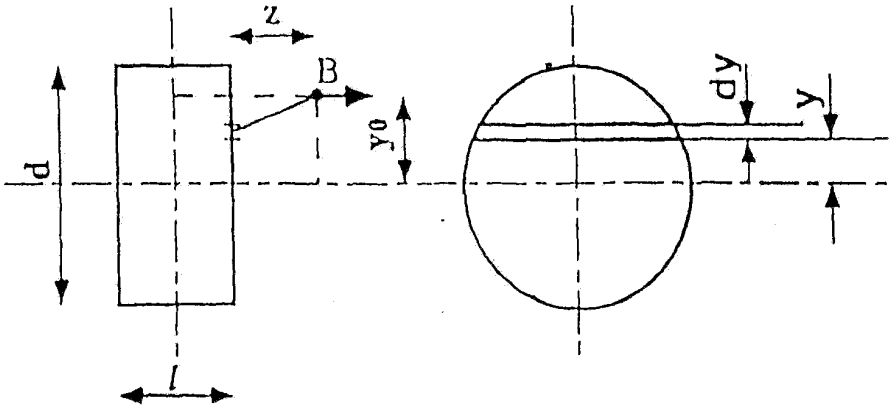
도면4



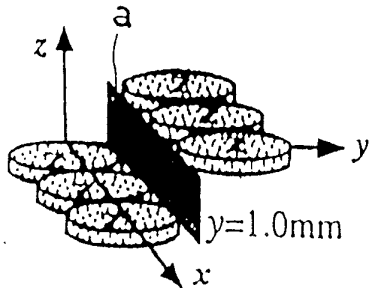
도면5



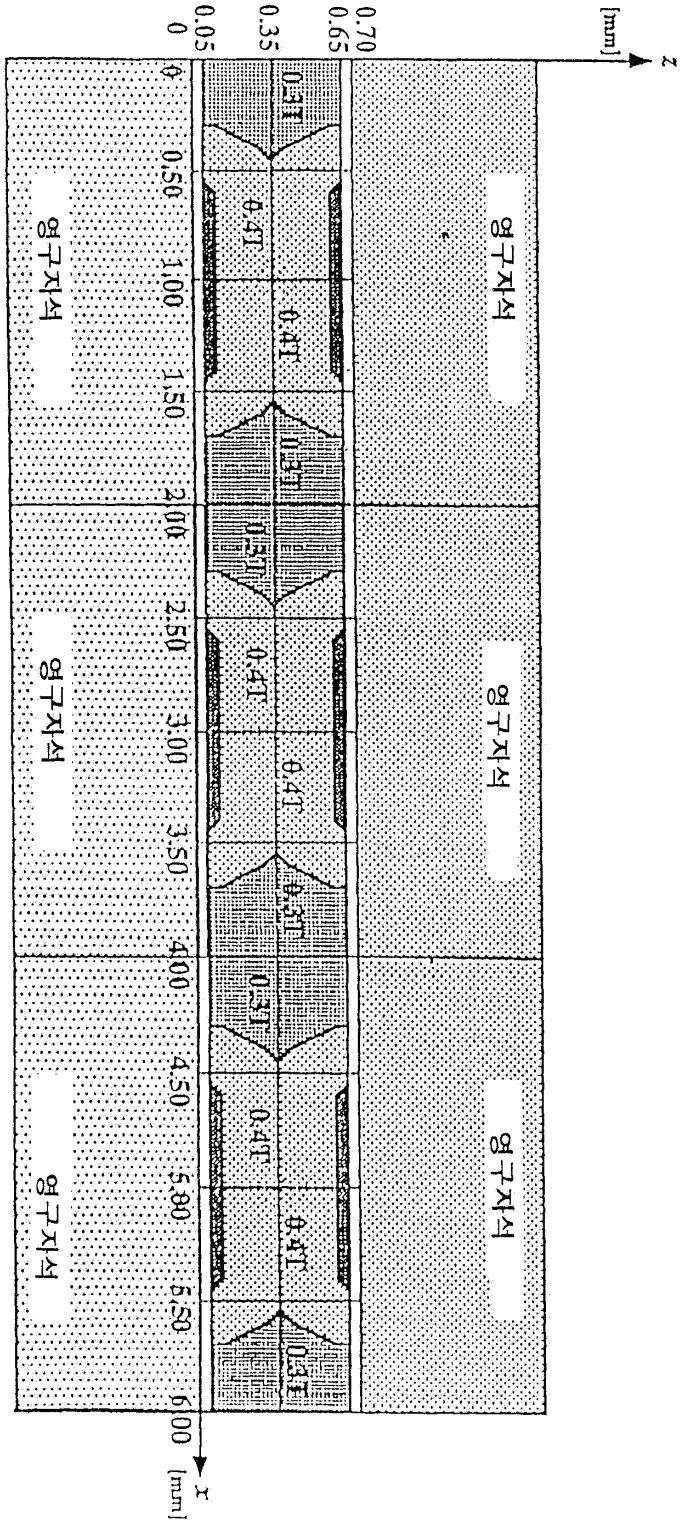
도면6



도면7

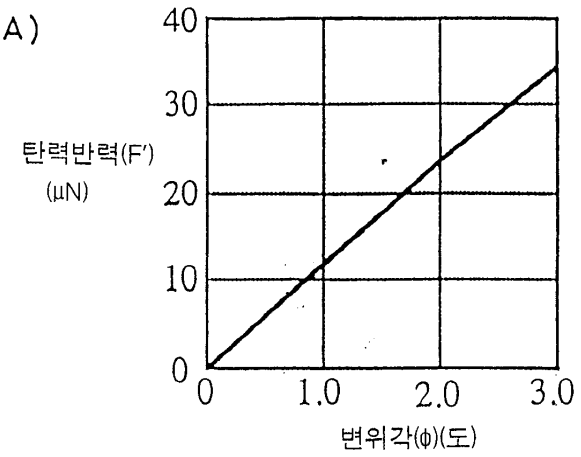


도면8

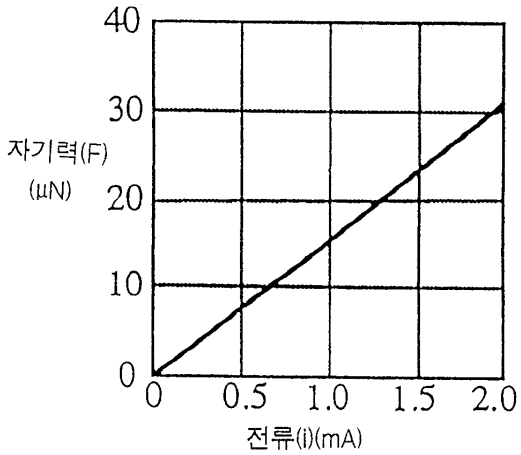

z
[mm]
0.70
0.65
0.35
0.05
0
영구자석
영구자석
영구자석
영구자석
0.3T
0.4T
0.4T
0.3T
0.3T
0.4T
0.4T
0.3T
0.3T
0.4T
0.4T
0.3T
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
3.50
4.00
4.50
5.00
5.50
6.00
x
[mm]

도면9

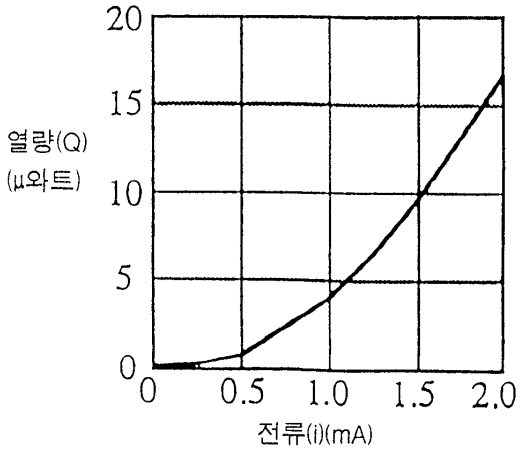
(A)


40
30
20
10
0
탄력반력(F')
(μN)
0
1.0
2.0
3.0
변위각(ϕ)(도)

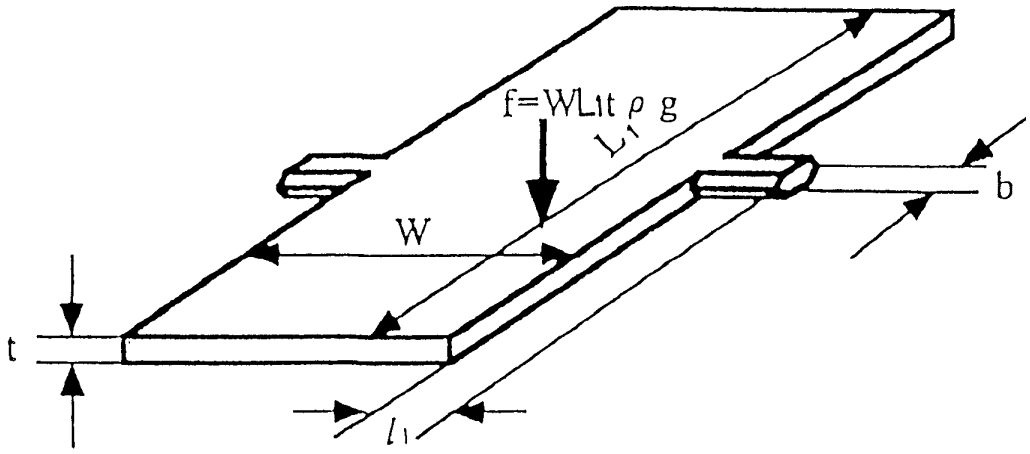
(B)


40
30
20
10
0
자기력(F)
(μN)
0
0.5
1.0
1.5
2.0
전류(i)(mA)

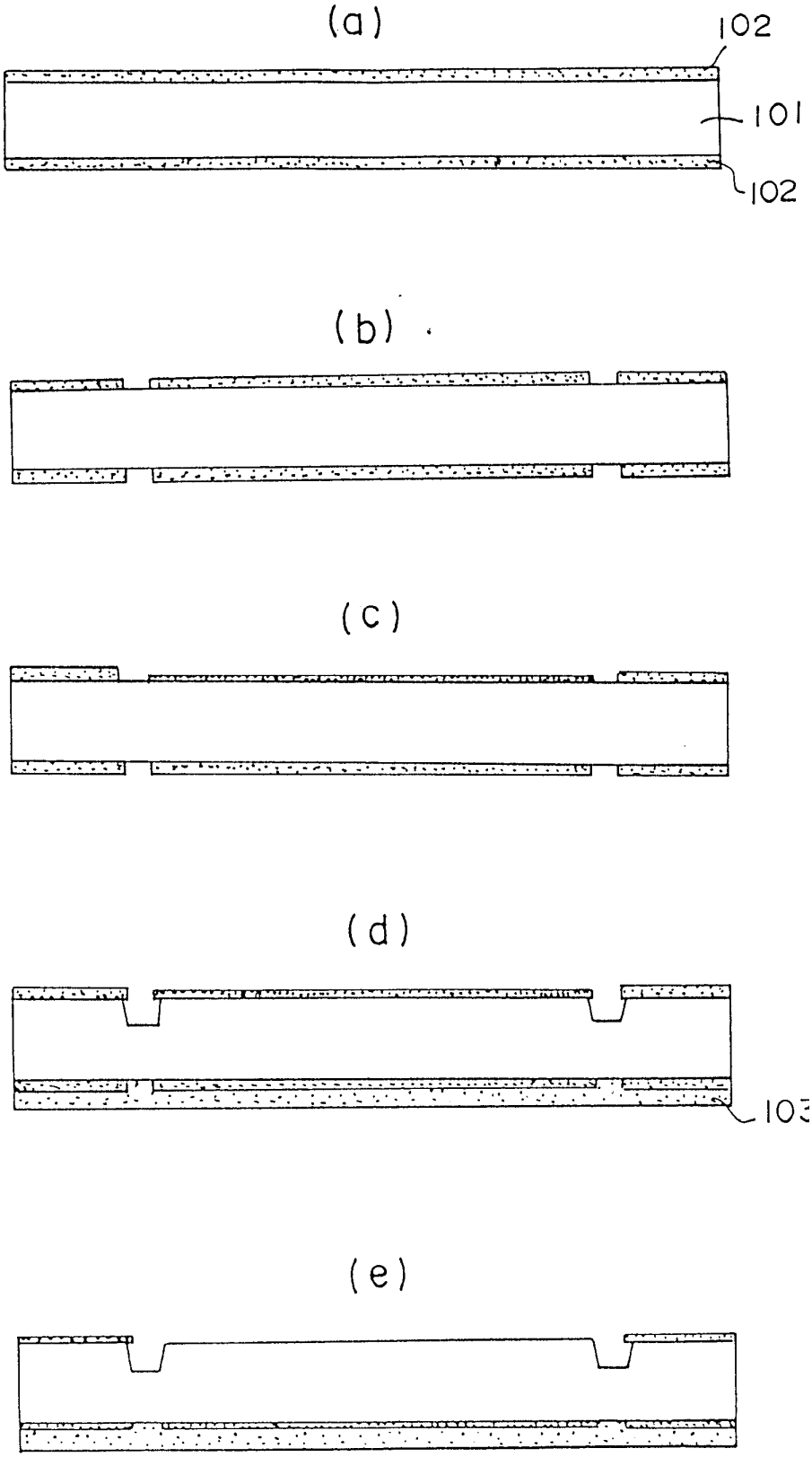
(C)


20
15
10
5
0
열량(Q)
(μ와트)
0
0.5
1.0
1.5
2.0
전류(i)(mA)

도면10

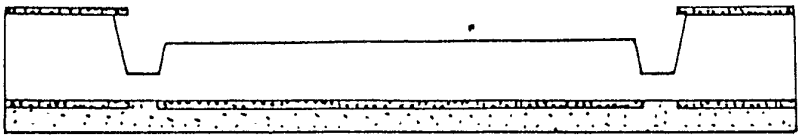


도면11a

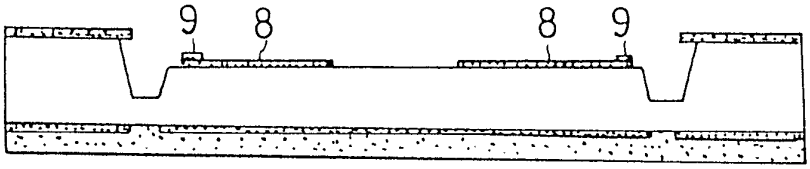


도면11b

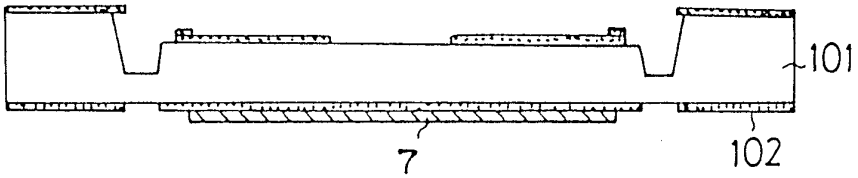
(f)



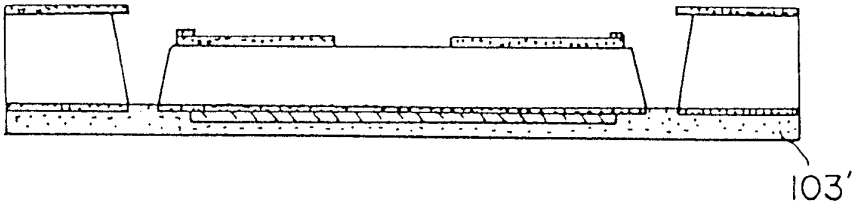
(g)



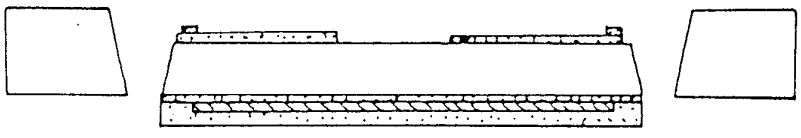
(h)



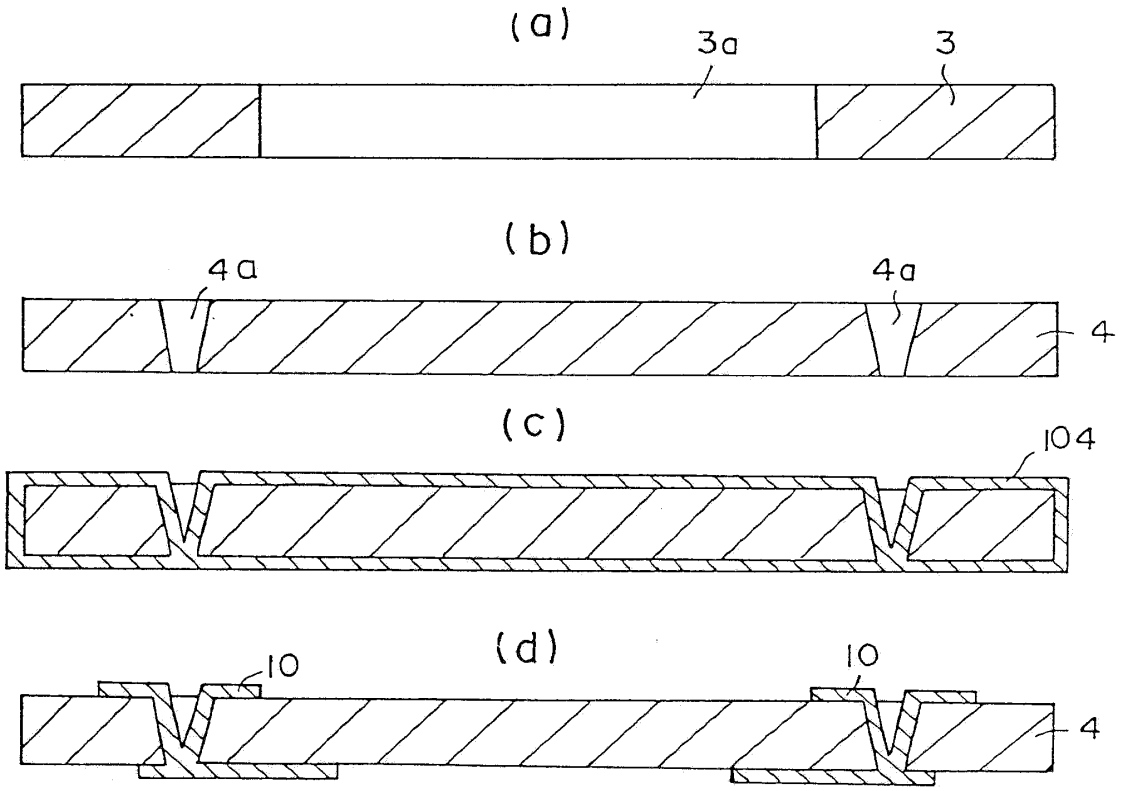
(i)



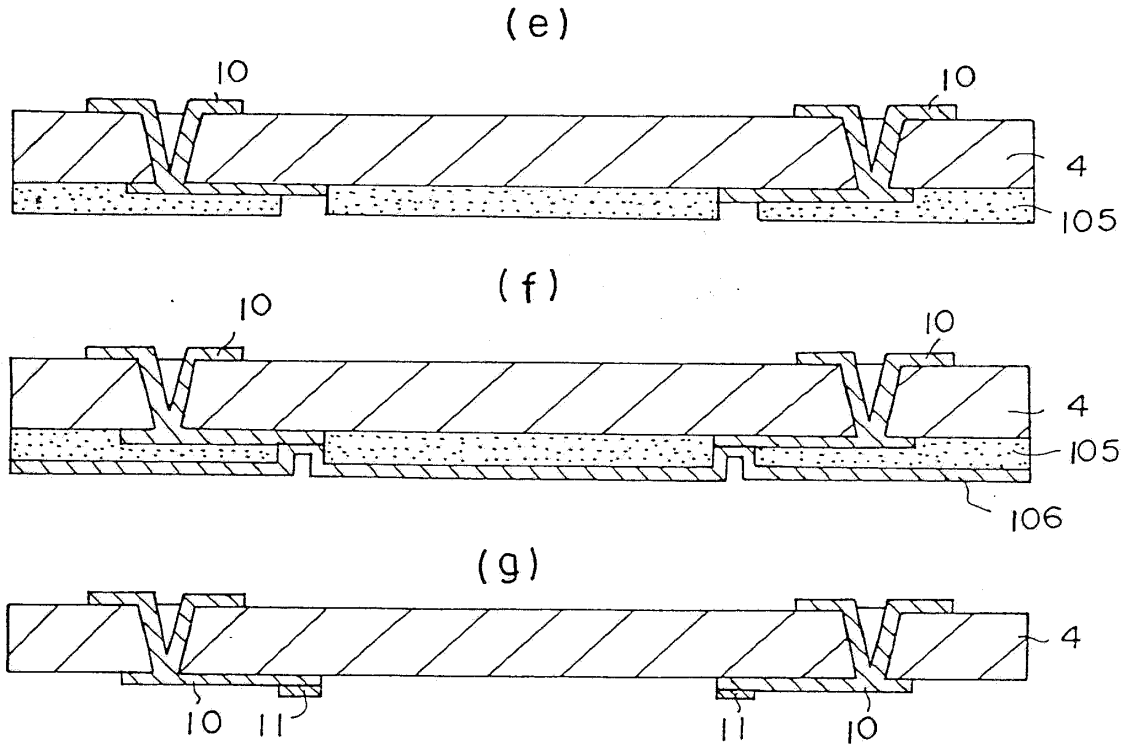
(j)



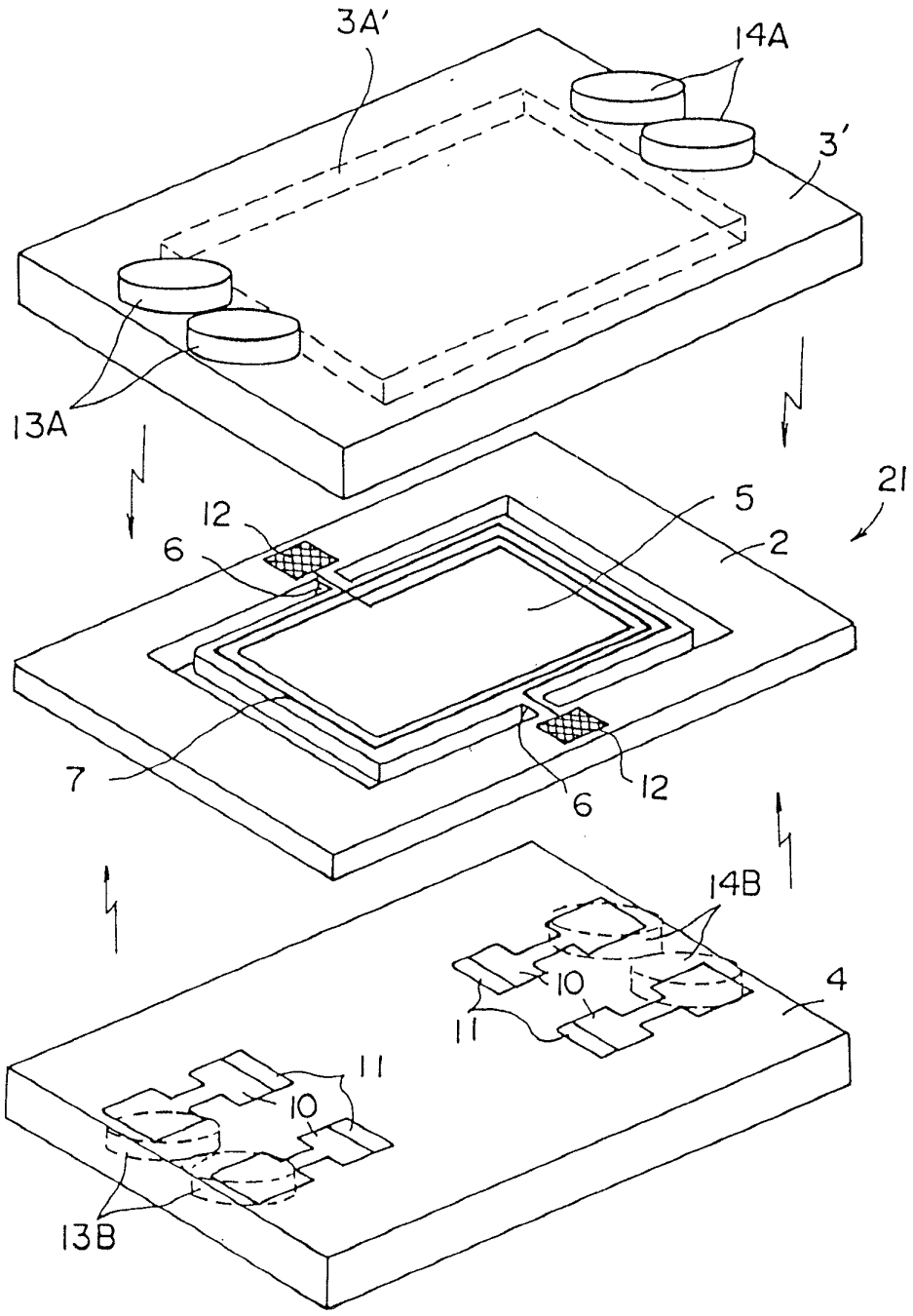
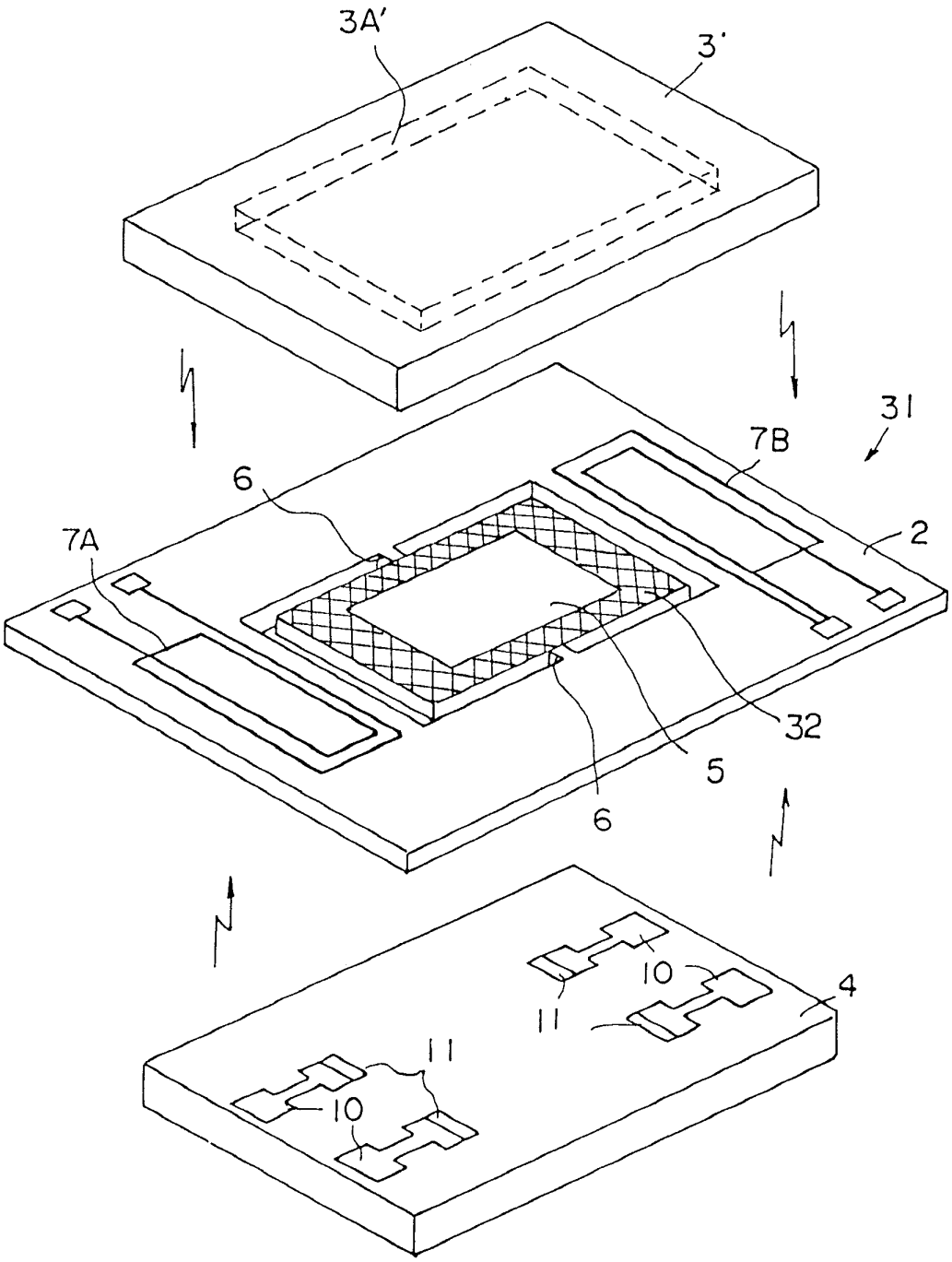
도면12a


(a)
3a
3
(b)
4a
4a
4
(c)
104
(d)
10
10
4

도면12b


(e)
10
10
4
105
(f)
10
10
4
105
106
(g)
4
10
11
11
10

도면13



도면14