



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월07일
(11) 등록번호 10-1724717
(24) 등록일자 2017년04월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01H 59/00 (2006.01) B81B 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7023829
(22) 출원일자(국제) 2009년07월06일
심사청구일자 2014년07월04일
(85) 번역문제출일자 2010년10월25일
(65) 공개번호 10-2011-0027649
(43) 공개일자 2011년03월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/049675
(87) 국제공개번호 WO 2010/005888
국제공개일자 2010년01월14일
(30) 우선권주장
12/218,368 2008년07월11일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003057572 A*
US20060049900 A1
US20040012469 A1
US06310526 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
내셔널 세미컨덕터 코퍼레이션
미국 캘리포니아주 95052-8090, 산타 클라라,
2900 세미컨덕터 드라이브
(72) 발명자
니블록 트레버
미국 90291 캘리포니아주 베니스 그랜드 카날
2219
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 10 항

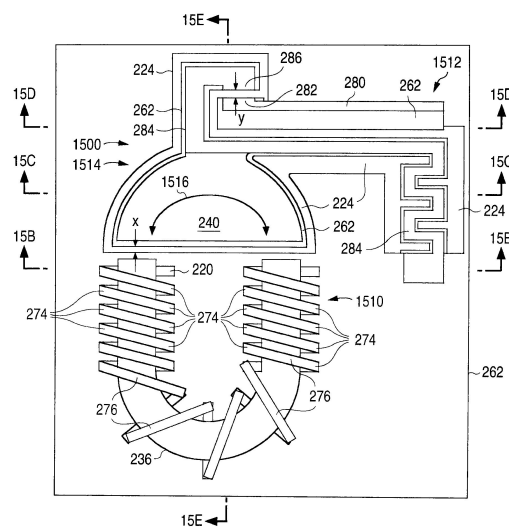
심사관 : 김주승

(54) 발명의 명칭 MEMS 릴레이

(57) 요약

MEMS (micro-electromechanical) 릴레이 (1500) 는 자속의 변동으로부터 초래되는 신호 감손을 제거하기 위해 스위치 구조 (1512) 를 통해서 전기적 경로로부터 플럭스 경로를 분리한다. 자속의 변동은 자기 액추에이션 (magnetic actuation) 도중에 발생하는 코어 (236) 주변의 코일 (1510) 을 통한 전류의 변동에 의해 야기된다.

대표도 - 도15a



명세서

청구범위

청구항 1

하부 유전체층에 직접적으로 접촉 (contact) 하고, 자기 전도성 재료를 갖는 코어;

상기 하부 유전체층에 직접적으로 접촉하고, 상기 코어 주위에 수직으로 감겨 있는 코일;

상기 하부 유전체층에 접촉하는 스위치 부재;

상기 하부 유전체층에 접촉하는 서스펜션 부재로서, 상기 서스펜션 부재는 자기 전도성 재료를 갖고, 상기 코일을 통해서 전류가 흐르지 않는 경우 상기 서스펜션 부재의 어느 부분도 상기 코어에 접촉하지 않고, 상기 서스펜션 부재는 상기 코일을 통해서 흐르는 전류에 응답하여 상기 코어를 향해서 이동가능한, 상기 서스펜션 부재;

상기 스위치 부재에 직접적으로 접촉하는 제 1 전도성 트레이스 (first conductive trace); 및

상기 서스펜션 부재에 직접적으로 접촉하는 제 2 전도성 트레이스로서, 상기 코일을 통해서 전류가 흐를 경우, 상기 서스펜션 부재의 일부를 통해서 자속이 통과하고, 상기 제 1 전도성 트레이스 및 상기 제 2 전도성 트레이스를 통해서 실질적으로 어떠한 자속도 통과하지 않는, 상기 제 2 전도성 트레이스를 포함하는, MEMS (micro-electromechanical) 릴레이.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 전도성 트레이스는, 상기 코일을 통해서 흐르는 전류의 변화에 응답하여 상기 서스펜션 부재가 이동함에 따라, 상기 제 1 전도성 트레이스와의 전기적 콘택트를 형성 및 차단하는, MEMS 릴레이.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전도성 트레이스는 제 1 콘택트 표면을 갖고,

상기 제 2 전도성 트레이스는 제 2 콘택트 표면을 갖는, MEMS 릴레이.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 2 전도성 트레이스의 상기 제 2 콘택트 표면은,

상기 코일을 통해서 전류가 흐를 경우, 상기 제 1 전도성 트레이스의 상기 제 1 콘택트 표면을 향해서 이동하여 상기 제 1 콘택트 표면에 직접적으로 접촉하고,

상기 코일을 통해서 전류가 흐르지 않을 경우, 상기 제 1 전도성 트레이스의 상기 제 1 콘택트 표면으로부터 멀어지는 방향으로 이동하는, MEMS 릴레이.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 코일을 통해서 어떠한 전류도 흐르지 않을 경우, 상기 서스펜션 부재 및 상기 코어는 제 1 최소 이격 거리를 갖고,

상기 코일을 통해서 어떠한 전류도 흐르지 않을 경우, 상기 제 1 전도성 트레이스의 상기 제 1 콘택트 표면 및 상기 제 2 전도성 트레이스의 상기 제 2 콘택트 표면은, 상기 제 1 최소 이격 거리 이하인 제 2 최소 이격 거리를 갖는, MEMS 릴레이.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 코어는 U 형상을 갖는, MEMS 릴레이.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 코일의 어느 부분도 상기 서스펜션 부재에 감겨 있지 않는, MEMS 릴레이.

청구항 11

MEMS (micro-electromechanical) 릴레이를 형성하는 방법으로서,

코일의 다수의 하부 수평 섹션들을 형성하는 다수의 이격된 하부 코일 부재들을 형성하는 단계;

상기 이격된 하부 코일 부재들에 직접적으로 접촉 (contact) 하는 하부 유전체 층을 형성하는 단계;

상기 하부 유전체층에 직접적으로 접촉하는 희생 구조체를 형성하는 단계;

상기 하부 유전체층에 직접적으로 접촉하는 코어, 스위치 부재, 및 서스펜션 부재를 형성하는 단계로서, 상기 서스펜션 부재는 희생층에 접촉하고, 상기 스위치 부재의 어느 부분도 상기 코어에 접촉하지 않는, 상기 코어, 스위치 부재, 및 서스펜션 부재를 형성하는 단계; 및

상부 코일 부재들을 형성하고, 상기 하부 코일 부재들에 직접적으로 접촉하는 측부 코일 부재들을 형성하여, 코일, 상기 스위치 부재에 위에 놓이는 제 1 전도성 트레이스, 및 상기 서스펜션 부재에 걸쳐 놓이는 제 2 전도성 트레이스를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 코일의 어느 부분도 상기 서스펜션 부재를 감고 있지 않는, MEMS 릴레이를 형성하는 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 서스펜션 부재가 상기 코일을 통해서 흐르는 전류의 변화에 응답하여 이동하도록 상기 코일, 상기 제 1 전도성 트레이스, 및 상기 제 2 전도성 트레이스가 형성된 이후에, 상기 희생 구조체를 제거하는 단계를 더 포함하는, MEMS 릴레이를 형성하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 전도성 트레이스는, 상기 서스펜션 부재가 상기 코일을 통해서 흐르는 전류의 변화에 응답하여 이동함에 따라, 상기 제 1 전도성 트레이스와의 전기적 콘택트를 형성하고 차단하는, MEMS 릴레이를 형성하는 방법.

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 릴레이에 관한 것이고, 더욱 상세하게는, 스위치를 통해서 전기적 경로로부터 분리되는 자기 액추에이션 (magnetic actuation) 으로부터의 플럭스 경로, 및 코어 구조와는 별개인 서스펜션 구조를 갖는 MEMS 릴레이, 및 그 형성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스위치는, 디바이스들 사이의 커넥션을 연결하고, 연결해제하고, 또는 변경하는 잘-알려진 디바이스이다. 전기적 스위치는, 스위치가 "폐쇄된 (closed)" 경우에는 저임피던스 전기적 경로를, 그리고 스위치가 "개방된 (opened)" 경우에는 고임피던스 전기적 경로를 제공하는 스위치이다. 기계-전기적 스위치는, 2 개의 전기적 콘택트들을 함께 물리적으로 결합시킴으로써 저임피던스 전기적 경로가 형성되고, 2 개의 전기적 콘택트들을 서로 물리적으로 분리시킴으로써 고임피던스 전기적 경로가 형성되는 유형의 스위치이다.

[0003] 액추에이터는 다른 디바이스를 이동시키거나 제어하기 위해 기계적 부재를 이동시키거나 제어하는 잘 알려진 기계적 디바이스이다. 통상적으로, 액추에이터는 스위치를 폐쇄하고 개방하는 기계적 부재를 이동시키거나 제어하기 위해 기계-전기적 스위치에 의해 사용되어, 이 액추에이터에 응답하여 각각 저임피던스 및 고임피던스 전기적 경로를 제공한다.

[0004] 릴레이는, 액추에이터 내의 기계적 부재가 전기 회로의 조건의 전자기적 변화에 응답하여 이동하는, 스위치와 액추에이터의 조합이다. 예를 들어, 코일 내에서 전류의 존재 또는 부재로 인한 전자기적 변화는 액추에이터 내의 기계적 부재로 하여금 스위치를 폐쇄하고 개방하게 할 수 있다.

[0005] 액추에이터 및 릴레이를 구현하기 위한 일 접근법은 MEMS (micro-electromechanical) 기술을 이용하는 것이다. MEMS 디바이스는, 다이 상의 트랜지스터에 전기적 연결성을 제공하는 상호접속 구조와 같은 종래의 반도체 구조를 형성하는데 사용되는 동일한 제조 프로세스를 이용하여 형성된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 종래의 MEMS 릴레이의 하나의 결점은, 디바이스를 액추에이팅하는 플럭스 경로가 또한 통상적으로 스위치를 통한 전기적 경로에 따른다는 것이다. 통상적으로, 릴레이는 전력 스위칭에 사용되고, 이에 따라, 코어 주변의 전류의 변동, 및 이에 따른 플럭스의 변동으로 인한 스위치를 통한 신호 감쇠는 문제가 되지 않았다.

[0007] 그러나, MEMS 릴레이가 스위치를 통해서 매우 작은 진폭을 갖는 신호를 통과시킬 때, 코어 주변의 전류의 변동, 이에 따른 플럭스의 변동은 스위치를 통과하는 신호의 허용불가한 감손을 유도할 수 있다. 따라서, 스위치를 통해서 전기적 경로로부터 분리되는 플럭스 경로를 갖는 MEMS 릴레이가 필요하다.

[0008] 종래의 MEMS 릴레이의 다른 결점은, 통상적으로, 코어 구조의 일부로서 서스펜션 구조가 형성된다는 것이다. 그러나, 서스펜션 구조 및 코어 구조는 일반적으로 충돌하는 요구조건들을 갖는다. 코어 구조의 이상적인 기하학적 형상은 큰 단면적을 갖는 짧은 플럭스 경로이다. 그러나, 서스펜션 구조의 이상적인 기하학적 형상은 작은 단면적을 갖는 긴 경로인데, 이는 이러한 긴 경로가 빔의 스프링 강성 (spring stiffness) 을 감소시켜 이에 따라 스위치를 폐쇄하기 위해 요구되는 힘을 감소시키기 때문이다. 따라서, 코어 구조와 별개인 서스펜션 구조를 갖는 MEMS 릴레이도 또한 필요하다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 MEMS (micro-electromechanical) 릴레이는 자속 (magnetic flux) 의 변동으로부터 초래되는 신호 감손을 제거하기 위해 스위치 구조를 통해서 전기적 경로로부터 플럭스 경로를 분리시킨다. 자속의 변동은 자기 액추에이션 동안 발생하는 코어 주변에서의 코일을 통한 전류의 변동에 의해 야기된다.

[0010] 본 발명의 MEMS 릴레이는 유전체 구조에 접촉하는 코어, 및 유전체 구조에 접촉하는 코일을 포함한다. 코어는 자기 전도성 재료를 갖는다. 코일은 코어에 감겨 있다. 또한, MEMS 릴레이는 유전체 구조에 접촉하

는 스위치 부재, 및 유전체 구조에 접촉하는 서스펜션 부재를 포함한다. 서스펜션 부재는 자기 전도성 재료를 갖는다. 코일을 통해서 어떠한 전류도 흐르지 않을 때는 서스펜션 부재의 어느 부분도 코어에 접촉하지 않는다. 서스펜션 부재는 코일을 통해서 흐르는 전류에 응답하여 코어를 향해서 이동가능하다.

[0011]

본 발명의 MEMS 릴레이를 형성하는 방법은, 코일의 다수의 하부 수평 섹션을 형성하는 다수의 이격된 하부 코일 부재를 형성하는 단계, 및 이격된 하부 코일 부재에 접촉하는 하부 유전체층을 형성하는 단계를 포함한다. 또한, 이 방법은 하부 유전체층에 접촉하는 희생 구조체를 형성하는 단계, 및 하부 유전체층에 접촉하는 코어, 스위치 부재, 및 서스펜션 부재를 형성하는 단계를 포함한다. 서스펜션 부재는 희생층에 접촉한다. 스위치 부재의 어느 부분도 코어에 접촉하지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0012]

도 1 은 본 발명에 따라서 MEMS 릴레이를 형성하는 방법 (100) 의 일 예시를 설명하는 도면이다.

도 2a 내지 도 15a, 도 2b 내지 도 15b, 도 2c 내지 도 15c, 도 2d 내지 도 15d, 및 도 2e 내지 도 15e 는 본 발명에 따른 방법 (100) 의 예시를 설명하는 일련의 도면이다. 도 2a 내지 도 15a 는 평면도이다. 도 2b 내지 도 15b 는 도 2a 의 라인 2B - 2B 내지 도 15a 의 라인 15B - 15B 를 따라서 각각 취해진 단면도이다.

도 2c 내지 도 15c 는 도 2a 의 라인 2C - 2C 내지 도 15a 의 라인 15C - 15C 를 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 2d 내지 도 15d 는 도 2a 의 라인 2D - 2D 내지 도 15a 의 라인 15D - 15D 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 2e 내지 도 15e 는 도 2a 의 라인 2E - 2E 내지 도 15a 의 라인 15E - 15E 을 따라서 각각 취해진 단면도이다.

도 16a 내지 도 18a, 도 16b 내지 도 18b, 도 16c 내지 도 18c, 도 16d 내지 도 18d, 및 도 16e 내지 도 18e 는 본 발명에 따른 방법 (100) 의 엘리먼트 (110) 를 구현하는 대안의 방식의 제 1 예시를 나타내는 일련의 도면이다. 도 16a 내지 도 18a 는 평면도이다. 도 16b 내지 도 18b 는 도 16a 의 라인 16B - 16B 내지 도 18a 의 라인 18B - 18B 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 16c 내지 도 18c 는 도 16a 의 라인 16C - 16C 내지 도 18a 의 라인 18C - 18C 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 16d 내지 도 18d 는 도 16a 의 라인 16D - 16D 내지 도 18a 의 라인 18D - 18D 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 16e 내지 도 18e 는 도 16a 의 라인 16E - 16E 내지 도 18a 의 라인 18E - 18E 을 따라서 각각 취해진 단면도이다.

도 19a 내지 도 21a, 도 19b 내지 도 21b, 도 19c 내지 도 21c, 도 19d 내지 도 21d, 및 도 19e 내지 도 21e 은 본 발명에 따른 방법 (100) 의 엘리먼트 (110) 를 구현하는 대안적인 방식의 제 2 예시를 나타내는 일련의 도면이다. 도 19a 내지 도 21a 는 평면도이다. 도 19b 내지 도 21b 는 도 19a 의 라인 19B - 19B 내지 도 21a 의 라인 21B - 21B 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 19c 내지 도 21c 는 도 19a 의 라인 19C - 19C 내지 도 21a 의 라인 21C - 21C 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 19d 내지 도 21d 는 도 19a 의 라인 19D - 19D 내지 도 21a 의 라인 21D - 21D 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 19e 내지 도 21e 는 도 19a 의 라인 19E - 19E 내지 도 21a 의 라인 21E - 21E 을 따라서 각각 취해진 단면도이다.

도 22a 내지 도 26a, 도 22b 내지 도 26b, 도 22c 내지 도 26c, 도 22d 내지 도 26d, 및 도 22e 내지 도 26e 는 본 발명에 따른 방법 (100) 의 엘리먼트 (110) 를 구현하는 대안적인 방식의 예시를 나타내는 일련의 도면이다. 도 22a 내지 도 26a 는 평면도이다. 도 22b 내지 도 26b 는 도 22a 의 라인 22B - 22B 내지 도 26a 의 라인 26B - 26B 를 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 22c 내지 도 26c 는 도 22a 의 라인 22C - 22C 내지 도 26a 의 라인 26C - 26C 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 22d 내지 도 26d 는 도 22a 의 라인 22D - 22D 내지 도 26a 의 라인 26D - 26D 을 따라서 각각 취해진 단면도이다. 도 22e 내지 도 26e 는 도 22a 의 라인 22E - 22E 내지 도 26a 의 라인 26E - 26E 을 따라서 각각 취해진 단면도이다.

도 27a 내지 도 27e 는 본 발명에 따라서 상이한 형상을 갖는 희생 구조체 (230) 및 탄성 부재 (254) 의 일 예시를 나타내는 일련의 도면이다.

도 28a 내지 도 28e 는 본 발명에 따라서 상이한 형상을 갖는, 희생 구조체 (230), 코어 (236), 중간 부재 (246), 및 스프링 부재 (254) 의 일 예를 나타내는 일련의 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013]

이하 더욱 상세하게 설명된 바와 같이, 본 발명은 스위치를 통해서 전기적 경로로부터 분리되는 자기 액추에이션으로부터의 플럭스 경로를 갖는, MEMS 릴레이, 및 그 MEMS 릴레이의 형성 방법이다. 또한, MEMS 릴레이는

코어 구조와는 별개인 서스펜션 구조를 갖는다.

- [0014] 도 1 은 본 발명에 따른 MEMS 릴레이를 형성하는 방법 (100) 의 일 예시를 나타낸다. 도 1 에 도시된 바와 같이, 방법 (100) 은 형성될 코일의 하부 수평 섹션을 형성하는 다수의 이격된 하부 코일 부재를 형성함으로써 단계 (110) 에서 시작한다. 또한, 한 쌍의 하부 입/출력 부재는 하부 코일 부재가 형성되는 동시에 선택적으로 형성될 수 있다.
- [0015] 도 2a 내지 도 15a, 도 2b 내지 도 15b, 도 2c 내지 도 15c, 도 2d 내지 도 15d, 및 도 2e 내지 도 15e 는 이 예시에 따른 방법 (100) 의 일 예시를 나타내는 일련의 도면을 나타낸다. 도 2a 및 도 3a, 도 2b 및 도 3b, 도 2c 및 도 3c, 도 2d 및 도 3d 그리고 도 2e 및 도 3e 는 본 발명에 따른 다수의 이격된 하부 코일 부재를 형성하는 방법 (100) 의 일 예를 나타내는 일련의 도면이다.
- [0016] 도 2a 내지 도 2e 에 도시된 바와 같이, 방법 (100) 은 위에 놓인 기저 유전체층 (212) 을 갖는 종래에 형성된 단결정 실리콘 반도체 웨이퍼 (210) 를 사용한다. 기저 유전체층 (212) 은 어떠한 금속 구조도 포함하지 않는 유전체층, 또는 금속 구조를 포함하는 유전체층, 예를 들어, 금속 상호접속 구조의 유전체층을 나타낼 수 있다.
- [0017] 금속 상호접속 구조의 유전체층으로서 형성될 때, 기저 유전체층 (212) 은 통상적으로 알루미늄인 금속 트레이스들의 레벨, 웨이퍼 (210) 상의 전기적으로 도전성인 영역에 바닥 금속 트레이스를 접속시키는 수많은 콘택트, 및 인접하는 층들에서 금속 트레이스와 함께 접속하는 수많은 금속간 비아들을 포함한다. 또한, 상부 금속층 내에서 금속 트레이스의 상부 표면상의 선택된 영역은 외부 접속 포인트를 제공하는 패드로서 기능한다.
- [0018] 본 예시에서, 기저 유전체층 (212) 은 패드 (P1-P4) 를 또한 포함하는 금속 상호접속 구조의 유전체층을 나타낸다. 패드 (P1 및 P2) 는 형성될 코일에 대해 전기적 접속을 제공하는 금속 트레이스의 상부층 내의 2 개의 금속 트레이스의 상부 표면상의 선택된 영역이고, 패드 (P3 및 P4) 는 형성될 스위치에 대해 전기적 입/출력 접속을 제공하는 금속 트레이스의 상부 표면상의 선택된 영역이다. (전체 금속 상호접속 구조가 아닌 패드 (P1-P4) 만이 명백함을 위해 단면으로 도시된다.)
- [0019] 도 2a 내지 도 2e 를 다시 참조하여, 방법 (100) 은 기저 유전체층 (212) 의 상부 표면상에 금속층 (214) 을 형성함으로써 시작한다. 본 예시에서, 기저 유전체층 (212) 은 금속 상호접속 구조의 유전체층을 나타내기 때문에, 금속층 (214) 도 또한 패드 (P1 - P4) 의 상부 표면상에 형성된다.
- [0020] 금속층 (214) 은, 예를 들어, 티타늄 층 (예를 들어, 100Å 두께), 티타늄 질화물 층 (예를 들어, 200Å 두께), 알루미늄 구리 층 (예를 들어, 1.2 μ m 두께), 티타늄 층 (예를 들어, 44Å 두께), 및 티타늄 질화물 층 (예를 들어, 250Å 두께) 를 포함할 수 있다. 금속층 (214) 이 형성되면, 하부 마스크 (216) 가 금속층 (214) 의 상부 표면상에 형성되고 패터닝된다.
- [0021] 도 3a 내지 도 3e 에 도시된 바와 같이, 마스크 (216) 의 형성 및 패터닝에 후속하여, 금속층 (214) 이 에칭되어 금속층 (214) 의 노출된 영역을 제거하고 다수의 이격된 하부 코일 부재 (220) 를 형성한다. 말굽 형상을 갖는 하부 코일 부재 (220) 는 형성될 코일의 하부측을 형성한다. 기저 유전체층 (212) 이 본 예시에서 금속 상호접속 구조의 유전체층을 나타내기 때문에, 형성될 코일의 대향 말단에 대응하는 하부 코일 부재 (220) 의 말단은 패드 (P1 및 P2) 에 물리적으로 그리고 전기적으로 접속되어 있다.
- [0022] 또한, 에칭은 입/출력 패드 (P3 및 P4) 에 물리적으로 그리고 전기적으로 접속된 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 를 선택적으로 형성할 수 있다. 하부 코일 부재 (220) 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 가 형성된 후, 마스크 (216) 가 제거된다.
- [0023] 도 1 로 돌아가서, 하부 코일 부재 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재가 형성되면, 방법 (100) 은 하부 코일 부재 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재에 접촉하는 하부 유전체층을 형성하는 단계 (112) 로 이동한다. 도 4a, 도 4b, 도 4c, 도 4d, 및 도 4e 는 본 발명에 따른 하부 유전체층을 형성하는 방법 (100) 의 일 예시를 나타내는 일련의 도면이다.
- [0024] 도 4a 내지 도 4e 에 도시된 바와 같이, 산화물층과 같은 하부 유전체층 (224) 이 기저 유전체층 (212), 하부 코일 부재 (220), 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 상에 형성된다. 예를 들어, 하부 유전체층은 산화물을 증착시킨 후, 기저 유전체층 (212) 위에 예를 들어 2000Å 의 타겟 두께를 갖는 산화물을 화학적-물리적으로 연마함으로써 형성될 수 있다.
- [0025] 도 1 을 다시 참조하여, 하부 유전체층이 형성된 후, 방법 (100) 은 하부 유전체층에 접촉하는 희생 구조를 형

성하기 위해 단계 (114) 로 이동한다. 도 5a-도 6a, 도 5b-도 6b, 도 5c-도 6c, 도 5d-도 6d, 및 도 5e-도 6e 는 본 발명에 따른 희생 구조를 형성하는 방법 (100) 의 일 예를 나타내는 일련의 도면을 도시한다.

[0026] 도 5a 내지 도 5e 에 도시된 바와 같이, 하부 유전체층 (224) 이 형성되면, 하부 유전체층 (224) 의 상부 표면에 희생층 (226) 이 형성된다. 예를 들어, 2000Å 의 두께를 갖는 아모르퍼스 실리콘의 층이 하부 유전체층 (224) 의 상부 표면에 형성될 수 있다. 희생층 (226) 이 형성되면, 희생층 (226) 의 상부 표면에 마스크 (228) 가 형성되고 패터닝된다.

[0027] 도 6a 내지 도 6e 에 도시된 바와 같이, 마스크 (228) 의 형성 및 패터닝에 후속하여, 희생층 (226) 이 에칭되어 희생층 (226) 의 노출된 영역을 제거하고 희생 구조체 (230) 를 형성한다. 희생층 (226) 이 에칭되어 희생 구조체 (230) 를 형성한 후, 마스크 (228) 는 제거된다.

[0028] 도 1 을 다시 참조하여, 희생 구조체가 형성된 후, 방법 (100) 은 하부 유전체층에 접촉하는 코어, 스위치 부재, 및 서스펜션 부재를 형성하기 위한 단계 (116) 로 이동한다. 스위치 부재의 어떠한 부분도 코어에 접촉하지 않는다. 도 7a 내지 도 9a, 도 7b 내지 도 9b, 도 7c 내지 도 9c, 도 7d 내지 도 9d, 및 도 7e 내지 도 9e 는 본 발명에 따라서 코어, 스위치 부재, 및 서스펜션 부재를 형성하는 방법 (100) 의 일 예를 나타내는 일련의 도면이다.

[0029] 도 7a 내지 도 7e 에 도시된 바와 같이, 희생 구조체 (230) 의 형성 이후에, 하부 유전체층 (224) 과 희생 구조체 (230) 의 상부 표면에 시드층 (232) 이 형성된다. 예를 들어, 시드층은 티타늄 300Å, 구리 3000Å, 및 티타늄 300Å 을 증착함으로써 형성될 수 있다. 시드층 (232) 이 형성된 후, 시드층 (232) 의 상부 표면에 (크로스-해칭된 것으로 도시된) 도금 몰드 (234) 가 형성되고 패터닝된다.

[0030] 다음으로, 도금 몰드 (234) 의 형성에 후속하여, 도 8a 내지 도 8e 에 도시된 바와 같이, 상부 티타늄층이 박리되고, 퍼멀로이와 같은 니켈과 철의 합금과 같은 자성체가 예를 들어, 10μm 의 두께로 전기도금함으로써 증착되어 코어 (236), 스위치 부재 (238), 및 서스펜션 부재 (240) 를 형성한다.

[0031] 그 이후에, 도금 몰드 (234) 가 제거되고, 시드층 (232) 의 아래 놓인 영역의 제거가 후속된다. 도 9a 내지 도 9e 에 도시된 바와 같이, 형성될 코일의 형상을 미리링하는 코어 (236) 는 또한 하부 코일 부재 (220) 에 걸쳐 놓인 말굽 형상을 갖고, 스위치 부재 (238) 는 콘택트 측벽 (244) 을 갖는다.

[0032] 도 9a 내지 도 9e 에 더 도시된 바와 같이, 서스펜션 부재 (240) 는 중간 부재 (246) 를 갖는다. 중간 부재 (246) 는 코어 (236) 와 스위치 부재 (238) 사이에 놓이고, 스위치 부재 (238) 의 콘택트 측벽 (244) 에 인접하게 위치된다. 그 결과, 중간 부재 (246) 는 액츄에이션 갭 (250) 에 의해 코어 (236) 로부터 분리되고, 중간 부재 (246) 는 콘택트 갭 (252) 에 의해 스위치 부재 (238) 의 콘택트 측벽 (244) 으로부터 분리된다.

[0033] 액츄에이션 갭 (250) 은 콘택트 갭 (252) 보다 약간 더 크도록 형성될 수 있게 하여, 릴레이가 활성화될 때 항상 전기적 접촉이 이루어지도록 보증할 것이다. 액츄에이션 갭 (250) 과 콘택트 갭 (252) 의 크기는 도금 몰드 (234) 내의 패턴에 의해 정의된다. 또한, 본 예시에서, 중간 부재 (246) 는 반원 형상을 갖도록 형성되고, 경주트랙 형상을 갖도록 코어 (236) 를 향해서 위치된다. 또한, 서스펜션 부재 (240) 는 스프링 부재 (254) 를 포함한다. 본 예시에서, 도 9a 내지 도 9e 에 도시된 바와 같이, 스프링 부재 (254) 는, 서스펜션 부재 (240) 가 하부 유전체층 (224) 에 접촉하는 포인트만을 제공하는 기재 섹션 (256), 및 중간 부재 (246) 와 함께, 유전체층 (224) 으로부터 이격된 연장 섹션 (260) 으로 구현된다.

[0034] 도 1 을 다시 참조하여, 코어, 스위치 부재, 및 서스펜션 부재가 형성된 후, 방법 (100) 은, 하부 코일 부재에 접촉하여 코일을 형성하는 상부들 및 측부들, 스위치 부재에 위에 놓이는 전도성 제 1 스위치 트레이스, 및 서스펜션 부재에 위에 놓이고 얹혀진 전도성 제 2 스위치 트레이스를 형성하는 단계 (118) 로 이동한다. 코일의 어느 부분도 서스펜션 부재에 감겨 있지 않는다.

[0035] 도 10a 내지 도 14a, 도 10b 내지 도 14b, 도 10c 내지 도 14c, 도 10d 내지 도 14d 및 도 10e 내지 도 14e 는, 본 발명에 따라서, 하부 코일 부재에 접촉하여 상부들 및 측부들, 스위치 부재에 걸쳐 놓인 전도성 제 1 스위치 트레이스, 및 서스펜션 부재에 위에 놓이고 그 서스펜션 부재에 얹혀진 전도성 제 2 스위치 트레이스를 형성하는 방법 (100) 의 일 예를 나타내는 일련의 도면을 도시한다.

[0036] 도 10a 내지 도 10e 에 도시된 바와 같이, 코어 (236), 스위치 부재 (238), 및 서스펜션 부재 (240) 의 형성이 이루어진 이후에, 그리고 도금 몰드 (234) 및 시드층 (232) 의 아래 놓인 영역의 제거 이후에, 하부 유전체층 (224), 코어 (236), 스위치 부재 (238), 및 서스펜션 부재 (240) 위에 산화물층과 같은 상부 유전체층 (262) 이

형성된다. 예를 들어, 하부 유전체층 (224) 위에 예를 들어 1 μ m 의 두께로 산화물을 컨포멀하게 증착함으로써 상부 유전체층 (262) 이 형성될 수 있다. 상부 유전체층 (262) 이 형성된 후, 포토레지스트의 층과 같은 마스크 (264) 가 상부 유전체층 (262) 의 상부 표면에 형성되고 패터닝된다.

[0037] 마스크 (264) 의 형성 및 패터닝에 후속하여, 도 11a 내지 도 11e 에 도시된 바와 같이, 상부 유전체층 (262) 및 아래 놓인 하부 유전체층 (224) 의 노출 영역이 에칭되어 다수의 수직 개구 (266) 를 형성한다. 수직 개구 (266) 는 형성될 코일의 하부측을 형성하는 하부 코일 부재 (220) 의 말단의 상부 표면을 노출하는 비아-형 개구를 포함한다. 또한, 수직 개구 (266) 는 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 를 노출시킨다. 게다가, 수직 개구 (266) 는 또한 서스펜션 부재 (240) 주변의 기재 섹션 (256) 으로부터 그리고 기재 섹션 (256) 으로부터 다시 연장하는 트렌치를 형성한다.

[0038] 본 발명에 따르면, 희생 구조체 (230) 의 노출 영역은 이러한 에칭 도중에 제거되지 않는다. 그 결과, 희생 구조체 (230) 를 형성하는데 사용된 재료에 대해 매우 선택적인 에칭에 의해 수직 개구 (266) 가 형성된다. 또한, 하부 유전체층 (224) 과 동일한 두께를 갖도록 형성되는 희생 구조체 (230) 는 하부 유전체층 (224) 보다 더 두껍게 형성될 수도 있어서, 에칭 이후에 희생 구조체 (230) 의 노출 영역의 상당 부분이 남아있도록 보장한다. 에칭에 후속하여, 마스크 (264) 가 제거된다.

[0039] 마스크 (264) 가 제거되면, 도 12a 내지 도 12e 에 도시된 바와 같이, 하부 코일 부재 (220) 의 노출 말단, 노출된 입/출력 부재 (222), 하부 유전체층 (224), 및 희생 구조체 (230), 및 상부 유전체층 (262) 의 상부 표면에 시드층 (270) 이 형성된다. 예를 들어, 시드층은 티타늄 300Å, 구리 3000Å, 및 티타늄 300Å 를 증착함으로써 형성될 수 있다. 시드층 (270) 이 형성된 후에, (크로스-해칭된 것으로 도시된) 도금 몰드 (272) 가 시드층 (270) 의 상부 표면에 형성되고 패터닝된다. 도금 몰드 (272) 내의 패턴은 도 12a 에서 해칭된 것으로 도시된다.

[0040] 다음으로, 도 13a 내지 도 13e 에 도시된 바와 같이, 도금 몰드 (272) 의 형성 및 패터닝에 후속하여, 상부 티타늄층이 박리되고, 구리가 전기도금에 의해 증착되어 코일의 다수의 구리 측부 섹션 (274) 및 코일의 다수의 구리 상부 섹션 (276) 을 형성한다. 또한, 전기도금은 측벽 콘택트 (282) 를 갖는 제 1 스위치 트레이스 (280), 및 측벽 콘택트 (286) 를 갖는 제 2 스위치 트레이스 (284) 를 형성한다. 또한, 제 1 및 제 2 스위치 트레이스 (280 및 284) 는 입/출력 부재 (222) 에 접촉하여 전기적 접속을 형성한다. 도 13a 내지 도 13e 에 추가적으로 도시된 바와 같이, 하부 코일 부재 (220-1), 측부 섹션 (274-1), 및 상부 섹션 (276-1) 은 하나의 코일 루프의 3 개의 측부를 형성한다. 그 이후에, 도 14a 내지 도 14e 에 도시된 바와 같이, 도금 몰드 (272) 및 시드층 (270) 의 아래 놓인 영역이 제거된다.

[0041] 도 1 을 다시 참조하여, 코일, 전도성 제 1 스위치 트레이스, 및 전도성 제 2 스위치 트레이스가 형성된 후, 방법 (100) 은, 코일을 통해서 흐르는 전류의 변화에 응답하여 서스펜션 부재가 이동하도록 희생 구조체를 제거하기 위한 단계 (120) 로 이동한다.

[0042] 즉, 전도성 제 2 스위치 트레이스는, 서스펜션 부재가 코일을 통해서 흐르는 전류의 변화에 응답하여 이동함에 따라서, 제 1 전도성 스위치 트레이스와의 전기적 콘택트를 생성하고 차단한다. 또한, 전류가 코일을 통해서 흐를 때, 서스펜션 부재의 일부를 통해서 자속이 통과하고, 제 1 및 제 2 전도성 스위치 트레이스를 통해서 실질적으로 어떠한 자속도 통과하지 않는다.

[0043] 도 15a 내지 도 15e 는 본 발명에 따른 희생 구조체 (230) 를 제거하는 방법 (100) 의 예시를 나타내는 일련의 도면을 도시한다. 도 15a 내지 도 15e 에 도시된 바와 같이, 코일, 제 1 스위치 트레이스 (280), 및 제 2 스위치 트레이스 (284) 가 형성된 후, 희생 구조체 (230) 가 제거된다. 희생 구조체 (230) 의 제거는 중간 부재 (246) 및 스프링 부재 (254) 의 연장 섹션 (260) 을 부유하게 (floating) 한다. 예를 들어, 도 15a 내지 도 15e 에 도시된 예시에서, 중간 부재 (246) 및 연장 섹션 (260) 은 각각 부유하고 기재 섹션 (256) 만을 경유해서 하부 유전체층 (224) 에 접속된다.

[0044] 부유하는 연장 섹션 (260) 은 아래의 희생 구조체 (230) 에 의해 하부 유전체층 (224) 으로부터 수직으로 이격되었고, 이에 따라, 아래 놓인 희생 구조체 (230) 가 제거된 후에 부유한다. 그 결과, 희생 구조체 (230) 의 두께는 하부 유전체층 (224) 과 부유하는 연장 섹션 (260) 사이에 놓인 수직 공간인 오프셋 갭 (290) 을 결정한다.

[0045] 따라서, 도 15a 내지 도 15e 에 도시된 바와 같이, 본 발명의 방법은 코어 (236) 를 및 코어 (236) 에 감겨 있는 코일 (1510) 을 포함하는 MEMS 릴레이 (1500) 를 형성한다. 코일 (1510) 에는 하부 코일 부재 (220),

구리 측부 섹션 (274), 및 구리 상부 섹션 (276) 이 제공된다. 또한, 코어 (236) 및 코일 (1510) 모두는 하부 유전체층 (224) 에 접촉한다.

[0046] 도 15a 내지 도 15e 에 추가적으로 도시된 바와 같이, MEMS 릴레이 (1500) 는 스위치 구조 (1512) 및 서스펜션 구조 (1514) 를 포함한다. 스위치 구조 (1512) 는 하부 유전체층 (224), 및 상부 유전체층 (262) 에 접촉하는 스위치 부재 (238) 로 구현될 수 있다. 서스펜션 구조 (1514) 는 하부 유전체 층 (224), 및 상부 유전체 층 (262) 에 접촉하는 서스펜션 부재 (240) 로 구현될 수 있다. 또한, 코일 (1510) 의 어느 부분도 서스펜션 구조 (1514) 에 감겨 있지 않는다.

[0047] 도 15a 내지 도 15e 에 추가적으로 도시된 바와 같이, MEMS 릴레이 (1500) 는 스위치 구조 (1512) 에 접촉하고 스위치 구조 (1512) 를 따라서 연장하는 제 1 스위치 트레이스 (280), 및 서스펜션 구조 (1514) 에 접촉하고 서스펜션 구조 (1514) 를 따라서 연장하는 제 2 스위치 트레이스 (284) 를 포함한다. 또한, 제 1 스위치 트레이스 (280) 는 제 1 측벽 콘택트 (282) 를 갖고, 제 2 스위치 트레이스 (284) 는 제 2 측벽 콘택트 (286) 를 갖는다.

[0048] 동작시에, 코일 (1510) 내에 어떠한 전류도 존재하지 않는 경우, 서스펜션 구조 (1514) 는 도 15a 에 도시된 바와 같이 휴식 위치에 놓인다. 또한, 서스펜션 구조 (1514) 및 코어 (236) 는 코일 (1510) 내에 어떠한 전류도 존재하지 않는 경우에 최소의 거리 X 만큼 이격되고, 제 1 측벽 콘택트 (282) 및 제 2 측벽 콘택트 (286) 는 코일 (1510) 내에 어떠한 전류도 존재하지 않을 때 상기 최소의 거리 X 이하인 최소의 거리 Y 만큼 이격된다. 다음으로, 최소의 거리 Y 는 고임피던스 전기 경로를 제공한다.

[0049] 따라서, MEMS 릴레이 (1500) 의 이점들 중 하나는, 서스펜션 구조 (1514) 는 코어 (236) 에 대해 독립적이라는 것이다 (즉, 코일 (1514) 을 통해서 어떠한 전류도 흐르지 않을 때 서스펜션 구조 (1514) 의 어느 부분도 코어 (236) 에 접촉하지 않는다). 따라서, 서스펜션 구조 (1514) 는 스프링의 강성 (stiffness) 을 감소시키는데 최적화될 수 있고, 코어 (236) 는 짧은 플럭스 경로에 대해 최적화될 수 있다.

[0050] 한편, 전류가 코일 (1510) 을 통해서 흐르고 서스펜션 구조 (1514) 의 스프링력 보다 더 강한 전자계를 발생시키는 경우, 서스펜션 구조 (1514) 가 코어 (236) 를 향해서 이동하여 제 1 및 제 2 측벽 콘택트 (282 및 286) 가 접촉함으로써, 저임피던스 전기 경로를 제공한다.

[0051] 따라서, 제 2 스위치 트레이스 (284) 의 제 2 측벽 콘택트 (286) 는 전류가 코일 (1510) 을 통해서 흐를 때 제 1 스위치 트레이스 (280) 의 제 1 측벽 콘택트 (282) 를 향해서 이동하고 이에 접촉하며, 코일 (1510) 에 어떠한 전류도 흐르지 않을 때 제 1 스위치 트레이스 (280) 의 제 1 측벽 콘택트 (282) 로부터 떨어져 이동한다. 따라서, 코일 (1510) 을 통해서 어떠한 전류도 흐르지 않을 때, 서스펜션 구조 (1514) 의 어떠한 부분도 코어 (236) 에 접촉하지 않는다.

[0052] 또한, 도 15a 에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따르면, 코일 (1510) 을 통해서 전류가 흐를 때 자속 (1516) 은 서스펜션 부재 (240) 의 일부를 통해서 통과하고, 코일 (1510) 을 통해서 전류가 흐를 때 제 1 및 제 2 스위치 트레이스 (280, 284) 를 통해서는 실질적으로 어떠한 자속도 통과하지 않는다. 따라서, 본 발명의 이점들 중 하나는, MEMS 릴레이 (1500) 가 코어 주변의 전류의 변동, 및 이에 따른 플럭스의 변동에 대해 민감하지 않다는 것이다. 결과적으로, 매우 작은 진폭을 갖는 신호가 어떠한 플럭스-기반 왜곡을 갖지 않고 릴레이 (1500) 를 통과할 수 있다.

[0053] 따라서, 본 발명에 따른 MEMS 릴레이 형성 방법이 설명된다. 도 1 에 도시된 엘리먼트는 다수의 상이한 방식으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 1 의 엘리먼트 (110) 에서 설명된 코일의 하부 수평 섹션을 형성하는 이격된 하부 코일 부재는 다른 방식으로 형성될 수 있다.

[0054] 도 16a 내지 도 18a, 도 16b 내지 도 18b, 도 16c 내지 도 18c, 도 16d 내지 도 18d, 및 도 16e 내지 도 18e 는, 본 발명에 따라서, 형성될 코일의 다수의 이격된 하부 코일 부재를 형성하는, 방법 (100) 의 엘리먼트 (110) 를 구현하는 대안적인 방식의 제 1 예시를 나타내는 일련의 도면을 도시한다.

[0055] 또한, 도 2a 내지 도 3e 에 도시된 예시와 같이, 도 16a 내지 도 18e 는 위에 놓인 기저 유전체층 (212) 을 갖는 단결정 실리콘 반도체 웨이퍼 (210) 를 사용한다. 도 16a 내지 도 18e 예시는 기저 유전체층 (212), 및 기저 유전체층 (212) 내의 개구를 통해서 노출된 패드 (P1 - P4) 상에 시드층 (1610) 을 형성함으로써 시작한다.

[0056] 시드층 (1610) 이 형성되면, 도금 몰드 (1612) 가 시드층 (1610) 의 상부 표면상에 형성된다. 도 17a 내지

도 17e 에 도시된 바와 같이, 도금 몰드 (1612) 의 형성에 후속하여, 전기도금에 의해 구리가 증착되어 다수의 이격된 하부 코일 부재 (220) 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 를 형성한다.

[0057] 도 18a 내지 도 18e 에 도시된 바와 같이, 하부 코일 부재 (220) 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 가 형성된 후, 도금 몰드 (1612) 는 제거되고, 시드층 (1610) 의 아래 놓인 영역의 제거가 후속된다. 도시된 바와 같이, 도 18a 내지 도 18e 에 도시된 구조는 도 3a 내지 도 3e 에 도시된 구조와 유사하다.

[0058] 도 19a 내지 도 21a, 도 19b 내지 도 21b, 도 19c 내지 도 21c, 도 19d 내지 도 21d 및 도 19e 내지 도 21e 는, 본 발명에 따라서, 형성될 코일의 다수의 이격된 하부 코일 부재를 형성하는, 방법 (100) 의 엘리먼트 (110) 를 구현하는 다른 방식의 제 2 예시를 나타내는 일련의 도면을 도시한다.

[0059] 도 2a 내지 도 3e 에 도시된 예시와 같이, 도 19a 내지 도 21e 에 도시된 예시는 아래 놓인 기저 유전체층 (212) 을 갖는 단결정 실리콘 반도체 웨이퍼 (210) 를 사용한다. 도 19a 내지 도 21e 예시는 기저 유전체층 (212) 의 상부 표면상에 마스크 (1910) 를 형성함으로써 시작한다. 이에 후속하여, 기저 유전체층 (212) 의 노출 영역이 에칭되어 기저 유전체층 (212) 의 상부 표면 내에서 형성될 코일의 이격된 하부 코일 부재를 정의할 다수의 이격된 트렌치 (1912) 를 형성한다. 트렌치 (1912) 들 중 하나의 트렌치는 패드 (P1) 를 노출시키고, 트렌치 (1912) 들 중 다른 하나는 패드 (P2) 를 노출시킨다. 또한, 에칭은 한 쌍의 패드 (P3 및 P4) 를 노출시키는 기저 유전체층 (212) 내의 한 쌍의 개구 (1914) 를 형성한다.

[0060] 도 20a 내지 도 20e 에 도시된 바와 같이, 적소의 마스크 (1910) 에 의한 에칭에 후속하여, 기저 유전체층 (212), 패드 (P1-P4), 및 마스크 (1910) 의 노출 영역 상의 개구 (1914) 및 트렌치 (1912) 내부에 구리 구조 (1916) 가 형성된다. 구리 구조 (1916) 는 예를 들어 티타늄 300Å, 구리 1μm, 및 티타늄 300Å 를 이 순서대로 증발시킴으로써 형성될 수 있다.

[0061] 다음으로, 도 21a 내지 도 21e 에 도시된 바와 같이, 구리 구조 (1916) 가 형성된 이후에, 구리 구조 (1916) 의 위에 놓인 층을 들어올려서 (lift off) 마스크 (1910) 가 박리된다. 마스크 (1910) 의 제거는 기저 유전체층 (212) 위에만 구리 구조 (1916) 를 남기고, 이에 따라, 다수의 이격된 하부 코일 부재 (220) 및 한 쌍의 하부 입/출력 부재 (222) 를 형성한다. 도시된 바와 같이, 오목부 이외에는, 도 21a 내지 도 21e 에 도시된 구조는 도 3a 내지 도 3e 에 도시된 구조와 유사하다.

[0062] 도 22a 내지 도 26a, 도 22b 내지 도 26b, 도 22c 내지 도 26c, 도 22d 내지 도 26d, 및 도 22e 내지 도 26e 는, 본 발명에 따라서, 형성될 코일의 상부 및 측부 그리고 스위치에 대한 트레이스를 형성하는, 방법 (100) 의 엘리먼트 (118) 를 구현하는 대안의 방식의 예시를 나타내는 일련의 도면을 도시한다.

[0063] 도 22a 내지 도 26e 는 시드층 (270) 의 형성까지 도 2a 내지 도 15e 의 예시와 동일하고, 시드층 (270) 상의 상부 표면상에 도금 몰드 (272) 대신에 도금 몰드 (2210) 를 형성하는 것이 상이하다. 도금 몰드 (2210) 는, 도금 몰드 (2210) 가 형성될 구리로부터 제 1 및 제 2 측벽 콘택트 (282 및 286) 를 형성하는 것을 방지한다는 점에서, 도금 몰드 (272) 와는 상이하다. 몰드 (2210) 내의 패턴은 도 22a 에서 해치된 것으로 도시된다.

[0064] 다음으로, 몰드 (2210) 의 형성에 후속하여, 구리가 전기도금에 의해 증착되어 코일의 다수의 구리 측부 섹션 (274), 및 코일의 다수의 구리 상부 섹션 (276) 을 형성한다. 또한, 전기도금은 측벽 콘택트 (282) 가 없는 것을 제외하고는 스위치 트레이스 (280) 와 동일한 제 1 스위치 트레이스 (2212), 및 측벽 콘택트 (286) 가 없는 것을 제외하고는 스위치 트레이스 (284) 와 동일한 제 2 스위치 트레이스 (2214) 를 형성한다. 이에 후속하여, 도 23a 내지 도 23e 에 도시된 바와 같이, 몰드 (2210) 및 시드층 (270) 의 아래 놓인 영역이 제거된다.

[0065] 이에 후속하여, 도 24a 내지 도 24e 에 도시된 바와 같이, 상부 유전체층 (262), 구리 상부 섹션 (276), 제 1 스위치 트레이스 (2212), 및 제 2 스위치 트레이스 (2214) 상에 마스크 (2216) 가 형성되고 패터닝된다. 마스크 (2216) 가 형성되고 패터닝되면, 티타늄, 니켈, 또는 크롬의 층과 같은 전도성 층 (2220), 및 위에 놓인 금 층은 스위치 부재 (238) 를 둘러싸는 상부 유전체층 (262) 의 노출 영역, 서스펜션 부재 (240) 를 둘러싸는 상부 유전체층 (262) 의 노출 영역, 희생 구조체 (230) 의 노출 영역, 및 마스크 (2216) 상에 증착된다. 스퍼터링될 때, 티타늄, 니켈, 크롬, 및 금은 서로 대면하는 스위치 부재 (238) 와 서스펜션 부재 (240) 의 높은 에스펙트비 (수직) 측벽들 상에 양호한 커버리지를 제공한다. 티타늄, 니켈, 및 크롬이 차례로 금의 부착력을 개선시킨다.

[0066] 도 25a 내지 도 25e 에 도시된 바와 같이, 전도성 층 (2220) 이 형성된 이후에, 전도성 층 (2220) 의 위에 놓인

층을 들어올려서 마스크 (2216) 가 박리된다. 마스크 (2216) 의 제거는, 제 1 스위치 트레이스 (2212) 및 스위치 부재 (238) 위의 상부 유전체층 (262) 의 측벽 상부에 그리고 서스펜션 부재 (240) 및 제 2 스위치 트레이스 (2214) 위의 상부 유전체층 (262) 의 측벽 상부에 전도성 층 (2220) 을 남기고, 이에 따라, 제 1 스위치 트레이스 (2212) 의 측벽 콘택트 (2222) 및 측벽 콘택트 (2222) 에 대면하는 제 2 스위치 트레이스 (2214) 의 측벽 콘택트 (2224) 를 형성한다.

[0067] 이에 후속하여, 도 26a 내지 도 26e 에 도시된 바와 같이, 희생 구조체 (230) 가 제거된다. 희생 구조체 (230) 의 제거는, 금 콘택트를 갖지만 이전과 마찬가지로 부유하는 스프링 부재 (254) 의 중간 부재 (246) 및 연장 섹션 (260) 을 남긴다.

[0068] 전술한 것에 더해, 이 구조는 상이한 형상을 갖도록 형성될 수 있다. 예를 들어, 마스크 (228) 는 상이한 형상을 갖도록 형성되어 희생 구조체 (230) 가 상이한 형상을 가질 수 있다. 또한, 도금 몰드 (234) 가 희생 구조체 (230) 의 형상에 대응하는 상이한 형상을 갖도록 형성되어 코어 (236), 스위치 부재 (238), 및 서스펜션 부재 (240) 는 상이한 형상을 가질 수 있다.

[0069] 예를 들어, 도 27a 내지 도 27e 는 본 발명에 따라서 상이한 형상을 갖는 희생 구조체 (230) 및 스프링 부재 (254) 의 예시를 나타내는 일련의 도면을 도시한다. 도 27a 내지 도 27e 의 예시에서, 스프링 부재 (254) 는 기재 섹션 (256) 및 C-형상 연장 섹션 (260) 을 각각 포함하는 한 쌍의 대면 구조로 형성된다.

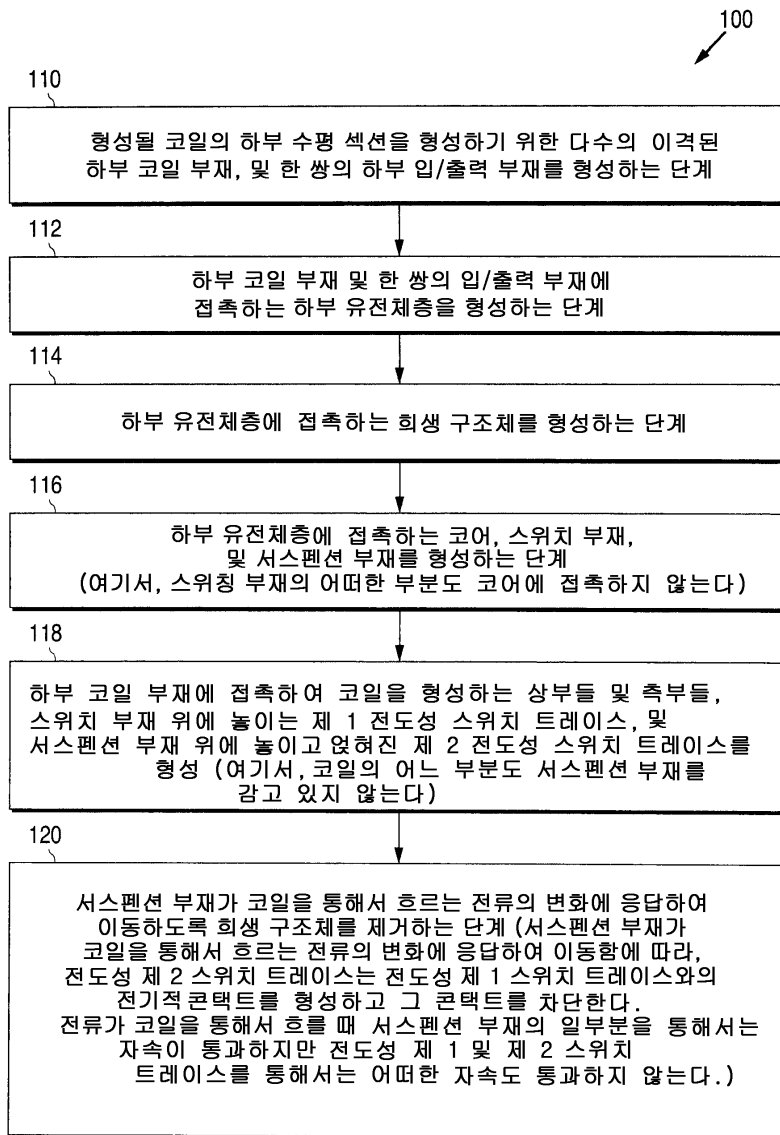
[0070] 또한, 도 28a 내지 도 28e 는, 본 발명에 따라서 상이한 형상을 갖는, 희생 구조체 (230), 코어 (236), 중간 부재 (246), 및 스프링 부재 (254) 의 예시를 나타내는 일련의 도면을 도시한다. 도 28a 내지 도 28e 에서, 코어 (236) 는 거의 완성된 도넛 형상으로 형성되고, 중간 부재 (246) 는 거의 완성된 도넛 형상의 개구에 피팅 되는 웨지 (wedge) 또는 파이 형상으로 형성된다. 또한, 스프링 부재 (254) 는 기재 섹션 (256) 및 C-형상의 섹션 (260) 을 각각 포함하는 한 쌍의 대면 구조로 형성된다.

[0071] 앞서 언급된 바와 같이, 유전체층 (212) 은 금속 구조가 없는 유전체층을 나타낼 수 있다. 금속 구조가 없는 경우에, 코일 (1510) 로의 전기적 접속이, 예를 들어, 코일 (1510) 의 대향 말단을 나타내는 구리 상부 섹션 (276) 상의 포인트들로의 배선 결합에 의해 형성될 수 있다. 또한, 제 1 및 제 2 스위치 트레이스 (280 및 284) 로의 접속이 예를 들어 배선 결합에 의해 형성될 수 있다. 본 발명의 이점들 중 다른 이점은, 본 발명은 상대적으로 낮은 프로세싱 온도를 요구한다는 것이다. 그 결과, 본 발명은 종래의 최종 CMOS 프로세스와 호환가능하다.

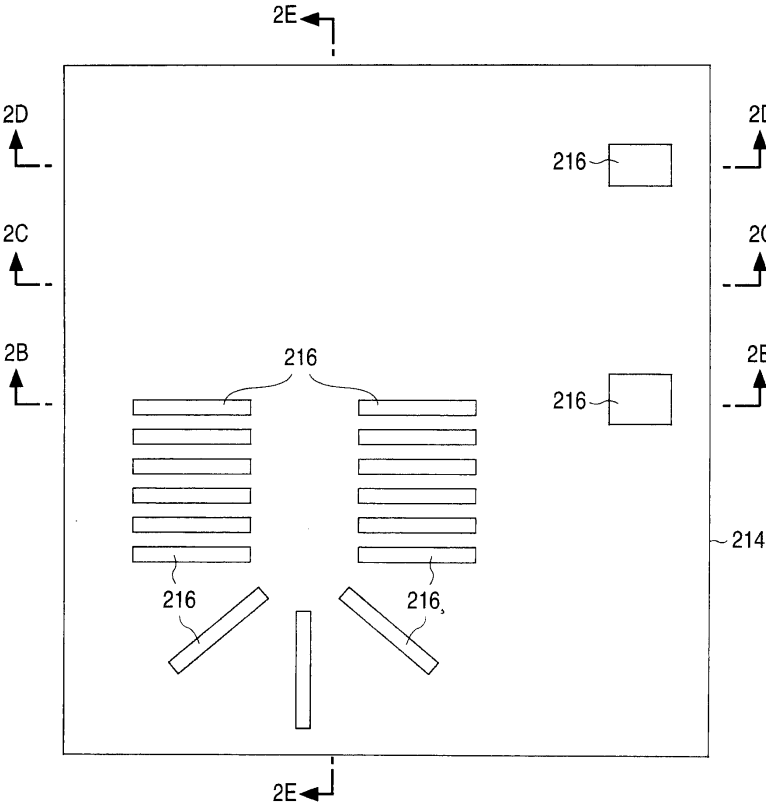
[0072] 전술한 설명은 본 발명의 예시들이고, 본 명세서에 설명된 본 발명의 다양한 대안들이 본 발명을 실행하는데 사용될 수도 있다는 것을 이해해야만 한다. 예를 들어, 교정 움 및 기계적 (필링) 특성을 제공하기 위해 필요에 따라 구리 시드층으로서, 또는 텅스텐, 크롬, 또는 조합 시드층들로서 다양한 시드층이 제공될 수 있다. 또한, 서로의 미리 이미지로 위치된 2 개의 MEMS 릴레이 (1500) 를 사용함으로써 이중 연결 스위치가 용이하게 제조될 수 있다. 따라서, 이하의 청구항은 본 발명의 범위를 정의하고, 이들 청구항의 범위 내의 구조 및 방법 그리고 그 등가물은 이에 따라 커버되도록 의도된다.

도면

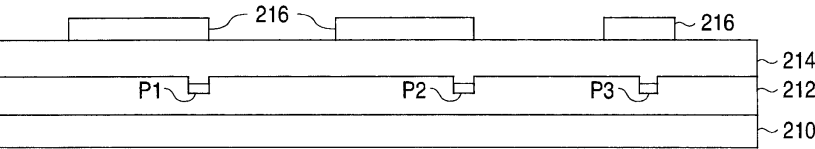
도면1



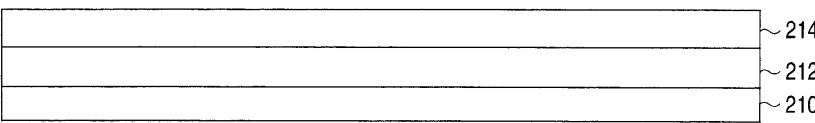
도면2a



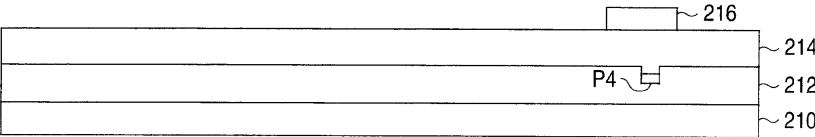
도면2b



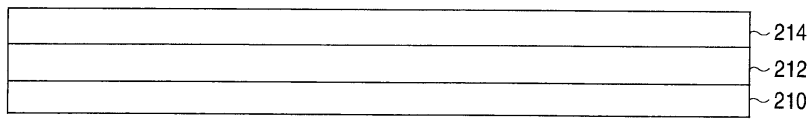
도면2c



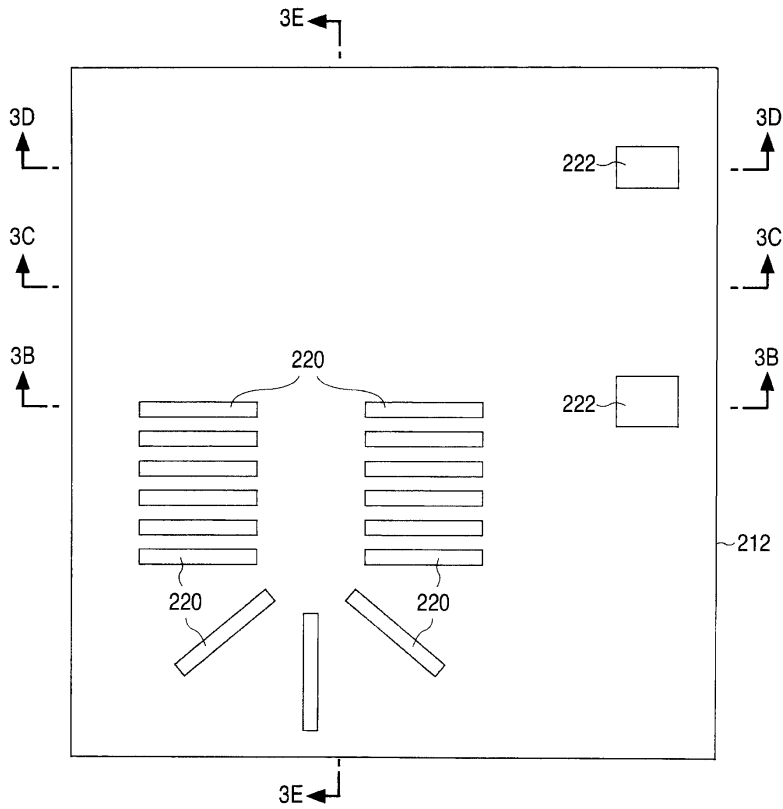
도면2d



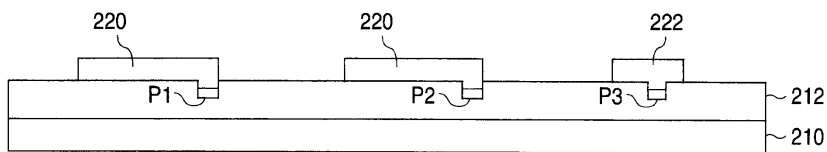
도면2e



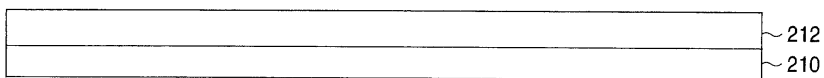
도면3a



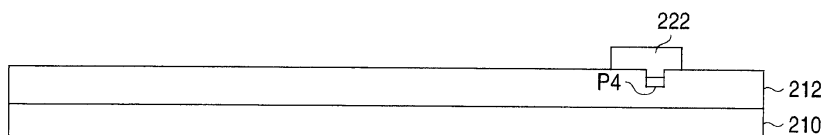
도면3b



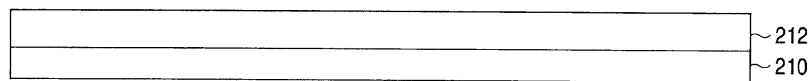
도면3c



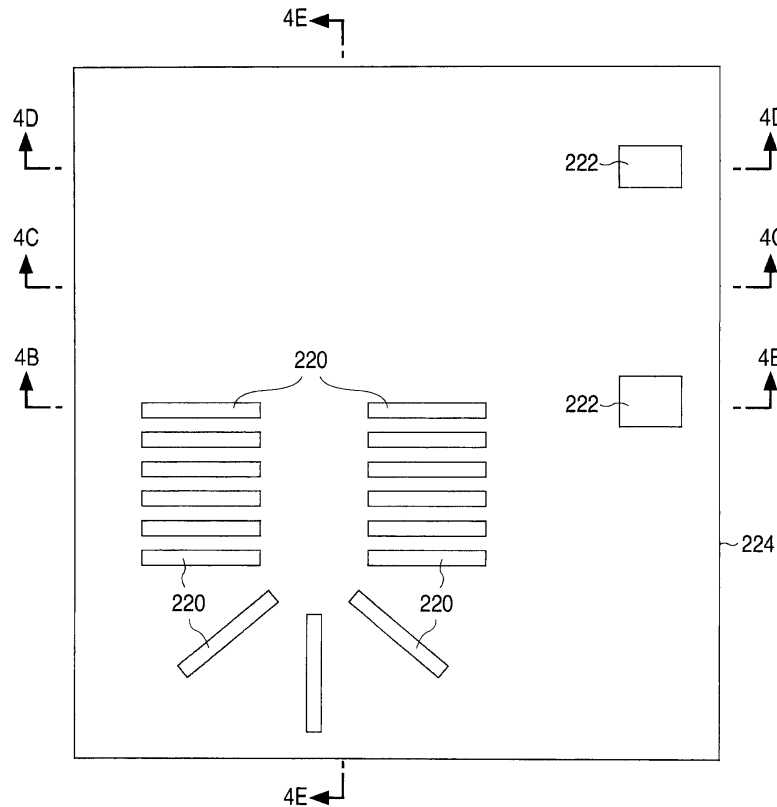
도면3d



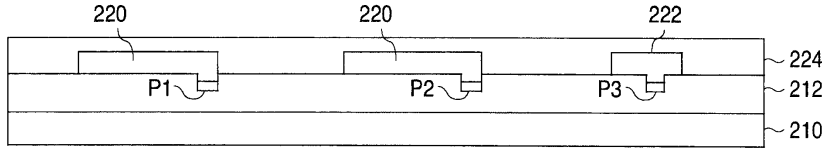
도면3e



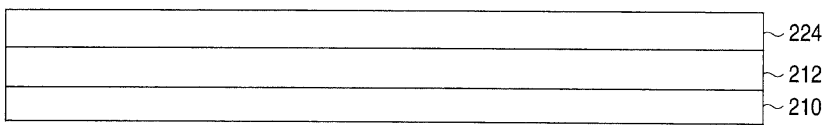
도면4a



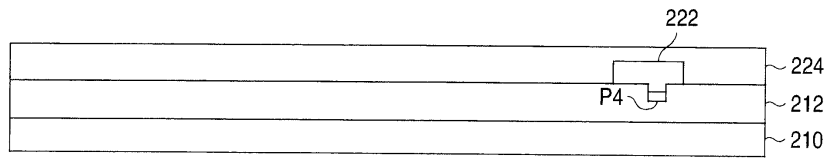
도면4b



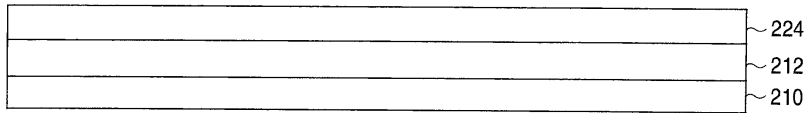
도면4c



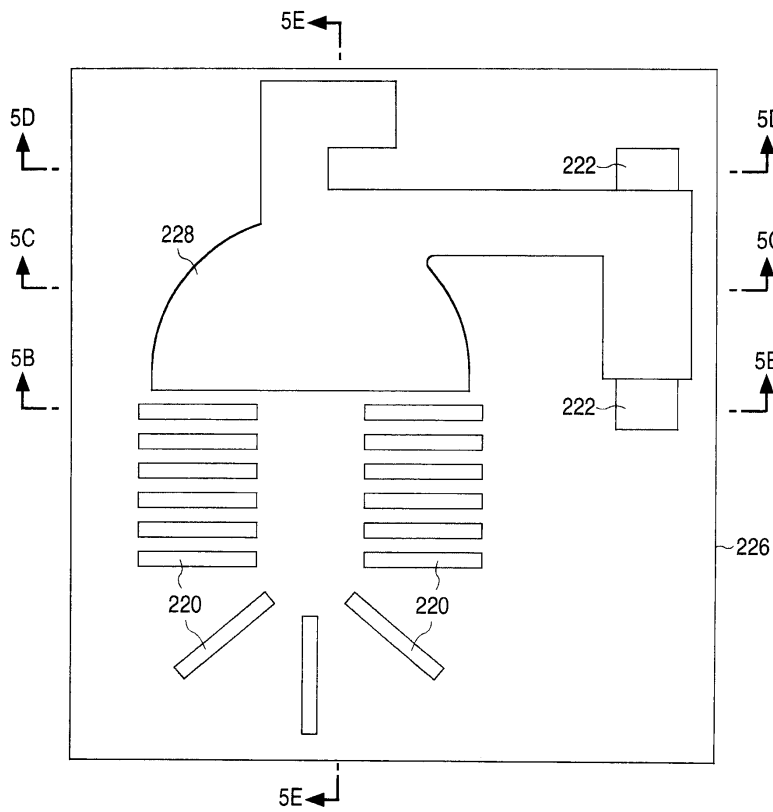
도면4d



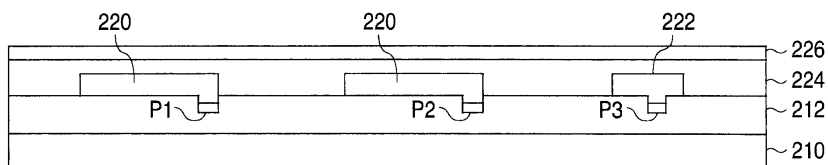
도면4e



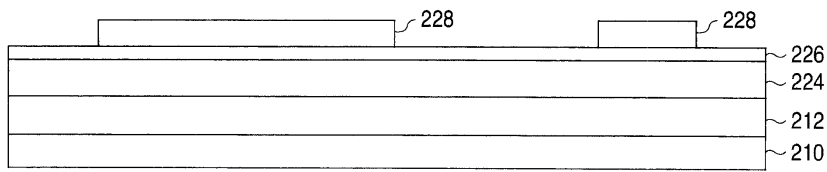
도면5a



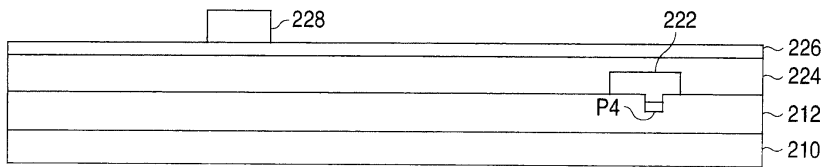
도면5b



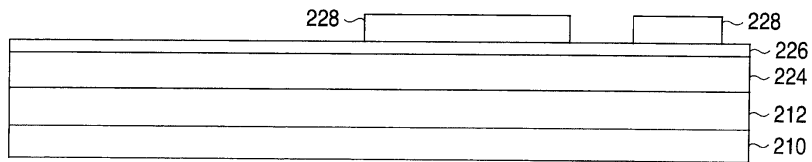
도면5c



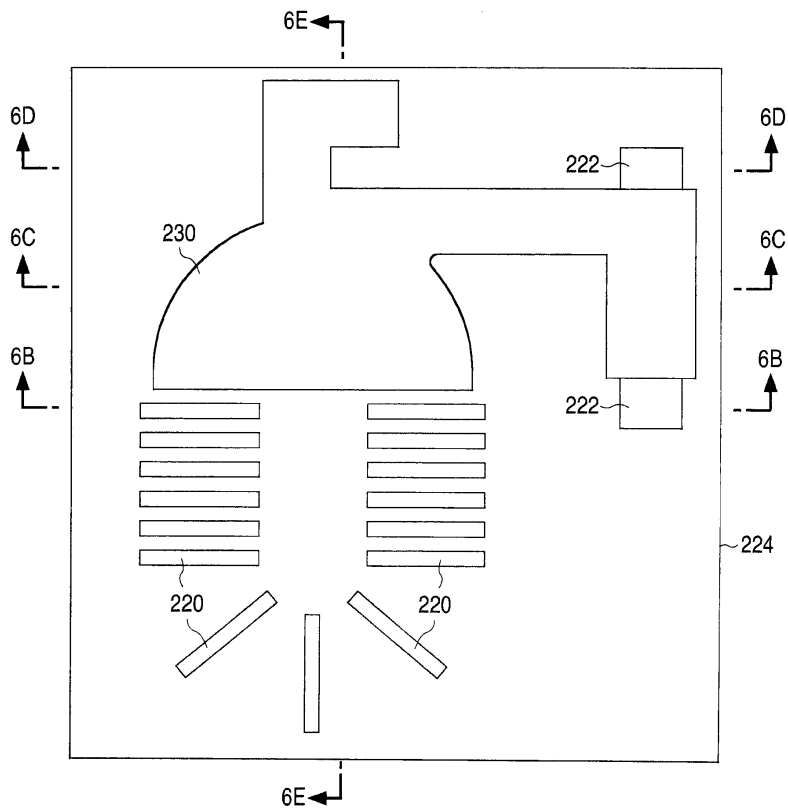
도면5d



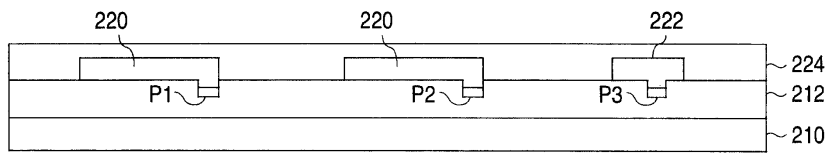
도면5e



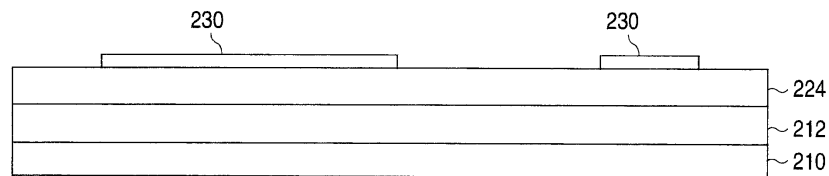
도면6a



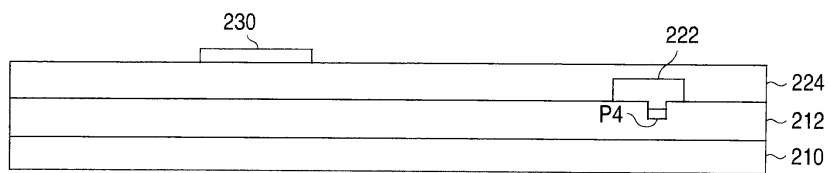
도면6b



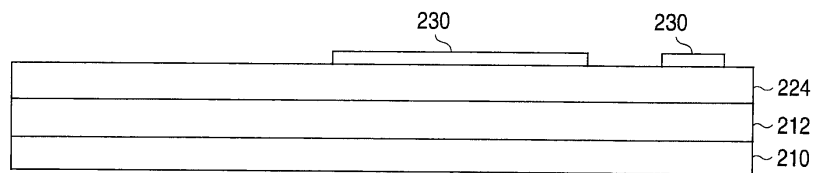
도면6c



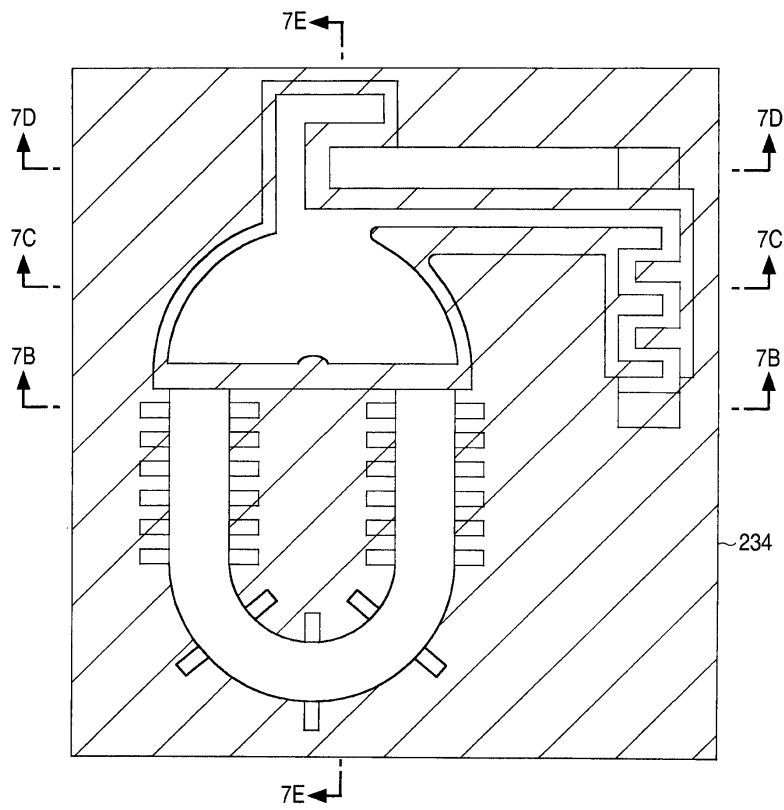
도면6d



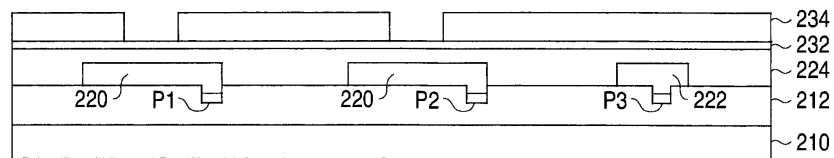
도면6e



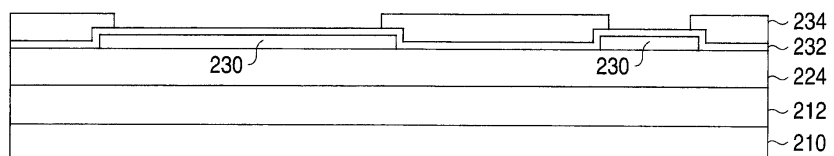
도면7a



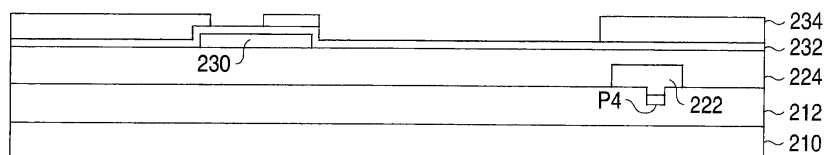
도면7b



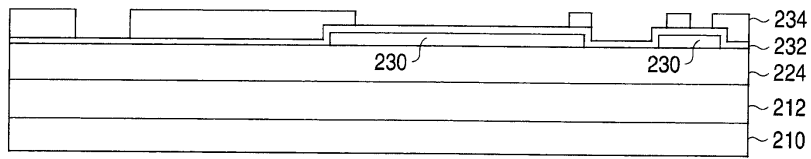
도면7c



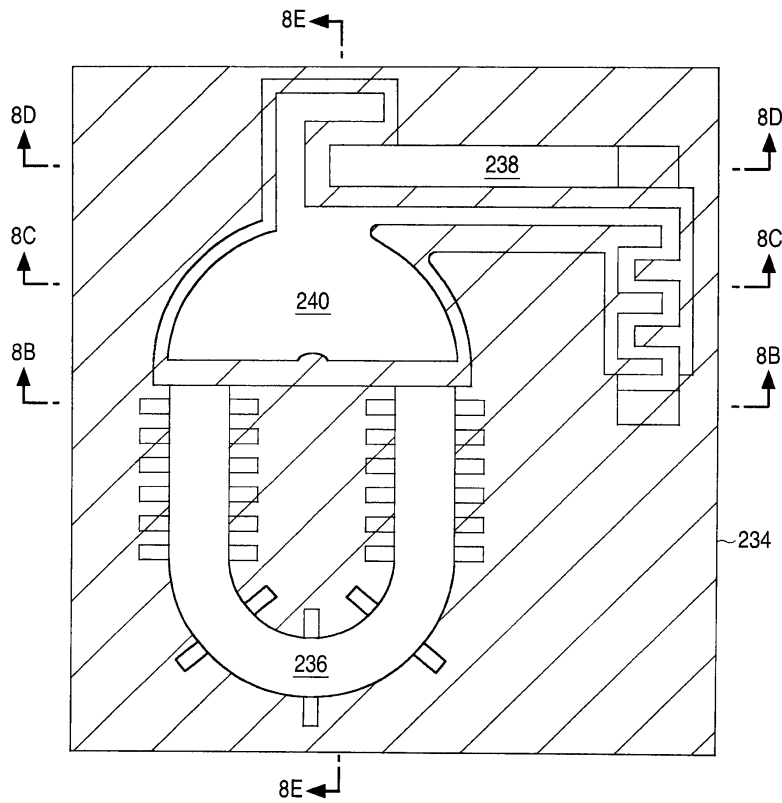
도면7d



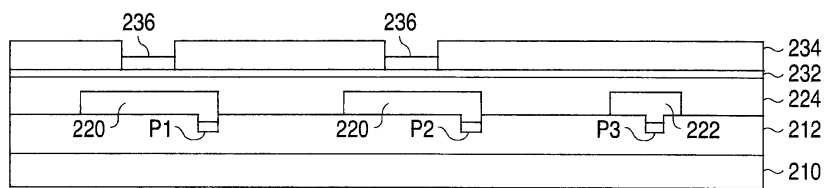
도면7e



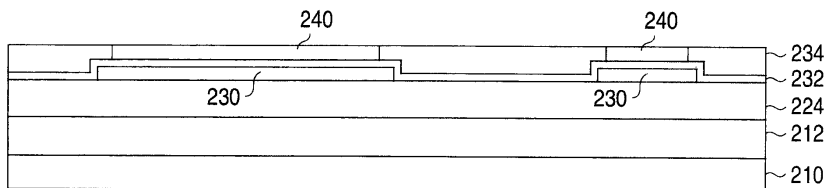
도면8a



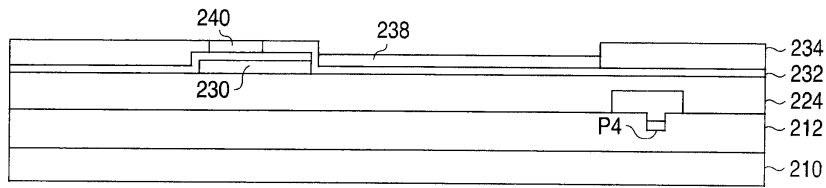
도면8b



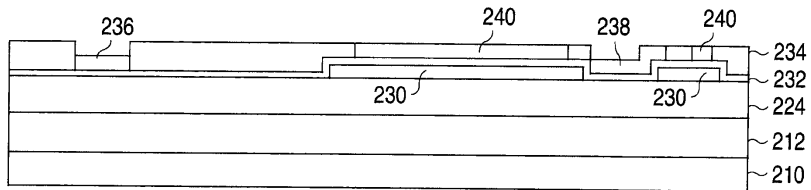
도면8c



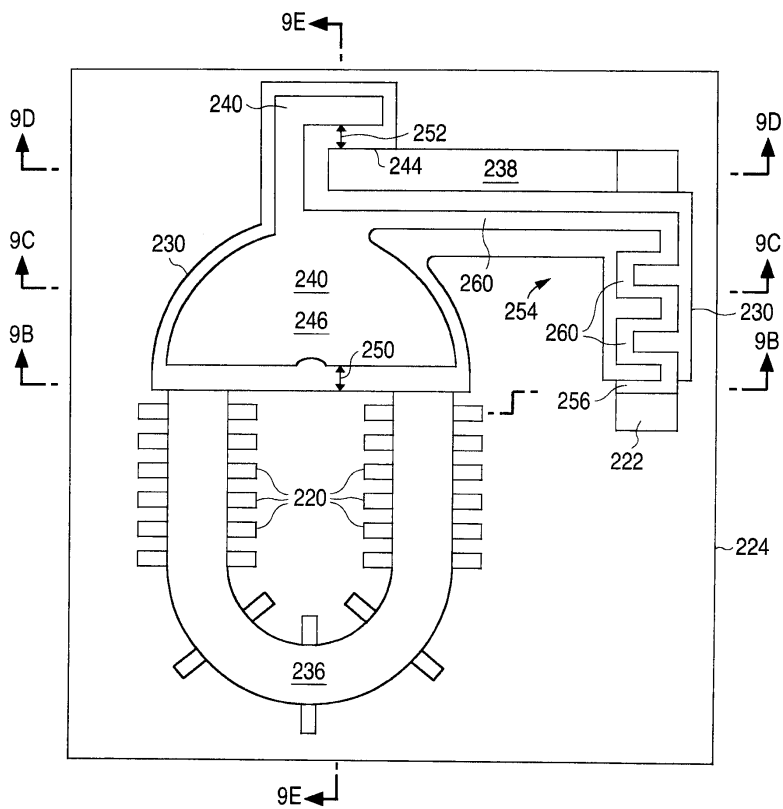
도면8d



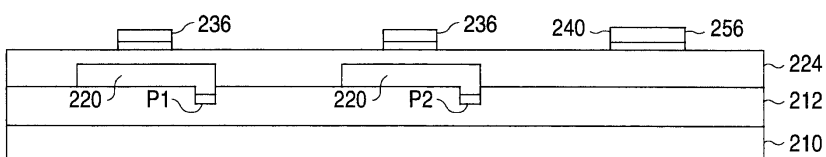
도면8e



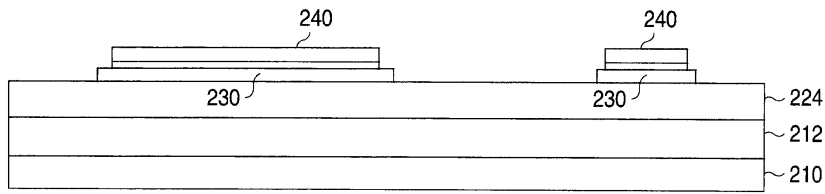
도면9a



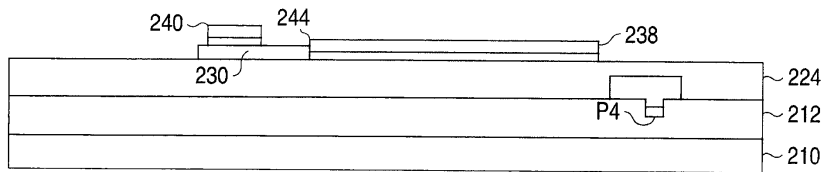
도면9b



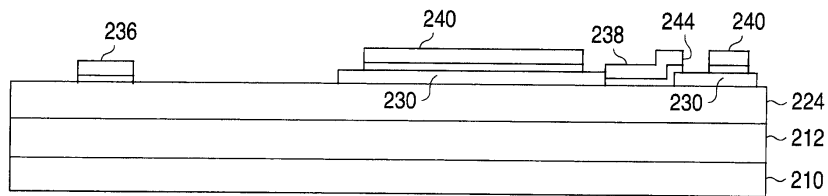
도면9c



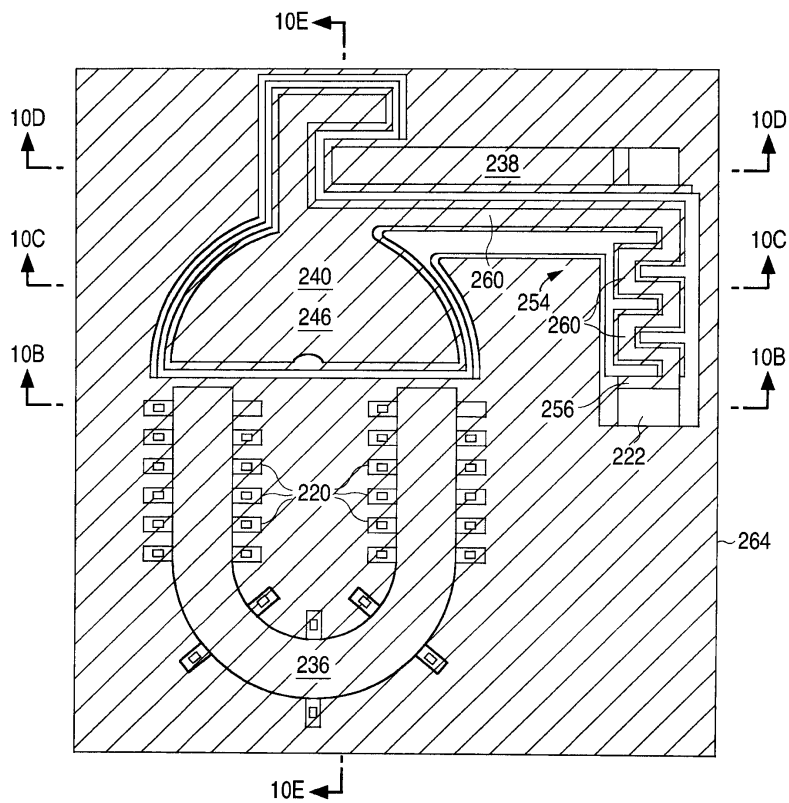
도면9d



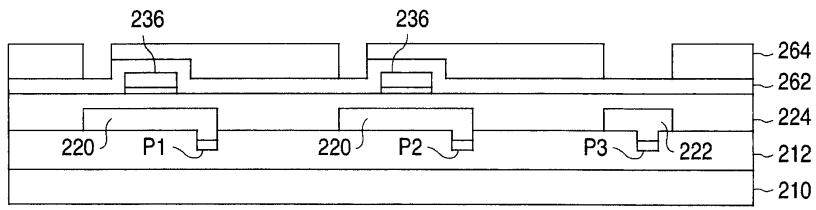
도면9e



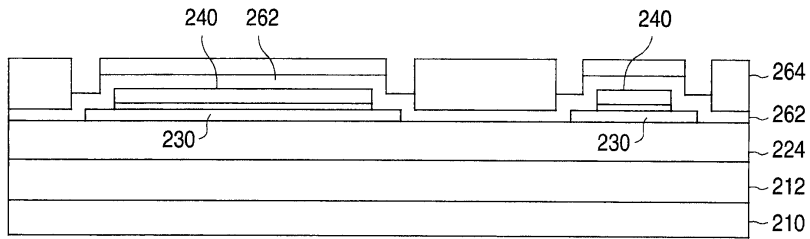
도면10a



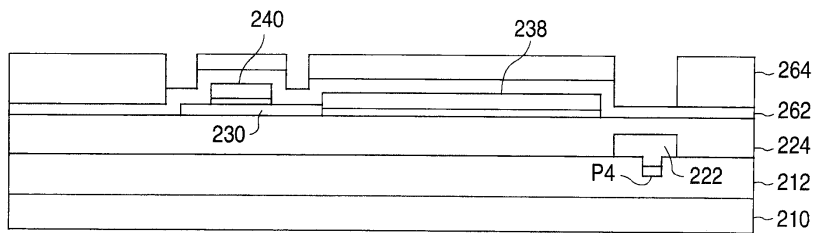
도면10b



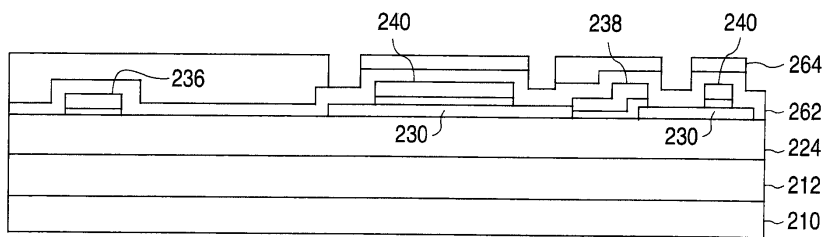
도면10c



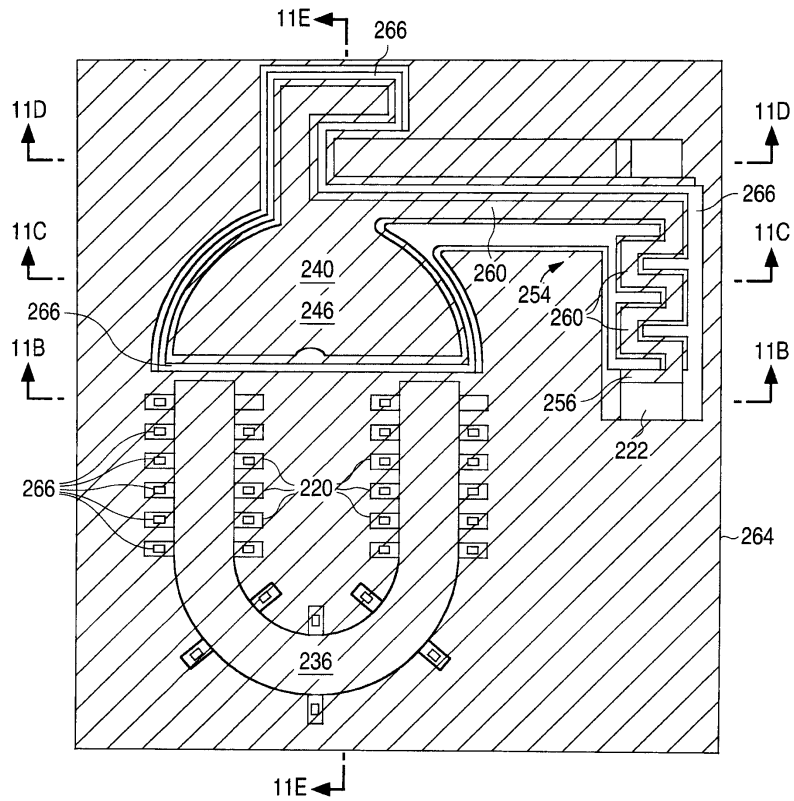
도면10d



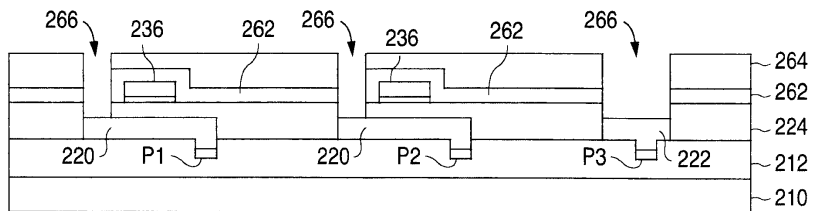
도면10e



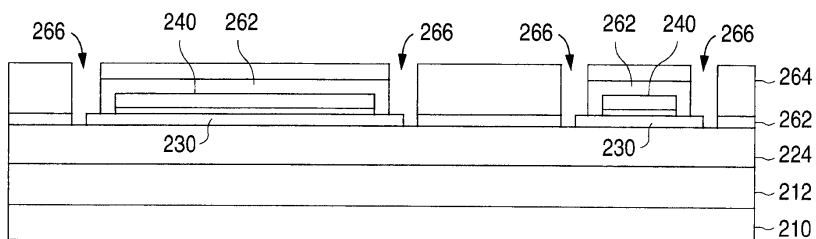
도면11a



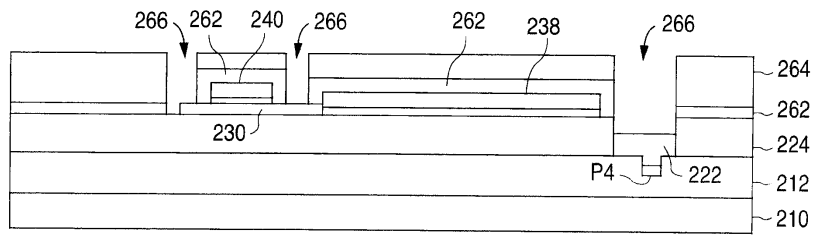
도면11b



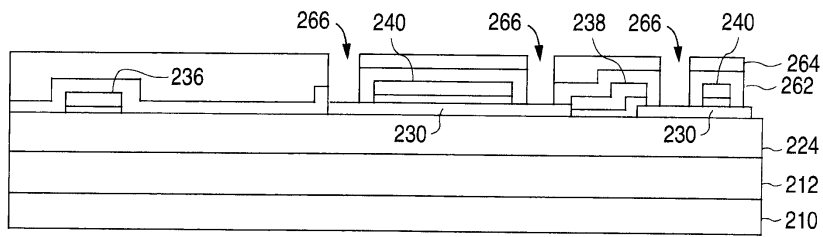
도면11c



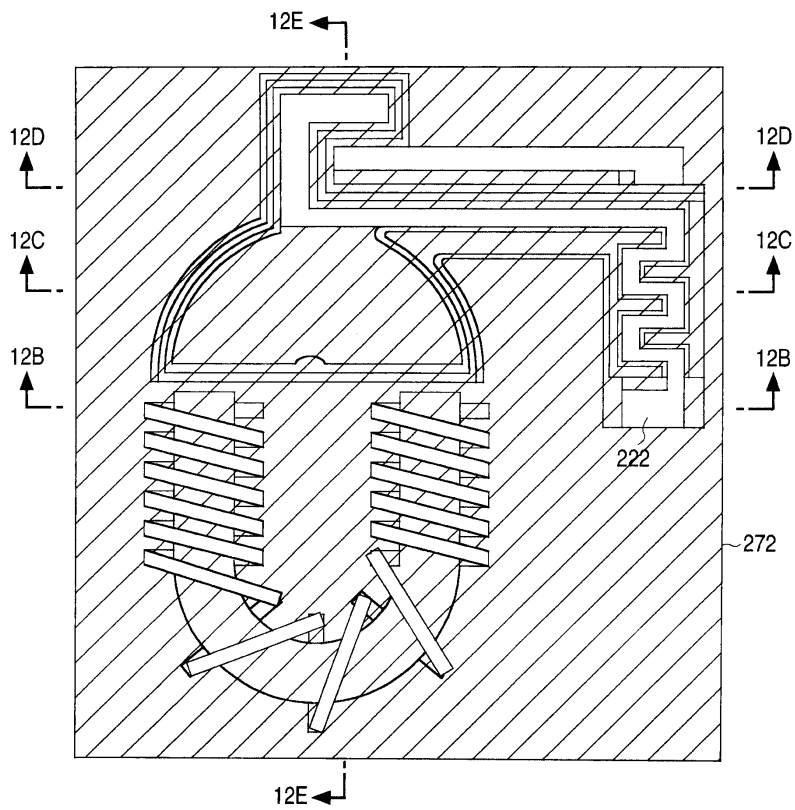
도면11d



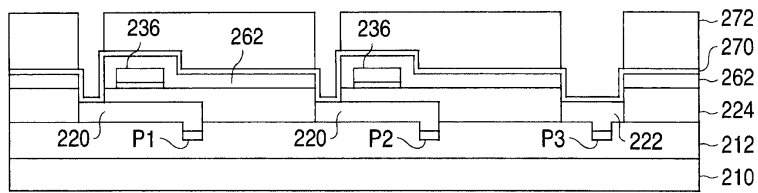
도면11e



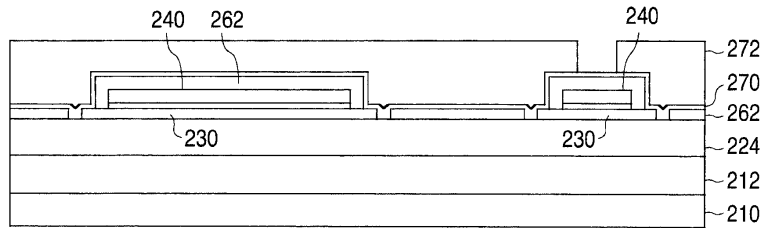
도면12a



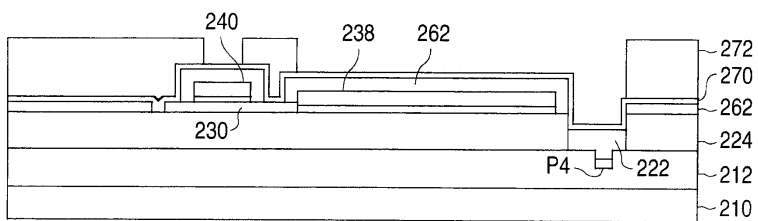
도면12b



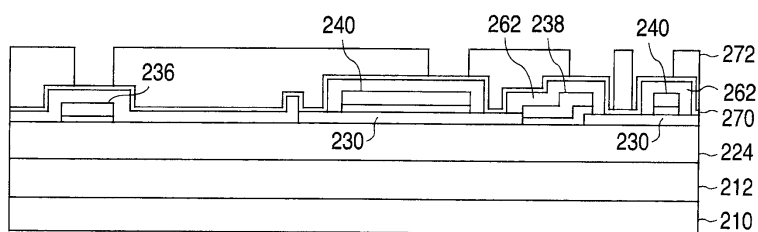
도면12c



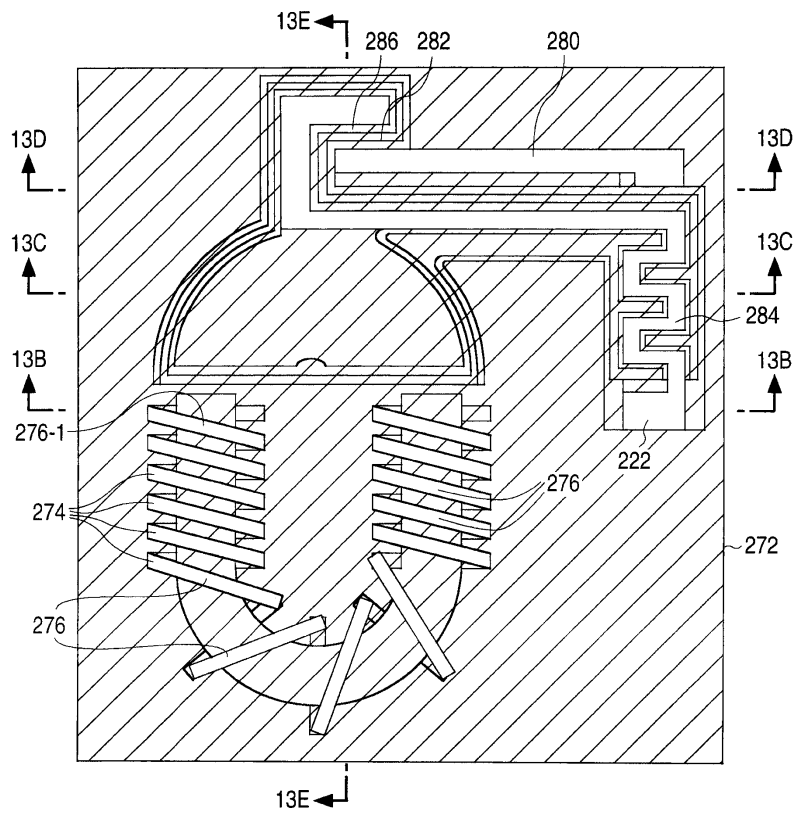
도면12d



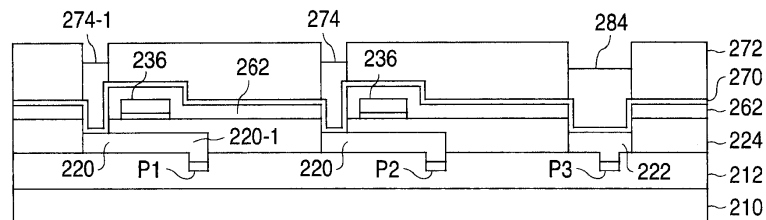
도면12e



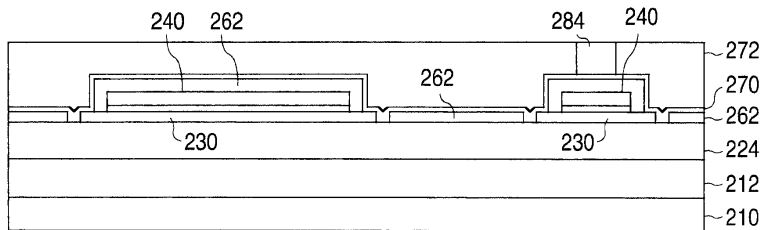
도면13a



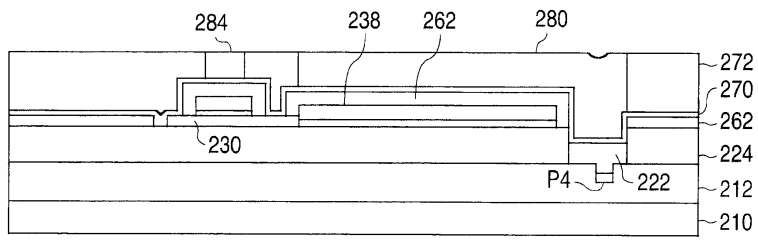
도면13b



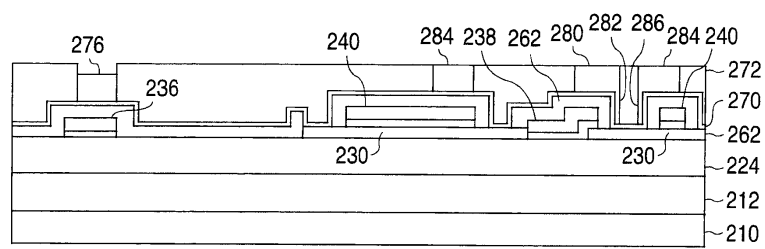
도면13c



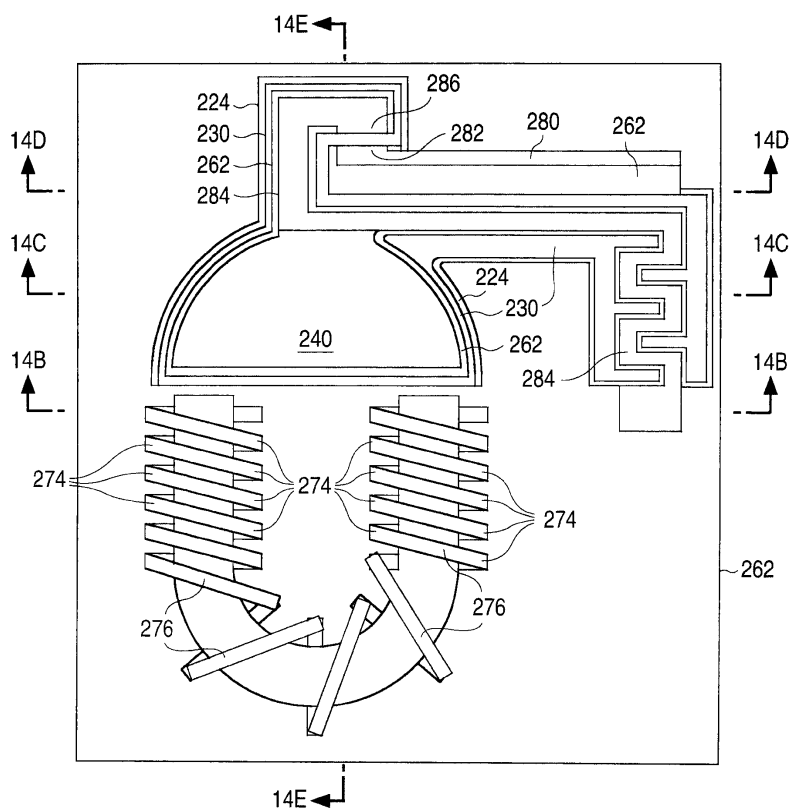
도면13d



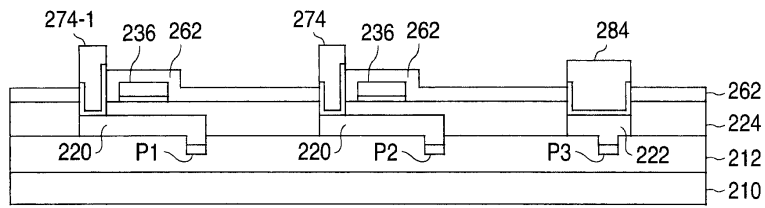
도면13e



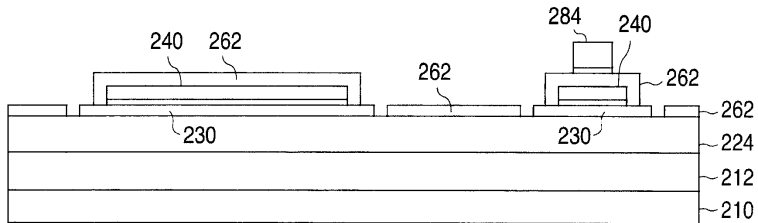
도면14a



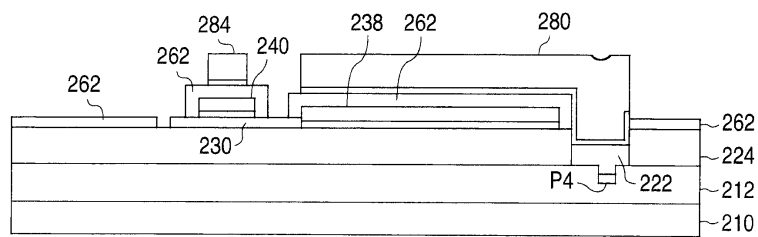
도면14b



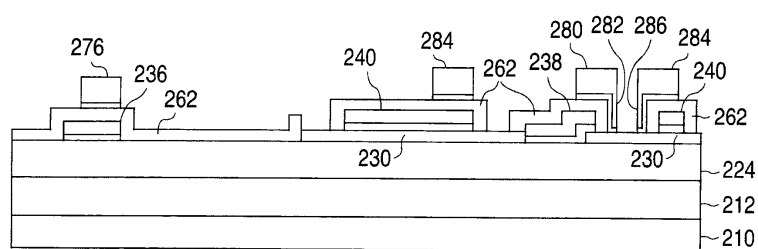
도면14c



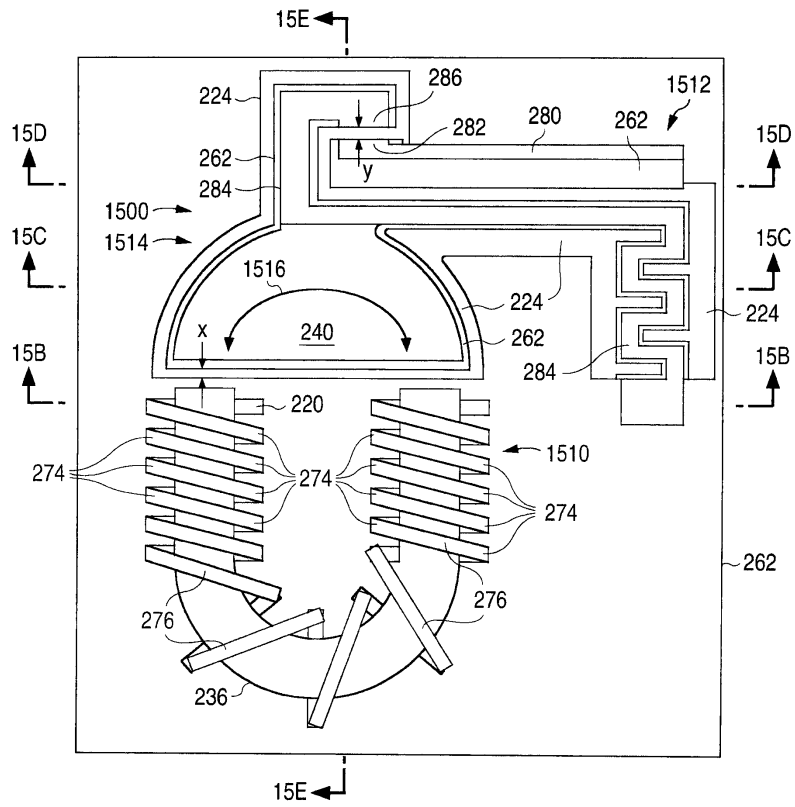
도면14d



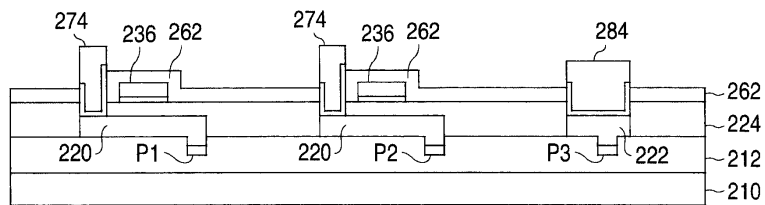
도면14e



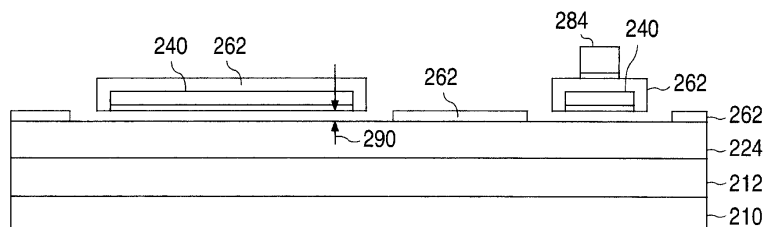
도면15a



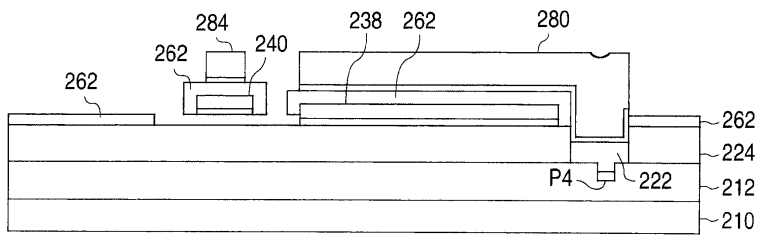
도면15b



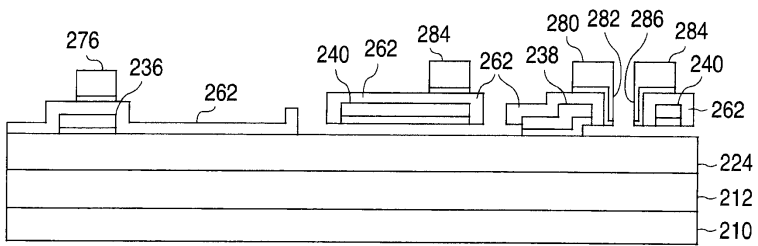
도면15c



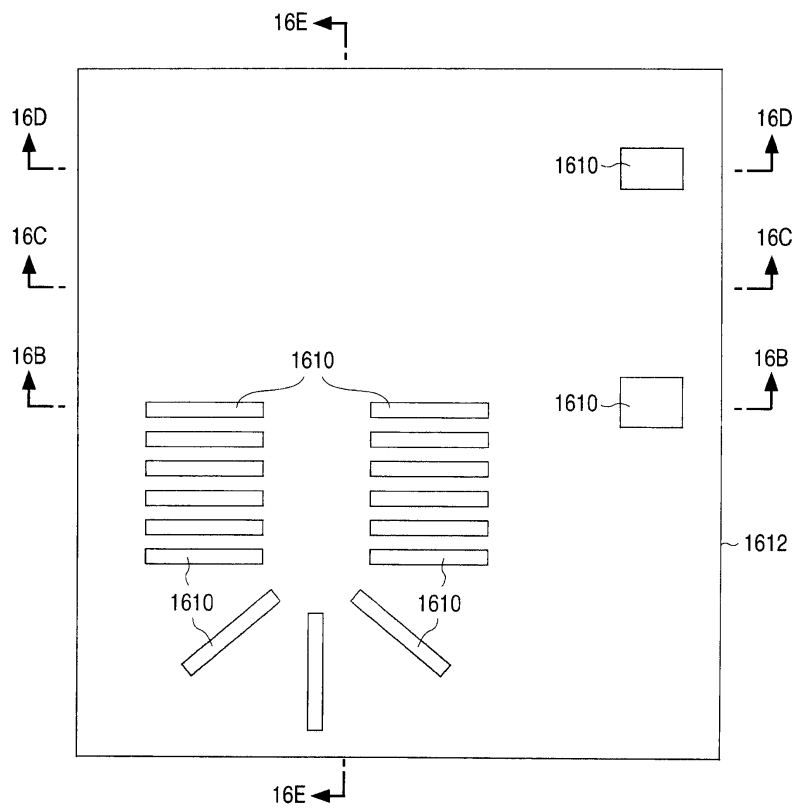
도면15d



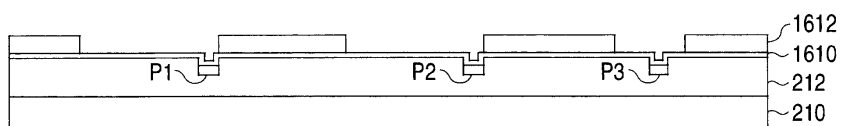
도면15e



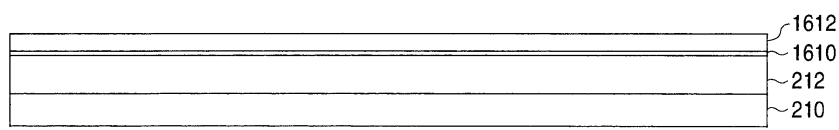
도면16a



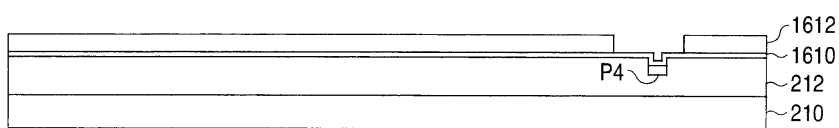
도면16b



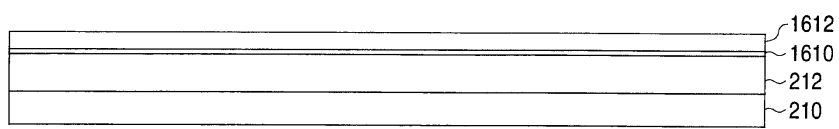
도면16c



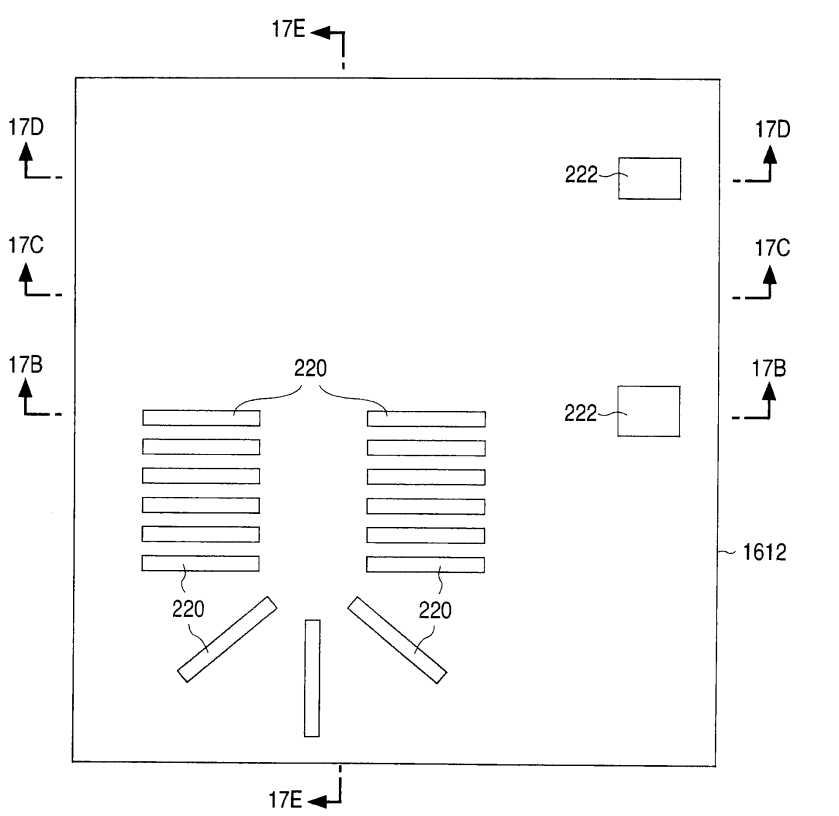
도면16d



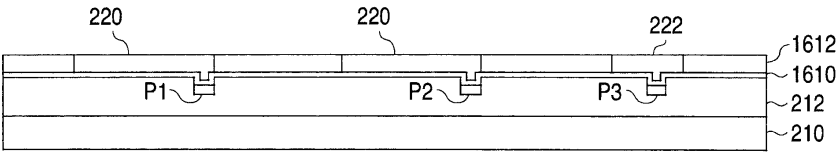
도면16e



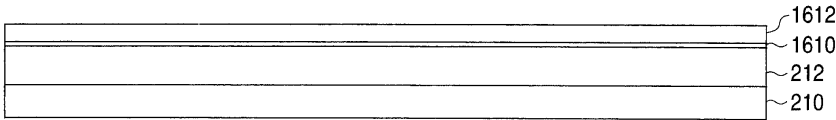
도면17a



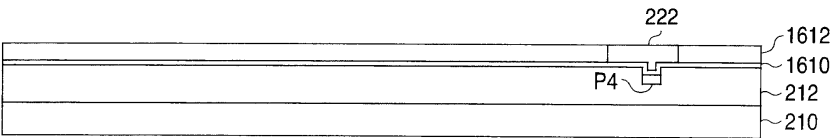
도면17b



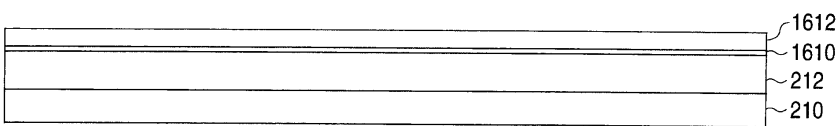
도면17c



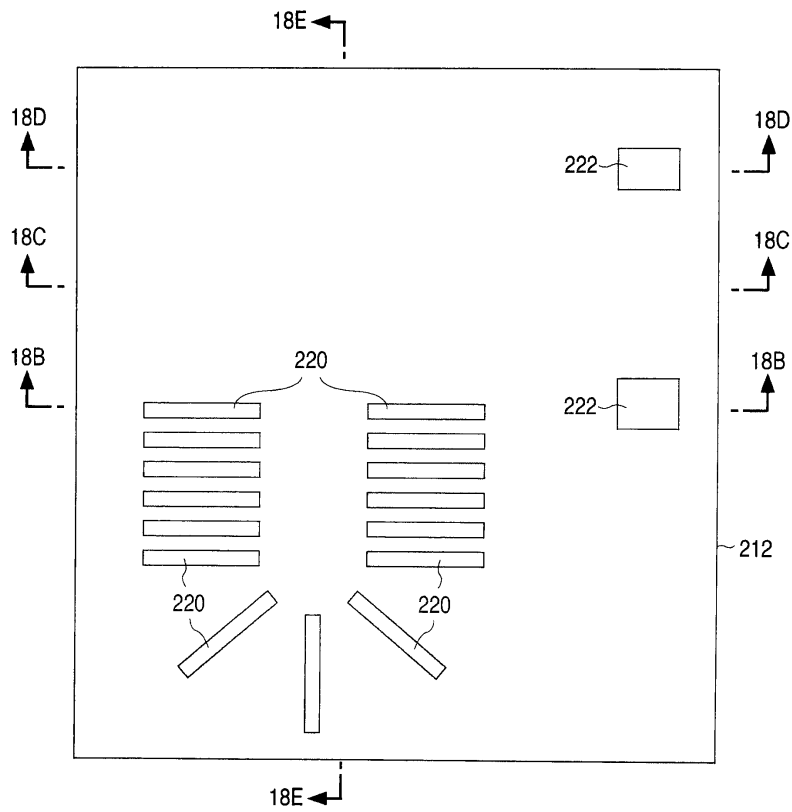
도면17d



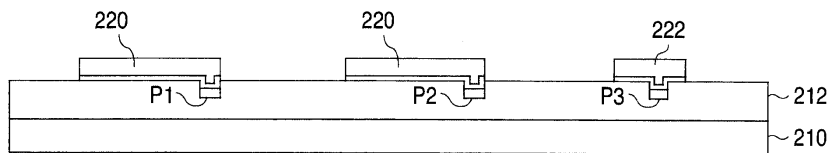
도면17e



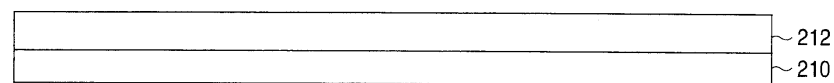
도면18a



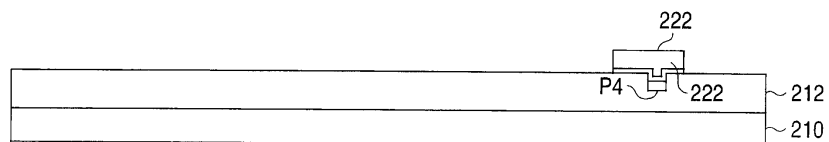
도면18b



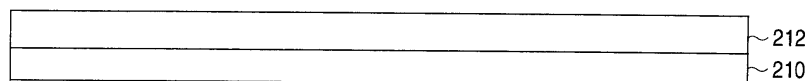
도면18c



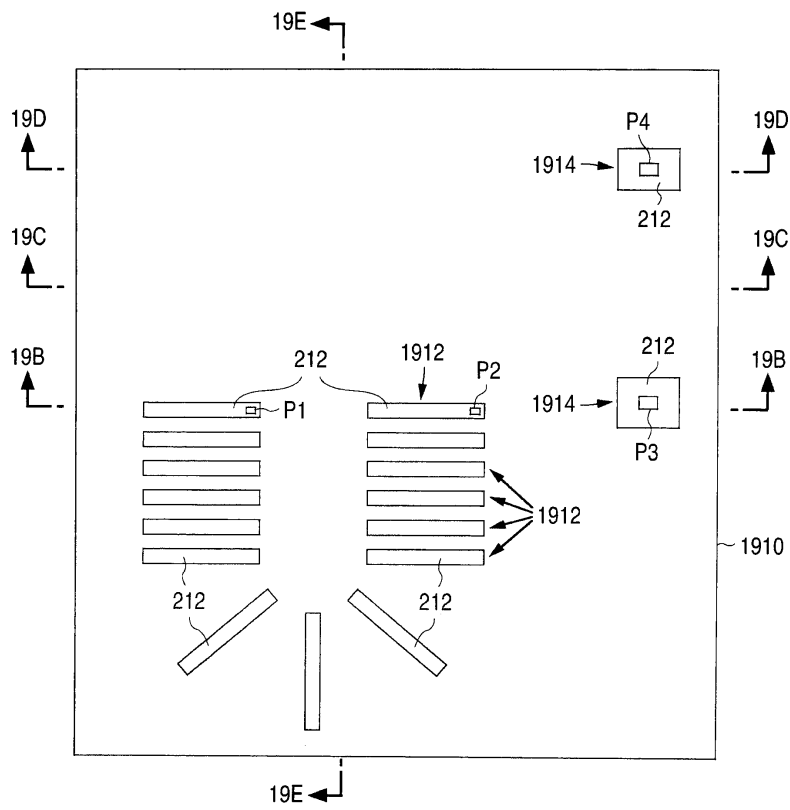
도면18d



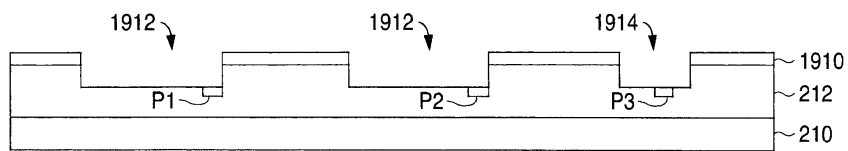
도면18e



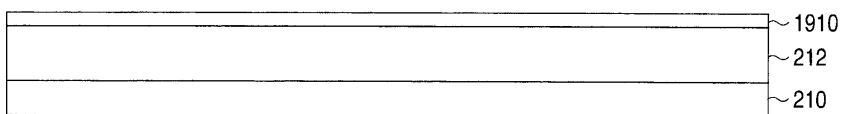
도면19a



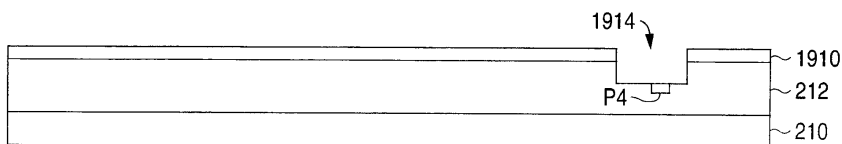
도면19b



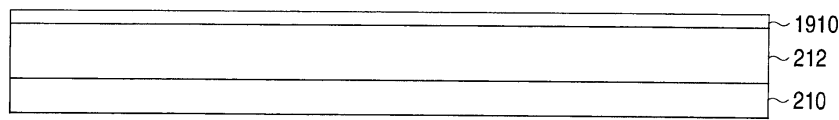
도면19c



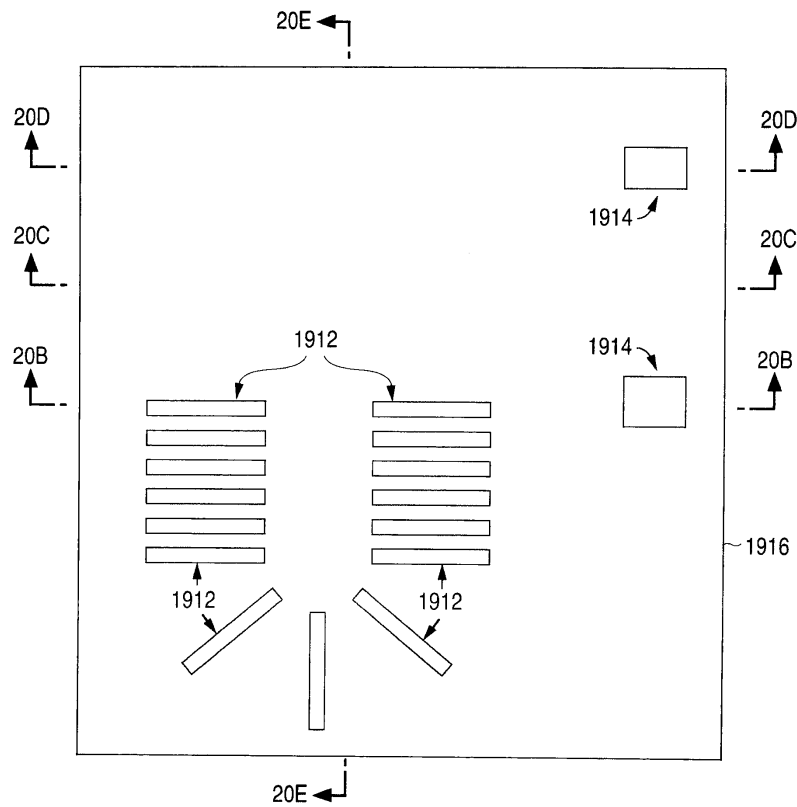
도면19d



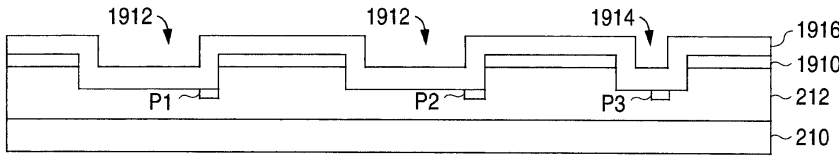
도면19e



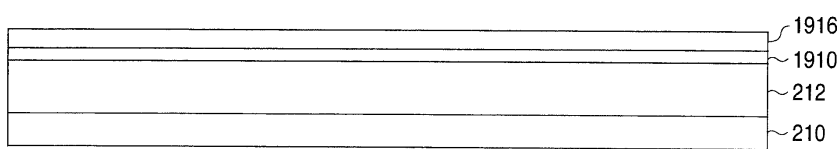
도면20a



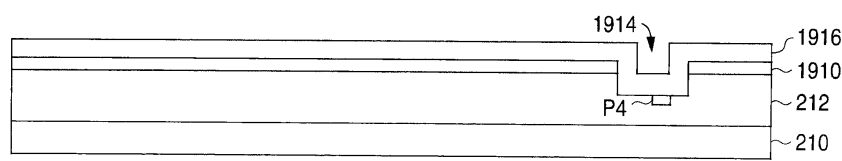
도면20b



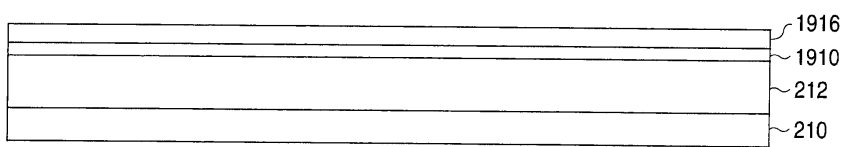
도면20c



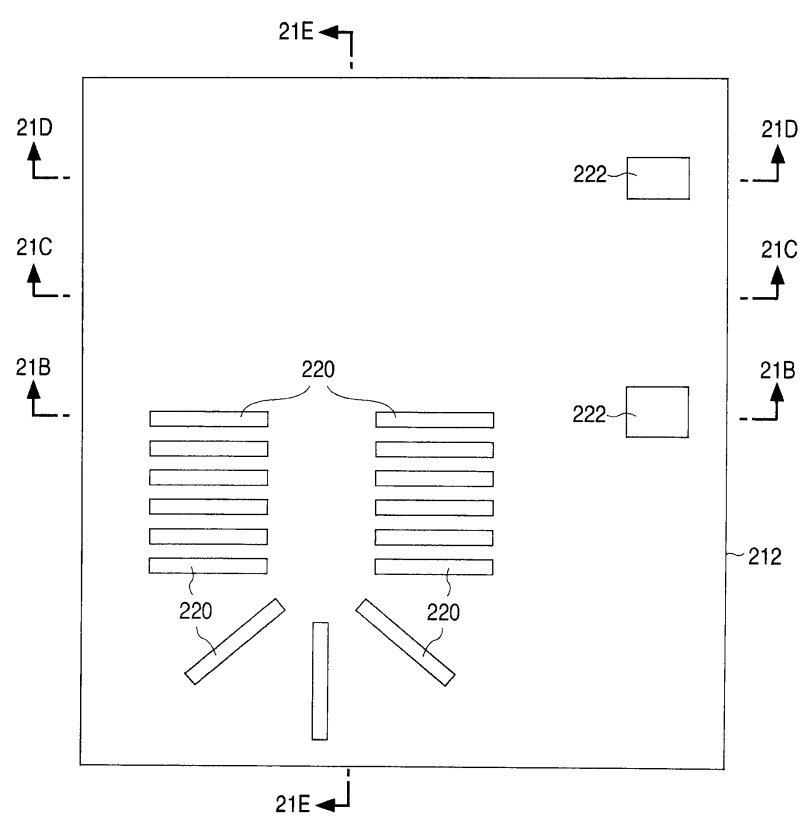
도면20d



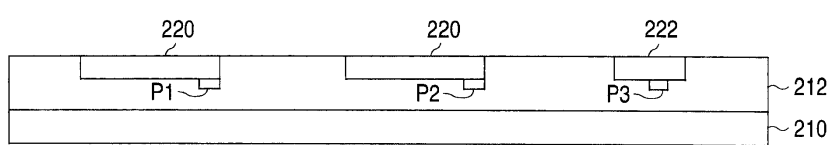
도면20e



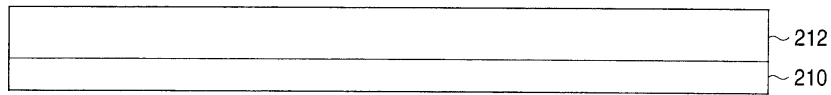
도면21a



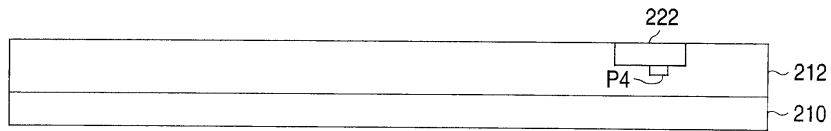
도면21b



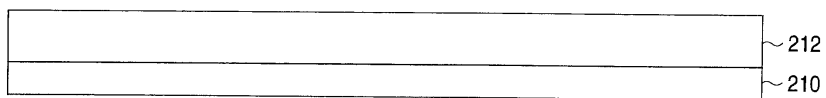
도면21c



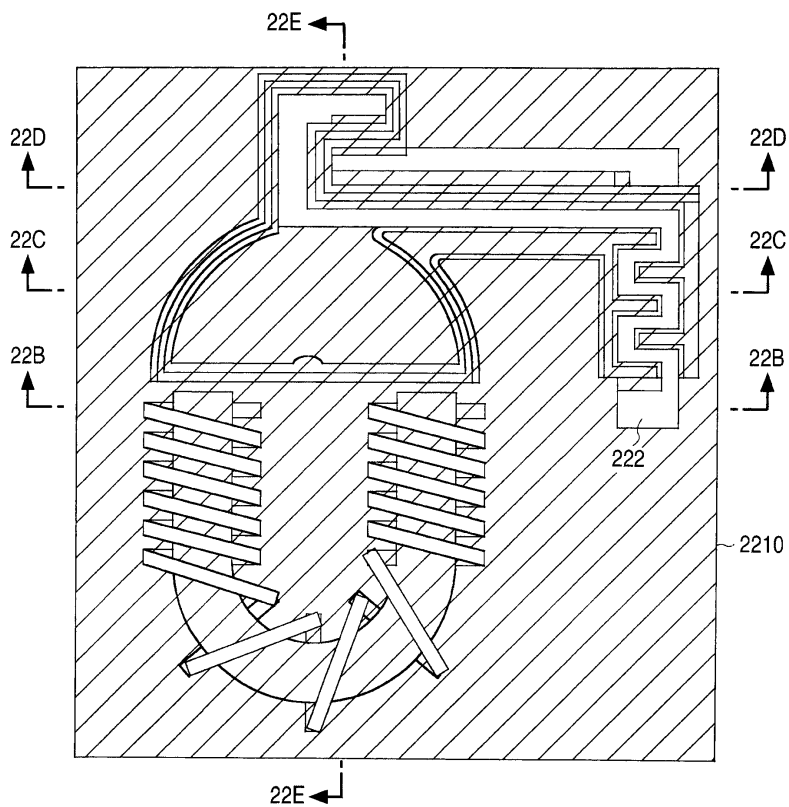
도면21d



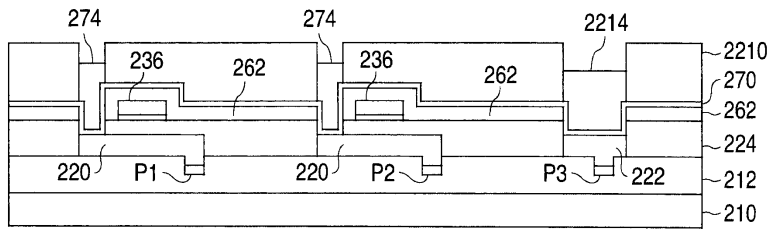
도면21e



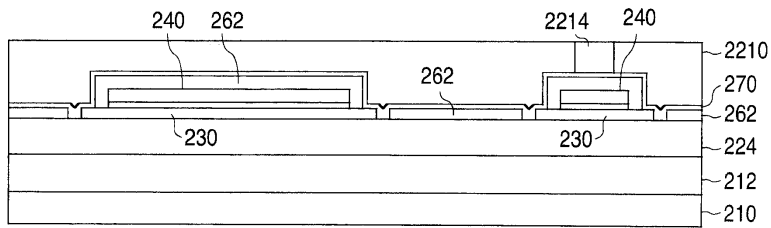
도면22a



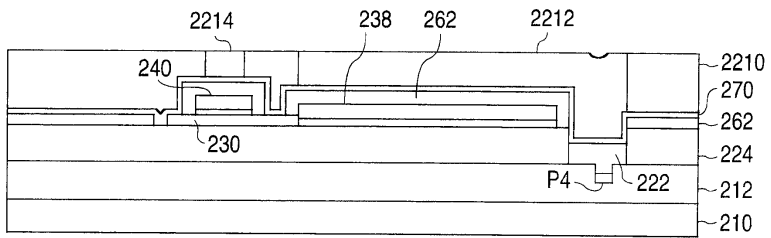
도면22b



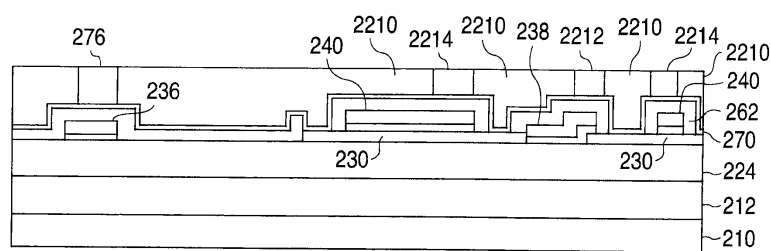
도면22c



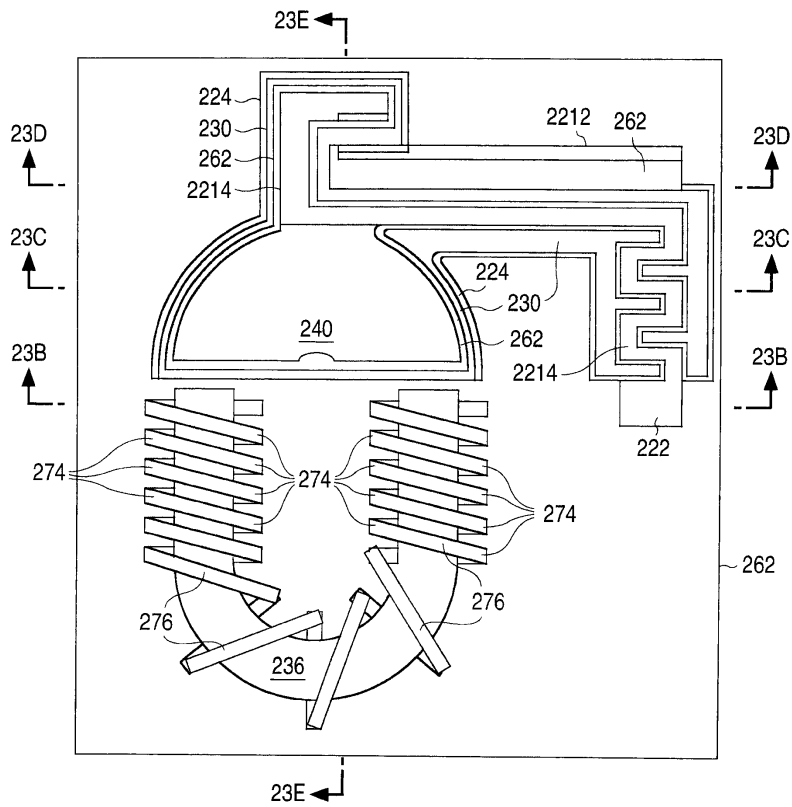
도면22d



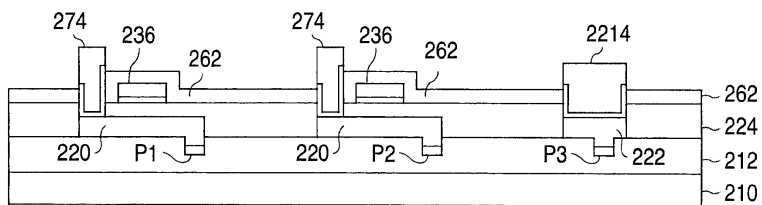
도면22e



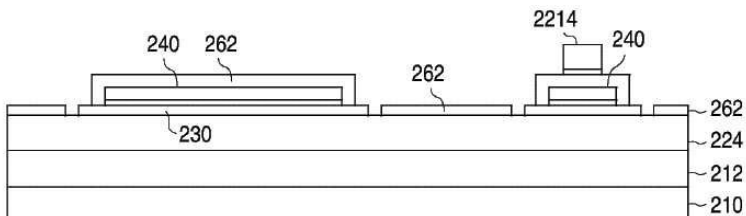
도면23a



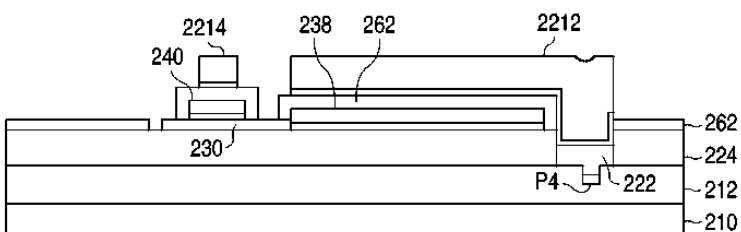
도면23b



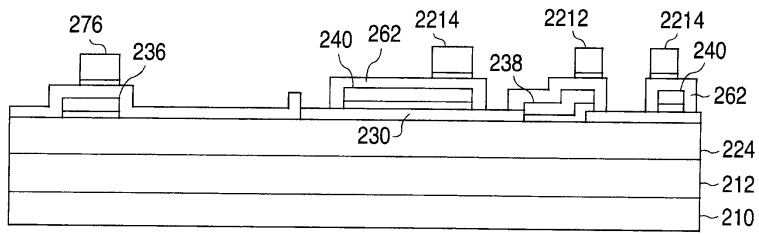
도면23c



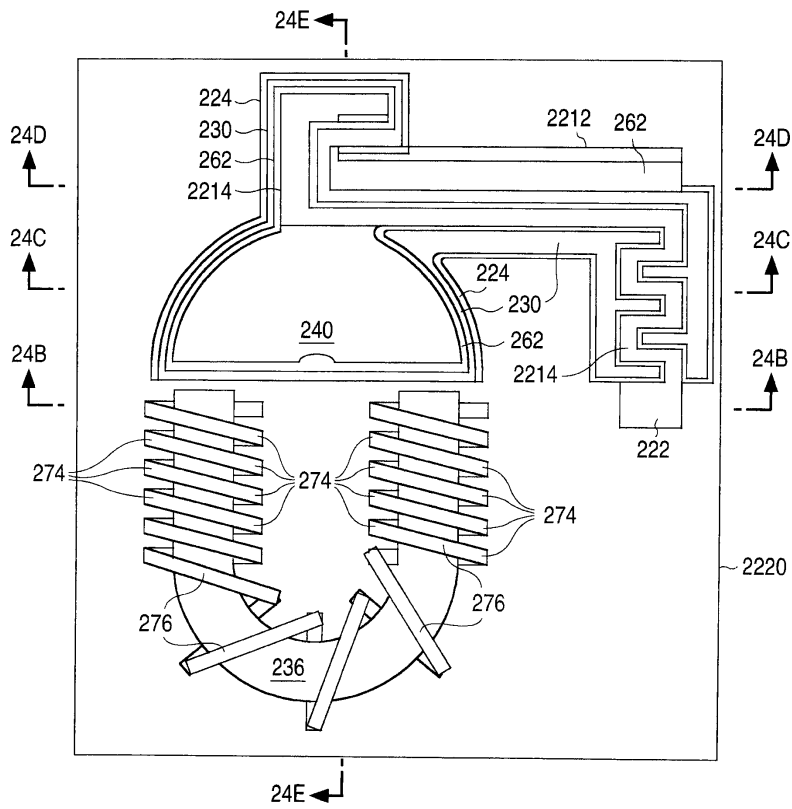
도면23d



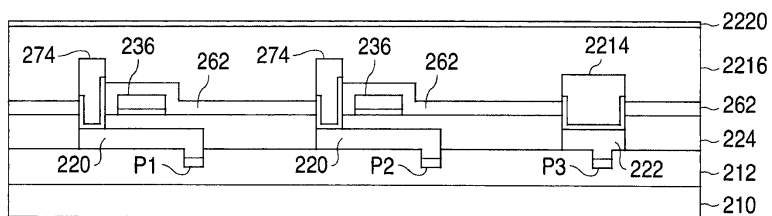
도면23e



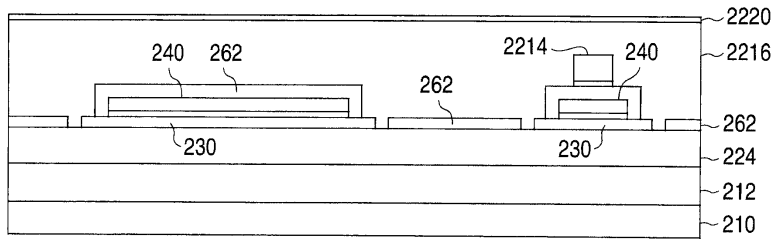
도면24a



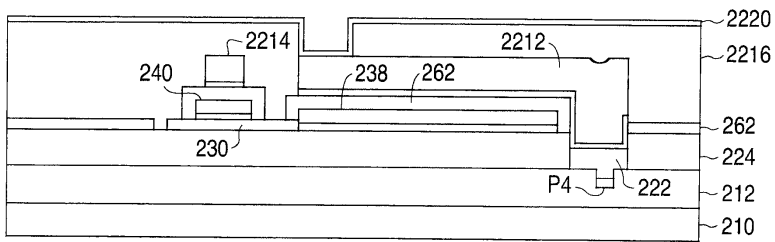
도면24b



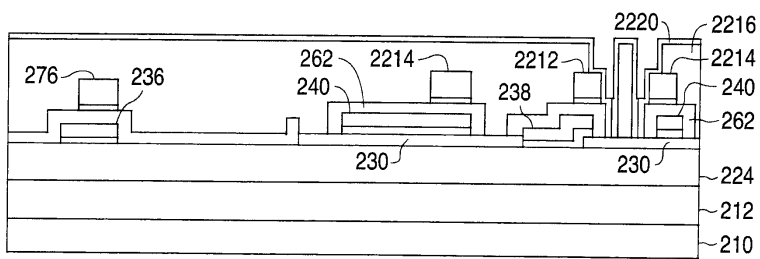
도면24c



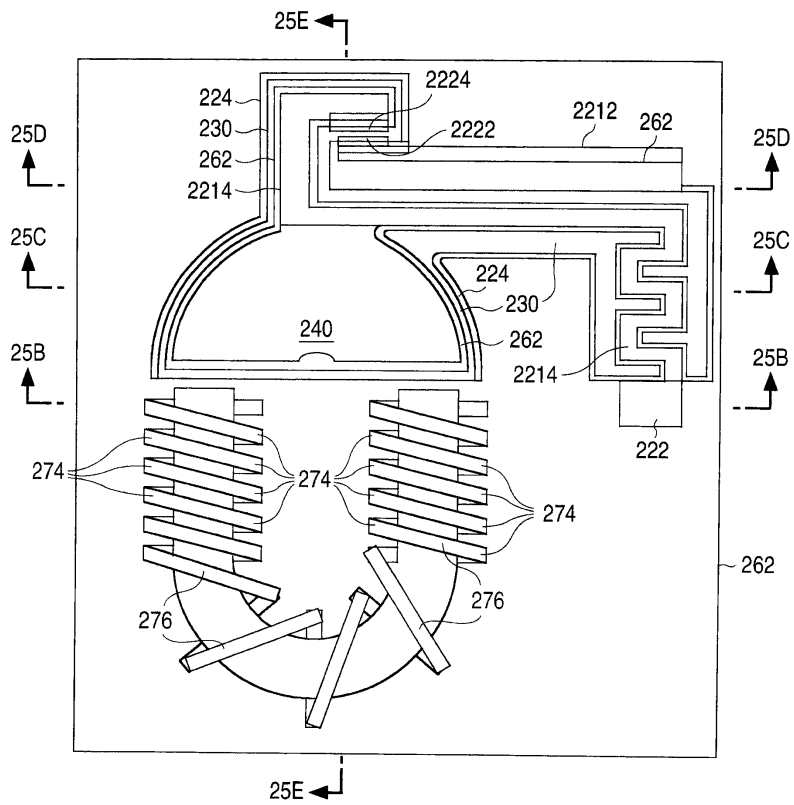
도면24d



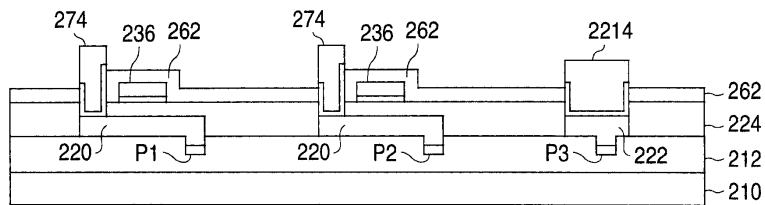
도면24e



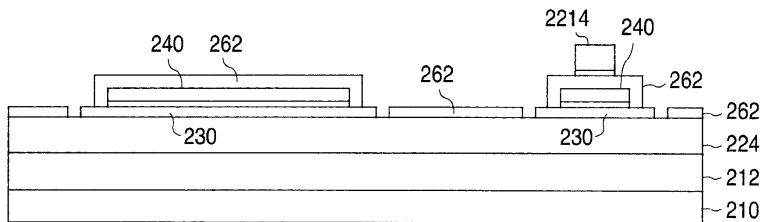
도면25a



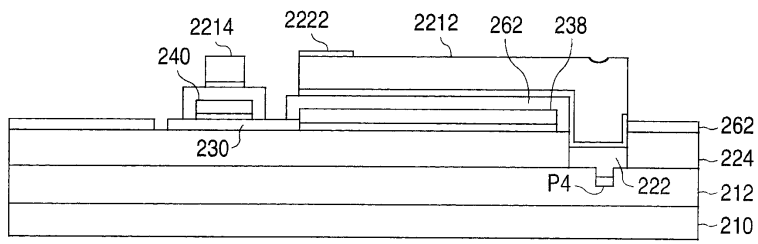
도면25b



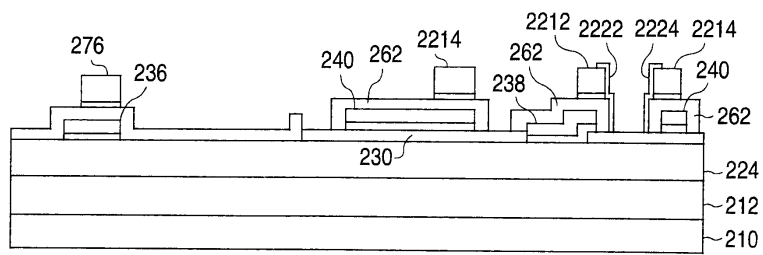
도면25c



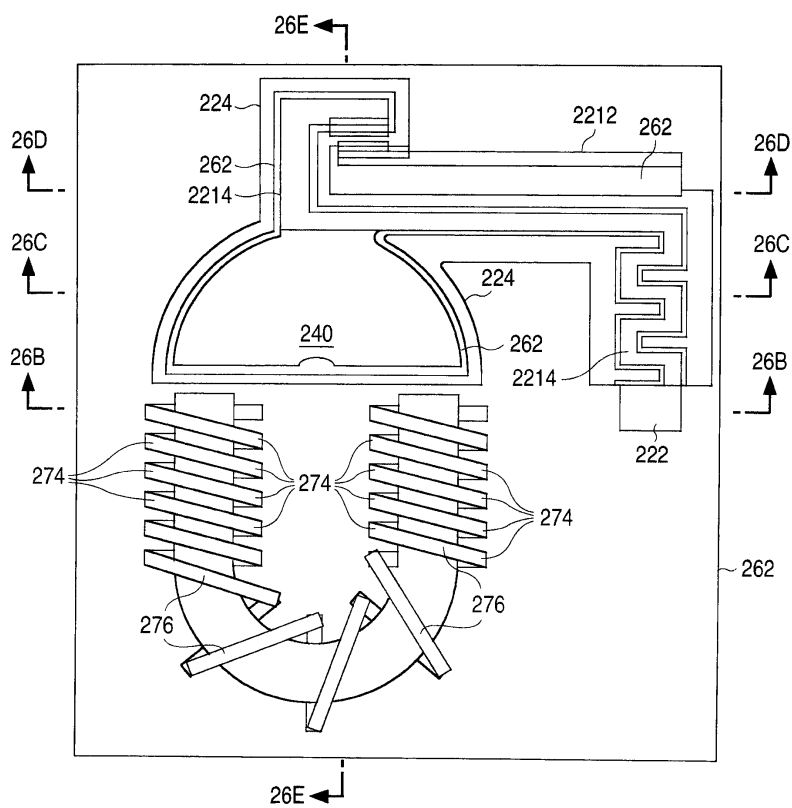
도면25d



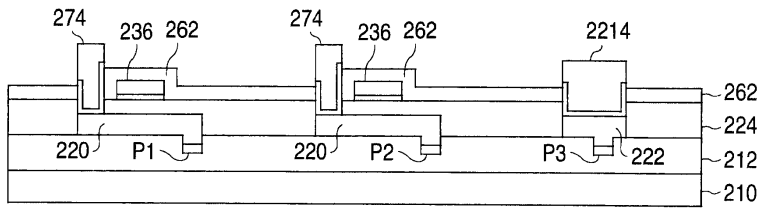
도면25e



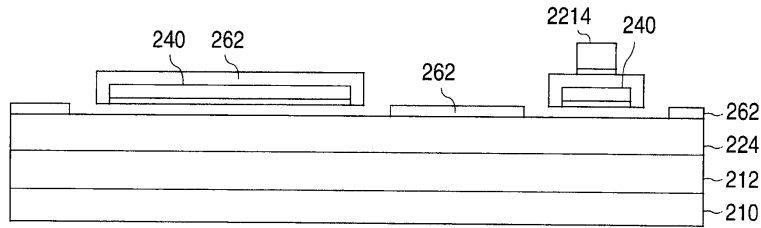
도면26a



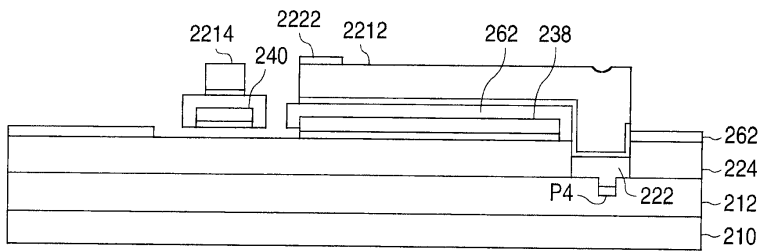
도면26b



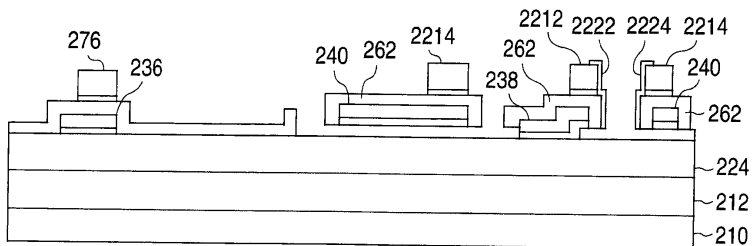
도면26c



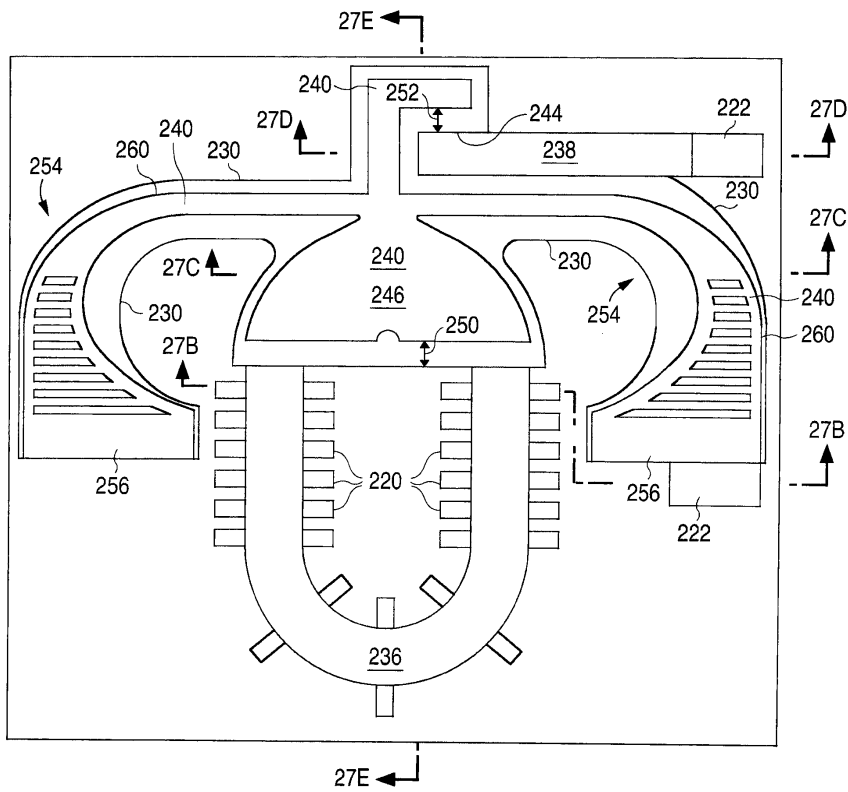
도면26d



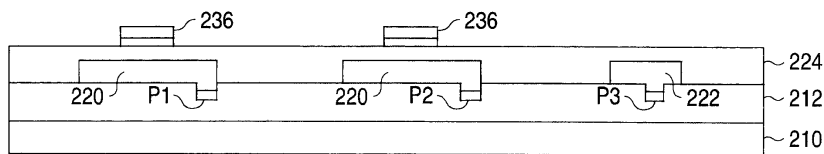
도면26e



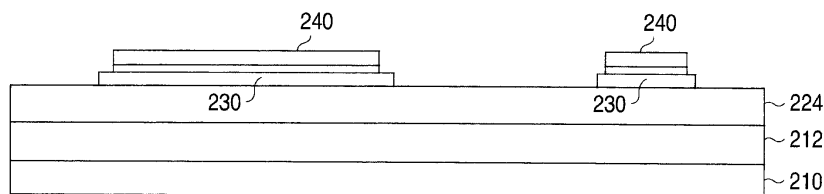
도면27a



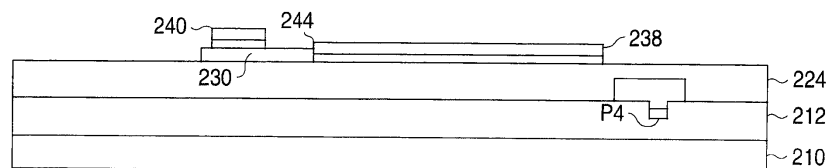
도면27b



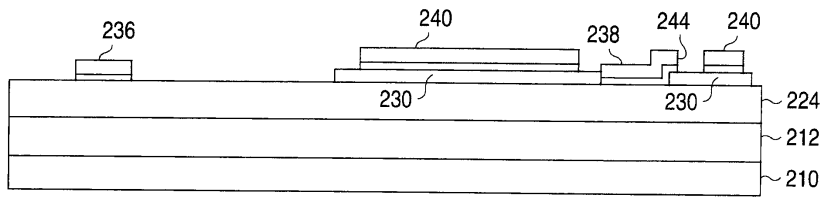
도면27c



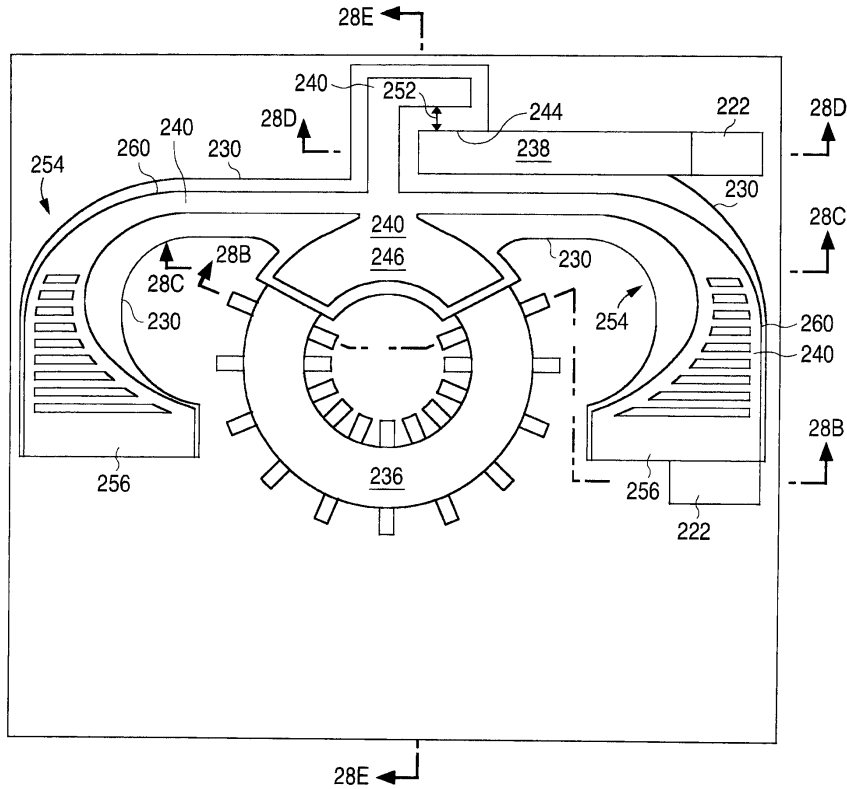
도면27d



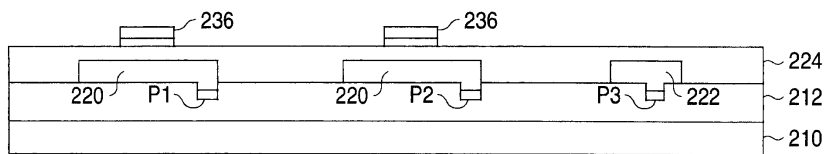
도면27e



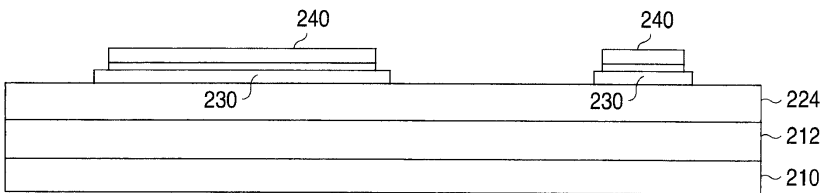
도면28a



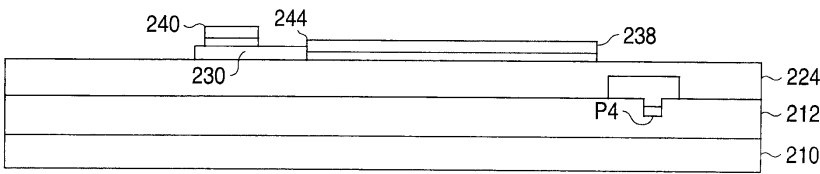
도면28b



도면28c



도면28d



도면28e

