



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년01월18일
G01N 27/82 (2006.01)	(11) 등록번호	10-0671630
	(24) 등록일자	2007년01월12일

(21) 출원번호	10-2002-7007763	(65) 공개번호	10-2002-0077359
(22) 출원일자	2002년06월17일	(43) 공개일자	2002년10월11일
심사청구일자	2002년06월17일		
번역문 제출일자	2002년06월17일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2001/009159	(87) 국제공개번호	WO 2002/33398
국제출원일자	2001년10월18일	국제공개일자	2002년04월25일

(81) 지정국                      국내특허 : 캐나다, 중국, 대한민국, 미국,  
   EP 유럽특허 : 독일, 프랑스,

(30) 우선권주장	JP-P-2000-00317711    2000년10월18일                      일본(JP)
	JP-P-2001-00299768    2001년09월28일                      일본(JP)

(73) 특허권자                      제이에프이 스틸 가부시기가이샤  
   일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이초 2초메 2-3  
  
   가부시기가이샤 시스템 하이텍  
   일본 야마구치켄 도쿠야마시 오키다쵸 10-34

(72) 발명자                      요코타히로유키  
   일본지바켄지바시주오쿠가와사키쵸1가와사키세이테즈가부시기가이샤  
   지바세이테즈쇼나이  
  
   도무라야스오  
   일본지바켄지바시주오쿠가와사키쵸1가와사키세이테즈가부시기가이샤  
   지바세이테즈쇼나이  
  
   운자키히데아키  
   일본지바켄지바시주오쿠가와사키쵸1가와사키세이테즈가부시기가이샤  
   지바세이테즈쇼나이  
  
   츠루오카시게토시  
   일본야마구치켄도쿠야마시오카다쵸10-34가부시기가이샤시스템하이텍  
   나이

(74) 대리인                      김창세

심사관 : 정진수

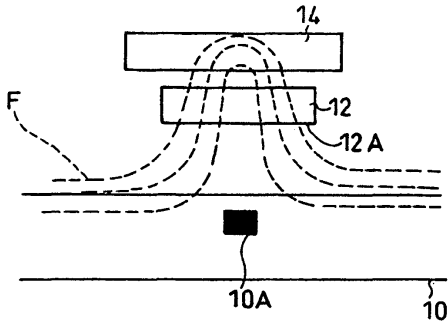
전체 청구항 수 : 총 4 항

## (54) 자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서 및 스트립의온라인 탐상 방법

### (57) 요약

본 발명은 자성 감지 소자 그룹의 자기 감지면의 반대측에 상기 자기 감지면보다 큰 연질 자성체를 배치함으로써, 센서 1개당의 검출 폭을 확대하여, 판 폭 방향의 센서 및 신호 처리 회로의 설치 개수를 감소시킨다.

### 대표도



### 특허청구의 범위

#### 청구항 1.

검사 대상 스트립의 주행 방향으로 자계를 발생시키고, 내부 및 표면 결함에서 발생하는 누설 자속을 검사 대상 스트립의 폭 방향으로 다수 병렬된 자성 감지 소자 그룹을 구비한 탐상 헤드에 의해 온라인으로 검출하여 결함 신호를 제공하는 자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서에 있어서,

상기 자성 감지 소자 그룹의 자기 감지면의 반대측에, 상기 자기 감지면보다 큰 연질 자성체를 배치하고, 상기 자성 감지 소자 그룹을 구성하는 자성 감지 소자를 상기 연질 자성체와 이격시켜 배치하고, 상기 자성 감지 소자의 자기 감지면과는 반대측면에 밀착하여 별도의 연질 자성체를 배치한 것을 특징으로 하는

자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서.

#### 청구항 2.

삭제

#### 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 자성 감지 소자의 자기 감지면에 밀착하여, 또 다른 연질 자성체를 배치한 것을 특징으로 하는

자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서.

#### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 자성 감지 소자가 홀 소자인 것을 특징으로 하는

자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서.

## 청구항 5.

스트립의 온라인 탐상 방법에 있어서,

검사 대상 스트립의 내부 및 표면 결함에서 발생하는 누설 자속을 검출하기 위해 검사 대상 스트립의 폭 방향으로 다수 병설된 자성 감지 소자 그룹을 구비하고, 상기 자성 감지 소자 그룹의 자기 감지면의 반대측에 상기 자기 감지면보다 큰 연질 자성체가 배치되고, 그리고 상기 자성 감지 소자 그룹을 구성하는 자성 감지 소자가 상기 연질 자성체와 이격 배치되고, 상기 자성 감지 소자의 자기 감지면과 반대측면에 밀착하여 별도의 연질 자성체가 배치된, 누설 자기 검출 센서를 사용하는 것을 특징으로 하는

스트립의 온라인 탐상 방법.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서에 관한 것으로, 특히 온라인으로 얇은 강철 스트립의 표면 결함이나 내부 개재물의 검사를 수행하는 누설 자속 탐상에 이용하기 적합한 것으로, 강자성체인 피검사재의 내부나 표면에서 누설되는 자속을 검출하는 자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서(leak magnetism detection sensor)에 관한 것이다.

### 배경기술

누설 자속 탐상법은 피검사재의 주행 방향으로 자계를 발생시키고, 피검사재의 내부 및 표면 결함에서 발생하는 누설 자속을 검출하여 결함을 탐상하는 방법으로, 누설 자속을 검출하는 센서로서 자기 다이오드, 자기 저항 소자, 홀 소자(Hall device) 등의 반도체 자기 센서가 있고, 코일 방식의 센서로서 평면 코일, 페라이트에 도선을 감은 유도 코일 센서 등이 있다.

이 중 자기 다이오드는 검출 감도가 높고, 형상도 작은 이점이 있지만, 온도 특성이 불량하고, 또한 기본 노이즈가 크며, 기계적 강도가 약하다는 문제점이 있다.

한편, 코일 방식의 센서는 구조가 간단하고 온도 특성도 양호하지만, 감도가 낮다는 문제점을 갖는다.

이에 대하여, 반도체 자기 센서에서 종래의 감도가 낮았던 홀 소자도 감도나 온도 특성이 개선되어, 누설 자속 탐상법용의 누설 자기 검출 센서로서 널리 사용되고 있다.

식료품 캔 등의 재료가 되는 합석판은 투피스 캔(DI 캔)을 제조하는 과정에서 강도의 가공을 받기 때문에, 재료의 내부에 개재하는 비금속 개재물(이하 간단히 개재물이라 칭함) 등도 가공 균열의 원인이 된다. 검출에 요구되는 크기는 타원 계산으로  $0.5 \times 10^{-3} \text{mm}^3$ 의 체적으로, 길이  $1.0 \text{mm} \times$  폭  $0.1 \text{mm} \times$  두께  $0.01 \text{mm}$  정도이며, 폭 방향 전체 폭의 온라인 탐상에서 반도체 자기 센서의 필요 수량은 1000개 정도로 되고, 신호 처리 회로도 1000 채널 만큼이라는 막대한 수량을 필요로 한다는 문제점을 갖고 있다.

또한, 본 발명에 유사한 것으로서, 일본 실용신안등록 공개 제 1995-38956 호에는 자기 감지면에 코일을 작성한 코일 센서의 자기 감지면의 반대측에 직접 강자성체를 배치하여, 누설 자속을 상기 강자성체에 끌어당겨, 그 대부분을 코일 센서의 자기 감지면을 집중적으로 횡단하도록 함으로써, 센서의 감도를 향상시키는 것이 기재되어 있지만, 센서의 검출 범위를 확대하는 것에 대해서는 개시되어 있지 않았다.

또한, 일본 특허 공개 제 1992-296648 호에도, 자기 센서 근처에 강자성체의 지그를 배치하는 것이 기재되어 있지만, 이 지그는 자기 센서의 포화를 회피하기 위해, 그 주변 공간에 존재하는 고밀도의 자속을 바이패스하여, 자기 센서 주위의 자속을 저하시키기 위한 실드이며, 다소 감도 향상은 예상되지만, 검출 범위를 확대하는 것은 목표로 하고 있지 않다.

#### 발명의 요약

본 발명은 상기 종래의 문제점을 해소하기 위해 성립된 것이기 때문에, 누설 자기 검출 센서 1개당의 검출 범위를 확대하여, 센서의 수 및 신호 처리 회로의 수를 감소시키는 것을 과제로 한다.

본 발명은 검사 대상 스트립의 주행 방향으로 자계를 발생시키고, 내부 및 표면 결함에서 발생하는 누설 자속을, 검사 대상 스트립의 폭 방향으로 다수 병설된 자성 감지 소자 그룹을 구비한 탐상 헤드에 의해 온라인으로 검출하여 결함 신호를 제공하는 자기 탐상 장치의 누설 자기 검출 센서에 있어서, 상기 자성 감지 소자 그룹의 자기 감지면의 반대측에 상기 자기 감지면보다 큰 연질 자성체를 배치함으로써 상기 과제를 해결한 것이다.

또한, 상기 자성 감지 소자 그룹을 구성하는 자성 감지 소자를 상기 연질 자성체와 이격시켜 배치하고, 또한 상기 자성 감지 소자의 자기 감지면과는 반대측 면으로 밀착하여 별도의 연질 자성체를 배치한 것이다.

또한, 상기 자성 감지 소자의 자기 감지면에 밀착하고, 또한 다른 연질 자성체를 배치한 것이다.

또한, 상기 자성 감지 소자를 홀 소자로 한 것이다.

또한, 본 발명은 검사 대상 스트립의 내부 및 표면 결함에서 발생하는 누설 자속을 검출하기 위해 검사 대상 스트립의 폭 방향으로 다수 병설된 자성 감지 소자 그룹을 구비하고, 상기 자성 감지 소자 그룹의 자기 감지면의 반대측에 상기 자기 감지면보다 큰 연질 자성체가 배치된 누설 자기 검출 센서를 사용하는 스트립의 온라인 탐상 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 누설 자기 검출 센서(예컨대, 반도체 자기 센서)는, 도 1에 도시하는 바와 같이, 공간 중의 투과율과 비교하여 매우 큰 자성 투과율을 갖고, 반도체 자기 센서(12)의 자성 감지 소자(예컨대 홀 소자)의 자기 감지면(12A)보다도 큰 연질 자성체(14)를 상기 자기 감지면(12A)의 반대측, 즉 자성 감지 소자가 검사 대상 스트립에 대향하는 면의 반대측에 상기 자기 감지면(12A)과 소정의 간격을 두어, 즉 자성 감지 소자와 이격시켜 설치한다. 그러면, 강철 스트립 등의 스트립(10)의 개재물(10A)에 의해 발생하는 누설 자속(F)은 연질 자성체(14)에 끌여당겨져, 센서 1개당의 검출 폭이 확대되는 동시에, 자속(F)이 상기 자기 감지면(12A)과 스트립(10) 쌍방에 대하여 수직인 방향으로 자기 감지면(12A)을 집중적으로 횡단하게 되기 때문에, 고감도의 검출이 가능하게 된다.

또한, 도 1에서의 반도체 자기 센서(12)로서 도 2에 도시한 바와 같이 페라이트 등의 연질 자성체(12B)의 표면에 홀 소자 등의 자성 감지 소자(12C)를 배치하고, 즉 자성 감지 소자(12C)의 자기 감지면과는 반대측 면에 밀착하여 연질 자성체(12B)를 배치하고, 검사 대상인 스트립(10)측에서 보아 자성 감지 소자(12C)를 검사 대상인 스트립(10)에 대향하는 측의 표면에 갖는 반도체 자기 센서(12), 상기 연질 자성체(14)의 순서로 배치함으로써, 도 3에 도시한 바와 같이 누설 자속(F)을 자기 감지면(12A)에 보다 수직 방향으로 집중하여 횡단시킬 수 있게 되기 때문에, 센서 1개당의 검출 폭을 더 확대하여 취할 수 있게 되는 동시에, 고감도의 검출을 달성할 수 있기 때문에 더욱 바람직하다. 도 2에 있어서, 참조부호(16)는 센서 설치용 지지판이다.

이와 같이 더욱 고감도로 할 수 있는 것은, 반도체 자기 센서(12)로서, 도 2에 도시한 바와 같이 페라이트 등의 연질 자성체(12B)의 표면에 홀 소자 등의 자성 감지 소자(12C)를 배치한 것을 이용한 경우, 상기 연질 자성체(14)에 의해 끌여당겨진 누설 자속(F)이, 또한 반도체 자기 센서(12)에 사용하고 있는 연질 자성체(12B)에 의해 자기 감지면(12A)에 보다 많이 끌여당겨지고, 자기 감지면(12A)에 대하여 보다 수직한 방향으로 집중하여 자기 감지면(12A)을 횡단시킬 수 있도록 되기 때문이다.

여기서 반도체 센서로서, 도 4에 도시한 바와 같이 페라이트 등의 연질 자성체(12B)의 표면에 홀 소자 등의 자성 감지 소자(12C)를 배치하는 동시에, 홀 소자 등의 자성 감지 소자의 자기 감지면(12A)에 밀착하여 페라이트 등의 연질 자성체(12D)를 배치하고, 페라이트 등의 연질 자성체(12B, 12D)로 홀 소자 등의 자성 감지 소자(12C)를 끼워넣을 수도 있다. 이로써, 자기 감지면을 보호하는 동시에, 누설 자속(F)을 자기 감지면(12A)에 대하여 수직 방향으로 횡단시켜 감도를 더 개선할 수 있다.

상기 자성 감지 소자(12C)로는 홀 소자를 사용하는 것이 바람직하다. 홀 소자는 노이즈가 적기 때문에, 본원과 같은 작은 개재물을 대상으로 해도 검출하기 쉽고, 또한 작은 홀 소자 자체는 매우 얇게 할 수 있기 때문에, 본원과 같은 구성의 누설 자기 검출 센서를, 특히 스트립을 향하는 방향으로 콤팩트화할 수 있고, 다른 자성 감지 소자에 비해 자기 감지면을 스트립에 근접시켜 측정하기 쉬워 검출 정밀도를 양호하게 할 수 있다.

이들에 대하여, 종래와 같이 센서 단일 개체인 때의 누설 자속 분포는 도 5에 도시하는 바와 같이 되고, 누설 자속(F)은 작은 각도로 센서(12)의 자기 감지면(12A)을 통과한다. 따라서, 자기 감지면(12A)에 대한 수직 자속 성분이 적고, 센서 1개당의 검출 폭도 협소해져 있다.

## 발명의 상세한 설명

이하 도면을 참조하여, 본 발명의 실시 형태를 상세하게 설명한다.

도 6은 본 실시 형태의 전체 배치를 나타내는 개략 구성도, 도 7은 본 실시 형태의 전체 배치를 나타내는 평면도, 도 8은 본 발명에 따른 누설 자기 검출 센서를 구성하는 반도체 자기 센서(여기서는 홀 소자)와 연질 자성체의 형상을 도시하는 단면도이다.

도 6에 있어서, 본 발명에 따른 반도체 자기 센서(12), 연질 자성체(14) 및 스트립(10)을 자화하기 위한 자화 코일(22)이 감긴 자화 요크(24)는 일체화된 자기 센서 헤드(20)로 되어 있고, 스트립(10)을 화살표 방향으로 반송하는 비자성 롤(11)의 근방에 배치된다.

상기 자화 코일(22)에 직류 전류를 흘리면, 자화 요크(24)에 의해 스트립(10)이 자화되고, 상기 스트립(10)에 개재물이나 표면 결함이 있으면 누설 자속이 발생한다. 이 누설 자속은 반도체 자기 센서(12)의 위치에서 그 자기 감지면(12A)보다 큰 연질 자성체(14)에 끌여당겨지, 반도체 자기 센서(12)의 자기 감지면(12A)을 집중적으로 횡단함으로써, 1개당의 센서의 검출 폭이 확대되어 검출된다.

도 7은 상기 반도체 자기 센서(12)와, 그 자기 감지면(12A)의 반대측에 설치한 연질 자성체(14)의 형상을 나타내는 개략도이다. 본 발명에 따른 누설 자기 검출 센서는 상기 반도체 자기 센서(12)와, 그 설치용 지지판(16)에 매설되고, 자기 감지면(12A)보다 큰 폭(W)을 갖는 연질 자성체(14)로 구성되어 있다.

본 실시 형태에서는 일체형 구조의 자기 센서 때문에, 검사용 스트립의 정지시에도 요크(24)의 극간에 수평 자계가 발생하고 부유 자계로 되어, 자성체에 악영향을 주기 때문에, 강한 자화 특성과 자속 밀도를 갖는 연질 자성체를 사용하고 있다.

상기 연질 자성체(14)의 바람직한 형상 및 설치 위치는 피측정물의 결함의 크기에 따라 다르지만, 예컨대 폭(W)을 1mm 내지 10mm, 두께(T)를 0.05mm 내지 3mm 정도, 반도체 자기 센서(12)의 자기 감지면(12A)의 반대 측면에서의 설치 위치(D)는 0.1mm 내지 3mm, 폭 방향의 길이는 도 7에 나타난 바와 같이 사용하는 센서의 폭 방향의 양 단면까지로 할 수 있다.

또한, 연질 자성체(14)는 전술한 바와 같이 자기 감지면(12A)보다 크게 할 필요가 있고, 바람직하게는 자기 감지면의 장축 방향, 단축 방향 모두 5배 내지 30배의 길이를 갖는 것이 바람직하다. 또한, 연질 자성체(14)는 자기 감지면(12A)의 연질 자성체(14)로의 투영도에 있어서, 폭 중앙에 배치하는 것이 바람직하다.

본 실시 형태에 있어서는, 연질 자성체(14)를 센서 설치용 지지판(16)에 매립하고 있기 때문에, 구성이 간략하다. 또한, 연질 자성체의 배설 위치는 이에 한정되지 않는다. 또한, 연질 자성체(14)로는 특별히 한정되지 않지만, 페라이트 등 외에 저렴한, 예컨대 냉간 압연 강판(어닐링제) 등을 사용할 수도 있다.

또한, 본 실시 형태에 있어서는, 반도체 자기 센서(12) 및 연질 자성체(14)가 자화 코일(22) 및 자화 요크(24)와 함께 자기 센서 헤드(20)에 일체화되어 있기 때문에, 전체 구성이 간략하다. 또한, 자화 코일(22) 및 자화 요크(24)와 반도체 자기 센서(12) 및 연질 자성체(14)를 분리하는 것도 가능하다.

본 발명의 효과를 확인하기 위해 실행한 실험 결과에 대하여 설명한다. 상기한 실시 형태의 일체형 자기 센서 헤드(20)를 반복해서 동일한 장소를 검출할 수 있는 실험용 회전 롤에 설치하여, 본 발명의 효과를 확인했다.

여기서, 자성 감지 소자로는 홀 소자를 사용하고, 홀 소자를 페라이트 표면에 배치한 반도체 자기 센서를 사용했다. 또한, 연질 자성체(14)로는 자성 감지 소자의 자기 감지면보다도 크고, 장축 방향, 단축 방향 모두 자기 감지면의 10배 길이를 갖는 냉간 압연 강판을 사용했다.

피측정물은 연속 주조 재료로 두께 0.23mm의 합석판, 개재물로서 길이 1.0mm, 폭 0.1mm, 두께 약 0.01mm인 것을 사용했다. 롤의 회전 속도를 200mpm으로 하고, 자기 센서와 피측정물 사이의 리프트오프(liftoff)는 1.0mm로 했다. 도 9의 횡축 좌측으로부터 자기 센서 헤드(20)를 0.2mm 피치로 우측으로 이동시켜서, 반복적으로 동일 위치를 통과하는 개재물을 본 발명에 의한 연질 자성체(14)가 있는 경우(실선 A)와 종래의 없는 경우(파선 B)에 대하여 측정한 결과, 도 9와 같이 최대 출력의 1/2(절반값)이 연질 자성체(14)의 유무로 변경되고, 연질 자성체(14)가 있는 경우(7. 8)쪽이 없는 경우(6. 5)에 비해 20% 정도 확대되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 센서 및 신호 처리 회로의 수를 약 20% 삭감할 수 있다.

또한, 상기 연질 자성체(14)의 유무에 따라, 자화 전류, 즉 자화 코일에 흐르게 하는 전류값의 변화에 의한 센서 출력의 변동에 대해서도 조사했다.

일반적으로 홀 소자 등의 자성 감지 소자에 있어서는, 자화 전류의 증가에 비례하여 센서 출력은 커져, 어느 정도 이상의 자화 전류값으로 되면, 센서 출력이 포화하는 경향이 있다.

상기 실시예와 같이, 페라이트 표면에 홀 소자를 배치한 반도체 센서를 사용한 경우, 홀 소자 단일체를 사용한 경우에 비해, 비교적 낮은 자화 전류에 있어서 센서 출력이 포화하게 되고, 또한 자화 전류를 더욱 크게 함으로써, 오히려 센서 출력이 작아지는 경향이 확인되었다.

한편, 이와 같은 반도체 센서를 사용하여 상기 연질 자성체(14)가 있는 경우는, 상기 연질 자성체(14)가 없는 경우에 비교하여 큰 자화 전류까지 센서 출력이 포화하지 않고, 또한 포화시의 센서 출력도 커진다는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 큰 자화 전류까지 센서 출력이 포화하지 않는 것은 측측시에 큰 자화 전류를 흐르게 하는 것을 가능하게 하는 것이고, 즉 판 두께가 두꺼운 검사 대상까지 측정할 수 있다는 것을 확인했다.

또한, 센서 출력 자체도 커져 있고, 측정 정밀도를 향상시킬 수 있다는 것도 확인했다.

또한, 센서 출력 포화시의 자화 전류값 근방에 있어서, 상기 자화 전류값 근방의 자화 전류값 변화에 대한 센서 출력의 변화는 연질 자성체(14)가 있는 경우는 없는 경우에 비해 작고, 안정된 측정이 가능한 것도 확인했다.

또한, 상기 설명에 있어서는, 본 발명이 얇은 강판의 온라인 탐상에 적용되고 있었지만, 본 발명의 적용 대상은 이에 한정되지 않는다. 또한, 누설 자기 검출 센서의 종류도 홀 소자를 사용한 반도체 자기 센서가 바람직하지만, 이것에 한정되지 않는다.

### 산업상 이용 가능성

본 발명에 의하면 누설 자기 검출 센서의 1개당의 검출 폭을 확대할 수 있기 때문에, 센서 및 신호 처리 회로의 수를 삭감할 수 있다. 또한, 센서의 감도가 높아지기 때문에 리프트오프를 예컨대 1mm까지 확대 설정하여 미소한 개재물의 검출이 가능해진다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 원리를 설명하기 위한 단면도,

도 2는 본 발명의 개량 예에 있어서의 반도체 자기 센서 부분의 구성을 도시하는 단면도,

도 3은 상기 개량 예의 원리를 설명하기 위한 단면도,

도 4는 본 발명의 다른 개량 예에 있어서의 반도체 자기 센서 부분의 구성을 도시하는 단면도,

도 5는 종래의 원리를 설명하기 위한 단면도,

도 6은 본 발명의 실시 형태의 전체 배치를 도시하는 단면도,

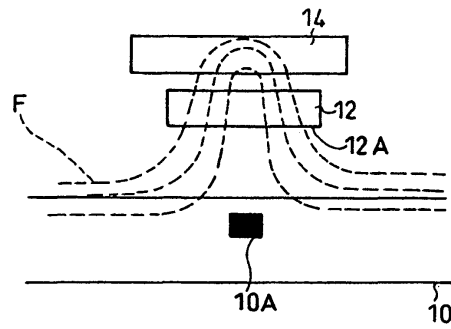
도 7은 본 발명의 실시 형태의 전체 배치를 도시하는 평면도,

도 8은 본 발명의 실시 형태의 전체 배치를 도시하는 반도체 자기 센서 부분의 구성을 도시하는 단면도,

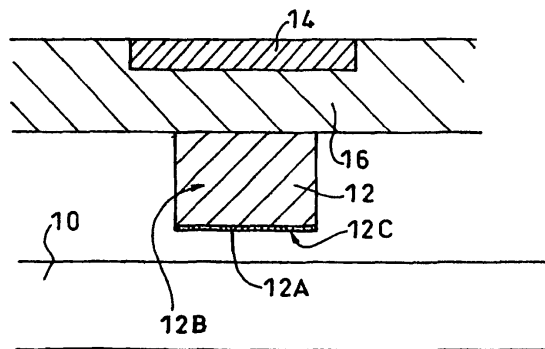
도 9는 본 발명의 효과를 확인하기 위해 실행한 테스트 결과가 예를 도시하는 그래프.

# 도면

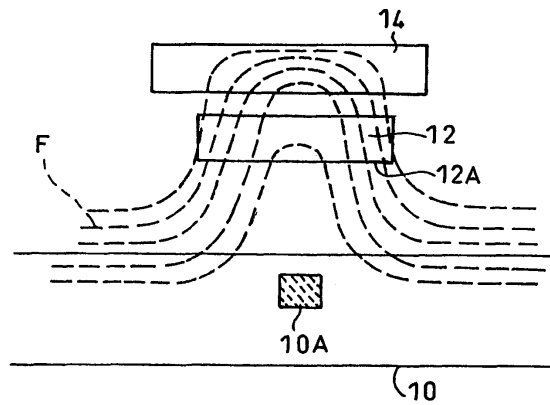
도면1



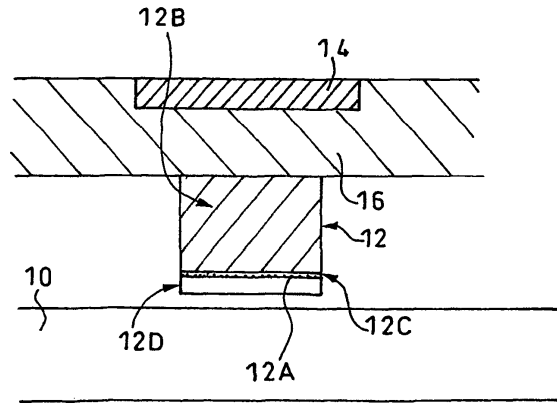
도면2



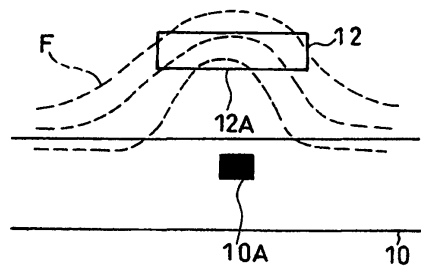
도면3



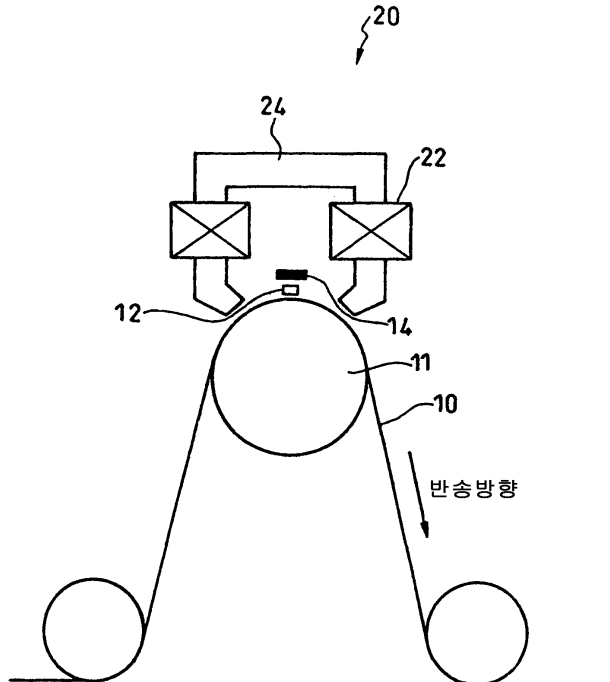
도면4



도면5



도면6





도면9

