

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁷ A61B 5/00	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2000-0017646 2000년03월25일
(21) 출원번호	10-1999-0036354	
(22) 출원일자	1999년08월30일	
(30) 우선권 주장	9/143,960 1998년08월31일 미국(US)	
(71) 출원인	제너럴 일렉트릭 캄파니 제이 엘. 차스킨, 버나드 스나이더, 아더엠. 킹	
(72) 발명자	미합중국 뉴욕, 쉐넥테디, 원 리버 로우드 바버윌리엄다니엘	
(74) 대리인	미국뉴욕주 12019볼스톤레이크블루스프루스레인36 김창세	

심사청구 : 없음

(54) 개방형 자기 공명 활상 시스템 및 자속 콘딧

요약

본 발명은 개방형 자기 공명(magnetic resonance: MR) 활상 시스템에 사용되는 자극 표면(pole face)에 관한 것으로서, 자극 표면은 적층판(laminate sheet)을 갖는 다수의 블록으로 구성된다. 블록의 적층판들이 인가된 시변(time-changing) 자계의 자속에 평행하도록 블록의 적층판들이 정렬된다. 어떠한 지배적인(predominant) 자계 정렬도 없도록 각각의 적층판은 비정질 재료로 구성된다. 이 구성은 자극 표면에 유도된 와전류(eddy current)를 감소시키며, 잔류 자화를 감소 시킴으로써 획득한 활상 내의 인공산물(artifact)을 감소시킨다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명과 양립하는 "개방형" 자기 공명 활상 시스템의 일부분을 도시한 개략도,
- 도 2는 종래 자극 표면에 유도된 와전류를 도시한 사시도,
- 도 3은 잔류 자화를 나타내는 다양한 재료의 히스테리시스를 도해적으로 도시한 도면,
- 도 4는 적층 블록 상의 자속 방향의 영향을 도시한 도면,
- 도 5는 본 발명에 따른 블록 주변의 자속을 도시한 도면,
- 도 6은 본 발명에 따라 구성된 자극 표면의 일 실시예의 평면도를 나타낸 정면도,
- 도 7은 본 발명에 따라 구성된 자극 표면의 일 실시예의 정단면도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 11, 13 : 인접 자극편 12, 14 : 자속 차폐판
- 15, 17 : 자극 표면 19, 21 : 그라디언트 코일
- 22, 24 : 여기 코일 41 : 블록
- 61, 63 : 블록 간격 71, 73 : 층 간격

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자기 공명(magnetic resonance: MR) 활상에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는, 활상에 사용되는 개방형 자석의 자극 표면(pole face)에 관한 것이다.

전형적으로 자기 공명 활상에 있어서, 환자는 "폐쇄형" 원통 자석 안으로 들어가게 된다. 이 구

성은 활상하는 동안 의사(Physician)와 환자 간의 상호 접근이 공정을 수행하는 동안 불가능하다.

활상동안 환자에게로의 접근이 용이하도록 "개방형" 자석이 채용되었다. 하지만, 특히 시변(time-changing) 자계 그라디언트가 인가될 때 이들은 활상 볼륨(imaging volume)에 있어서 강하고, 균일하며 균질한 자기장을 생성하는데 문제가 있다.

강자성 재료가 사용되는 경우, 자계를 발생하는 개방형 자석의 표면은 자극 표면으로 지칭된다. 자극 표면은 그 자체에 부착된 자기 소스로부터 자속을 수신한다. 자기 소스는 저자기 저항 (고투자율) 강자성 자속 닫힘(closure)과 연결되거나 연결되지 않을 수 있으며, "C" 형 자로를 완성한다.

문제는 급속 시변 자계가 자극 표면에 인가될 때 야기된다. 자극 표면이 전기적으로 도전성인 재료로 구성되었기 때문에, 와전류(eddy current)가 생성되고, 이는 또한, 인가된 자계에 반대되는 자계를 생성한다. 시변 자계 인가는 자극 표면 재료 내에 인가된 자계가 제거된 후에도 남아 있게 되는 2 차 잔류 자계를 또한 생성시킨다. 이는 재료의 히스테리시스에 의하여 설명된다.

와전류와 잔류 자화 모두가 자계를 왜곡(distort)시키며, 따라서 왜곡된 자계에 의하여 생성된 활상이 왜곡된다.

1994년 2월 1일 사쿠라이(Sakurai) 등에게 허여된 미국 특허 제 5,283,455 호는 와전류의 경로를 최소화시킴으로써 개방형 MR 활상 디바이스 내의 와전류를 감소시키는 디바이스를 설명한다. 이 디바이스는 블록들로 구성된 자극 표면을 채용한다. 와전류는 전체 자극 표면 주위에 흐르지 않고, 각 블록 내에서 개별적으로는 흐른다.

또한, 사쿠라이는 각 블록을 유도된 시변 자계와 평행하게 정렬된 적층판으로 구성한다. 이는 적층판과 수평한 방향으로 자속의 투자율이 보다 커지도록 한다.

사쿠라이의 구성은 와전류와 잔류 자화를 감소시키지만, 이러한 효과를 더욱 감소시켜 보다 활상을 향상시킬 수 있다.

현재, 활상 내에 생성된 인공산물을 감소시키기 위하여 개방형 MR 활상 장비 내의 유도된 와전류와 잔류 자화를 더욱 감소시킬 필요가 있다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

개방형 MR 활상 시스템은 와전류와 잔류 자화의 감소로 인하여 감소된 인공산물을 나타낸다. 개방형 MR 활상 시스템은 각각이 활상 볼륨의 경계를 규정하는 자극 표면을 갖는 강자성 자극편들로 이루어진다. 이들 표면은 실질적으로 서로 평행하다. 급속하게 시간에 따라 변화하는 자계가 그라디언트 코일에 의하여 인가되어 인가된 정자계(static magnetic field)를 변경시키기 때문에, 자극편의 도전성 재료 내에 유도된 와전류가 존재하게 된다. 또한 사용된 재료가 잔류 자화를 나타내기 때문에, 자속은 인가된 그라디언트 자계를 정확하게 따르지 않는다. 이러한 문제를 극복하기 위하여, 자극편은 적층판들로 이루어진 다수의 블록들로 구성된다. 이들 판 각각은 비도전성 기판과 함께 결합되어 분리된다. 이들 판은 자극 표면과 실질적으로 평행하게 정렬됨으로써 자극 표면에 평행하게 흐르는 대부분의 자속이 도전성 재료 안의 와전류에 가장 적게 저해받게 된다. 적층판과 평행되게 인가되는 자계 그라디언트의 부분은 적층판의 각각의 두께를 도는 와전류를 발생시킬 것이다. 와전류의 경로 축소로 인하여, 이들 손실에 대한 시상수(time constant)는 크게 감소되며, 이에 따라 와전류는 적층판을 사용하지 않은 자극편보다 급속하게 손실된다.

적층판의 수직 방향으로 인가되는 자계 그라디언트의 부분은 적층판 각각의 주변을 도는 와전류를 발생시킬 것이다. 와전류와 손실 시상수는 블록의 표면의 치수에 의하여 결정되며, 블록이 작아 질수록 연속된 판으로 이루어진 자극편보다 훨씬 급속하게 와전류가 손실된다.

이들 블록의 주어진 방향으로의 실제 크기와 간격(seperation)은 또한 이 방향으로 자극편을 통하는 자속의 정도에 영향을 준다. 인접 블록 사이의 간격이 커질수록 총과 수평한 자속은 적어진다.

또한, 다수의 층을 갖는 블록이 채용될 수 있다. 층 간의 간격은 또한 자극편을 통하는 자속에 중요한 영향을 준다. 층 간의 간격이 커질수록 이들 층에 수직한 자속은 적어진다.

블록을 인접층과 부분적으로 중첩함에 따라, 총과 수직한 자속과 수평한 자속의 상대적인 양을 조절할 수 있다. 이는 자기 소스와 자계 그라디언트 사이의 성능을 최적화하는 방법이다.

거의 또는 전체적으로 결정 구조를 갖지 않는 비정질 구조를 사용하게 되는 데, 이는 많은 재료가 잔류 자화의 변화를 방지하는 다결정 구조를 갖기 때문이다. 자극편의 블록의 각각의 적층판으로 알려진 다른 비정질 강자성 재료와 함께 (예를 들면 Fe₈₀B₂₀인) Fe-B, Fe-B-Si, Fe-B-Si-C, Fe-Ni-B와 같은 재료가 사용될 수 있다.

일반적으로는 적층판 영역 아래에 자극편과 같은 강자성 지원 구조가 있다. 이 영역은 또한 적층의 보자계(corecive field)보다 큰 보자계를 일반적으로 갖는다. 시간에 따라 변하는 그라디언트가 적층(자극편)을 침투할 정도로 강하면, 이 자극편의 잔류 자화 상태가 변화될 수 있다. 이 잔류 자화는 바이어스 자계를 일으키며 그 결과 활상 왜곡에 추가적인 기여를 하게 된다. 이 기판 재료의 자기 특성의 제어는 또한 활상 품질을 확보하는 데 또한 중요하다.

본 발명의 목적은 개방형 활상 시스템에서 생성되는 활상 내의 인공산물을 감소시키는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 종래의 시스템보다 높은 품질의 활상을 발생시키는 MR 활상 시스템을 제공

하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 감소된 와전류를 갖는 개방형 MR 활상 시스템에 사용되는 자극 표면을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 감소된 잔류 자화를 갖는 개방형 MR 활상 시스템에 사용되는 자극 표면을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

새로운 것으로 여겨지는 본 발명의 특징을 첨부한 청구 범위에서 상세하게 개시한다. 하지만, 첨부한 도면과 함께 이하 상세한 설명을 참조하여 본 발명의 또 다른 목적 및 장점과 함께 본 발명 그 자체, 작동 방법 및 구성으로써의 모두를 가장 잘 이해할 수 있을 것이다.

전술한 목적, 특징, 장점과 다른 목적, 특징, 장점이 도면을 참조하여 이하 상세하게 설명하는 본 발명의 바람직한 실시예로부터 보다 잘 이해할 수 있을 것이다.

도 1에 "개방형" 자석의 MR 활상 시스템(10)을 도시한다. MR 활상 시스템은 인접 자극편(11, 13) 안으로 자속을 제공하는 적어도 하나의 여기 코일(22)을 갖는 여자 수단(magnetic excitation means)(16, 18)을 포함한다. 이 자속은 자극 표면(15, 17) 안을 통과한다. 여자 수단(16, 18)은 자극 표면(15, 17)을 통하여 흐르는 자속 B_0 를 생성하는 자계를 생성한다.

한 세트(set)의 그라디언트 코일(19, 21)은 주정자계(static main field) B_0 와 결합되면 활상 볼륨(23)에 걸쳐서 자계 그라디언트를 생성하는 시변 자계 B 를 생성한다.

자기 플럭스 B_0 가 활상 볼륨(23)을 통과한 후 개방형 자석의 양 측면을 연결하는 자속 리턴 구조(25)를 통해 통과할 수 있다.

도 2는 표시한 방향으로 그 자체를 통해 흐르는 전류 I 를 갖는 그라디언트 코일(19)과 자극 표면(15)을 도시한다. 오른손 법칙에 따라서 전류 I 는 도면에 도시한 바와 같이 루프의 중심을 통과하는 자속 B 를 생성한다. 이에 따라, 이 자속은 점선으로 표시한 바와 같이 와전류 I' 를 유도한다. 와전류 I' 는 자속 B' 과 반대되는 다른 자계를 발생한다. 이는 자계 B 의 영향을 감소 시킴으로써, 활상 자계와 자계 그라디언트에 외란(disturbance)을 야기시킨다. 유한 전기 도전성을 갖는 구조에서, 와전류는 재분포되고 시간에 따라 붕괴한다. 따라서, 이는 균질한 자계 그라디언트에 의존하는 활상 내에 인공산물을 야기시킨다. 표면적이 커질수록 최소 치수 면적의 제곱에 따라 붕괴 시간이 더 길어지게 된다.

도 3에서, 다양한 재료의 히스테리시스 효과에 대한 설명을 도시한다. 재료에 자계 H 가 작용하면, 자계는 약간의 자화도 M 을 야기시킨다. 영구 자석과 같은 재료에 자계 H 가 인가되면, 경로(31)에 따라 순방향으로 자화도 M 이 나타난다. 자계 H 가 반대 방향으로 인가되면, 자화도 M 은 경로(33)를 따른다. 재료가 M 축을 지날 때 재료의 자화도 M 을 "잔류 자화"로 지칭한다. 이 재료의 잔류 자화는 점(35)로 표시한다.

케적(37, 39)에 의하여 다른 자기 재료를 도시한다. 경로(37, 39)는 보다 낮은 잔류 자화(41)를 나타낸다.

비교하여 설명하면, 경로(31, 33)는 경로(37, 39)에 비하여 "경(hard)" 자성 재료의 윤곽을 그린다.

잔류 자화는 자기 재료 내의 보자 효과(coercive effects)의 결과이다. 이들 보자 효과는 자계를 급속하게 변화시키거나 또한 극성을 변화시키는 경우 매우 중요하게 된다. 이들은 자계 성분이 제거되는 경우 자기 완화를 평형 상태까지 또한 제어한다.

강자성 재료의 임의의 영역에서 국부 자화는 그 자체의 최대값 또는 "포화" 값이다. 자화가 모두 평행한 이러한 국부 영역을 "자구(domain)"로 지칭한다. 자화 방향이 서로 상이한 자구 사이를 분리하는 얇은 영역을 "자벽(domain wall)"으로 지칭한다. 인가된 자계에 의한 평균 자화는 이들 자벽의 운동으로 인한다. 이들 자벽의 운동은 재료 내의 결정, 함유물, 작은 결정립의 경계와 같은 결함에 의하여 방해 받는다. 이들 자벽을 이동시키는 데 필요한 자계는 일반적으로 H_c 로 나타내는 등가 "보자" 자계에 의하여 특징지어진다. 자계가 변화되면 자벽 장애(impediment)는 히스테리시스를 유도하는 데, 자계 변화 후 평균 자화가 남는 "잔류 자화" 상태는 초기 자화와 자계의 시간 기록(time history)에 의존하게 된다.

이 잔류 자화에 의하여 생성되는 외부 자계는 MR 활상 시스템 내의 활상 자계를 그 자체의 원하는 값으로부터 섭동시킴으로써 인공산물의 활상을 가져온다.

또한, 이들 자벽의 운동은 자벽의 운동에 따라 국부 자화 내의 변화에 의해 발생된 국부 와전류에 의하여 감소된다. 이는 자계가 턴 온되는 경우 자화 변화를 지연시키고 구동 자계가 제거되는 경우 자화의 완화를 유도한다. 활상 내의 인공산물을 최소화시키기 위해서는 이들 효과 모두가 보상되어야만 한다.

개방형 MR 활상에서의 주된 목적 중의 하나는 이러한 그라디언트가 정확하고 신속하게 인가되도록 잔류 자화를 감소시키는 것이다.

도 4는 각각이 비도전성 기판(49)으로 함께 결합 그리고 분리되는 적층판(47)의 스택으로 구성되는 적층 볼륨(41)을 도시한다. 이 비도전성 기판은 에폭시, 혹은 다른 일반적으로 사용되는 전기적 절연체일 수 있다. 볼륨(41)의 전체 질량에 대한 적층판(47)으로 구성된 볼륨의 비율을 "충진율(filling factor)"로 지칭한다. 충진율을 판(47) 재료와 기판(49) 재료 모두의 유전 상수

를 고려하여 조정함으로써 원하는 투자율을 갖는 블록을 디자인할 수 있다. 이는 재료와 충전율로 기술될 수 있다. 전형적으로, 기판(49)으로 에폭시를 사용하고 판(47)으로 철 붕소 실리콘(Fe-B-Si)을 사용하면, 약 84%의 충전율에서 좋은 결과를 얻는다.

자속 **B**가 블록(41)의 판(47)에 수직하게 인가된다. 이 기하 구조에서, 도면에 도시한 바와 같이 흐르는 와전류 I_e 가 유도된다. 유도된 전류 I_e 의 양은 이 기하 구조에 있어서 거의 최대이다.

하지만, 각 판(47)이 기판 재료(49)에 의하여 다른 판으로부터 전기적으로 격리되는 적층판(47)과 수평 방향으로 자속 **B**이 블록(41)에 인가되면, 자속 **B**의 주위를 운동하는 와전류 I_e 가 자속 **B**의 주위를 돌기에는 경로가 매우 짧다. 와전류를 통하는 경로가 매우 짧기 때문에, 와전류 손실 시간 t 가 보다 짧아지게 된다. 이는 자속 **B**의 방향으로 인가되는 경우보다 와전류 I_e 가 보다 급속하게 소멸한다.

블록(41)의 판(47) 각각이 매우 적거나 결정립 구조가 없는 재료로 구성된 경우, 크고 랜덤한 결정으로 이루어진 경우에서보다 적은 조대 자기 정렬 효과(gross magnetic alignment effects)를 갖게 된다. 작고 랜덤한 결정 방향을 비정질로 지칭한다.

그 자체의 성질로 인하여 비정질 재료는 와전류 효과와 잔류 자화 효과 모두를 감소시킨다.

채용된 재료는 반드시 비정질 재료이어야 하며 우수한 성능을 나타내는 몇몇은 철 붕소 실리콘(Fe-B-Si), 철 붕소 인(Fe-B-P), 철 인 탄소(Fe-P-C)이다. 이들은 매우 작거나 결정립 구조가 없으며 매우 낮은 보자 효과를 갖기 때문에 비정질로 간주될 수 있다. 비정질 재료가 또한 사용되는 데에는 이들도 매우 얇은 적층판을 용이하게 구성할 수 있기 때문이다.

비정질 재료는 또한 다른 바람직한 특성을 갖는다. 전기적 저항이 일반적으로 매우 연관된 결정 합금(closely related crystalline alloy)보다 높아서, 와전류가 더욱 감소된다.

비정질 금속화 상태를 얻기 위한 붕소 또는 인의 사용이 주조 공정(cast process) 동안 표면을 산화시킴으로써 박막 절연성 유리 코팅을 종종 발생시킨다. 이 산화는 적층판 사이의 부가적인 절연물로 작용한다.

자극 표면의 블록(41)은 이들이 적층판(47)과 수평한 방향의 자속에는 이방성 응답을 갖고 적층판(47)의 각각과 수직한 방향에는 상이한 자속 응답성을 갖도록 디자인된다. 이들은 적층판(47)에 수평한 방향의 자속과 수직한 자속에 대하여 이방성 주파수 응답을 갖는다. 이는 전체 또는 조대 특성이 원하는 범위와 일치하도록 디자인된 재료로 표피 두께(skin thickness)를 갖는 적층판을 생성함으로써 수행된다.

예를 들면, 유효 유전 상수(dielectric)와 유효 자화율은 적층판(47)의 두께에 의존할 뿐만 아니라 적층판(47)의 재료와 적층판 사이의 기판 재료인 유전체에 의존한다. 이는 전체에 대한 적층판의 비율인 충전율(filling factor)과 비율의 나머지인 기판의 양으로 기술될 수 있다.

전형적으로, 적층판 두께는 "표피의 깊이(skin depth)"보다 적어야만 한다. 표피의 깊이는 MR 활상에 사용되는 시변 자기 그라디언트의 파형과 연관된 최대 원하는 동작 주파수에 의하여 결정된다. 표피의 깊이는 주파수의 제곱근에 비례한다. 예를 들면, 표피의 깊이는 0.005 인치일 수 있다.

최대 주파수는 인가된 원하는 자기장 그라디언트의 모양과 기울기(steeptness)와 관련된다. 자기 그라디언트 파형을 구성하는 푸리에(Furier) 주파수 성분 중 가장 높은 성분이 최대 주파수를 결정하고, 이에 따라 표피의 깊이가 결정된다. 파형은 코너가 매우 날카로우 필요 없는 경우 최대 동작 주파수는 보다 낮아질 수 있다. 주파수가 높아짐에 따라 적층판이 보다 얇아야만 한다.

전형적인 MRI 활상 주파수는 10 kHz 오더(order)일 수 있다. 기판으로 사용되는 전형적인 재료는 유전 상수가 3인 에폭시일 수 있다.

이어서, 대부분의 변하는 자속이 판의 각각과 수평되도록 블록(41)을 정렬한다.

개방형 자석의 자극 표면을 통과하는 자속을 최대화하는 데 있어서, 블록(41)의 재료와 구성이 중요할 뿐만 아니라, 블록의 크기와 간격도 또한 중요하다. 도 5는 서로 인접하고 사이에 간격(61, 63)을 갖는 두 개의 블록(41)을 도시한다. 블록이 작아지면 질수록, 와전류가 더욱 더 감소한다. 하지만, 블록이 보다 작아짐으로써 이들 사이의 보다 많은 갭(more gap)을 갖는 보다 많은 수의 블록이 요구된다. 공극(air gap)은 블록보다 큰 자기 저항을 갖기 때문에 자속에 대한 보다 큰 자기 저항과 보다 작은 자화율을 초래한다.

따라서, 적합한 두께와 재료의 기판에 의하여 분리되는 적합한 두께와 적합한 재료의 적층막을 갖는 블록을 선택함으로써, 유효 유전 상수와 투자율을 달성할 수 있다. 이들 블록을 서로로부터 적합한 양만큼 떨어뜨려 이격시킴으로써, 적층판(47)과 평행한 방향으로 자속의 최대값을 얻을 수 있다. 이는 판과 수직한 자속과 비교하여 판과 평행한 방향에서의 상대적인 자속을 효과적으로 증가시킴으로써, 와전류를 감소시킬 수 있다.

인접층 내의 블록을 부분적으로 중첩함으로써, 층에 대하여 수평한 자속과 수직한 자속의 상대적인 양을 조절한다. 이는 자기 소스와 자기 그라디언트 사이의 성능을 최적화하는 방법이다.

전형적인 활상은 활상 자석 실린더의 축과 일치하는 Z 축을 갖는 원통 좌표 내에서 수행된다. 따라서, X 및 Y 좌표는 단순히 왼쪽, 오른쪽, 위, 아래 방향이며, 활상 목적을 위해서는 모두 동일할 수도 있다. 이러한 조건시, 각 블록의 크기는 최대 원하는 동작 주파수의 1/4 파장보다 적은 길이, 폭(X, Y 치수)을 가져야 한다. 블록 사이의 유전 상수와 자기 저항이 고려되는 경우

전술한 것은 전체 적층판 영역에서도 해당된다.

선택된 재료는 와전류와 잔류 자화를 감소시킬 수 있는 특성이 또한 가져야 한다. 보다 낮은 자기 저항(further resistivity)을 갖고 보다 높은 투자율을 나타내는 재료를 선택하는 타협점을 찾아야 하는데 이는 이들이 서로 상반되기 때문이다.

도 6은 본 발명에 따른 자극 표면의 평면도를 도시한다. 블록(41)의 각각은 여기에 정사각형 블록으로 도시되지만, 이는 직사각형 또는 다른 모양이 될 수도 있다. 블록 간격(61, 63)은 모두의 방향으로, 즉 블록의 표면과 수직하거나 블록의 방향을 따른 방향, 적절한 자속을 생성시키는 데 있어서 중요하다.

도 7은 여기 코일(22, 24)과 블록(41)의 열과 인접하는 자극편(11, 13)을 갖는 여자 수단(16, 18)을 도시하는 정단면도를 도시한다. 그라디언트 코일(19, 21)은 자극 표면(15, 17)보다 활상 볼륨(23)에 가까운 위치에 있다.

자극 표면이 보이는 지점을 따라서 블록 간격(61, 63)을 여기에 도시한다. 블록(41)은 다수의 층(73)으로 배열될 수 있다. 블록(41)의 층(73) 사이의 간격은 또한 블록(41)의 적층판(47)과 수평한 적절한 자속을 생성하는 데 또한 중요하다.

또 다른 실시예에서, 자극 표면(15, 17)과 자극편(11, 13) 사이에 자극편(11, 13)보다 낮은 보자력(coercive force)을 갖는 자속 차폐판(12, 14)이 있을 수 있다. 이는 어닐링된 고체편(solid piece)의 실리콘 철(silicon iron)인 것이 바람직하다. 차폐판(12, 14)의 목적은 MR 그라디언트 코일로부터 그라디언트 자속(시변 자계)이 자극편(11, 13)에 진입하는 것을 최소화한다. 이는 자극편(11, 13) 내의 재료를 바이어싱(biasing)하여 자극편(11, 13)의 잔류 자화를 최소화하도록 한다. 펜실바니아(PA)에 있는 Allegheny Ludlum Corporation of Brackenridge에 의하여 제작된 바나듐 퍼멘더^{상표}(Vandium PermendurTM)은 일반적인 재료종의 하나이다. X 및 Y 방향으로 동일한 투자율을 갖는 것이 바람직하기 때문에 도 6에 도시한 바와 같이 이들 방향으로의 블록 크기와 간격은 전형적으로 동일하더라도, 이들이 몇몇 다른 적용 분야에서는 상이할 수도 있다.

본 발명의 주된 결과는 인접 블록(41) 사이의 상이한 간격(61, 63)과 블록(41)의 층 간격(71)을 갖으며, 상이한 충전율, 상이한 적층판(47), 기판(49) 재료를 사용하여 각 방향에서 원하는 투자율을 갖는 자극 표면을 제공하는 데 있다. 이러한, 이 자극 표면은 바람직하게 자속을 지향시킬 수 있다.

새로운 MR 활상 시스템의 본 발명인 몇몇 바람직한 실시예를 본 명세서에서 자세히 기술하였지만, 본 기술 분야의 당업자라면 많은 변경 및 변화를 실시할 수 있음이 명백하다. 따라서, 첨부한 특허 청구 범위가 본 발명의 진정한 사상에 해당하는 것으로 이러한 모든 변경 및 변화를 포함하는 것을 알 수 있을 것이다.

발명의 효과

자극 표면을 적층판을 갖는 다수의 블록으로 구성하여, 자극 표면에 유도된 와전류와 잔류 자화를 감소시킴으로써 획득한 활상 내의 인공산물을 감소시킨다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

각각이 서로 마주하여 활상 볼륨의 경계를 정하는 실질적으로 편평한 자극 표면(pole face)을 갖는 적어도 하나의 자극편(pole piece)과 적어도 두 개의 여기 코일 및 자극편을 갖는 여자(magnetic excitation) 수단을 포함하여 감소된 인공산물(artifact)을 나타내는 "개방형" 자기 공명(magnetic resonance: MR) 활상 시스템에 있어서,

각각의 판이 상기 자극편에 실질적으로 평행하게 정렬되고, 각각의 상기 판이 비정질 강자성 재료로 이루어지며, 기판으로서 분리 및 고정되는 적층판들로 이루어진 다수의 자기 블록을 포함하는

개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 비정질 재료가 철 붕소(Fe-B)이어서 잔류 자화를 감소시키는

개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 비정질 재료가 철 붕소 실리콘(Fe-B-Si)이어서 잔류 자화를 감소시키는

개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 비정질 재료가 철 인(Fe-P)이어서 잔류 자화를 감소시키는

개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 5

제 3 항에 있어서,
 상기 비정질 재료가 철 니켈 붕소(Fe-Ni-B)이어서 잔류 자화를 감소시키는
 개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 특정 방향으로 상기 블록은 특정 간격으로 인접 블록 사이의 간격을 갖도록 선택되어서 상기 특정
 방향으로 시변 자계의 투자율을 100-500 사이로 조정하는
 개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
 다수의 층의 블록이 있는
 개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 8

제 8 항에 있어서,
 상기 다수의 층의 블록이 상기 층을 통하는 방향으로 시변 자계의 투자율을 조정하는
 타협점(tradeoff)으로 특정 간격을 선택하여 이들 자계가 상기 자극편 재료를 바이어싱하는 상기
 자극편 안으로 통과하지 않도록 하는
 개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
 상기 블록이 "표피의 깊이(skin depth)"보다 적은 두께를 갖는 적층판으로 구성되는
 개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
 상기 블록이 약 80-95%의 충진율을 갖는
 개방형 자기 공명 활상 시스템.

청구항 11

자극편으로부터 자속을 수신하고 X, Y, Z 방향 각각으로 자속을 우선적으로 지향하기 위한 자속
 콘duit(conduit)에 있어서,
 다수의 층으로 이루어진 자극 표면을 포함하되, 각각의 층이 X 및 Y 방향으로 서로로부터 이격된
 적층판으로 이루어져 상기 각각의 방향으로 사전 규정된 투자율에 일치시키는
 자속 콘duit.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
 상기 블록이 기판에 의하여 분리되어 있으며, 상기 충진율, 적층판, 기판 재료가 선택되어 상기
 적층판의 방향과 상기 적층판에 수직인 방향 모두로 사전 규정된 투자율에 일치시키는
 자속 콘duit.

청구항 13

제 11 항에 있어서,
 상기 층 사이의 간격이 선택되어 상기 Z 방향으로 사전 규정된 투자율에 일치시키는
 자속 콘duit.

청구항 14

제 11 항에 있어서,
 상기 자극편과 상기 자극 표면 사이의 고체별 재료로 이루어져서 다른 소스로부터의 자속이 상기
 자극편에 들어가는 것을 감소시킴으로써 상기 자극편의 잔류 자화를 감소시키는 자속 차폐판을 더

포함하는
자속 콘티.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
상기 차폐판이 어닐링된 실리콘 철로 이루어진
자속 콘딧.

청구항 16

제 11 항에 있어서,
상기 블록이 인접층에서 부분적으로 중첩되어 상기 층에 수직하고 수평한 소스 자속의 상대적인
양을 제어하는
자속 콘딧.

청구항 17

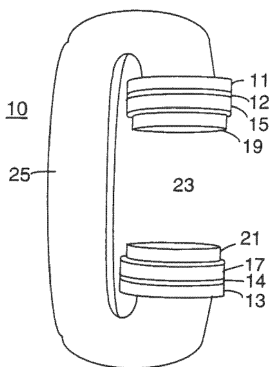
제 14 항에 있어서,
상기 블록이 인접층 내에서 부분적으로 중첩되어 상기 층에 수직하고 수평한 그라디언트 자속의
상대적인 양을 제어하는
자속 콘딧.

청구항 18

제 1 항에 있어서,
블록의 길이와 폭을 최소화 시켜서 와전류(eddy current)를 감소시키는
개방형 자기 공명 활상 시스템.

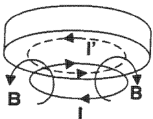
도면

도면1

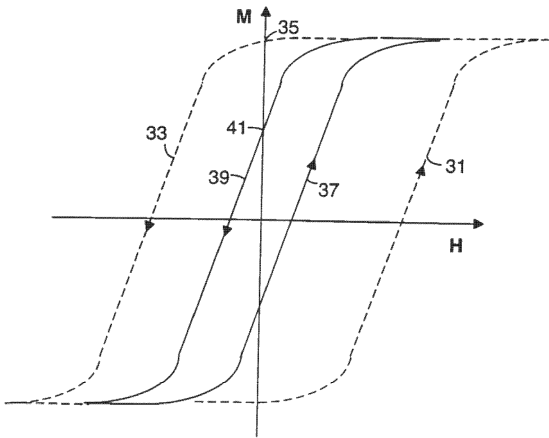


도면2

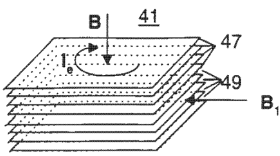
(종래기술)



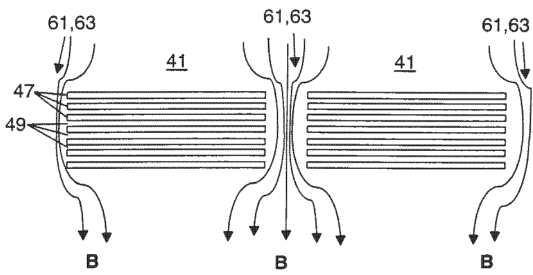
도면3



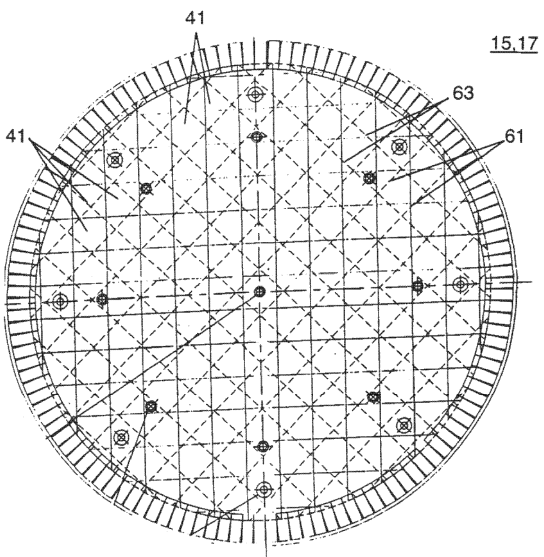
도면4



도면5



도면6



도면7

