



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월12일  
(11) 등록번호 10-1405863  
(24) 등록일자 2014년06월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**G11C 11/16** (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-7021976  
(22) 출원일자(국제) 2010년02월22일  
    심사청구일자 2011년11월17일  
(85) 번역문제출일자 2011년09월20일  
(65) 공개번호 10-2011-0139696  
(43) 공개일자 2011년12월29일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/024928  
(87) 국제공개번호 WO 2010/096768  
    국제공개일자 2010년08월26일  
(30) 우선권주장  
    12/390,006 2009년02월20일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌

JP18127672 A  
EP1553601 A2  
KR1020040110509 A  
WO2007111318 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 20 항

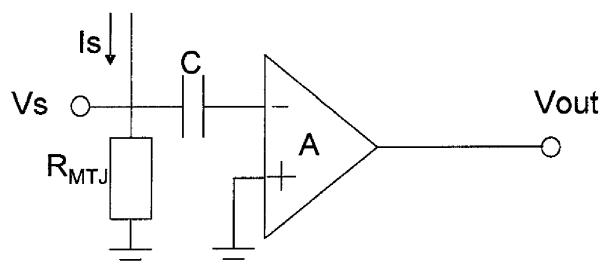
심사관 : 윤혜숙

(54) 발명의 명칭 **스핀-전달 토크 메모리 자가-참조 판독 방법**

**(57) 요 약**

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법이 개시된다. 예시적인 방법은 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전압을 인가하고 판독 전류를 형성하는 단계를 포함한다. 자기 터널 접합 데이터 셀은 제 1 저항 상태를 갖는다. 판독 전압은 상기 자기 터널 접합 데이터 셀 저항을 스위칭하기에 충분하다. 이 방법은 판독 전류를 검출하는 단계; 및 판독 전류가 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는지를 결정하는 단계를 포함한다. 판독 전류가 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저항 상태는 판독 전압이 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하였던 저항 상태이다.

**대 표 도** - 도4



(72) 발명자

왕, 시아오빈

미국 55317 미네소타 찬하센 블러프 리지 코트 180

가오, 챕

미국 55378 미네소타 세비지 폭스베리 로드 13515

디미트로브, 디미타르

미국 55435 미네소타 에디나 68 스트리트 웨스트

5709

추, 웬총

미국 55124 미네소타 애플 벨리 엘더베리 코트  
13073

루, 용

미국 55124 미네소타 에디나 트라리 드라이브 7115

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

자기 터널 접합 데이터 셀(magnetic tunnel junction data cell)을 자가-참조 판독(self-reference reading)하는 방법으로서,

판독 전류를 형성하도록 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전압을 인가하는 단계 – 상기 자기 터널 접합 데이터 셀은 상기 인가하는 단계 이전에 제 1 저항 상태를 갖고, 상기 판독 전압은 상기 자기 터널 접합 데이터 셀 저항을 스위칭하기에 충분함 – ;

상기 인가하는 단계 동안에 상기 판독 전류를 검출하는 단계; 및

상기 인가하는 단계 동안 상기 판독 전류를 결정하는 단계를 포함하고,

상기 판독 전류가 상기 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 상기 인가하는 단계 이전의 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 상기 제 1 저항 상태는 상기 판독 전압이 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하였던 저항 상태이고,

상기 판독 전류가 상기 인가하는 단계 동안 변화하는 경우, 상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 상기 제 1 저항 상태를 다시 기록하는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 인가하는 단계는 0.1 내지 50 나노초의 범위의 시간 지속기간을 갖는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 인가하는 단계는 0.1 내지 25 나노초의 범위의 시간 지속기간을 갖는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 판독 전압은 고 저항 상태로부터 저 저항 상태로 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하고, 상기 제 1 저항 상태는 상기 저 저항 상태인,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 판독 전압은 저 저항 상태로부터 고 저항 상태로 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하고, 상기 제 1 저항 상태는 상기 고 저항 상태인,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 판독 전류가 상기 인가하는 단계 동안 증가하는지를 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 판독 전류가 상기 인가하는 단계 동안 증가하는 경우 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 상기 제 1 저항 상태는 고 저항 상태인,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 상기 고 저항 상태를 라이트 백(write back)하는 단계를 더 포함하는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 판독 전류가 상기 인가하는 단계 동안 감소하는지를 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 판독 전류가 상기 인가하는 단계 동안 감소하는 경우, 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 상기 제 1 저항 상태는 저 저항 상태인,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 상기 저 저항 상태를 라이트 백하는 단계를 더 포함하는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 10

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법으로서,

판독 전압을 형성하도록 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전류를 인가하는 단계 – 상기 자기 터널 접합 데이터 셀은 상기 인가하는 단계 이전에 제 1 저항 상태를 갖고, 상기 판독 전류는 상기 자기 터널 접합 데이터 셀 저항을 스위칭하기에 충분함 – ;

상기 인가하는 단계 동안에 상기 판독 전압을 검출하는 단계; 및

상기 인가하는 단계 동안 상기 판독 전압을 결정하는 단계를 포함하고,

상기 판독 전압이 상기 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 상기 인가하는 단계 이전의 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 상기 제 1 저항 상태는 상기 판독 전류가 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하였던 저항 상태이고,

상기 판독 전압이 상기 인가하는 단계 동안 변화하는 경우, 상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 상기 제 1 저항 상태를 다시 기록하는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 인가하는 단계는 0.1 내지 50 나노초의 범위의 시간 지속기간을 갖는,

자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 판독 전류는 고 저항 상태로부터 저 저항 상태로 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에

충분하고, 상기 제 1 저항 상태는 상기 저 저항 상태인,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 판독 전류는 저 저항 상태로부터 고 저항 상태로 상기 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에  
충분하고, 상기 제 1 저항 상태는 상기 고 저항 상태인,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 판독 전압이 상기 인가하는 단계 동안 감소하는지를 결정하는 단계를 더 포함하고,  
상기 판독 전압이 상기 인가하는 단계 동안 감소하는 경우 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 상기 제 1 저항 상태는 고 저항 상태인,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 판독 전압은 100mV보다 많이 감소하는,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 상기 고 저항 상태를 라이트 백하는 단계를 더 포함하는,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 판독 전압이 상기 인가하는 단계 동안 증가하는지를 결정하는 단계를 더 포함하고,  
상기 판독 전압이 상기 인가하는 단계 동안 증가하는 경우, 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 상기 제 1 저항 상태는 저 저항 상태인,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 상기 저 저항 상태를 라이트 백하는 단계를 더 포함하는,  
자기 터널 접합 데이터 셀을 자가-참조 판독하는 방법.

### 청구항 19

자기 메모리 장치로서,

스핀 극화된 스위칭 전류(spin polarized switching current)의 인가 시에 고 저항 데이터 상태와 저 저항 데이터 상태 사이에서 스위칭 가능한 자기 터널 접합 데이터 셀;

상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 전기적으로 연결된 스위칭 전류 또는 전압원; 및  
스위칭 전류 또는 전압이 상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 인가될 때 50 나노초 미만의 시간 간격 내에서 판독 전류 또는 판독 전압 변화를 검출하도록 상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 전기적으로 결합된 전압 또는 전류 분별기  
를 포함하는,  
자기 메모리 장치.

## 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 전압 또는 전류 분별기는 10 나노초 미만의 시간 간격 내에서 상기 판독 전류 또는 판독 전압 변화를 검출하는,

자기 메모리 장치.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호-참조

[0002] 본 출원은 2008년 11월 5일 출원된 미국 가출원 번호 61/111,354의 이익을 청구하며, 그 내용 전체가 여기에 참조로서 포함된다.

### 배경기술

[0003] 널리 퍼져있는 컴퓨팅 및 핸드헬드/통신 산업의 빠른 성장은 높은 용량의 비휘발성 고체-상태 데이터 저장 디바이스들에 대한 폭발적으로 증가하는 요구를 발생시킨다. 플래시 메모리는 하나의 이러한 디바이스이지만, 느린 액세스 속도(~ms 기록 및 ~50 내지 100ns 판독), 제한된 내구성(endurance)(~ $10^3$  내지  $10^4$  프로그래밍 사이클), 및 시스템-온-칩(Soc)의 집적 곤란성과 같은 몇 개의 단점들을 갖는다. 플래시 메모리(NAND 또는 NOR)는 또한 32nm 노드 및 그 이상에서 상당한 스케일링 문제들에 또한 직면한다.

[0004] 자기-저항(Magneto-resistive) 랜덤 액세스 메모리(MRAM)는 비휘발성 및 범용 메모리에 대한 다른 후보이다. MRAM은 비-휘발성이고, 고속 기록/판독 속도(<10ns), 거의 제한이 없는 프로그래밍 내구성(>10<sup>15</sup> 사이클) 및 0의 대기 전력(standby power)을 특징으로 한다. MRAM의 기본적인 컴포넌트는 MTJ(magnetic tunneling junction)이다. 데이터 저장은 고-저항 상태와 저-저항 상태 사이에서 MTJ의 저항을 스위칭함으로써 실현된다. MRAM는 MTJ의 자성(magnetization)을 스위칭하기 위해 전류 유도 자계를 이용함으로써 스위칭한다. MTJ 크기가 작아짐에 따라 스위칭 자계 진폭은 증가하고 스위칭 변동이 더 엄격해진다.

[0005] 스핀 극성 전류는 MRAM 설계들에서 자성 스위칭을 유도하기 위해 이용될 수 있다. 스핀-토크 전달 RAM(STRAM)은 저항 스위칭을 실현하기 위해 MTJ를 통한 (양방향성) 전류를 이용한다. STRAM의 스위칭 매커니즘은 국부적으로 제한되며 STRAM은 종래의 MRAM보다 양호한 스케일링 특성을 갖는다고 여겨진다. 그러나 STRAM 셀의 판독은 셀이 소형화(scaled down)됨에 따라 도전 과제가 되고 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 개시는 스핀-전달 토크 랜덤 액세스 메모리 자기-참조 판독 동작들 및 이를 위한 장치에 관한 것이다. 특히, 본 개시는 스핀-전달 토크 랜덤 액세스 메모리 자기-참조 판독 동작들에 관한 것이다.

[0007] 자기 터널 접합 데이터 셀(magnetic tunnel junction data cell)을 판독하는 하나의 예시적인 방법은, 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전압을 인가하고 및 판독 전류를 형성하는 단계를 포함한다. 자기 터널 접합 데이터 셀은 제 1 저항 상태를 갖는다. 판독 전압은 자기 터널 접합 데이터 셀 저항을 스위칭하기에 충분하다. 이 방법은 판독 전류를 검출하는 단계, 및 판독 전류가 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는지를 결정하는 단

계를 포함한다. 판독 전류가 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저항 상태는 판독 전압이 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하였던 저항 상태이다.

[0008] 자기 터널 접합 데이터 셀을 자기-참조 판독하는 다른 예시적인 방법은, 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전류를 인가하고 및 판독 전압을 형성하는 단계를 포함한다. 자기 터널 접합 데이터 셀은 제 1 저항 상태를 갖는다. 판독 전류는 자기 터널 접합 데이터 셀 저항을 스위칭하기에 충분하다. 이 방법은 판독 전압을 검출하는 단계, 및 판독 전압이 인가하는 단계 동안 일정한지를 결정하는 단계를 포함한다. 판독 전압이 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 상기 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저항 상태는 판독 전류가 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭하기에 충분하였던 저항 상태이다.

[0009] 다른 실시예들은 스핀 극화된 스위칭 전류(spin polarized switching current)의 인가 시에 고 저항 상태와 저 저항 상태 사이에서 스위칭 가능한 자기 터널 접합 데이터 셀 및 자기 터널 접합 데이터 셀에 전기적으로 연결된 스위칭 전류 또는 전압원을 갖는 자기 메모리 장치를 포함한다. 전압 또는 전류 분별기는 스위칭 전류 또는 전압이 자기 터널 접합 데이터 셀에 인가될 때 50 나노초 미만의 시간 간격 내에서 판독 전류 또는 판독 전압 변화를 검출하도록 상기 자기 터널 접합 데이터 셀에 전기적으로 결합된다.

[0010] 본 개시는 첨부 도면들과 관련하여 본 개시의 다양한 실시예들의 이하의 상세한 설명을 고려하여 보다 완전히 이해될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 저 저항 상태에서 예시적인 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛의 단면 개략도.

도 2는 고 저항 상태에서 다른 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛의 단면 개략도.

도 3은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛의 개략적인 회로도.

도 4는 예시적인 스핀-전달 토크 랜덤 액세스 MTJ 메모리 판독 검출 장치의 개략적인 회로도.

도 5는 도 4에서 도시된 판독 검출 장치에 대한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프.

도 6은 저항 상태가 고 저항 상태로부터 저 저항 상태로 스위칭하는 스핀-전달 노크 MTJ 메모리 유닛의 정적인 R-V(저항-전압) 곡선의 그래프.

도 7은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 고 저항 상태에 있을 때 고-저 저항 상태 스위칭 전압에서 판독 전류 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들.

도 8은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 저 저항 상태에 있을 때 고-저 저抵抗 상태 스위칭 전압에서 판독 전류 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들.

도 9는 저抵抗 상태가 고 저抵抗 상태로부터 저 저抵抗 상태로 스위칭하는 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛의 정적인 R-I(저抵抗-전류) 곡선의 그래프.

도 10은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 고 저抵抗 상태에 있을 때 고-저 저抵抗 상태 스위칭 전압에서 판독 전류 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들.

도 11은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 저 저抵抗 상태에 있을 때 고-저 저抵抗 상태 스위칭 전압에서 판독 전류 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들.

도 12A는 고 저抵抗 상태로부터 저 저抵抗 상태로 MTJ를 스위칭하기에 충분한 전압을 인가할 때 판독 전류를 감지하는 예시적인 자기-참조 판독 방법의 흐름도.

도 12B는 저 저抵抗 상태로부터 고 저抵抗 상태로 MTJ를 스위칭하기에 충분한 전압을 인가할 때 판독 전류를 감지하는 예시적인 자기-참조 판독 방법의 흐름도.

도 13은 판독 전압을 감지하는 예시적인 자기-참조 판독 방법의 흐름도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 도면들은 반드시 제 크기대로 그려진 것은 아니다. 도면들에서 사용된 유사한 번호들은 유사한 컴포넌트들을 지칭한다. 그러나 주어진 도면의 컴포넌트를 지칭하기 위한 번호의 사용은 동일한 번호가 붙여진 다른 도면의

컴포넌트를 제한하도록 의도되지 않는다는 것을 이해한다.

[0013] 이하의 설명에서, 그 일부를 형성하고 예시적인 몇 개의 특정 실시예들에 의해 도시되는 첨부 도면들의 세트가 참조된다. 다른 실시예들도 예견되며 본 개시의 범위 또는 사상으로부터 벗어남 없이 만들어질 수 있다는 것을 이해한다. 그러므로 이하의 상세한 설명은 제한적인 의미로서 받아들여선 안 된다. 여기에 제공된 정의들은 여기서 빈번히 사용되는 특정한 용어들의 이해를 용이하게 하기 위한 것이며 본 개시의 범위를 제한하는 것을 의미하진 않는다.

[0014] 달리 언급이 없으면, 명세서 및 청구범위에서 사용된 특정 크기들, 양들, 및 물리적 특성들을 표현하는 모든 숫자들은 용어 "약"에 의해 모든 상황들에서 변형되는 것으로 이해된다. 이에 따라 그렇지 않다는 언급이 없는 한, 위의 명세서 및 첨부된 도면들에서 기술되는 숫자적인 파라미터들은 여기서 개시된 기술들을 활용하는 당업자가 얻고자 하는 소정의 특성들에 의존하여 변할 수 있는 근사치들이다.

[0015] 종단점들에 의한 숫자적인 범위들의 인용은 해당 범위 내에 포함되는 모든 숫자들(예를 들어, 1 내지 5는 1, 1.5, 2, 2.75, 3, 3.80, 4, 및 5를 포함함)과 해당 범위 내의 임의의 범위를 포함한다.

[0016] 본 명세서 및 첨부된 청구범위들에서 사용된 단수 형태들은 내용이 명확하게 달리 언급하지 않는 한 복수의 지시대상물을 갖는 실시예들을 포함한다. 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 사용된 용어 "또는"은 일반적으로 내용이 명확히 달리 언급하지 않는 한 "및/또는"을 포함하는 의미로 이용된다.

[0017] 본 개시는 스핀-전달 토크 메모리 장치 및 자기-참조 판독 방법들에 관한 것이다. 특히, 본 개시는 스핀-전달 토크 메모리 유닛이 고 저항 상태 또는 저 저항 상태 데이터 상태인지를 결정하기 위한 자기-참조 판독 방법들에 관한 것이다. 다수의 실시예들에서, 자기 터널 접합 데이터 셀(magnetic tunnel junction data cell)의 저항 상태를 스위칭하기에 충분한 판독 전류 또는 판독 전압이 자기 터널 접합 데이터 셀에 인가된다. 결과적인 판독 전압 또는 전류가 검출되고, 전압 또는 전류 상승 또는 강하가 검출되는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 저항 상태는 판독 전류 또는 판독 전압이 자기 터널 접합을 스위칭하기에 충분한 반대의 데이터 상태라고 결정된다. 결과적인 판독 전류 또는 결과적인 판독 전압이 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 저항 상태는 판독 전류 또는 판독 전압이 자기 터널 접합을 스위칭하기에 충분한 데이터 상태라고 결정된다. 결과적인 판독 전압 또는 결과적인 판독 전류 상승 또는 강하가 검출되면, 라이트 백 동작(write back operation)은 자기 터널 접합 데이터 셀을 그 원래의 저항 데이터 상태로 되돌린다. 개시된 방법은 큰 가용 검출 신호, 및 고속 판독 속도를 제공한다. 본 개시는 이것으로 국한되지 않으며, 본 개시의 다양한 양상들의 이해는 이하에 제공된 예들의 설명을 통해 얻어질 것이다.

[0018] 도 1은 저 저항 상태의 예시적인 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10)의 단면 개략도이고 도 2는 고 저항 상태에서 다른 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10)의 단면 개략도이다. 자기 터널 접합(MTJ) 메모리 유닛(10)은 강자성 자유층(12) 및 강자성 기준(즉, 고정됨)층(14)을 포함한다. 강자성 자유층(12) 및 강자성 기준층(14)은 산화물 배리어층(13) 또는 터널 배리어에 의해 분리된다. 제 1 전극(15)은 강자성 자유층(12)과 전기적으로 접하고 제 2 전극은 강자성 기준층(14)과 전기적으로 접한다. 강자성층들(12, 14)은 예를 들어, Fe, Co, Ni와 같은 임의의 사용 가능한 강자성(FM) 합금들로 제조될 수 있고, 절연 배리어층(13)은 예를 들어, 산화물 재료(예를 들어,  $Al_2O_3$  또는  $MgO$ )와 같은 전기적 절연 재료로 이루어질 수 있다. 다른 적합한 재료들이 또한 사용될 수 있다.

[0019] 전극들(15, 16)은 강자성층들(12, 14)을 통해 판독 및 기록 전류들을 제공하는 제어 회로에 강자성층들(12, 14)을 전기적으로 연결한다. 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10) 양단의 저항은 강자성층들(12, 14)의 자성 방위들 또는 자성 백터들의 상대적인 방위에 의해 결정된다. 강자성 기준층(14)의 자성 방향은 미리 결정된 방향으로 고정되고, 반면에 강자성 자유층(12)의 자성 방향은 스핀 토크의 영향 하에서 회전하는데 자유롭다. 강자성 기준층(14)의 고정은 예를 들어, PtMn, IrMn 및 기타들과 같은 반강자성적으로 정렬된 재료(antiferromagnetically ordered material)와의 바이어스 교환(exchange bias)의 이용을 통해 달성될 수 있다. 기준 자성층(14)은 단일의 강자성층일 수 있거나, 또는 예를 들어, 강자성적으로 결합된 강자성층들의 쌍, 반강자성적 고정층 및 강자성적 고정층, 합성 반강자성적, 또는 반강자성적 층을 갖는 합성 반강자성적과 같은 다중층들을 포함할 수 있다.

[0020] 도 1은 강자성 자유층(12)의 자성 방향이 강자성 기준층(14)의 자성 방향과 평행하고 동일한 방향인 저 저항 상태에서의 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10)을 예시한다. 이는 저 저항 상태 또는 "0" 데이터 상태라 칭해진다. 도 2는 자유층(12)의 자성 방향이 강자성 기준층(14)의 자성 방향과 반 평행(anti-parallel)하고 반대 방

향인 고 저항 상태에서의 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10)을 예시한다. 이는 고 저항 상태 또는 "1" 데이터 상태라 칭해진다.

[0021] 저항 상태의 스위칭 및 이에 따라 스핀-전달을 통한 MTJ 메모리 유닛(10)의 데이터 상태의 스위칭은 MTJ 메모리 유닛(10)의 자성층을 통과한 전류가 스핀 극화(spin polarized)되고 MTJ(10)의 자유층(12) 상에서 스핀 토크가 부가될 때 발생한다. 충분한 스핀 토크가 자유층(12)에 인가될 때, 자유층(12)의 자성 방위는 2개의 반대 방향들 사이에서 스위칭될 수 있고, 이에 따라 MTJ(10)는 전류의 방향에 의존하여 평행 상태(즉, 저 저항 상태 또는 "0" 데이터 상태)와 반-평행 상태(즉, 고 저항 상태 또는 "1" 데이터 상태) 사이에서 스위칭될 수 있다.

[0022] 예시적인 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10)은 고정된 자성층(14)에 대해 자유 자성층(12)의 상대적 자성 상태를 변경함으로써 데이터 비트가 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛에 저장되는 다중 MTJ 메모리 유닛들을 포함하는 메모리 디바이스를 구성하는데 이용될 수 있다. 저장된 데이터 비트는 고정된 자성층에 대해 자유층의 자성 방향에 따라 변하는 셀의 저항을 측정함으로써 판독될 수 있다. 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(10)이 비-휘발성 랜덤 액세스 메모리의 특성들을 갖게 하기 위해, 자유층이 랜덤 변동들(random fluctuations)에 대항하는 열적인 안정성을 표출하여 자유층의 방위는 이러한 변화를 형성하도록 제어될 때만 변경되게 한다. 이 열적인 안정성은 예를 들어, 비트 크기, 형상, 및 수정 이방성(crystalline anisotropy)의 변경과 같이 상이한 방법들을 이용한 자성 이방성을 통해 달성될 수 있다. 일반적으로, 이방성은 얇은 자성층들에서 소프트 축 및 하드 축을 형성하게 한다. 하드 축 및 소프트 축은 보통 자계의 형성에 있어서 해당 방향에서 자성의 방향을 완전히 회전(포화)하는 것이 요구되는 외부 에너지의 크기에 의해 정의되고 하드 축은 더 높은 포화 자계를 요구한다.

[0023] 도 3은 예시적인 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(MTJ)의 개략도이다. 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(MTJ)은 예를 들어, NMOS 트랜지스터와 같은 트랜지스터에 직렬로 전기적으로 연결된다. 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛(MTJ)의 반대측은 비트 라인(BL)에 전기적으로 연결된다. 트랜지스터는 소스 라인(SL) 및 워드 라인(WL)에 전기적으로 결합된다. MTJ는 도 3에서 도시된 바와 같이 개략적인 회로에서 가변 레지스터로서 모델링될 수 있다.

[0024] 도 4는 여기서 기술된 판독 동작 동안 전압(또는 전류) 상승 또는 강하를 검출하기 위한 예시적인 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 장치의 개략적인 회로도이다. 검출 회로는 분별기(differentiator)로서 기술될 수 있다. 자기 터널 접합 데이터 셀( $R_{MTJ}$ )(상술된 바와 같은)은 전류원(Is)(또는 전압원(Vs))에 전기적으로 연결되고, 커패시터(C)는 자기 터널 접합 데이터 셀( $R_{MTJ}$ )과 감지 증폭기(A) 사이에 전기적으로 연결된다. 감지 증폭기(A)는 출력 전압( $V_{OUT}$ )을 제공한다. 임의의 전압 변화는 분별기에 의해 검출될 수 있다. 예시적인 상세한 신호는 도 5에서 도시된다.

[0025] 도 5는 일정한 전류원(Is) 및 대응하는 결과적인 전압 강하(Vs)의 응용을 예시한다. 전압 출력( $V_{OUT}$ )은 3개의 전압 스파이크들(spikes)을 도시한다. 클록(CLOCK)은 원하지 않는 초기 및 최종 전압 스파이크들(신호 검출의 선두 및 말단에서)을 제거하는데 활용된다. 결과적인 전압 출력( $V_{OUT1}$ )은 저항 상태들을 스위칭(이 예에서 고 저항 상태로부터 저 저항 상태 상태로)하는 자기 터널 접합 데이터 셀( $R_{MTJ}$ )로 인한 전압 강하를 나타낸다. 따라서, 판독 동작은 자기 터널 접합 데이터 셀( $R_{MTJ}$ )이 고 저항 상태에 있었음을 나타낸다. 그 후 라이트 백 동작(write back operation)은 자기 터널 접합 데이터 셀( $R_{MTJ}$ )을 원래의 고 저항 상태로 되돌리도록 수행될 수 있다.

[0026] 도 6은 저항 상태가 고 저항 상태로부터 저 저항 상태로 스위칭하는 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛의 정적인 R-V(저항-전압) 곡선의 그래프이다. 도 1 또는 도 2의 제 2 전극(16) 상에 양의 전압을 인가하면, MTJ(10)는 도 6의 양의 인가된 전압 영역에 진입하고, 고 저항 상태(도 2)로부터 저 저항 상태(도 1)로 스위칭한다. 도 1 또는 도 2의 제 1 전극(15) 상에 양의 전압을 인가할 때, MTJ(10)는 도 6의 음의 인가된 전압 영역에 진입한다. MTJ의 저항은 저 저항 상태(도 1)로부터 고 저抵抗 상태(도 2)로 스위칭한다.

[0027] 도 7은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 고 저抵抗 상태에 있을 때 고-저 저抵抗 상태 스위칭 전압에서 판독 전류 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들이다. 도 8은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 저 저抵抗 상태에 있을 때 고-저 저抵抗 상태 스위칭 전압에서 판독 전류 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들이다.

[0028] 판독 전압(Vs)은 자기 터널 접합 데이터 셀 또는 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛 양단에 인가된다. 판독 전압

(Vs)은 자기 터널 접합 데이터 셀의 데이터 저항 상태를 스위칭(이 예에서, 고 저항 상태로부터 저 저항 상태로)하기에 충분한 임계 전압 이상이다. 판독 전압(Vs)은 0.1 내지 50 나노초 또는 0.1 내지 25 나노초, 또는 0.1 내지 10 나노초의 시간 지속기간 동안 인가된다. 따라서, 판독 동작은 고속 동작이다. 전압 펄스 동안, 자기 터널 접합 데이터 셀을 통과하는 결과적인(또는 감지된) 판독 전류(Is)는 도 7 및 도 8에서 예시된 바와 같이 검출된다. 도 7은 고 저항 상태(R1)에서와 저 저항 상태(R0)로의 스위칭에서의 자기 터널 접합 데이터 셀을 예시한다. 감지된 판독 전류(Is) 상승(점프)이 판독 동작 동안 일어난다. 도 8은 저 저항 상태(R0)에서의 자기 터널 접합 데이터 셀을 예시한다. 감지된 판독 전류(Is)는 판독 동작 동안 일정하게 남아있다. 다른 실시예들에서, 판독 전압은 자기 터널 접합 데이터 셀의 데이터 저항 상태를 저 저항 상태로부터 고 저항 상태로 스위칭하기에 충분한 임계 전압 이상이다.

[0029] 도 9는 저항 상태가 고 저항 상태로부터 저 저항 상태로 스위칭하는 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛의 정적인 R-I(저항-전류) 곡선의 그래프이다. 도 10은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 고 저항 상태에 있을 때 고-저 저항 상태 스위칭 전류에서 판독 전압 검출을 위한 예시적인 상세한 신호 타이밍 그래프들이다. 도 11은 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛이 저 저항 상태에 있을 때 고-저 저抵抗 상태 스위칭 전류에서 판독 전압 검출을 위한 예시적인 신호 타이밍 그래프들이다.

[0030] 판독 전류(Is)는 자기 터널 접합 데이터 셀 또는 스핀-전달 토크 MTJ 메모리 유닛 양단에 인가된다. 판독 전류(Is)는 자기 터널 접합 데이터 셀의 데이터 저抵抗 상태를 스위칭(이 예에서, 고 저抵抗 상태로부터 저 저抵抗 상태로)하는데 충분한 임계 전류 이상이다. 판독 전류(Is)는 0.1 내지 50 나노초, 또는 0.1 내지 25 나노초, 또는 0.1 내지 10 나노초의 시간 지속기간 동안 인가된다. 따라서, 판독 동작은 고속 동작이다. 전류 펄스 동안, 자기 터널 접합 데이터 셀을 통과하는 결과적인(또는 감지된) 판독 전압(Vs)은 도 10 및 도 11에 예시된 바와 같이 검출된다. 도 10은 고 저抵抗 상태(R1)에서와 저 저抵抗 상태(R0)로의 스위칭에서의 자기 터널 접합 데이터 셀을 예시한다. 감지된 판독 전압(Vs) 강하(감소)는 판독 동작 동안 일어난다. 다른 실시예들에서, 전압 변화는 100mV 이상일 수 있다. 도 11은 저 저抵抗 상태(R0)에서의 자기 터널 접합 데이터 셀을 예시한다. 감지된 판독 전압(Vs)은 판독 동작 동안 일정하게 남아있다. 다른 실시예들에서, 판독 전류는 자기 터널 접합 데이터 셀의 데이터 저抵抗 상태가 저 저抵抗 상태로부터 고 저抵抗 상태로 스위칭하기에 충분한 임계 전류 이상이다.

[0031] 도 12A는 MTJ를 고 저抵抗 상태로부터 저 저抵抗 상태로 스위칭하기에 충분한 전압을 인가할 때 판독 전류를 감지하는 예시적인 자가-참조 판독 방법의 흐름도이다. 방법은 블록(M1)에서 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전압을 인가하고 판독 전류를 형성하는 단계를 포함한다. 제 1 저抵抗 상태 및 판독 전압을 갖는 자기 터널 접합 데이터 셀은 자기 터널 접합 데이터 셀 저抵抗을 스위칭(이 예에서, 고 저抵抗 상태로부터 저 저抵抗 상태로)하기에 충분하다. 블록(M2)에서 판독 전압이 검출된다. 그 후 방법은 블록(C3)에서 인가하는 단계 동안 판독 전류가 일정하게 남아있는지를 결정하는 단계를 포함한다. 판독 전류가 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저抵抗 상태는 판독 전압이 블록(D2)에서 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭(이 예에서, 저 저抵抗 상태)하기에 충분했던 저抵抗 상태이다. 판독 전류가 변화(이 예에서, 증가)하는 경우, 제 1 저抵抗 상태는 블록(D1)에서 반대 저抵抗 상태(이 예에서, 고 저抵抗 상태)이고, 고 저抵抗 상태는 블록(M3)에서 자기 터널 접합 데이터 셀에 라이트 백(write back)된다.

[0032] 도 12B는 MTJ를 저 저抵抗 상태로부터 고 저抵抗 상태로 스위칭하기에 충분한 전압을 인가할 때 판독 전류를 감지하는 예시적인 자가-참조 판독 방법의 흐름도이다. 방법은 블록(M4)에서 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전압을 인가하고 판독 전류를 형성하는 단계를 포함한다. 제 1 저抵抗 상태 및 판독 전압을 갖는 자기 터널 접합 데이터 셀은 자기 터널 접합 데이터 셀 저抵抗을 스위칭(이 예에서, 저 저抵抗 상태로부터 고 저抵抗 상태로)하기에 충분하다. 블록(M5)에서, 판독 전류가 검출된다. 그 후, 방법은 블록(C4)에서 인가하는 단계 동안 판독 전류가 일정하게 남아있는지를 결정하는 단계를 포함한다. 판독 전류가 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저抵抗 상태는 판독 전압이 블록(D4)에서 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭(예를 들어, 고 저抵抗 상태)하기에 충분했던 저抵抗 상태이다. 판독 전류가 변화(이 예에서, 증가)하는 경우, 제 1 저抵抗 상태는 블록(D3)에서 반대 저抵抗 상태(이 예에서, 고 저抵抗 상태)이고, 저 저抵抗 상태는 블록(M6)에서 자기 터널 접합 데이터 셀에 라이트 백된다.

[0033] 도 13은 판독 전압을 감지하는 예시적인 자가-참조 판독 방법의 흐름도이다. 이 방법은 블록(M11)에서 자기 터널 접합 데이터 셀 양단에 판독 전류를 인가하고 판독 전압을 형성하는 단계를 포함한다. 제 1 저抵抗 상태 및 판독 전류를 갖는 자기 터널 접합 데이터 셀은 자기 터널 접합 데이터 셀 저抵抗을 스위칭(이 예에서, 고 저抵抗 상태로부터 저 저抵抗 상태로)하기에 충분하다. 블록(M12)에서 판독 전류가 검출된다. 그 후, 방법은 블록(C13)에

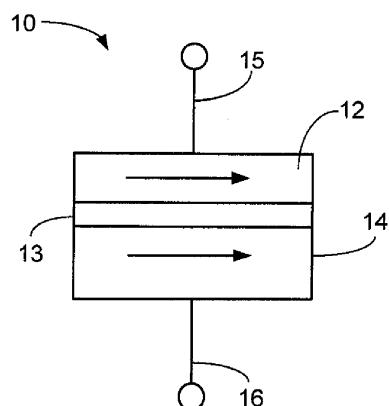
서 인가하는 단계 동안 판독 전압이 일정하게 남아있는지를 결정하는 단계를 포함한다. 판독 전압이 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저항 상태는 판독 전류가 블록(D12)에서 자기 터널 접합 데이터 셀을 스위칭(이 예에서, 저 저항 상태)하기에 충분했던 저항 상태이다. 그렇지 않으면, 제 1 저항 상태가 블록(D11)에서 반대 저항 상태(이 예에서, 고 저항 상태)이고, 고 저항 상태는 블록(M13)에서 자기 터널 접합 데이터 셀에 라이트 백된다.

[0034] 다른 실시예들에서, 판독 전류는 저 저항 상태로부터 고 저항 상태로 자기 터널 접합 데이터 셀 저항을 스위칭하기에 충분하다. 이 실시예들에서, 판독 전압이 인가하는 단계 동안 일정하게 남아있는 경우, 자기 터널 접합 데이터 셀의 제 1 저항 상태는 저 저항 상태이다. 판독 전압이 일정하게 남아있지 않거나 변화(이 예에서, 상승)하는 경우, 제 1 저항 상태는 반대 저항 상태(이 예에서, 고 저항 상태)이고 고 저항 상태는 블록에서 자기 터널 접합 데이터 셀에 라이트 백된다.

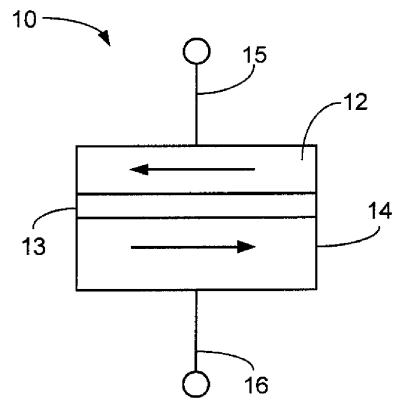
[0035] 따라서, 스픬-전달 토크 메모리 자기-참조 메모리 유닛의 실시예들이 개시된다. 상술된 구현들 및 다른 구현들은 이하의 청구범위의 범위 내에 있다. 당업자는 본 개시가 개시된 실시예들 이외의 실시예들로 실현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 개시된 실시예들은 제한이 아닌 예를 위해 제시되었으며 본 발명은 이하의 청구범위에 의해서만 제한된다.

## 도면

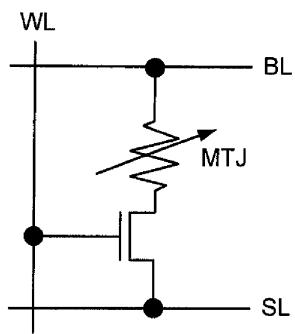
### 도면1



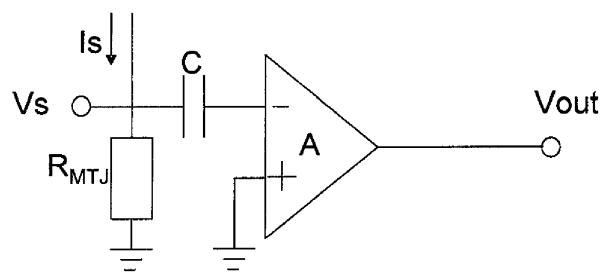
### 도면2



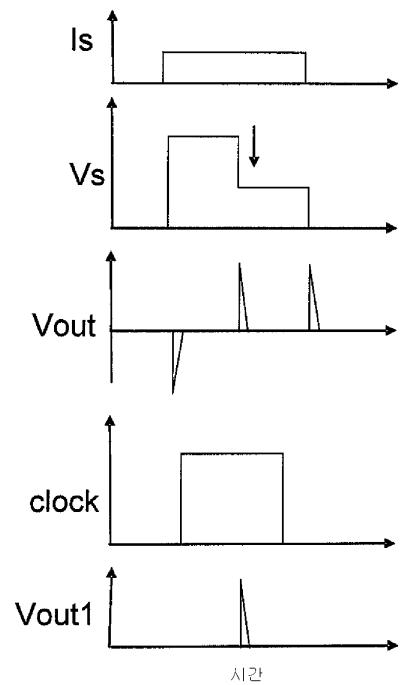
도면3



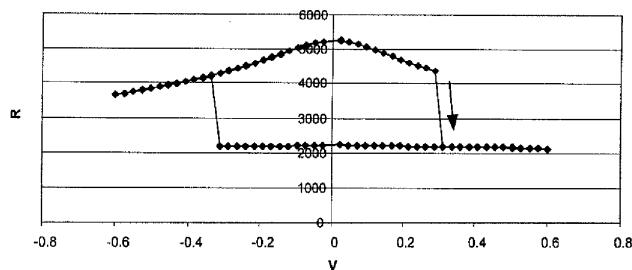
도면4



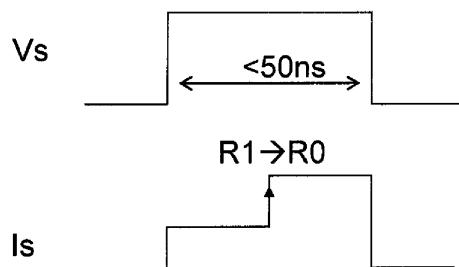
도면5



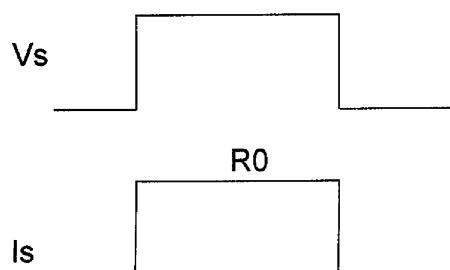
도면6



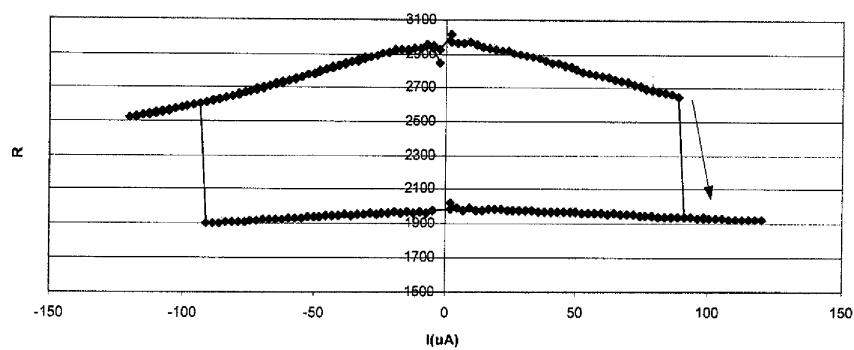
도면7



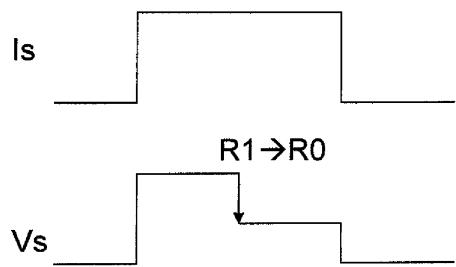
도면8



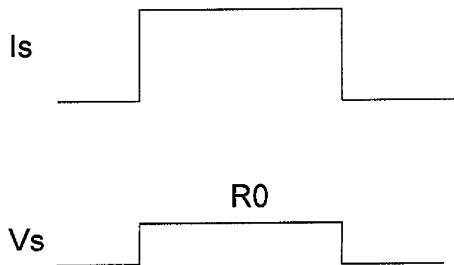
도면9



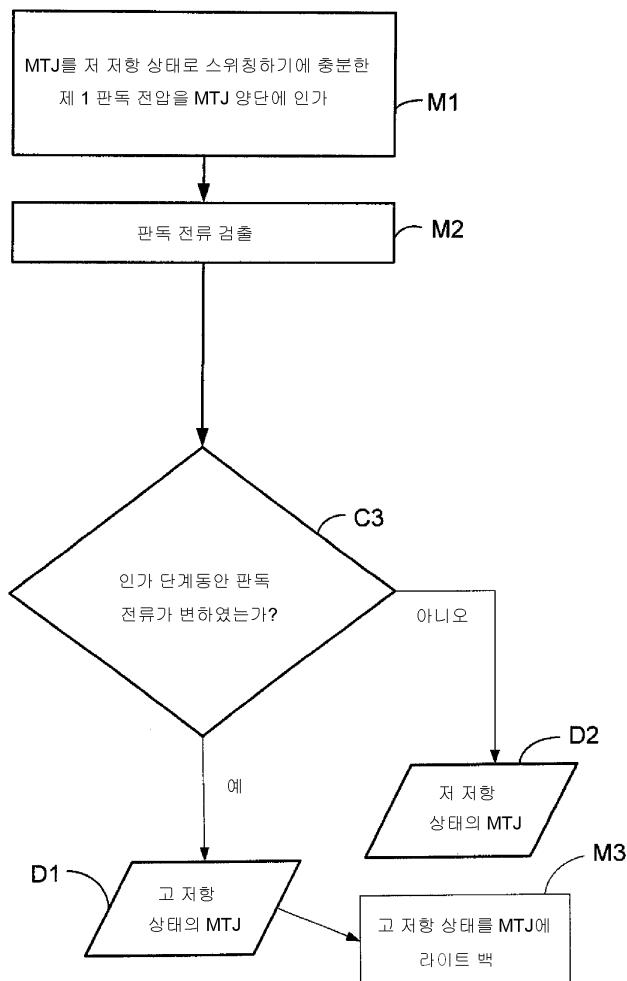
## 도면10



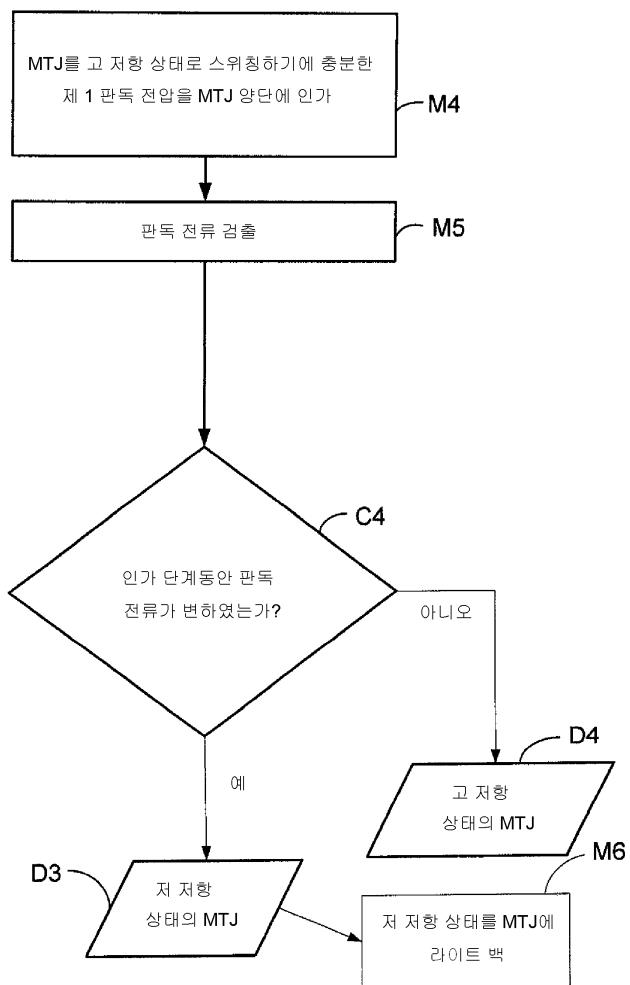
## 도면11



## 도면12a



## 도면12b



## 도면13

