

(19) (KR)  
(12) (B1)

(51) 。 Int. Cl. 7  
G11B 5/39

(45) 2003 02 25  
(11) 10 - 0373473  
(24) 2003 02 11

(21) 10 - 2000 - 0052963  
(22) 2000 09 07

(65) 2001 - 0030300  
(43) 2001 04 16

(30) 1999 - 269763 1999 09 24 (JP)

(73) 가 가 1 1 1

(72) 가 가 가 1가 가  
가 가 가 1가 가

(74)

:

(54) , ,

가 가 . , , ,

(43) 90 (35) (33, 37) , (41)  
41) (43) (33) (31) 가 (

1						
1	1					
2	1					
3	1					1 - 1
4	1	1 - 2				
5	1	1 - 3				
6	1					1 - 4
7	2					
8	2					
9	3					
10	4					
11	4					
12	1	MR				
13	2	가	H <sub>90</sub>	MR		
14	4	가	H <sub>90</sub>	MR	,	Fe
15	5	MR				
16						
17						

18

19

20

<

31 : 1

33 : 1

35 :

37 : 2

39 :

41 : 3

43 : 2

45 :

2

( , MR )가 (Magneto Resistance) (IEEE MAG - 7, 150(1971) ). MR (MR )

가 , MR 가

Fe/Cr Fe/Cu

(Phys. Rev. Lett. 61 2474(1988).Phys. Rev. Lett. 64 2304(1990) ). 가 MR

가  $2$  MR ( ) MR , / /

(Phys. Rev. B 45 806(1992). J. Appl. Phys. 69 4774(1991) ) MR

, MR

가 , 가 / 2

가

가

가

가

가

가

가

( )

가

20 (a)

(7)

1

(1),

(3),  
2

(5),  
(9),

(7)

(11)

20 (a) (7)  
( )

(3)  
가

2

(9),

1

(7)

(1)  
2

(9)

2

(9)

(7)

(3) 1 (1) 20 (a)

(3) 2 2 (9) (7) , 1 (1)  
 (1, 9) (3) 가 (7) (3)  
 1 (1) T<sub>B1</sub> ,  
 2 (9) T<sub>B2</sub> ( - ) 20 (b)

1 2 (1, 9) | Tb1 - Tb2 | 가 2  
 가 , , 가  
 2 , , 가

CoFe/Mn/CoFe , 2 CoFe  
 (J. Appl. Phys. 79 (8), 15 April 1996 ).

가가

1 1 , 1 , 1  
 1 1 , 1 ,  
 1 2 , 1  
 2 3 , 2 1 3

2 , 1 가 가 1 , 가 가 2 2  
 , 가 가 2 1 , 1 1  
 2 , 1 , 3 2 2

2 , 2 3 1  
 , 1 3 , 가  
 가 .

가가

가

1 3

1

1 2

가

, IrMn, PtMn, FeMn, NiMn, NiO, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

가

1) 2

가

3

2

, 2 3

가

2) 3

가

2

가

2 3

가

3) 1

1

, / 2

3

4) 1

1

5) 1

1

,

2

3

가

6) 1, 2 3

2

2

가

7)

가 가

2

가

가 2

가 가

7 - 1) FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

7 - 2) CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CrO<sub>3</sub>, CrO<sub>5</sub>

7 - 3) MnO, MnO<sub>2</sub>

8)

가

가

9)

1

2

가

2가

9-1) , 1 1 2 .

9-2) 가 , 1 1 1 2 .

10) 가 . 가

11) 가 , .

2 , 3 , 1 1 , 1 가 가  
2 2 , 1 2 가 가 2

[ 1 ]

1 1 1 . 가

1 (31) 1 (31), 1 (31) 1  
( ) (35), (35) 1 (33) 2 (37),  
(39), 3 (41) , 3 (41)  
2 (43), (45) . ,

1 (33) 1 (31) 1 ( )  
1 2 (33, 37) (35)  
, 2 (37) 가  
2 (37) 가

(37) (39) 3 (41) ,  
가 가 (41) ( ) 2 (41)  
(41) 가 2 (43) ( ) (43)  
(41)  
1 (37), (41) 가 (39)  
, 1 ,  
, 1 (33) (41)  
(35) 1 (33) 가  
, ( B<sub>1</sub>, T<sub>B2</sub> ) ( 2 )  
2 , AF , 가  
1 (37) (41) (bottom)  
(35) (37)  
1 1-1 1-4 1-1 1-4 1  
1  
[ 1]  
3 1-1  
1-1 1 (45) 가 2 (43)  
(41) 3 , (41)  
2 (43) 가  
가  
, 3 47 , (下地層) (47)  
가  
[ 1-2]  
, 4 1-2

1-2 (43') (41) 1  
(43') (41)  
(41) 가 4  
가 가 .

(41) 가

[ 1-3 ]

2 (43') 1-3 5 ( )  
(41) (49)

1-2, 1-3 2 4 가 가 .

1-3 (49) 1-2 (43') (49)  
, 1 , 2 4  
가

[ 1-4 ]

6 (a) 1-4

1 (37)  
(37)  
6 (a) , 1 (55), 2 (51)  
(53) , (37) 가 .  
6 (a) 가 .  
(33, 51, 55)

6 (b) , 1 (31)

( ) (35)  
(53) 가 .  
1 (31)  
(53) Ru, Cu .

[ 2 ]

2 7 .

7 2 .

2 7 (47) 1 (61), (63),  
(65), (67), (69), (71)  
(71) 2 (73) (75)

(67) (63) (67) (bottom) ,  
 ( ) (69) (75) 1  
 (71) 2 (73) 7 (7  
 1) 7  
 (71) 가 (67) 7  
 (63) (67) (

[ 2-1 ]

가 2 (61) (73) (63) (67)  
 가  
 8 2 2 (73') 2 (73') (71') (69')  
 2 2 (73')  
 가

[ 3 ]

3 9 (a)  
 9 (a) 3  
 3 9 (a) (47) 1 (81),  
 (83), (85), (87), (89), (89)  
 (87) (91), (91) 2 (93),  
 (95)  
 , 1 (81) (83) [ 9 (a) ] 가 , ,  
 가 (83) (83) (感磁領域)  
 9 (a) 가 (87) (83)  
 1 2 가 (81, 93)  
 3 2 1 (81) 가 (83) , 9  
 (b) (97) (97)  
 (83) AlO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>  
 Cu, Ru, NiFe, NiFeCr

[ 4 ]

10 4

4 (101), 2 1 10 (101) , (47) 2 1  
 107) 가 (103), (103) ( (105), (107), ( (109), (111), 2 (113), (115) .  
 , 11 4 , 1 (101) 3  
 가 (117) 가 .  
 (117) 3 가 .  
 10 11 (103) 1 (101) ( 10 11 ) 1 (101) 가 ,  
 , (111) (113) , (103)  
 , (111) (113) , (103)  
 , 1 4 .  
 ( ) .  
 ( ) 가 가 2 가 가 , 가 가  
 2

- 1) Fe , FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> .
- 2) Cr , CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CrO<sub>3</sub>, CrO<sub>5</sub> .
- 3) 가 가 Mn MnO, MnO<sub>2</sub> .  
 , Au, Al, Ag, Cu, Cr, Mn , , ,

가 M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> , / Ec / 2 .

1

$$E_c = -A_{12}M_1 \cdot M_2 - B_{12} (M_1 \cdot M_2)^2$$

, A<sub>12</sub> 1 , B<sub>12</sub> 2 . 90 ( ) | A<sub>12</sub> |  
 < | B<sub>12</sub> | B<sub>12</sub> < 0 .  
 B<sub>12</sub> A<sub>12</sub> < 0 가 가 A<sub>12</sub> > 0 가 , 가 ,  
 A<sub>12</sub> 가 가 , 가 가 ,  
 A<sub>12</sub> < 0 A<sub>12</sub> > 0 90 가 2 J , 2 B<sub>12</sub> 1 2L .

2

$$B_{12} = - \{ 2 (\Delta J) \cdot 2L / (A \pi^2) \} \sum_{n=1}^{\infty} [\coth \{ \pi (2m-1) (D_1/L) \} / (2m-1)^2 + \coth \{ \pi (2m-1) (D_2/L) \} / (2m-1)^2]$$

(Phys. Rev. B 67, 3172 (1991)).

,  $D_1 \cdot D_2$  2 , A (stiffness)  
 ,  $B_{12}$   
 $B_{12}$  3  $B_{12}$  1 / /

중간층	막 구성	배향면	$B_{12}$ [erg/cm <sup>2</sup> ]
Au	Fe/Au (8ML) / Fe	(001)	-0.003
Al	Fe (4.6ML) / Al (1.6ML) / Fe (4.6ML)	(001)	-0.036
Ag	Fe (9ML) / Ag (6ML) / Fe (16ML)	(001)	-0.070
Cu	Co (4ML) / Cu (10ML) / Co (10ML)	(001)	-0.015
Cu	Fe (9.4ML) / Cu (9ML) / Fe (16ML)	(001)	-0.10
Cr	Fe/Cr (4ML) / Fe	(001)	-0.2
Mn	CoFe (10nm) / Mn (1.12nm) / CoFe (10nm)	(001)	-3.0

1 , ML

1ML 1

90

0.02nm 2nm가

가

, Fe (FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),  
 0.2nm 10nm,

0.5~3nm

F

e

Fe

1 4 DC

Si

7kOe

가

Si 270

가

1

IrMn/CoFe

$J_{ua} = H_{ua} \cdot M_s \cdot t$  0.14erg/cm<sup>2</sup>

CoFe

가

H<sub>ua</sub>

(500Oe), M<sub>s</sub>

(1.8T), t

(2nm)

2

2

Si

Fe 산화물을 제1 직교 결합용 중간층으로 할 때의 스핀 밸브

실시예1	Ta (5nm) / NiFe (2nm) / IrMn (7nm) / CoFe (A) (2nm) / Fe (2nm) / 자연 산화 (12000 Langmuirs) / CoFe (B) (2nm) / Cu (2nm) / CoFe (C) (2nm) / Cu (1nm) / Ta (0.4nm)
실시예2	Ta (5nm) / NiFe (2nm) / IrMn (7nm) / CoFe (2nm) / Fe (2nm) / 자연 산화 (600~12000 Langmuirs) / CoFe (2nm) / Cu (2nm) / CoFe (2nm) / Cu (1nm) / Ta (0.4nm)
실시예3	Ta (5nm) / NiFe (2nm) / IrMn (7nm) / CoFe (1 또는 2nm) / Fe (1 또는 2nm) / 자연 산화 (3000 Langmuirs) / CoFe (2nm) / Cu (2nm) / CoFe (2nm) / Cu (1nm) / Ta (0.4nm)
실시예4	Ta (5nm) / NiFe (2nm) / IrMn (7nm) / CoFe (2nm) / Fe (1~4nm) / 자연 산화 (3000 또는 12000 Langmuirs) / CoFe (2nm) / Cu (2nm) / CoFe (2nm) / Cu (1nm) / Ta (0.4nm)

Cr 산화물을 직교 결합용 중간층으로 할 때의 스핀 밸브

실시예5	Ta (5nm) / Ru (2nm) / PtMn (10nm) / CoFe (2nm) / Ru (1nm) / CoFe (1nm) / Cr (0 ~ 0.7nm) / 자연 산화(300 Langmuirs) / CoFe (2nm) / Cu (2nm) / CoFe (2nm) / Cu (1nm) / 자연 산화(300 Langmuirs) / Ta (0.4nm)
------	--

(주1) 실시예1 내지 5의 NiFe의 화학 양론적 조성은 Ni80%Fe20%, CoFe의 화학 양론적 조성은 Co90%Fe10%, IrMn의 화학 양론적 조성은 Ir22%Mn78이다.  
(주2) 실시예 1 내지 4의 상표면은 Cu-Ta 산화물로 되어 있다.

, langmuire  $1 \times 10^{-6}$  Torr 1

12 (b) (Hex) Fe 12 (d) IrMn 1 MR 12 (a) Hua Hex가 8% Cu MR CoFe 12 (c) (Hua) MR CoFe

1 , 가 , CoFe CoFe 가  
 3800e Fe 가 0.11erg/cm<sup>2</sup>

2 가 H<sub>90</sub> 13  
 90 Fe , 1200Langmuiers 90 . 600Langmuiers

a , MR . Cu T  
 Fe Cu - Ta Cu - Ta CoFe  
 Fe 가 Fe  
 13% MR 10%가 MR 1200 Langmuiers Fe 2 1200 Langmuiers MR  
 1200 Langmuiers MR

가 MR 1000 Langmuiers ~ 8000 Langmuiers

3 IrMn Fe 3

(IrMn과 산화물 사이의 CoFe 막두께, 산화전의 Fe 막두께)에 의한 H<sub>90</sub>와 MR<sub>90</sub>의 변화

(CoFe, Fe)	H <sub>90</sub> [Oe]	MR <sub>90</sub> [%]
(1nm, 1nm)	220	14.7
(1nm, 2nm)	185	6.21
(2nm, 1nm)	241	7.94
(2nm, 2nm)	444	12.3

IrMn Fe CoFe  
 가 1nm , 2nm 2nm ,  
 Hua가 , 2nm 3nm

4 Fe Fe가 2nm  
 3000Langmuiers, 2nm , 12000Langmuiers . Fe  
 Fe가 Fe  
 MR 14 Fe H<sub>90</sub>  
 Fe 1nm~3nm가 , 1.5nm~2nm가

5 Cr MR 15 . 90  
 Fe 500e( 0.014erg/cm<sup>2</sup>)  
 Fe, Cr 1~5 , Fe, Cr Mn  
 가

(1) ,

(2) ,

(3) Fe, Cr, Mn . (1)  
 , Fe, Cr, Mn 가 . (2) (1) 가 . (3)  
 가 . (1)~(3) 가 , 40~100  
 77K~295K 가 . , (1), (2)

GaAs , Si , MgO ,  
 地) NiFe fcc 가 , Ru, Cu, Au, NiFeCr (下

가 . 2 가 ,  
 가 가 . 45 가 ,  
 , 2 Ms · t  
 가 Ms · t 1:5 80deg.  
 가 50e  
 가 3.6nmT  $1.4 \times 10^{-3} \text{ erg/cm}^2$  가 .  
 가 ( )  
 가 .

16 16 (1200) , (1202)  
 가 , (1204) .

16 , (1200) (1210) (1204)  
 1204) (1206) (1206) (1208) (1210) (

(1206)  
 (1206)

(1204) (1204) (1206)

(1204) 가 (1204) 가 가 , , .

가 가 가 가 가 가 .

16

(1208) 16 x (1206) (1202)

(1204) 16 (1202)

16 , x . ,

(7) (9) 17 (a) z (7) (

) 가 (9) . .

( ) (12065) 17 (b) (120

(12064) (12066) (1208) (12067) (120

67) x (12064) 가 .

( ) (12065)

18 (1206) (

) (1202) ,

(12067) (1206a) ,

(1204) y 가 .

x (1206a) (1202)

가 . , (x )

(1204) 가 가 .

(1204) (1206a)

가 가 18 , 18

가 가 , (CPP ) GMR 가 .

2

가 , 가

CPP(Current Perpendicular to Plane)

가 . 19 .

(125), (127), (47) 1 (121), (123),  
 (129), (131), 2 (133),  
 가 (127) (135), (137) . (131),  
 가 (131) ,

가 .

가 ,

가 . ,

가 .

가 .

가 .

2 .

( ,

) .

가 , 가 . 가

(57)

1.

1 , 1 1 1 , 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 2 , 1 3 2 , 1 3 2 .

2.

1 , 가 (價數)가 2 (混相膜), 가 가 2

3.

1 1 , 가 가 2 , 가 가 2 1 1 , 1 2 3 2 , 1 1 2 3

4.

3 ,

1 1 , 3 2

5.

2 3 ,

가 가 Fe , FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

6.

2 3 ,

가 가 Cr , CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CrO<sub>3</sub>, CrO<sub>5</sub>

7.

2 3 ,

가 가 Mn , MnO, MnO<sub>2</sub>

8.

1 4 ,

2 2 , 3  
2 ,

9.

1 4 ,

3 3 , 2  
3 ,

10.

1 ,

1 1 1 ,

1 , 1 1 2 , 1  
1 1 2 ,

3 2 , 1  
3 2

11.

10 , 가 가 2 , 가 가  
2

12.

1 1 , 가 가 2 , 가 가 2  
1 1 , 1 , 1 2  
3 2 , 1

13.

11 12 , 가 가 Fe , FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

14.

11 12 , 가 가 Cr , CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CrO<sub>3</sub>, CrO<sub>5</sub>



3 2 , 1

20.

1 1 ,  
 1 2 2 ,  
 1 2 가 가 2 , 가 가 2 ,

21.

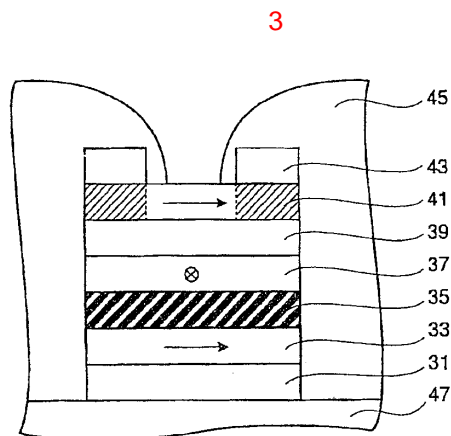
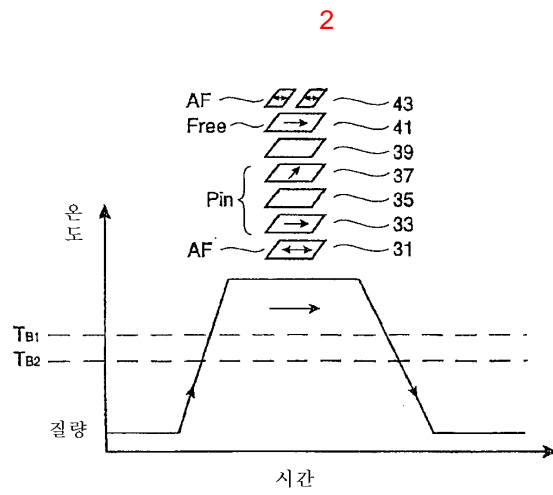
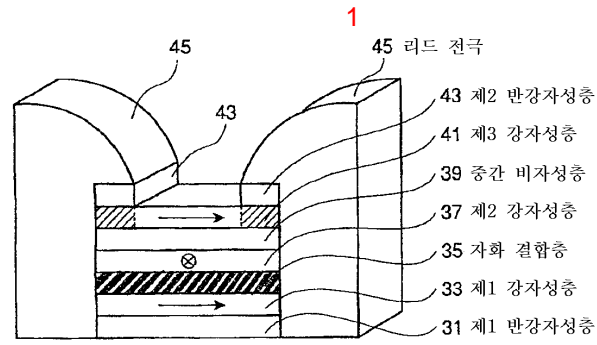
20 ,  
 가 가 Fe , FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

22.

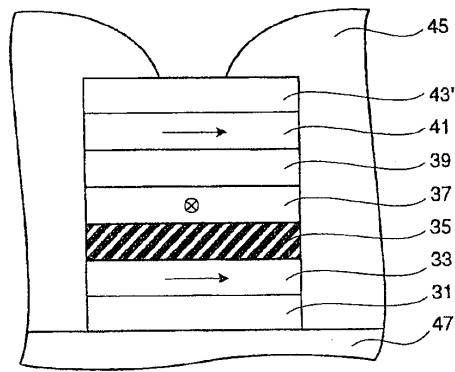
20 ,  
 가 가 Cr , CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CrO<sub>3</sub>, CrO<sub>5</sub>

23.

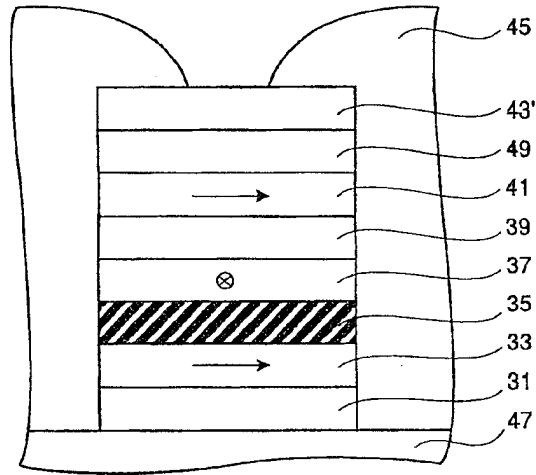
20 ,  
 가 가 Mn , MnO, MnO<sub>2</sub>



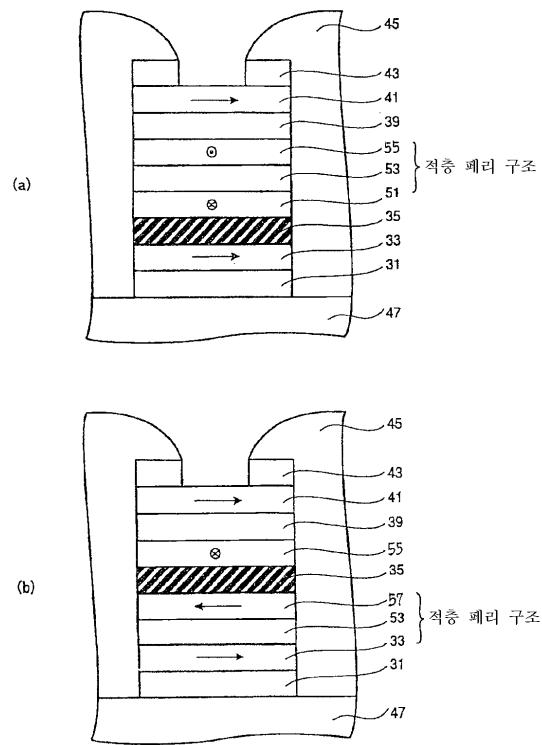
4



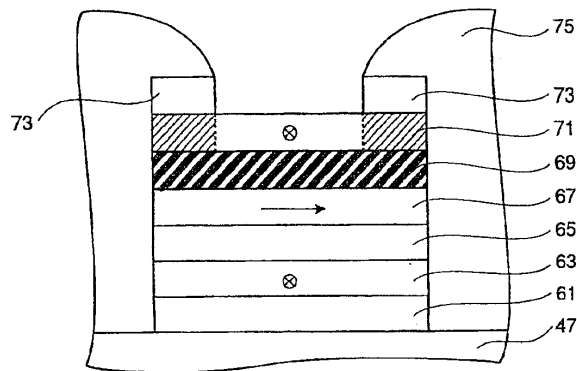
5



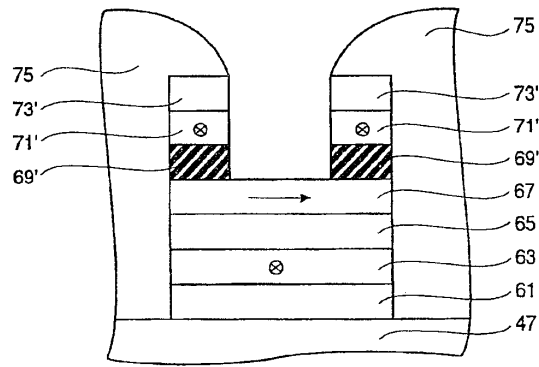
6



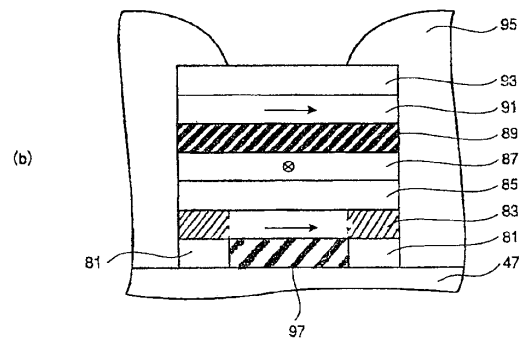
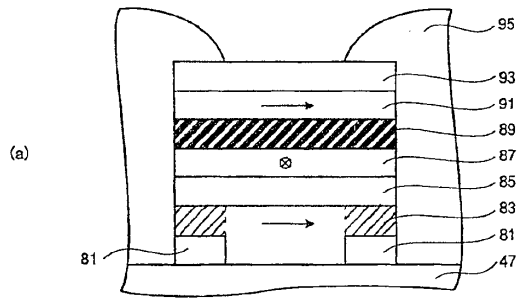
7



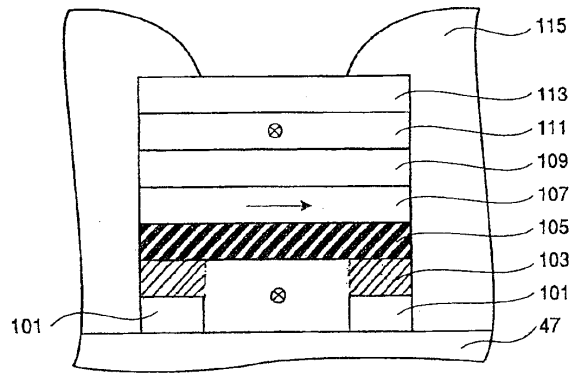
8



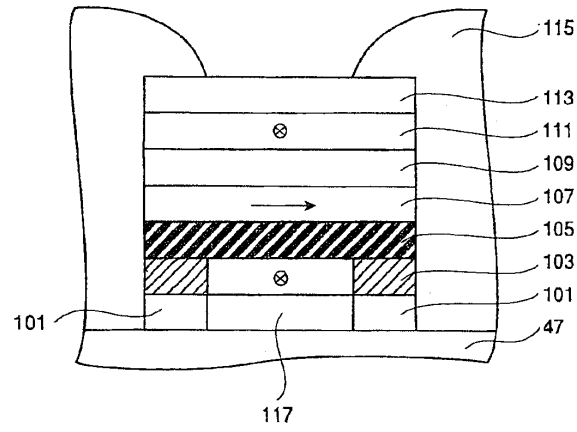
9



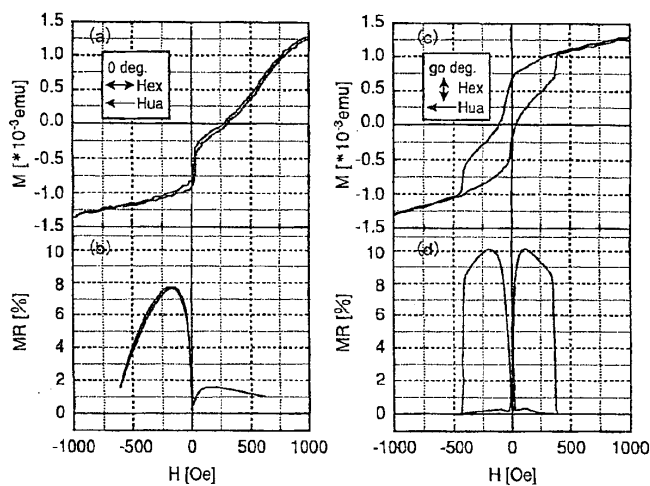
10



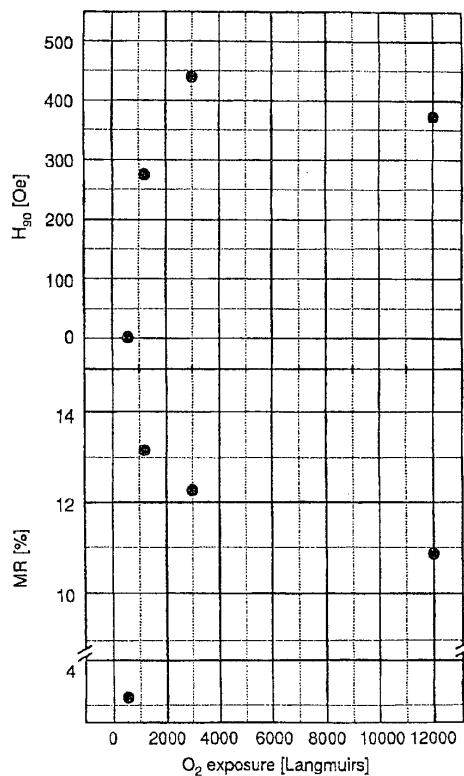
11



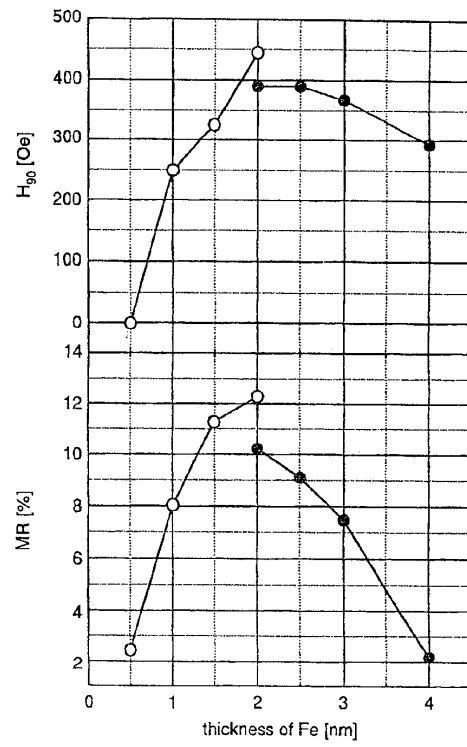
12



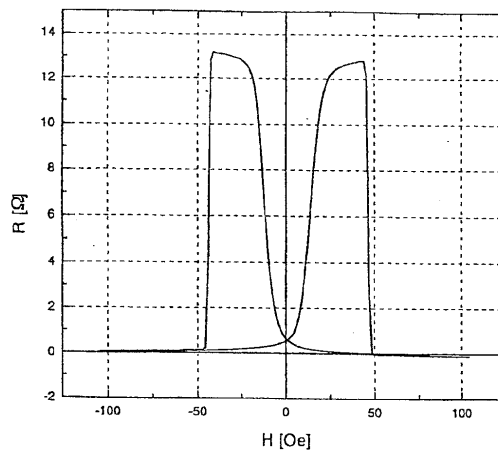
13



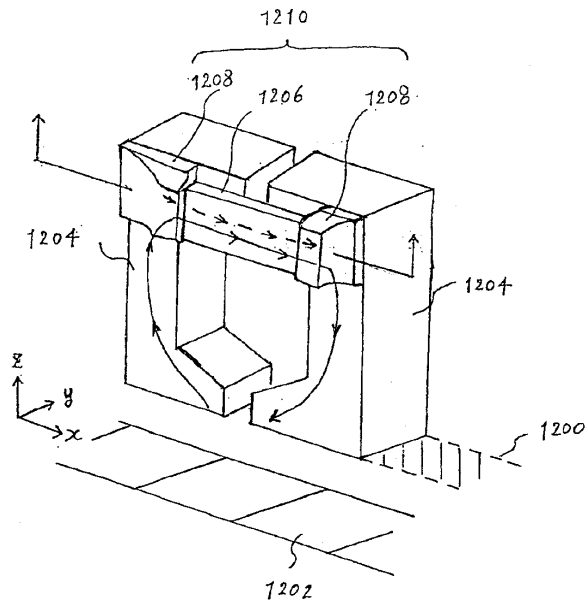
14



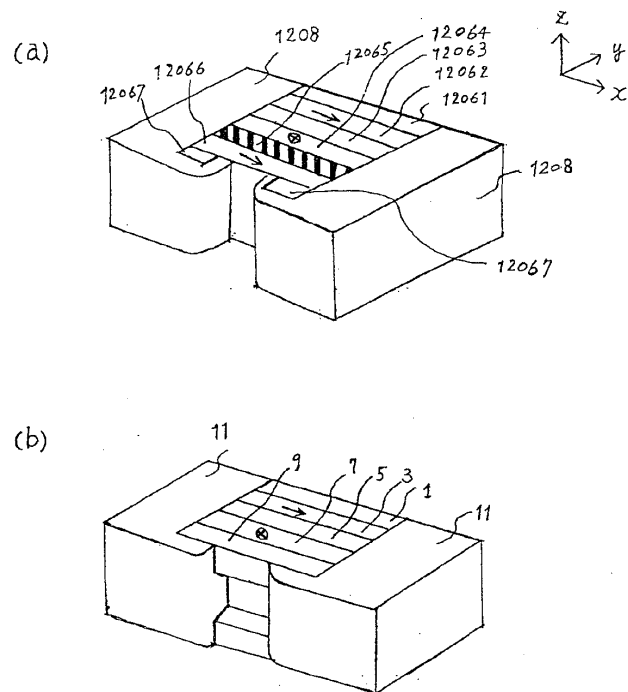
15



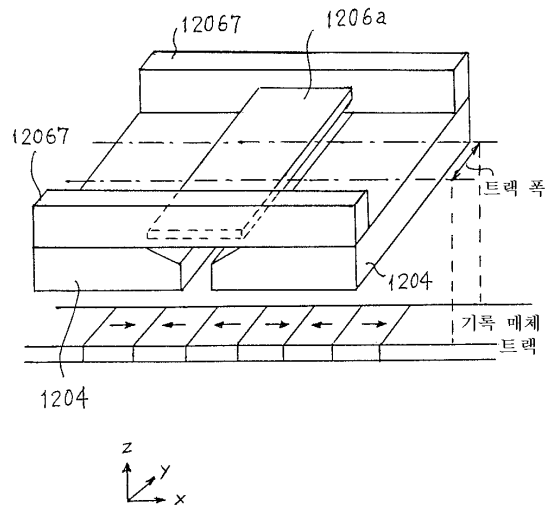
16



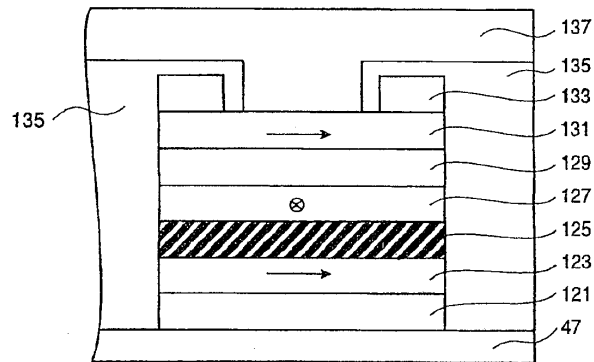
17



18



19



20

