

(19) (KR)
(12) (A)

(51) Int. Cl.⁷
G11C 11/22
G11C 11/00

(11) 10-2004-0104413
(43) 2004 12 10

(21) 10-2004-0039925
(22) 2004 06 02

(30) 10/453,137 2003 06 03 (US)

(71) 1076 1

(72) 95148 3569

(74)

:

(54)

3

가

1 , 1 ,

,

,

,

0T-FeRAM

3

1 2020

2 FeRAM

3 4 B-B 3-D 0T-FeRAM 가

4 3 A-A 3 3-D 0T-FeRAM 가

5 3 4

6 3-D 0T-FeRAM 1

7 3-D 0T-FeRAM 2

8 2 3-D 0T-FeRAM 가

< >

300 : 3 (3-D) 0T-FeRAM

301 :

302a, 302b :

303 :

304a, 304b :

305 :

306 :

307 :

308, 315 :

309 :

310 :

311a, 311b :

312a, 312b :

313a 313d :

316 :

317 :

500 :

501 :

502 :

(solid-state memory)
3 (3-D)

1 2020

1 2002

가

'DEV'

'RES'

1

, 3 (3-D)

mm 3.5 (HDD) 300
HDD HDD가 DRAM 가 10 DRAM F
LASH 100 60% 가 3-D
, 4가 HDD가 2가 3-D
ATRIX HDD 4가 PROBE M
versal Memory) - (OT-FeRAM : zero-Transistor Ferroelectric Memory)
HDD , HDD DRAM(가 HDD 2
가 ,)

1

SRAM

(SRAM : Static Random Access Memory) 6 MOSFET
MOSFET

2002 IEEE IEDM Tech. Digest
'Does Source-to-Drain Tunneling Limit the Ultimate Scaling of MO

707 SFETs?' J. Wang

가

2 nm

4 nm

, -k(k가) (high-k dielectric insulation)

가

5 6 nm

, 130 nm (half-pitch) 65 nm 가
가 2020 11 nm http://pu
blic.itrs.net . 11 nm 가 11
13 nm (EUV; Extreme-UV) F = k /NA
, NA (EUV) (phase shift mask) 0.25
merical Aperture) . D. M. Williamson 0.55
ield Optical Reduction System' 5,815,310
5 nm 가 'High Numerical Aperture Ring F
가
, k = NA = 0.4 가 11 nm
가 6 nm , 가

SRAM
SRAM

50F² , F = 11 nm

0.1 Tb/in² 가

가

DRAM

HDD

1 Tb/in²
(magnetic islands) (stamp) (e-b
eam master)가 1 Tb/i
n² 2 , 2002 Micr
electronic Engineering, vol.61-62 745 S. Yasin 'Comparison of MIBK/IPA and
Water/IPA as PMMA Developers for Electron Beam Nanolithography' 1

HDD 가 1 Tb/in² 가 , 2010

FLASH

FLASH 가 FLASH , FLASH , NAND AND FLASH

50 FLASH 가 1/2 , FLASH HDD 2 (two-bits-per-cell technology)

가 FLASH (granularity) / FLASH

, FLASH 가 10 8 nm 가
gy Journal, vol.6 23 A. Fazio 2002 Intel Technolo
gration Challenges' 'ETOX Flash Memory Technology: Scaling and Inte
FLASH SRAM 4
8

NOR FLASH (drain - induce
 d barrier lowering) 65 nm ,
 A. Fazio , NAND FLASH
 40 nm ,
 , 2002 IEEE Electron Device Letters, vol.23 264 J. D. Lee
 'E fFects of Floating Gate Interference on NAND Flash Memory Cell Operation'

1 NAND FLASH 4 30 nm 가 NAND NROM FL
ASH , , ,
가

PROBE

가	2-D	(cantilever)가
ipede' chnology, vol.1 39 rage'	IBM 2002	IEEE Transactions of Nanote 'The Millipede - Nanotechnology Entering Data Sto

HDD . . , 4 MB/s
100 kHz 160,000 400
. PROBE FLASH 1'

, 5 mW 400 C , 4 MB/s 2W 가 , 20 PROBE
가 (indent) 2 FLASH .
3 가 PROBE 2-D .

가 , 2 가 , 1
가 , 1
가 , 1
, PROBE
가
가 , 1
1 Tb/in² , IBM
가 1 Tb/in² , 1
1999 Applied Physics Letters vol.75 3566 E. B. Cooper 'Terabit
-Per-Square-Inch Data Storage with the Atomic Force Microscope'
2002 Applied Physics Letters vol.80 2225 E. Yenilmez
'Wafer Scale Production of Carbon Nanotube Scanning Probe Tips for Atomic Force Microscopy'

OUM

IEEE ISSCC Tech. Digest 202 M. Gill 'Ovonic Unified Memory - a High Performance Nonvolatile Memory Technology for Stand-Alone Memory and Embedded Applications' (OUM) ()
)가 . OUM (400
 600 C)가 . (nucleation) (50 ns)
 100

OUM 가 (FLASH ,) 가 FLASH 가 .
100 2 가 가 1 . 2 OUM 가

OUM
omic-scale granularity) 가 가 , - (at
가
가
가
10 nm 600 G 10⁷ A/cm² OUM
가

), 10⁻⁸ A/cm² (, IEEE Interconnect Technology Conference Proceedings 265
 , 2002 'Copper Damascene Interconnects for the 65 nm Technology Node: A
 G. Steinlesberger First Look at the Reliability Properties'

Journal of Applied Physics, vol.53 5359 O. H. Kim 'Effects of High-
 Current Pulses on Polycrystalline Silicon Diode with N-Type Region Heavily Doped with both Boron and Phosphorus'
 F. Gonzalez 'Three-Dimensional Container Diode for Use with Multi-State Material in a Non-Volatile Memory Cell'
 10⁶ A/cm² 10⁵ A/cm² 6.429.449
 1982

, 100 가 . 가 . , F. G.
onzalez 6,429,449 . 가 . ,
(via) . OUM . 가 .
,

943 K. W. Guarini 'Electrical Integrity of State-of-the-Art 0.13 μ m SOI CMOS Devices and Circuits Transferred for Three-Dimensional(3D) Integrated Circuit(IC) Fabrication'
2002 IEDM Tech. Digest(IEEE) (SOI)

3-D IC 가 Canon
 ELTRAN 1997 IEICE. Trans. Electron
 vol.E80C 378 K. Sakaguchi 'Current Progress in Epitaxial Layer Transfer(ELTR
 AN)' ELTRAN
 (cavity) ($> 600^{\circ}\text{C}$)

3-D ($< 600 \text{ C}$) 가 3-D
2 가 (CMP) 가 OUM
3-D 가 가
3-D MOSFET OUM

70 μm 1000 가 300 nm 5 가 EUV 5000 , 40 가
 5 3 가 , 600 가 가 SOI
 1000 가 , 700
 600 600 가 가 3-D 1800
 가 , 60 가 가 3-D 가
 1 OVM (1) 가 SOI () 3-D 4
 가 (3) 가 10 nm HDD (2)

MJT - MRAM 3D - MRAM

ata , 2001 IEICE. Trans. Electron. vol. E84-C 740 K. Inomata
'Present and Future of Magnetic RAM Technology'
MRAM(MTJ-MRAM)

MTJ-MRAM 가 가
 가 , 40 nm (cubeshaped magnetic bit)
) $K_u = 50k_B T/V = 3.5 \times 10^4 \text{ ergs/cm}^3$ 가 . 1000 emu/cm³ 가 ,
 ersal) $H_k = 2K_u/M = 70 \text{ Oe}$ 가 . Stoner-Wohlfarth (magnetic rev
 , H_k . 40 nm × 40 nm
 (45) 가 40 nm 70 Oe
 , $j = (5/2)^{1/2} H_k/d = 6 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 가 . MTJ-MRAM 40 nm
 , $1 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 가 . MRA

MRAM
action of Magnetics, vol.36 2796
for Memory and Read-Head Applications' 2000
P. P. Freitas
'Spin Dependent Tunnel Junctions
IEEE Trans
10⁻¹ A/cm²

MATRIX

MATRIX (anti-fuse)
2002 Scientific American, vol.286 52 T. H. Lee 'A Vertical Le
ap for Microchips' MATRIX 가
3-D MRAM 3-D 가 Matrix Semiconductor MAT
RIX 3-D 가
1 가 (2) (1) 가 가
.

1T - FeRAM

1T-FeRAM MOSFET, 2 (200)
1T-FeRAM 가
가 DRAM . , 1998 Phy
sics Today, vol.51 22 O. Auciello 'The Physics of Ferroelectric Memories'
가 , (2) 가 100 , (3)
가 (polarization) 가
가 .

1 T - FeRAM 가, 가 2001
 (a gain cell), 'Overview and Tr
 IEICE. Trans. Electron. vol.E84-C 747 D. Takashima, 1T-FeRAM DRAM
 end of Chain FeRAM Architecture', 10 nm 가
 , 2.5 nm Pb(Zr, Ti)O₃ (PZT) T. Yamamoto
 , 1996 Integrated Ferroelectrics, vol.12 161
 'Calculated Size Dependence of Ferroelectric Properties in PbZrO₃ - PbTiO₃ System'
 9 PZT 4 nm , 199
 Applied Physics Letters, vol.75 856 T. Tybella 'Ferroelectric in T
 hin Perovskite Films', 13 nm
 가 2002 Jpn. J. Appl. Phys. vol.41 L716
 T. Kijima, 'Si-Substituted Ultrathin Ferroelectric Films'

, 6 nm (scanned probe)
 2002 Applied Physics Letters, vol.81 4401 Y. Cho 'Tbit/inc
 h² Ferroelectric Data Storage Based on Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy'

가 , 2
 가 , 1 1T 0T-FeRAM 10 nm

, 1T-FeRAM DRAM DRAM (perovskite)

3-D

3-D

1 , , , , 1 1

가

, 가 , , 1

가 ,

가

1 1 1 2 , 2

2

가 ,

1 , , , , 2 2

2

2

1

2 가 , 2

가

1 1 , , , , 2 2

가

3

3 , 1

3

3

3 , 3

가

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

1

가 1

5 . . , 3

1 1 . 3
가 ,

3

, 2

0T-FeRAM 가 3 (3-D) ,
가 . , , 2
가 . , , 3

0T-FeRAM 3-D
1479 T. Nishihara, 2002 IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol.37
rage' 'A Quasi-Matrix Ferroelectric Memory for Future Silicon Sto
(back-end processing) 가
8 600 C

0T-FeRAM 3-D T. Nishihara
가 가 가 가

Nishihara

가

가

가 가

0T-FeRAM

40

가
가
2-D

EUV

3

가

16

1920

5000

가 1

0T-FeRAM

080

가
가
2-D

10

가 1

가

FeRAM

,

가

'201'

(cross-bar)

O. Auciello

2

(minor polarization loop)

MRA

M

(half-select scheme)

MRAM

DRAM

, FeRAM

2002

IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol.37 1479

T. Nishih

ara

Nishihara

145

'A Quasi-Matrix Ferroelectric Memory for Future Silicon Storage'

T.

'Ferroelectric Memory and Method for Accessing Same'

6,301,

HDD FLASH

가

(

2

3-D 0T-FeRAM

가

(300)

3 4

B-B

3

가

4

A-A

4

3-D 0T-FeRAM

(300) 가

(300) 가

(300)

(301)

(301)

3

4

2

(302a, 302b) 가 3

(302a, 302b)

가

(304)

(303)

(304a, 304b)

(311)

(305)

(300)

3

(306)

(306)

(305)

(301)

(301)

3

4

07)

(306)

3-D

(307)

(305)

(306)

(307)

(301)

(3)

(301)

(308)

(309) 2-D

6

(300)

1 ns
 nm M = 1024, C = 17 fF, A
 2PA/V = 0.1 fF
 50 fF 가
 24 μ A 가
 CV/I = 1
 = 5 μ -cm
 0.2 ns
 22 \times 11 nm
 가
 (100 fF
 (17 fF
 5 ns
 15 ns
 2 ns
 22 μ m
 (slew-rate-limited)
 가
 2 ns
 C = M
 0 A/s
 M
 가 11
 , 22 \times 11 nm
 가
 2 ns

(interface scattering)
 5 k
 RC
 HDD 1
 7
 1
 1
 8 GB/s

CV²
 0
 , PL11(6 7)
 ,
 V/3
 가
 V/2
 가
 2V/3
 V/2

7
 1
 가
 0.5 pJ
 10 W
 15 ns
 200 MB/s
 64
 1024
 1000
 , 0T-FeRAM HDD
 cm²
 12 μ A
 18 μ W
 50 ns
 OUM
 OUM
 1
 1
 600 C
 11 nm \times 11 nm
 1.5V
 OUM
 2000
 CV²
 35 μ W
 10⁷ A/
 OUM
 1

3-D
 3-D
 FLASH
 HDD
 DRAM
 가

(57)

1.

가 , 가 , 가 ,

,

가 , 가 , 가 ,
가 , 가 , 가 ,

2.

3.

1 ,

4.

1 ,

5.

1 , 1

6.

1

7.

2

8.

7 , 가 .

9.

7 , 가

10.

1 , , 2 , 1 ,

2 가

가

2

2 , 2 ,

가

11.

10 , , ,

, , ;

3 , 1 , ,

3 가 ;

가

3

, 3 ,

가 ,

12.

11 , , ,

가

13.

1 , , 2 , 1 ,

2 가 ,

;

가

2

2 가 , 2 ,

가 가 ,

14.

13 , , ,

가

15.

,

, 1 ,

1

;

3

;

3

;

2

,

16.

15 , 1 ;

1 , , 2

2

가

,

17.

15 , 3 ;

18.

1 가 1 가 ; 가 ; 가 ;

;

1

;

2 V 가 ;

;

0

1 가 ;

;

1 가 ;

;

1 가 ;

19.

18 , ,

1 ;

1 , 2

;

2

가

,

2

가

,

20.

21.

22.

1 1 ;
가 가 ;
가 가 ; 3 ; 3
; ;
,

23.

22 ,

24.

22 ,

1 , 2
가 ,

2 가

25.

가 1 가 1 ;
가 가 ; 3 ; 3
가 ; ; 2

V/3 가 ;

2V/3 가

∨ 가 :

26.

25

27.

25

1

1

가

2

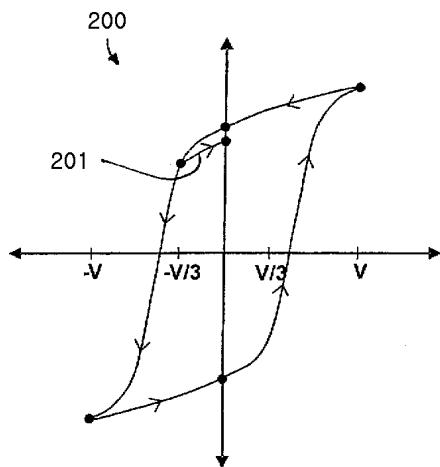
2

가

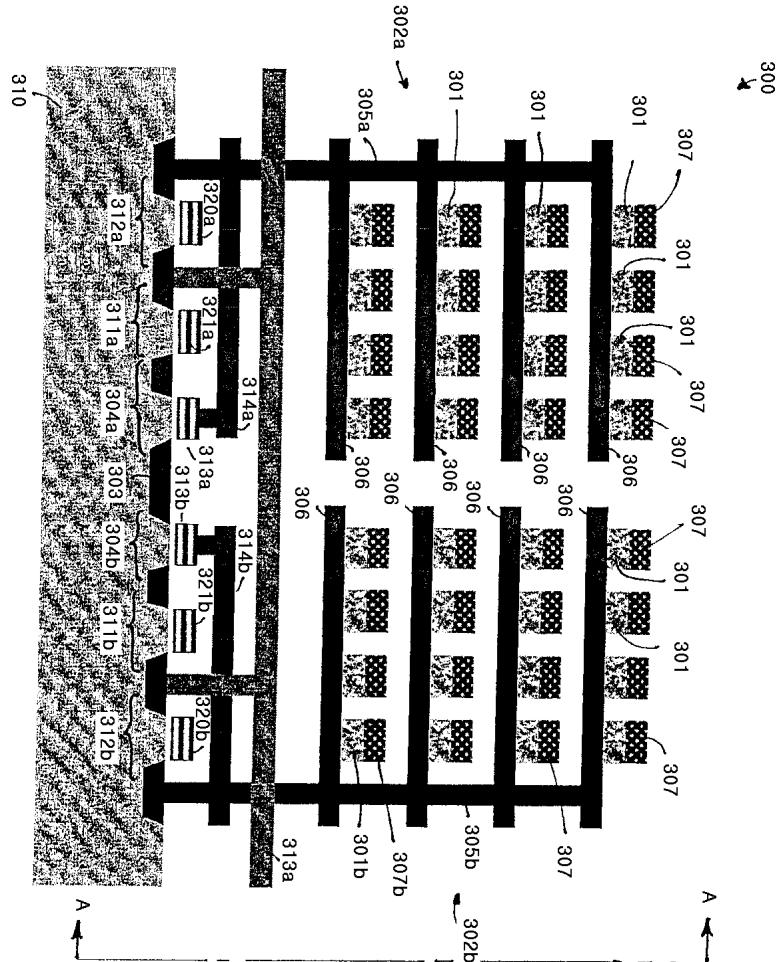
1

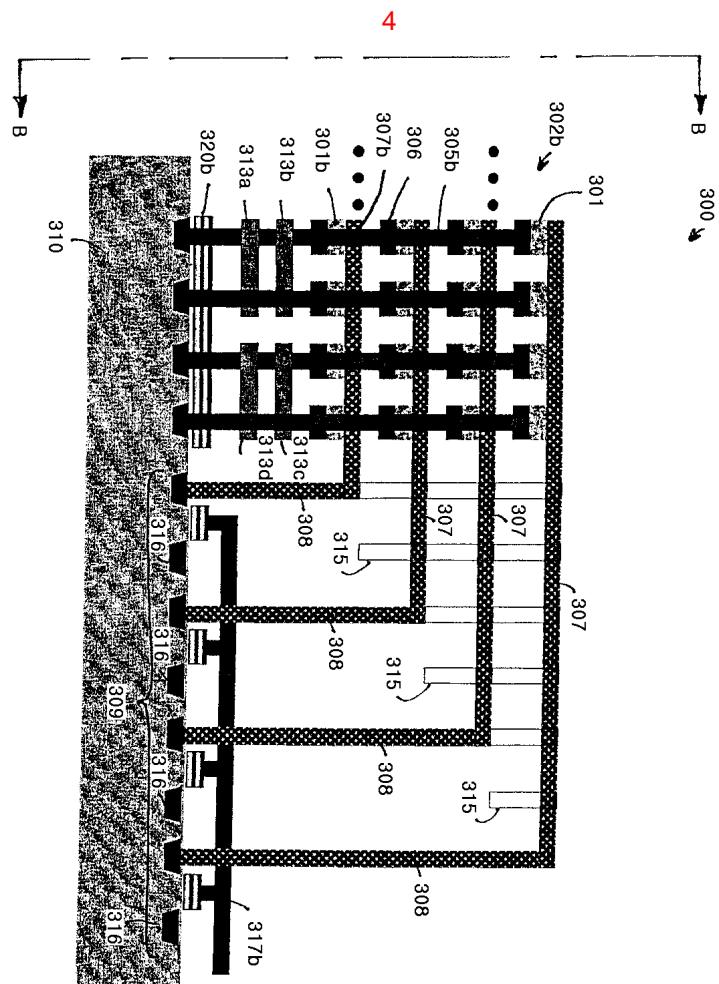
	SRAM	DRAM	HDD	FLASH	PROBE	OUM	MTL-MRAM	3D-MRAM	MATRIX	1T-FRAM	0T-FRAM
최소 크기	50F ²	8F ²	5F ²	5F ²	5F ²	8F ²	5F ²	5F ²	8F ²	5F ²	
최소 "F"	10 nm	30 nm	10 nm	30 nm	3 nm	10 nm	40 nm	40 nm	10 nm	10 nm	
최대 비트/셀	1	1	1	1	4	1	2	1	1	1	
최대 총 수	1	1	1	1	1	1	4	1	12	12	
최대 밀도	0.1 Tb/in ²	0.07 Tb/in ²	1 Tb/in ²	0.4 Tb/in ²	10 Tb/in ²	8 Tb/in ²	0.04 Tb/in ²	0.75 Tb/in ²	12 Tb/in ²	0.06 Tb/in ²	
반응 면적 (AU)	10	10	1	10	10	16	10	16	16	10	
최소 반응 비트 (AU)	100	140	1	22	1	2	250	20	1.3	15	
비이터 보존	전력 공급	0.1 sec	> 10 yrs	> 10 yrs	> 10 yrs	> 10 yrs	> 10 yrs	> 10 yrs	> 10 yrs	> 10 yrs	
내구성	> 10 ⁵	> 10 ¹⁵	> 10 ¹²	> 10 ⁶	> 10 ⁵	> 10 ³	> 10 ⁵	> 10 ¹⁵	1	> 10 ¹⁴	
비이터 트래픽	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
최소 반복 시간	0.2 ns	1 ns	10 ⁸ ns	5 ns	10 ⁶ ns	5 ns	1 ns	10 ⁴ ns	1 ns	5 ns	
최소 기다림 시간	0.2 ns	1 ns	10 ⁶ ns	10 ⁶ ns	50 ns	1 ns	10 ⁴ ns	10 ⁴ ns	1 ns	10 ns	
비트당 기기 면적	제-고	고	매우 높음	매우 높음	매우 높음	매우 높음	중-고	중-고	고	제-고	
수익 (2002)	40억 달러	170억 달러	200억 달러	80억 달러	DEV.	DEV.	DEV.	DEV.	1억 달러	RES.	

2

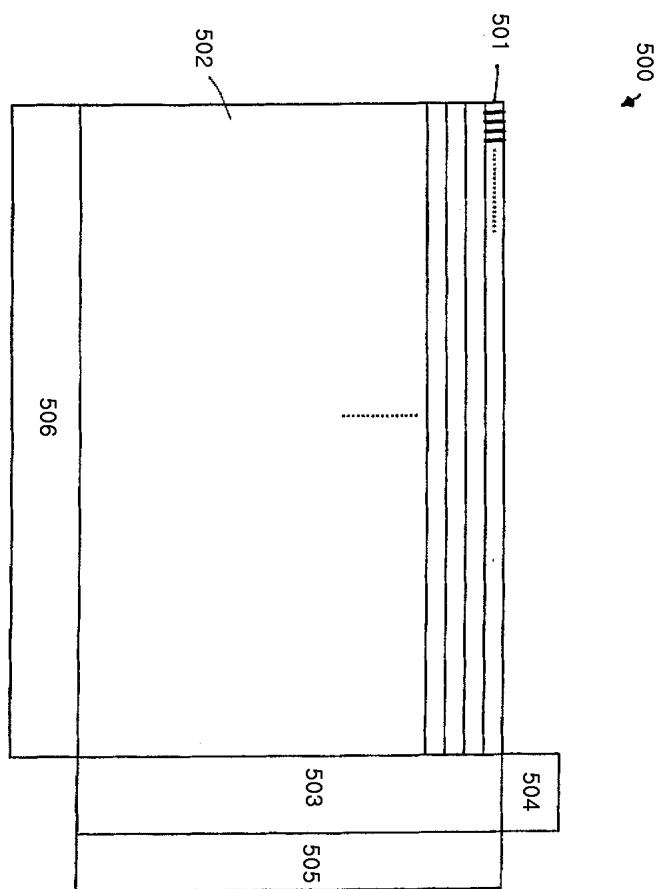


3





5



6

