

(19)
(12)(KR)
(B1)(51) 。 Int. Cl.⁷
H01L 21/31(45)
(11)
(24)2004 05 03
10-0429750
2004 04 20(21) 10-2000-0013954
(22) 2000 03 20(65)
(43)10-2000-0076915
2000 12 26

(30) 1999-075097 1999 03 19 (JP)

(73) 가 가 1 1 1

(72) 가 가 8가 가

가 가 8가 가

(74)

:

(54)

Al EM
(4) , 1 (3) , (3)
iO₂ (4) , 2 (5) , 1 (4) (young's modules) 1 F 가 S
ds 400nm, 2 (2) d_h 10nm d_M 400nm, 1 (1)

1

, , (EM), ,

1 1 .
2 2 .
3 3 .
4 4 .
5 5 .
6 6 .

< >

1 : TEOS-SiO₂
2 :
3 :
4 : 1
4a 4d, 42, 61 65 :
5 : 2
21 :
31 : SiO₂
32 : SiN
41 : 1
43 : 2
51 : 3

LSI ,
LSI 가 가 , (-) (+) , EM 가 ,
가 , EM
SiN , 50GPa EM
가 ,

EM EM ,
EM , EM

1 , 1 , 1 , 1 ,
1 , 2 M , s , h , E
M , E_s , E_h , d_l = d_s + d_h , E_l = (d_s E_s + d_h E_h) / d_l ,
1 , 2 , 1 , 2 ,

1

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot \left(\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M} \right) < 5 \times 10^{-4}$$

(1) 1 15GPa , 2 15GPa

(2) 1 , , i d_{si} , E_{si}
 , si ,

2

$$d_s = \sum_i d_{si}$$

$$E_s = \left(\sum_i d_{si} E_{si} \right) / d_s$$

$$\alpha_s = \left(\sum_i d_{si} \alpha_{si} \right) / d_s$$

(3) 1 1

(4)

(5) 가 Al , k_1 1 , k_2 10^{-3}

(6) 가 Cu , k_1 1.2 , k_2 10^{-3}

()

(, EM) , EM n , MTF(M
 eans Time to Failure)

, EM 1 , n EM
 , EM (

, s , EM
 ,

$$s = d / dT = E_M \cdot (\alpha_M - \alpha_I)$$

, TEOS-SiO₂ SiN , 50GPa , Al 1/10

, 15GPa

, 가 ,

3

$$s = \frac{d\sigma}{dT} = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot \left(\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M} \right)$$

, E_I , d_M , d_I , k_1 , k_2

(1) s , s
 , EM

(3), 1 (4) 2 (5) , 2 (5)

(, EM) , EM , n , MTF(Me

ans Time to Fai1ure) , EM 1 , EM

), n 2 , EM , 2 , n 2

, 1 s , EM n=2 s 5×10^{-4}

-4 가 , EM 4 s 5×10^{-4}

, n 2 가

s $< 5 \times 10^{-4}$

, EM 가 , s $< 5 \times 10^{-4}$

1 2 가 , 2 (

5) 300nm (5) SiN 100nm 4 5) , s , M

TF, n 1

[1]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙 내성 |
|--------|----------------------|--------|--------|----------------------|-----|-----|-------|
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 0 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 10 | 1.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 100 | 2.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 200 | 3.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 300 | 3.7×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 400 | 4.0×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 1000 | 4.9×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 1300 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 0 | 1.6×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 100 | 3.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 200 | 4.3×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 300 | 4.9×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 400 | 5.4×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 10 | 1.8×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 50 | 3.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 100 | 4.5×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 200 | 6.0×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 400 | 7.6×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 600 | 600 | 9.6×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

1 , 1 2 (4 5) 600nm TEOS-SiO

2 600nm SiN
Al, $E_M = 80\text{GPa}$, $d_M = 400\text{nm}$, $M = 2.4 \times 10^{-5}$, Al
, $k_1 = 1$, $k_2 = 1.0 \times 10^{-3}$
, TEOS-SiO₂ SiN (h) 7×10^{-6} , F가 SiO₂ (3)
 d_M , (2) Al (3) 400nm
, 1, 가 EM (MTF) 75, MTF
120, 가, MTF가 90, 90
120
n, EM
n=2, 2
, n 2
, 1 (4)
, 1 (4), MTF, n 2
, 1 (4), 2 (5) 10nm, 2 (5)
가, s 5×10^{-4} , MTF n
s 5×10^{-4} , MTF가 20%
n 2, s 3.2×10^{-4} , n 2, MTF
가 60%
, 2 (5), F가 SiO₂ 1300nm, TEOS-SiO₂ 300nm
, SiN 200nm, MTF가
1, 1 (4) 15GPa, 2 (5) 15GPa
F, n 2, 1 (4) s, MT

[2]

| 제1 절연막 | 제2절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙내성 |
|-----------------------------|-------|--------|--------|----------------------|-----|-----|------|
| 유기 SOG(5Gpa) | SiN | 400 | 0 | 9.8×10^{-5} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG(5Gpa) | SiN | 400 | 10 | 1.4×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG(5Gpa) | SiN | 400 | 50 | 2.8×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG(8Gpa) | SiN | 400 | 0 | 1.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG(8Gpa) | SiN | 400 | 10 | 1.9×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG(8Gpa) | SiN | 400 | 50 | 3.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG(10Gpa) | SiN | 400 | 0 | 1.9×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG(10Gpa) | SiN | 400 | 10 | 2.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG(10Gpa) | SiN | 400 | 50 | 3.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (15Gpa) | SiN | 400 | 0 | 2.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| F첨가SiO ₂ (15Gpa) | SiN | 400 | 10 | 3.1×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (15Gpa) | SiN | 400 | 100 | 4.1×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (28Gpa) | SiN | 400 | 0 | 4.7×10^{-4} | ○ | > 2 | × |
| F첨가SiO ₂ (28Gpa) | SiN | 400 | 10 | 5.0×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (28Gpa) | SiN | 400 | 50 | 5.7×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (28Gpa) | SiN | 400 | 0 | 5.7×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (28Gpa) | SiN | 400 | 10 | 5.9×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| F첨가SiO ₂ (28Gpa) | SiN | 400 | 50 | 6.5×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS(57Gpa) | SiN | 400 | 0 | 8.0×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |
| TEOS(57Gpa) | SiN | 400 | 10 | 8.1×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |
| TEOS(57Gpa) | SiN | 400 | 50 | 8.4×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

2, Al (3), 1 (4), SOG, F가 SiO₂
, TEOS-SiO₂, SOG,

450 , 30 , 45 , 60 , F 가 SiO₂ , F 가 SiO₂ F ,
 가 F 4 RI%, 6RI%, 8RI% ,
 가 36GPa, 28GPa, 15GPa . , F 가 SiO₂ F 1
 0GPa, 8GPa, 5GPa , 5GPa 57GPa
 , 1 (4) , 2 (5) SiN 10nm (4) 5nm , 10
 nm 50nm (3) Al , 1 (4) TEOS-SiO₂ , 2 (5)
 1 (4) 36GPa , 2 (5) 28GPa ,
 , EM , 15GPa ,
 EM 15GPa , SiN 10nm ,
 EM SiN 가 10nm, 50nm
 , 1 (4) 15GPa , 2 (5) , 15GPa
 , 1 (4) 2 (5) , 15GPa
 , 15GPa 1 (4) , 가
 (2)
 2 2
 15GPa ,
 2 , TEOS-SiO₂ (1) (3) (3)
 1 (4) TEOS-SiO₂ (1) 1 (4) 2 (5) ,
 (3) TEOS-SiO₂ (1) (2)가 , (3) 1 (4)
 (21) 1 (4) 15GPa , 2 (5) 15G
 Pa , 1 (4) (5) F 가 SiO₂ , TEOS-SiO₂
 2 , (3), 1 SiN (4) , 2 (5) Ti/TiN, (3) Al ,
 , 1 (4) 2 (5) 가 1 4
 , 1 (4) d , TEOS-SiO₂ (1) 2 (5)
 TEOS-SiO₂ (1) 20nm Ti 10nm TiN (2a)
 400nm, 5nm Ti 60nm TiN (21) RI
 E (3) , 1 (4) 1 (4) (2 d) 600nm ,
 1 (4) , 2 (5) 1500nm , TEOS-SiO₂ 400nm ,
 2 SiN 100nm 가 (3), 1 2 (4,5) 1 (4) 15GP
 a , 2 (5) 15GPa , 1 , 2 (5)
 3 , (4 5) , s , MTF, n
 , Al TEOS-SiO₂ (600 nm) SiN(600nm)

[3]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙 내성 |
|--------|----------------------|--------|--------|----------------------|-----|-----|-------|
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 0 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 10 | 1.4×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 100 | 2.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 400 | 3.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 500 | 3.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 1000 | 4.5×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 1500 | 4.9×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 600 | 2000 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 600 | 0 | 1.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 600 | 100 | 2.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 600 | 200 | 3.6×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 600 | 400 | 4.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 600 | 500 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 600 | 10 | 1.6×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 600 | 50 | 2.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 600 | 100 | 3.7×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 600 | 200 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 600 | 400 | 6.7×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 600 | 600 | 9.6×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

d_M (2) (3) (21) , 495nm . MTF
, TEOS-SiO₂/SiN 1 2 (4,5) 1

3 , (3) 1 (4) , 2 (5) , MTF
, n 2 , 1 (4) 2 (5) 1

Onm ,
2 (5) 가 , s 5×10^{-4} ,
MTF, n . s 5×10^{-4} , MTF가 20% ,
, n 2 , s 3.2×10^{-4} , n 2
, MTF가 60% .
, 15GPa
, 1 , 1 , EM , EM
(3) (4) (3) , 1 EM
3(a) 3 15GPa

3(a) , SiO₂ (31) 1 (4) . 1 (4)
(4a 4b) , (4a) , (2) (3) , 1 (4) (2)
)가 . , (2) (3) SiN (32) . 1 (4)
2 (5) , 2 (5) 15GPa (5) (4)
15GPa , 1 (4) , 2 (5) F 가 SiO₂ TEOS-
SiO₂ , (2) Nb, (3) Al .
, (3), 1 (4) 2 (5) 가 1 4
. , 1 (4) d. , SiO₂ (31) 2 (5)
.
, SiO₂ (31) , (4a) 800nm ,

가 400nm Nb (2) 15nm ,
 CMP
 (3) (4b) 400nm (4a 4b) 1 (4)
 2 (5) SiN (32) 600nm
 2 (5) , F 가 SiO₂ 3000nm , TEOS-SiO₂ 800nm 가
 , 2 (5)
 (4 5) , s , MTF, n
 4

[4]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙 내성 |
|--------|----------------------|--------|--------|----------------------|-----|-----|-------|
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 0 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 10 | 1.4×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 400 | 2.8×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 800 | 3.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 1000 | 3.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 2000 | 4.5×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 3000 | 4.9×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 1200 | 4000 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 1200 | 0 | 1.4×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 1200 | 100 | 2.1×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 1200 | 300 | 3.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 1200 | 400 | 3.6×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 1200 | 800 | 4.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 1200 | 1000 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 1600 | 600 | 8.8×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

, TEOS-SiO₂/SiN Al
 EM 3(b) 3(b)
 , 1 (4) 2 (5) TEOS-SiO₂ (1)
 . TEOS-SiO₂ (1) 1600nm
 , 1 (4) d s , (3) SiO₂ (31)
 , (3) 2 (5) , 1200nm . 2 (5) , 1
 (4) F 가 SiO₂ TEOS-SiO₂ , SiN (32) , 1
 (4) , 2 (5)
 MTF , 3(b) TEOS-SiO₂/SiN
 (3) 1 (4)
 , n 2 , 1 (4) 2 (5) 10nm
 2 (5) 가 , s 5×10^{-4} , MTF가 20%
 MTF, n . s 5×10^{-4} , n 2
 , MTF가 60%
 , 15GPa , EM , 1
 1, 2 (4) (3) , 1,2 EM
 (4 }
 4(a) 4
 15GPa , 15GPa

4(a) , TEOS-SiO₂ (1) 1 (4) 1 (4) ,
 (2) 1 (41) 1 (41) 1 (4) 2 (5) ,
 2 (5) (42) (42) ,
 2 (5) 1 (41) 2 (43) ,
 (43) (5) TEOS-SiO₂ (1) TEOS-SiO₂ (1) SiN (32)
 , (41), 1 (4) 2 (5) 가 1 4
 , TEOS-SiO₂ (1) 1 (4) , (2) 1 (41)
 42) , RIE (41) 1 (4) 2 (5) 1 (41)
 (41) (42) (2) (42)
 2 (43) (2)
 , 1 2 (41,43) Al , 1 (4)
 (300nm) , 2 (5) F 가 SiO₂ , TEOS-SiO₂ SiN 가
 , 2 (43) TEOS-SiO₂ (1) SiN(32) 600nm
 , 2 (5) , F 가 SiO₂ 800nm , TEOS-SiO₂ 200 nm
 , SiN 50nm 가
 (4 5) , s , MTF, n 5

[5]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙 내성 |
|--------|----------------------|--------|--------|----------------------|-----|-----|-------|
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 0 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 10 | 1.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 100 | 2.8×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 200 | 3.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 300 | 4.0×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 400 | 4.3×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 800 | 5.0×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 300 | 1300 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 300 | 10 | 1.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 300 | 50 | 2.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 300 | 100 | 3.6×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 300 | 200 | 4.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 300 | 300 | 5.4×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 300 | 10 | 1.9×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 300 | 30 | 2.9×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 300 | 50 | 3.7×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 300 | 100 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 300 | 200 | 6.7×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 1600 | 600 | 8.8×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

, TEOS-SiO₂ (1) Al
 , EM 4(b) 4(b)
 , 1 (4), 2 (5), (42) TEOS-SiO₂ (1)
)
 , 1 d_M 1 (41) (300nm) , 15GPa 1 (4) d_s
 (41)
 d_h , 1 2 (41,43) F 가 SiO₂ , TEOS-SiO₂ (300nm) 2 (5) SiN
 MTF , 4(b) TEOS-SiO₂ /SiN

(41) , n 2 , MTF (4) 2 (5) 10nm , MTF, n (2) 가 , s 5×10^{-4} , s 5×10^{-4} , MTF가 20% , n 2 , MTF가 60% , s 3.2×10^{-4} .

(5) 5(a) 5 15GPa .

5(a) , SiO₂ (31) (4a) , (4a) (4a) (4b) (2) 1 (41) 1 (41) (4b) (4b) , 1 (41) (2) 2 (43) (4c) (4c) , 3 (51) , 3 2 (43) (4b) (4c) (4d) (4d) 2 (5) , 400nm (4a 4d) (4) 1 (4) 1 3 (41,43 44) 4 (3), 1 (4) 2 (5) 가 1 4

1 (41) Al , 2, 3 (43,51) , (4a 4d) 1 (4) , 1 2800nm 2 (5) SiN , 80 0nm 가 (4) (4 5) , s , MTF, n (5) 6

[6]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙 내성 |
|--------|--------|--------|--------|----------------------|-----|-----|-------|
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 0 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 10 | 1.4×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 200 | 2.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 400 | 3.4×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 500 | 3.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 800 | 4.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 2800 | 1000 | 5.2×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 2800 | 600 | 8.5×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

1 3 (41,43 51) EM , TEOS-SiO₂ Al 5(b) 5(b) , TEOS-SiO₂ EM 1 (4) TEOS-SiO₂ (1) 2800nm (1) d_M 1 3 (41,43 51) (1200nm) , 15GPa 1 (4) d_X , (4a 4d) (2800nm) 2 (5) d_h , SiN . MTF 5(b) TEOS-SiO₂/SiN

1 (4) , 5 , MTF , n 2
 (5) 1 (4) 10nm ,
 2 (5) 가 , s 5×10^{-4} ,
 , MTF, n . s 5×10^{-4} , MTF가
 20% , n 2 , s 3.2×10^{-4} , n 2
 MTF가 60% .
 2 , 3
 (6)
 6(a) 6
 6(a) , SiO₂ (31) (61 62) (62)
 1 (41) 1 (41) (62)
 (63 64) (63 64) 1 (41)
 (64)
 2 (43) 2 (43) (64) (65)
 2 (5) , 1 2 (2)가 ,
 (61-65) 1 (4)
 1 2 (41,42) 300nm (41,42) (52,64) 300
 nm (61,63 65) , 400nm
 , (41), 1 (4) 2 (5) SiN 가 1 4
 , 1 (41) Al 2 (43) ,
 2 (5) 500nm 가
 (4 5) , s , MTF, n 2 (5) 7

[7]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙내성 |
|-------------|--------|--------|--------|----------------------|-----|-----|------|
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 0 | 1.2×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 10 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 200 | 3.0×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 300 | 3.6×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 500 | 4.7×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 600 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기SOG&폴리이미드 | SiN | 1800 | 800 | 5.7×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 1800 | 600 | 8.8×10^{-4} | 종래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

1 2 (41 43) EM
 , TEOS-SiO₂ Al
 , EM 6(b) 6(b)
 (1) 1800nm (4) TEOS-SiO₂ (1) TEOS-SiO₂
 d_M 1 2 (41,43) (600nm) 15GPa 1
 (4) d_s E_s

$$d_s = d_{s1} + d_{s2} + d_{s3} + d_{s4} + d_{s5}$$

$$E_s = (d_{s1} E_{s1} + d_{s2} E_{s1} + d_{s3} E_{s1} + d_{s4} E_{s1} + d_{s5} E_{s1}) / d_s$$

$$s_l = (d_{s1} s_1 + d_{s1} s_1 + d_{s1} s_1 + d_{s1} s_1 + d_{s1} s_1) / d_s$$

, $d_{s1} \sim d_{s5}$, $E_{s1} \sim E_{s5}$, $s_1 \sim s_5$ (61 65), 5.2GPa, 10^{-3} , SsiN
 $d_s = 1800\text{nm}$, $E_s = 5.5\text{GPa}$, $s = 10^{-5}$, TEOS-SiO₂/SiN, d_h ,
 MTF, 6(b)
 (4), 7, MTF, n
 (4), 2, (5) 10nm, 가, s 5×10^{-4} ,
 (5) MTF, n, s 5×10^{-4} , MTF가
 20%, n 2, s 3.2×10^{-4} , n
 MTF가 60%
 (43), 가 Cu Cu, Al Cu
 (4 5), s, MTF, n 8

[8]

| 제1 절연막 | 제2 절연막 | ds(nm) | dh(nm) | s | MTF | n | 크랙 내성 |
|--------|----------------------|--------|--------|----------------------|-----|-----|-------|
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 0 | 1.3×10^{-4} | ◎ | > 2 | × |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 10 | 1.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 100 | 2.8×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 200 | 3.5×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 300 | 4.0×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 400 | 4.3×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 800 | 5.0×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | F첨가 SiO ₂ | 400 | 1300 | 5.1×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 10 | 1.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 50 | 2.7×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 100 | 3.6×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 200 | 4.8×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | TEOS | 400 | 300 | 5.4×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 10 | 1.6×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 50 | 2.9×10^{-4} | ◎ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 100 | 4.2×10^{-4} | ○ | > 2 | ○ |
| 유기 SOG | SiN | 400 | 200 | 5.8×10^{-4} | △ | 2 | ○ |
| TEOS | SiN | 600 | 600 | 9.9×10^{-4} | 중래품 | 2 | ○ |

(EM 신뢰성 : ◎ 종래품보다 현저히 향상, ○ 종래품보다 향상, △ 종래품과 같은 정도)

Cu, $k_1 = 1.2$, $k_2 = 10^{-3}$, TiN, 400nm
 Ta, d_M , Cu, $E_M = 126\text{GPa}$, $M = 1.7 \times 10^{-5}$
 MTF, (E_M), (M), Cu, (E_M=126GPa, M=1.7×10⁻⁵)
 8, 1, (4), MTF, n 2
 (5), 가, s 5×10^{-4} , MTF가
 MTF, n, s 5×10^{-4} , MTF가
 20%, n 2, s 3.2×10^{-4} , n 2
 MTF가 60%
 (5), F 가 SiO₂, 1500nm, TEOS-SiO₂, 300
 nm, SiN, 100nm, 가 Cu Cu, Al, s
 2, 6, Cu, 가

, CVD , , 가 Ti, Al , Nb Ti,TiN,Ta TaAl .
 1 , 1 s<5×10⁻⁴
 4 가 2 , EM .

(57)

1.

2.

3.

4.

5.

6.

; 1 ; 1 (You
 ng's modulus) 가 2

E_h , 1 , 2 , M, s, h, E_M, E_s,
 , d_I=d_s+d_h, E_I=(d_s E_s + d_h E_h)/d_I, (gradient) s , I=(d_s s + d_h h)/d_I, k₁, k₂

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot (\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M}) < 5 \times 10^{-4}$$

7.

6 1 15GPa , 2 15GPa

8.

6 1 , d_{si} , i si ,
 E_{si} ,

$$d_s = \sum_i d_{si}$$

$$E_s = (\sum_i d_{si} E_{si}) / d_s$$

$$\alpha_s = (\sum_i d_{si} \alpha_{si}) / d_s$$

9.

6 1, (silicon oxide) 1

10.

6. 1. 가 ,

11.

6. $\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2}$ (main surface)

12.

1

6 **13.** ,

1

6 14. ,

k_1 , k_2 가 M , E_M , d_M 가 , 1

15.

6

,

,

1

2

1

1

2

1

2

k_1

k_2 가

1

15GPa

E_M

d_M 가

1

2

16.

[illegible]

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot (\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M}) < 5 \times 10^{-4}$$

17.

16 1, 15GPa, 2, 15GPa

18.

16 1 3 1 1 3

19.

6, Al, $k_1 = 1$, $k_2 = 1.0 \times 10^{-3}$

20.

6, Cu, $k_1 = 1.2$, $k_2 = 1.0 \times 10^{-3}$

21.

$$10^{-3} \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}, \quad \text{Al} \text{ concentration } k_1 = 1, \quad k_2 = 1.0 \times 10^{-3}$$

22.

16
1 3 Cu , k₁ 1.2 , k₂ 1.0 × 10⁻³

23.

$$Cu_1 = \frac{d_h}{d_h + d_s} \left(\frac{E_s}{E_h} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Cu_2 = \frac{d_h}{d_h + d_s} \left(\frac{E_s}{E_h} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$s = (1.2) \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot (\alpha_M - (1 \times 10^{-3}) \alpha_I \frac{d_I}{d_M}) < 5 \times 10^{-4}$$

24.

23 1, 15GPa, 2 15GPa

25.

23

1 , Cu i si ,
E_{si} , d_{si} ,

$$d_s = \sum_i d_{si}$$

$$E_s = (\sum_i d_{si} E_{si}) / d_s$$

$$\alpha_s = (\sum_i d_{si} \alpha_{si}) / d_s$$

26.

23
1 ,

1

27.

23
1 ,

1 가 ,

28.

23
 ,

Cu

1

Cu

29.

23
 ,

Cu

1

Cu

30.

23
 ,

Cu

1

Cu

31.

23
1 ,

1

Cu

32.

;

1

1

;

1

1

,

1

가

2

,

1

,

2

,

M ,

s ,

h ,

E_M ,E_s ,E_h ,d_I ,k₁ ,k₂ ,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

$$d_s = \frac{\sum_i d_{si} E_{si}}{\sum_i d_{si}}$$

$$E_s = (\sum_i d_{si} E_{si}) / d_s$$

$$\alpha_s = (\sum_i d_{si} \alpha_{si}) / d_s$$

35.

32 1 , 1

36.

32 1 , 1 가 ,

37.

32 , ,

38.

32 , ,

39.

32 , ,

40.

32 , Al , k₁ 1 , k₂ 1.0×10⁻³

41.

32 , Cu , k₁ 1.2 , k₂ 1.0 × 10⁻³

42.

2 1 1 1 ; 1 가

1 2 , M , s , h , E
 M , E_s , E_h 가 , 1 2 , 2 , d_M ,
 d_s , d_h 가 , k₁ , k₂ , d_I = d_s + d_h , E_I = (d_s E_s
 + d_h E_h) / d_I , I = (d_s s + d_h h) / d_I 2 ,
 s , , 1 , 2

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot (\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M}) < 5 \times 10^{-4}$$

43.

42 1 , 15GPa , 2 15GPa

44.

42 1 , , i si ,
 E_{si} , d_{si} , si ,

$$d_s = \sum_i d_{si}$$

$$E_s = (\sum_i d_{si} E_{si}) / d_s$$

$$\alpha_s = (\sum_i d_{si} \alpha_{si}) / d_s$$

45.

42 1 , 1

46.

42 1 , 1 가 ,

47.

42 , ,

48.

42 , ,

49.

42 , ,

50.

42 , ,

51.

42 1 2 , 1 2 E_M 가 , 1 d_M 가 ,
 k_1 k_2 가 ,

1 2 ,
 1 1 2 ,
 1 1 M E M 가 , 1 d M 가 ,
 1 k 1 k 2 가 ,
 1 15GPa 2 15GPa

52.

;
 1 1 1 ;
 3 1 2 , 3 - 1 , 2
 1 - ; 1 , 1 가
 2
 1 , 2 , 3 1
 1 3 , 1 2 , M , s ,
 h E M , E s , E h 가 , d M , d s , d h
 , 2 k 1 , k 2 , d I = d s + d h , E I = (d s E s + d h E h) / d I ,
 I = (d s s + d h h) / d I

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot (\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M}) < 5 \times 10^{-4}$$

53.

52 1 15GPa , 2 15GPa

54.

52 1 3 1 , 1 3
 1

55.

42 , Al , k 1 1 , k 2 1.0 × 10⁻³

56.

42 , Cu , k 1 1.2 , k 2 1.0 × 10⁻³

57.

52 1 3 Al , k 1 1 , k 2 1
 .0 × 10⁻³

58.

52 1 3 Cu , k 1 1.2 , k 2
 1.0 × 10⁻³

59.

Cu ,
 ;
 Cu 1 ;

1, 1, 1 가 2
 , E_h 가 , 1, 2 , M, s, h E_M, E_s
 , d_l = d_s + d_h, E_l = (d_s E_s + d_h E_h) / d_l, l = (d_s s + d_h h) / d_l ,
 , 1, 2

$$s = (1.2) \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \cdot (\alpha_M - (1 \times 10^{-3}) \alpha_I \frac{d_I}{d_M}) < 5 \times 10^{-4}$$

60.

59 1, 15GPa, 2 15GPa

61.

59 1, i si ,
 E_{si}, d_{si},

$$d_s = \sum_i d_{si}$$

$$E_s = (\sum_i d_{si} E_{si}) / d_s$$

$$\alpha_s = (\sum_i d_{si} \alpha_{si}) / d_s$$

62.

59 1, 1

63.

59 1, 1 가 ,

64.

59 , , 1

65.

59 , , 1

66.

59 , , 1

67.

59 1, 1

68.

, ,

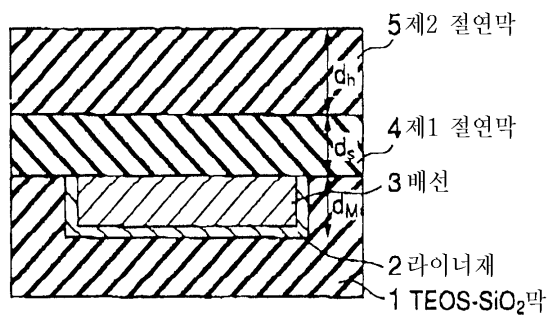
Al , k_1 1 , k_2 1.0×10^{-3}

77.

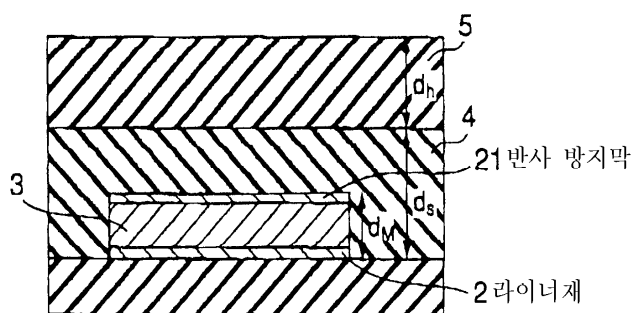
68

Cu , k_1 1.2 , k_2 1.0×10^{-3}

1

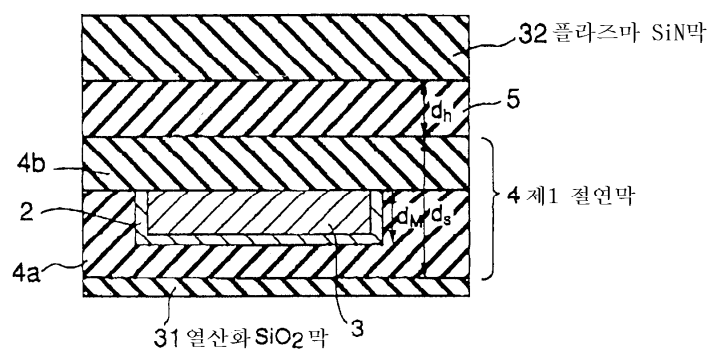


2

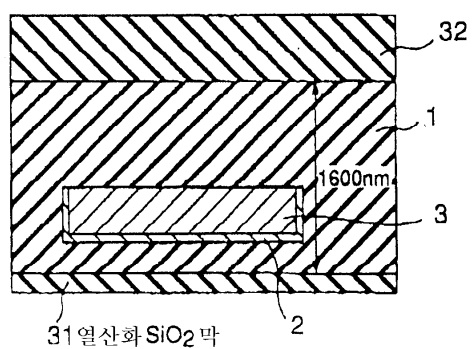


3

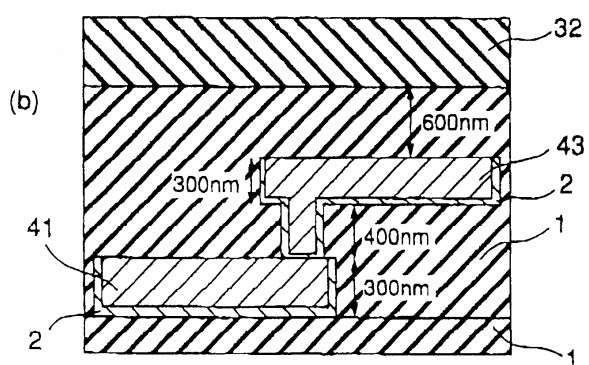
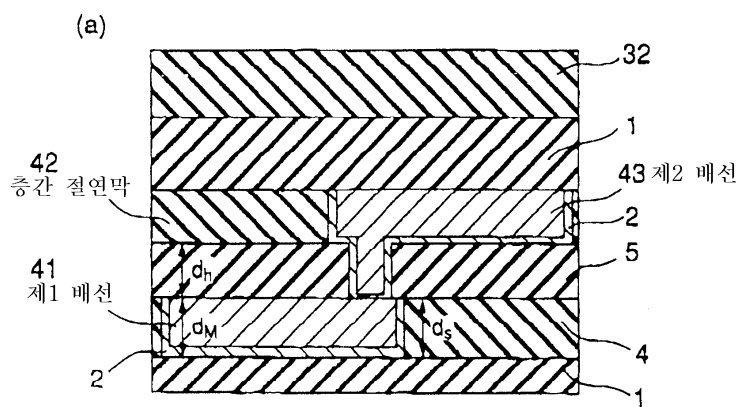
(a)



(b)

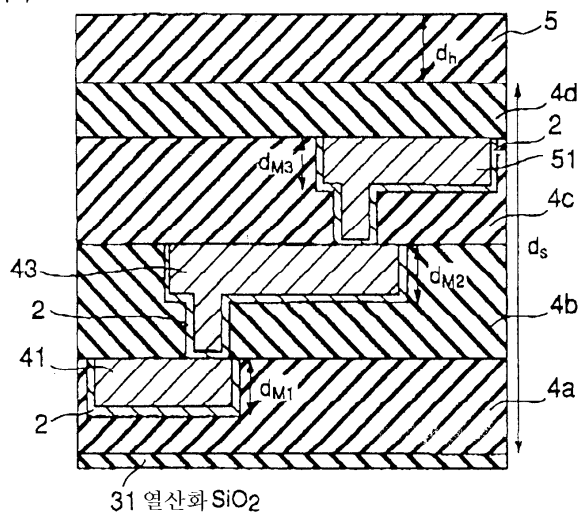


4

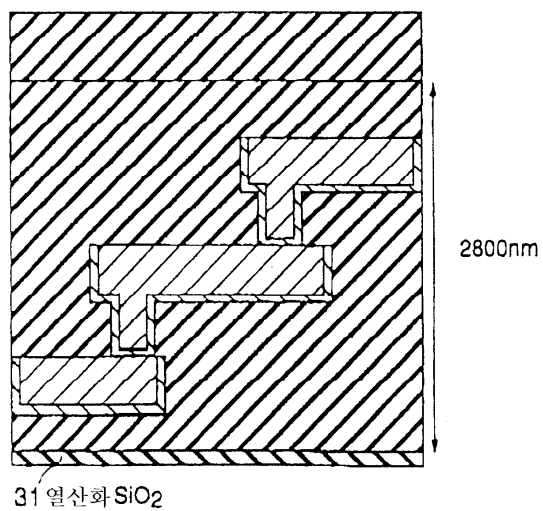


5

(a)

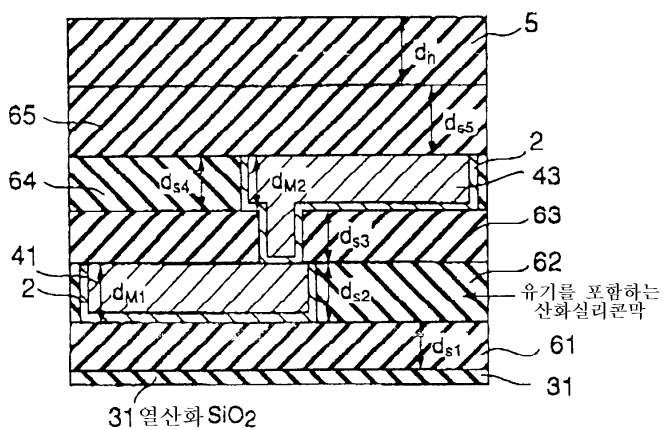


(b)



6

(a)



(b)

