

(19)
(12)

(KR)
(A)

(51) 。 Int. Cl.⁷
H01L 33/00

(11)
(43)

2003-0064629
2003 08 02

(21) 10-2003-0004709
(22) 2003 01 24

(30) JP-P-2002-00016084 2002 01 24 (JP)
JP-P-2002-00261410 2002 09 06 (JP)

(71) 가 가 가 가 6 7 35

(72) 가 가 6 7 35 가 가

가 가 6 7 35 가 가

가 가 6 7 35 가 가

(74)

:

(54)

, III-V , n p
p n 1 (9) p 2 (12) p 1 (9) 50 nm
p 2 (12) p 3

3

, , , , , , 가

1		1	GaN			
2	1		GaN			
3	1		GaN			
4	1		GaN	p		
5	1		GaN	p		
6	1		GaN			
7	1		GaN		GaN	
8		2	GaN			
9		3	GaN			
10	3		GaN			
11		4	GaN			
12	5		GaN	Mg		
13	5		GaN	Mg		
14a	14b	5	GaN		AlGaN	Al
15			GaN			
1: c		2:	GaN			
3:	GaN	4: n	GaN			
5: n	GaN	6, 8:	InGaN			
7:	9:		AlGaN			
10:	InGaN	11: p	AlGaN			
12: p	AlGaN/GaN					
13: p	GaN					

III-V (compound semiconductor)

AlGaInN
 (cladding layer) 가 p AlGaIn (cap layer) p AlGaIn (9-219556). 15 p AlGaIn Ec 15
 In , p AlGaIn 0.5 0.6 μm 0.06 Al
 가 , 3 4 cm , p AlGaIn , p AlGaIn 가 . p 가 , FFP(fa
 r field pattern)가 , p p Mg ,
 가 , p p
 p p
 1 , III-V , n p
 (undoped) n 가 1 p p 2 가 ,
 2 2 3 .
 SCH (separate confinement heterostructure) , n
 (waveguide layer) , p p
 p 500 600 nm 가 . p p 2
 0 nm 550 450 nm , 390 550 nm , 400
 530 nm p 1) 0 nm 500 nm , p
 90 nm , , 50 nm , 70 nm , p
 1 , 400 nm, 300 nm 200 nm .
 1 70 130 nm , 90 110 nm FFP
 n 1 p 2 , (T) 1 2
 GaN AlGaIn InGaIn 1 , AlGaIn 2 AlGaIn,
 n p , 0 nm 150 nm .

p (facilitating) 2 p (superlattice) n 1 p (hetero interface) , Mg , p .

p 2 , 3 p Al_xGa_{1-x}N (, 0 < x < 1) p Al_xGa_{1-x}N III-V .

, p 2 p Mg 20 nm , GaN , 50 nm , 0.28 μm (280 nm) . p 100 nm , 가 p 2 . , Mg p p 가 2 가 Mg p p 2 가

p J_{th} 0.04 가 1 AlGaInN (, y 0 < y < 0.04). To , Al 0

well) III-V III-V In_yGa_{1-y}N In_xGa_{1-x}N (0 < x < 1), (0 < y < 1, y > x). (

III-V , 가 As P 가 Ga, Al, In, B III V (0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, 0 < u < 1, 0 < v < 1, 0 < w < 1, 0 < x+y+z < 1, 0 < u+v < 1) , Al_xB_yGa_{1-x-y-z}In_zAs_uN_{1-u-v}P_v (, Al_xB_yGa_{1-x-y-z}In_zN (, AlGaInN , AlGaInN , AlGaInP , InGaAsP , GaInNAs , III-V III-V

2 , III-V , n p p 2 , 가 1 50 nm n 1 p 가 p 2 , 1 3 , n p 가 1 50 nm n 1 p 가 p , AlGaAs , AlGaInP , InGaAsP , GaInNAs , III-V III-V ZnSe II-VI , 3 , 1

4 , III-V , n p
(ridge) ,
가 n 1 p p
2 2 3 ,

p 0 100 nm 가 .

5 , III-V , n p
, ,
가 n 1 p p
2 2 3 ,

1 2 가 .

6 , III-V , n p
, ,
가 n 1 p p
2 ,

p 0 100 nm 가 .

7 , III-V , n p
, ,
가 n 1 p p
2 ,

1 2 가 .

8 , n p ,
,
가 n 1 p p
2 ,

p 0 100 nm 가 .

9 , n p ,
,
가 n 1 p p
2 ,

1 2 가 .

4, 6, 8 , p 2 p 0 50 nm
가 , p 2 Mg p , p 2 (To)

5, 7, 9 , 1 .

4 9 , 1 3 .

-V 10 , n p p 가 III
 1 p p 2 , 2 2 n
 3 , ,

가 3 .

-V 11 , n p p 가 III
 1 p p 2 , 1 50 nm n
 , ,

가 1 .

12 , n p p 가
 III-V n 1 p p 2 0 100 nm , 2 2
 3 , ,

가 3 .

13 , n p p 가
 III-V n 1 p p 2 1 2 , 2 2
 3 , ,

가 3 .

14 , n p p 가 p
 III-V n 1 p p 2 , ,
 0 100 nm , ,

가 p .

1

15 , n p p 가
 III-V n 1 p p 2 , ,
 1 2 , ,

가 p .

1

10 15 , 1 .

16 , III-V n p .

가 , p . p 가 가 가 50 nm

16 , , p 가 가 p p 가 60 nm , , p 100 nm

. p 50 500 nm , , 100 500 nm , p . p

nm . 3 가 가 , p 70 125 nm , , p 90 110 nm 65 230

-V 17 , n p 가 가 p p 가 가 p p III

50 nm , , 가 가 p p 가 p

p 가 p

16 17 , p 1 p 2 p , . 1 , 15 1

15 , n 17 , In In 가 가 N₂

가 , 가 . , 가 N₂ H₂ 가 가

가 p 가

III-V , SiC , Si , GaAs , GaP , InP , (spinel) , . , GaN III-V

III-V (HVPE) , 가 (MOCVD), III-V (MBE)

1 p 9 2 , n , p n n

n 2 n . , n p 1 가

18 , n p 1 n 가 . n

2 n , 가 1 50 nm , 1 n 가 . n

19 , n p ,

n 가 p 1 n n

2 가 , n 0 100 nm ,

20 , n p ,

2 n 가 p 1 1 n n

2 가 , p 1 2

18 20 , 1 17

1 9 , p 가 , ()

n 1 p p 2 p 2 , ()

p , (FPP p) p

2 가 , 2 p

가 , 2 p 3 가 , 3

3 가 ,

4 9 1 , 2 n 가 0 100 nm p ,

10 15 , 10 3 ,

11 15 가 p 1 , In

In 가 , p ,

16 , p p 가 가 p , 가 50 nm

, p , p

17 , p 가 p , In

In 가 , 가 가 , p

18 20 , n 가 , ()

p 1 n n 2 n 2 , ()

n , (FPP n)

n ,

n 2 가 , 2 n

가

19 21 , p 가 0 100 nm

n 1 2 , n 2

n ,

가

1 SCH 1 GaN 2 GaN GaN GaN 3 GaN
(conduction band)

1 GaN GaN (1)
(, Applied Physics Letters vol. 75(1999) pp.196-198) c (1-100) (2) (2)
, c (1) GaN (2) (seed crystal)
GaN (3) GaN (3)
n GaN (4) c
(1) (float) GaN (4) n GaN (5), n
) InGaN (6), In_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N (multiquantum well structure
) InGaN (8), p AlGaIn (9)
) InGaN (10), p AlGaIn (11), p p AlGaIn/GaN
aN (12), p GaN (13) InGaN (10) n - (6), InG
aN (8), AlGaIn (9), InGaIn (10) n - p AlGaIn/G
(正孔)
(12) p

aN GaN (2) 30 nm GaN (3) 2 μm n G
(4) 4 μm , n (Si)가 n AlGaIn (5)
1.2 μm , n Si가 Al 0.065 가
In_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N (6) 30 nm , In 0.02
(7) In_xGa_{1-x}N
In_yGa_{1-y}N , 3.5 nm y=0.08
7 nm , x=0.02 In_yGa_{1-y}N 3

InGaIn (8) 가 30 nm , In 0.02 AlGaIn
(9) 가 100 nm , Al 0.025 InGaIn (10) 가
5 nm , In 0.02 p AlGaIn (11) 가 10 nm
, Al 0.18 p AlGaIn/GaN (12) , 가 2.5 nm
AlGaIn 가 , Al 가 2.5 nm Mg가 GaN
(13) 가 , Al 0.06 , Mg가 400 nm p GaN

n GaN (4) (mesa) 가 ,
p AlGaIn/GaN (12) p GaN (13) < 1-100 > (1
4)가 (14) 1.6 μm , (14),
(轉位:transition)(15)
(16)

, (14) p , p AlGaIn (11) p AlGaIn/GaN
(12) (d)(2) , 0 100 nm, 0 50 nm .

m Si (18) 가 40 nm SiO₂ (17) 가 45 n
(14) , (kink:) 1 , Si (18) ,
(17) Si (18) (14) (19)가 ,
(19) p GaN (13) p (20) , Pd , Pt , Au
가 , Pd , Pt , Au 10 nm, 100 nm, 300 nm , (17)
Si (18) (21)가 , (21) n GaN (4)

n (22) , Ti , Pt , Au 가 , Ti , Pt , Au
 10 nm, 50 nm, 100 nm .

GaN .

c (1) (MOCVD)
 GaN (2) , MOCVD
 GaN (3) .

GaN (3) CVD , 가 100
 SiO₂ () , SiO₂ ()
 CHF₃ , 가 , CF₄ ,
 SiO₂ RIE 가 c SiO₂ (1) 가 ,
 RIE 가 c GaN (3) ,
 GaN (3) < 1 - 1
 00 > .

SiO₂ n GaN (4) . GaN (3) 1070

n GaN (4) , MOCVD , n AlGaIn (5), InGaIn (6),
 Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN (7), InGaIn (8), AlGaIn
 (9), InGaIn (10), p AlGaIn (11), p AlGaIn/GaN (12), p GaN
 (13) , n AlGaIn (5) 900 10
 00 , InGaIn (6) p AlGaIn (11) 780 , p AlGaIn/GaN
 (12) p GaN (13) 900 1000 .

GaN Ga ((CH₃)₃Ga, TMG), Al
 NH₃ ((CH₃)₃Al, TMA), In ((CH₃)₃In, TMI) , N
 = ((CH₃C₅H₄)₂Mg) = ((C
 5H₅)₂Mg) .

GaN 가 , n GaN (4) n AlGaIn (5)
 N₂ H₂ 가 , InGaIn (6) p AlGaIn (11) N₂ 가
 , p AlGaIn/GaN (12) p GaN (13) N₂ H₂ 가
 , 가 InGaIn (6) p AlGaIn (11) N₂ 가
 가 (6), (7), InGaIn (8) H₂ InGaIn (10) In 가
 , p AlGaIn/GaN (12) p GaN (13) N₂ H₂ 가 가
 가 , p

GaN c MOCVD 가 0.1
 , p GaN (13) CVD , , 가 0.1
 μm SiO₂ , SiO₂
 () ,
 CF₄ CHF₃ , 가 , RIE SiO₂ ,
 , RIE 가 RIE n GaN (4) ,
 , n AlGaIn (5), InGaIn (6), (7), InGaIn (8), AlG
 aN (9), InGaIn (10), p AlGaIn (11), p AlGaIn/GaN (12) p
 GaN (13) (mesa) .

SiO₂ CVD , ,
 가 0.2 μm SiO₂ () , SiO₂
 () , ,

RIE SiO₂ , CF₄ HF₃ 가

(11) SiO₂ 가 0 RIE p AlGaIn/GaN (12) p AlGaIn (14)
 가 100 nm, 0 50 nm 가

SiO₂ (17) Si (18) CVD , ,
 , n Si (18) ()

Si (18) (17) (21) .
 , Ti , Pt , Au (17) Si
 (18) (21) n GaIn (4) n (22) (, n (22))

n (22) 가 , (14) Si (18) (17) Pd/Pt/Au (19) p (20)
 (19) p GaIn (13) (20)

가 (cleavage:劈開) 가 (chip)

SCH GaIn 가 .
 GaIn p AlGaIn (9) p AlGaIn/GaN (12)
 AlGaIn (9) (t) , 5 , 25
 30 mW , 60 30 mW ,
 (I_{OP}) , 100 300 I_{OP} ,
 OP) 55 mA (12) AlGaIn (9) 600 μm (0.06 cm), (14) AlGaIn/GaN (I
 2 cm , p AlGaIn/GaN
 500 nm . 1.6 μm, p

1

t(nm)	(V)	(%)
0	5.13	5.50
20	5.08	2.50
50	4.99	1.10

100	4.85	1.00
-----	------	------

150	4.70	1.30
-----	------	------

200	4.56	1.70
250	4.42	2.10

300	4.27	2.20
-----	------	------

350	4.13	2.30
-----	------	------

400	3.99	2.70
-----	------	------

, 30 mW(25) 5 V 가 , , 3000
 20% 가 , 1, 4 5 , , AIG
 aN (9) 50 nm , 50 가 250 nm , AlGaIn (9)
 GaN , 20 80 10
 6 GaN (48
 28p-E-12 (2001) p.369
 N (To) 235 K , 7 GaN 6 Ga
 (To) 146 K , GaN , GaN (To)가 90
 K 235 K (To) ,
 GaN , GaN 6 7 , - ,
 1 가 , 가 p (7)
 가 (12) 105 nm AlGaIn (9) 가 p 400 nm p AlGaIn/GaN
 (12) , GaN , p p AlGaIn/GaN
 500 nm , p , p 0.16 V , p
 p AlGaIn/GaN p (12) 100 nm , p FFP
 (7) Mg가 p , p AlGaIn (11), p AlGaIn/GaN
 (12) p GaN (13) 가 InGaIn (8), AlGaIn p (9)
 InGaIn (10) (30 nm + 100 nm + 5 nm = 135 nm) , Mg가 p
 (7) 가 , GaN , (7) Mg
 p , Mg가 p AlGaIn ,
 Mg가 (7)
 , Mg가 p n 가 , 가 p 135 nm , p
 (7) 가

(7) , GaN
 Jth, lth
 Mg가 p 가 (7) , GaN
 (7) 가

(7) , Al 가 0.18 p AlGaIn (11) InGaIn (7)
 (lattice constant) 가 , 135 nm

Jth, lth

(12) InGaIn (10) AlGaIn (9) p AlGaIn (11) (7) 가
 (12) (7) 가 , p AlGaIn (11) p AlGaIn/GaN
 lth , GaN (11) p AlGaIn/GaN Jth,

lth , GaN

(7) 가 (7) AlGaIn (9) InGaIn
 (8) AlGaIn (9) Ec (3) Ec
 AlGaIn (9) Ec InGaIn (8) , G
 aN , GaN , GaN

p (14) p (14) p 가 100 nm
 (11) 50 nm p AlGaIn/GaN (12) 가 10 nm p AlGaIn 가
 p Mg가 p To (14) 236 K p
 , p 가 p GaN n
 가 (14) , GaN 가 RIE가 (7) , GaN (14) p
 100 nm , 50 nm

p AlGaIn (11) p AlGaIn (11)
 GaN , GaN (14)
 , p AlGaIn (11) , , (14)

GaN , 가 , lth

To GaN , GaN To 가 Ga
 N , GaN

p p AlGaIn (9) (7) p
 p (7) , p 가 p 가 , GaN

(useless)

2 가 InGaN (6) 가 p AlGaIn (11) 가 In N
 , H₂ 가 , GaN (7)
 , 가 , GaN
 1 GaN , ,
 , 2 GaN . 8 GaN
 8 , 2 GaN , 1 GaN
 , AlGaIn (9) , AlGaIn/GaN (23) , AlGaIn (23)
 , AlGaIn/GaN 가 2.5 nm GaN , 가 2.5 nm AlGaIn
 , 0.025 0.10, 가 , 100 500 nm , 1 Al GaN
 2 , p (20) , p AlGaIn/GaN (23) (23) (23)
 AlGaIn/GaN , GaN (23) , p Mg가 (7) , (7)
 가 , (7) 1
 , 3 GaN
 3 GaN , 1 GaN
 GaN InGaIn (8) p AlGaIn/GaN (12) 가 1 InGaIn
 (8) 30 nm, p AlGaIn/GaN (12) , 400 nm
 , p AlGaIn/GaN (12) 500 nm . (8) 1 24.5 nm GaN
 GaN 9 , 9 , GaN , 20 80 가 10
 , To 230 K , GaN , 9 7 GaN
 , 10 , GaN , 10 , 10 , Ga
 N , GaN 가 40 가 , GaN 가 ,
 GaN , p AlGaIn (14)
 , p AlGaIn (11) 가 , ,
 3 , 1

4 GaN 11 GaN

11 p AlGaN (11) 3 (11) InGaN (10) GaN p AlGaN/GaN (12) GaN p AlGaN (12) p AlGaN/GaN (11) p AlGaN/GaN (12) p AlGaN (12) (9) p AlGaN (12) 10 50 nm

1 GaN 1 GaN

4 1

5 GaN InGaN (8) 가 가 1 GaN p AlGaN (1) 230 nm GaN (7) Mg (9) Al (z)가 0 < z < 0.04 (D)(3)가 65 1 GaN

12 GaN (i) (i) D, Mg (7) Mg 가 , i , i , i

12 , D > 230 nm D 0.96 , D > 140 nm D , D 230 nm 가 , i , i D , D 0.8 , D 65 nm , D 65 nm 230 nm D가 , i 0.8 , D가 70 nm 125 nm , i 0.8 , D가 90 nm 110 nm , i 0

13 GaN Jth 가 D, Mg Jth 가 D, Mg 230 nm , 65 nm 230 nm Jth 가 D , Jth

14a 14b , D 136.5 nm, AlGaN (9) 100 nm , AlGaN (9) Al , GaN To (14a) Jth (14b)가 (9) Al 가 , To 가 14a 14b , AlGaN Jth (Jth@20) (9) Al 가 , (7) .50 Jth (Jth@90) Al , 4%

5 1 i

, n p 1 n n 2
 , , n 가 n
 2 n 2
 2 , n 가 0 100 nm , 가 1

(57)

1. III-V , n p

p p 2 가 , 2 2 n 3 1 p

2.

1 , n n , p p

3.

1 , p 2 0 nm 550 nm .

4.

1 , 2 390 550 nm .

5.

1 , p 1 0 nm 500 nm .

6.

1 , p 1 50 nm .

7.

1 , p 1 50 nm 400 nm .

8.

1 , p 1 (superlattice) .

9.

1 , p .

10.

1 , 3 Al Ga p III-V

11.

1 , 3 p Al_xGa_{1-x}N (, 0 < x < 1) .

12.

1 , 3 p Al_xGa_{1-x}N (, 0.15 < x < 1) .

13.

- 1 , p 2 20 nm .
- 14.**
1 , p 2 100 nm 180 nm .
- 15.**
1 , p 2 가 .
- 16.**
1 , p 2 가 .
- 17.**
1 , p 1 p $\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y} \text{N}$ (, y $0 < y < 0.04$) .
- 18.**
III-V , n p ,
p 가 n 1 p p
2 , 1 50 nm .
- 19.**
18 , p 2 0 nm 550 nm .
- 20.**
18 , p 2 390 550 nm .
- 21.**
18 , p 1 50 nm 400 nm .
- 22.**
18 , p 2 20 nm .
- 23.**
18 , p 2 100 nm 180 nm .
- 24.**
n p ,
p 가 n 1 p p
2 , 1 50 nm .
- 25.**
24 , p 2 0 nm 550 nm .
- 26.**
24 , p 2 390 550 nm .
- 27.**
24 , p 2 20 nm .

28.

24 , p 2 100 nm 180 nm .

29.

III-V

(ridge)

, n p
 ,
 p 가 n 1 p p
 2 , 2 2 3 ,
 p 0 100 nm .

30.

29 , p 0 50 nm .

31.

III-V

, n p
 ,
 p 가 n 1 p p
 2 , 2 2 3 ,
 1 2 .

32.

31 , 1 .

33.

III-V

, n p
 ,
 p 가 n 1 p p
 2 ,
 p 0 100 nm .

34.

33 , p 0 50 nm .

35.

III-V

, n p
 ,
 p 가 n 1 p p
 2 ,
 1 2 .

36.

35 , 1 .

37.

n p ,
 ,
 p 가 n 1 p p
 2 ,

p 0 100 nm

38.

37

p 0 50 nm

39.

n

p

$\frac{p}{2}$

가

n

1

p

p

1

2

40.

39

1

41.

n

p

가

III-V

n

1

p

p

2

2

2

3

가

3

42.

41

가

N₂가

43.

n

p

가

III-V

n

1

p

p

2

1

50 nm

가

1

44.

43

가

N₂가

45.

n

p

가

III-V

n

1

p

p

2

2

2

p

0

100 nm

가

3

46.

45

가

N₂가

47.

n , p
 p
 p 2 2 가 , 2 , 2 III-V
 1 2 n 3 1 p
 , , ,
 가 3
 .

47 48. , 가 N₂ 가 .

n , p
 p 2 가 , p III-V
 n 0 1 p
 100 nm
 가 p
 .

49 50. , 가 N₂ 가 .

n , p
 p 2 가 , 1 III-V
 n 2 1 p
 가 p
 .

51 52. , 가 N₂ 가 .

53. III-V n p
 ,
 , p p 가 가 가 50 nm
 .

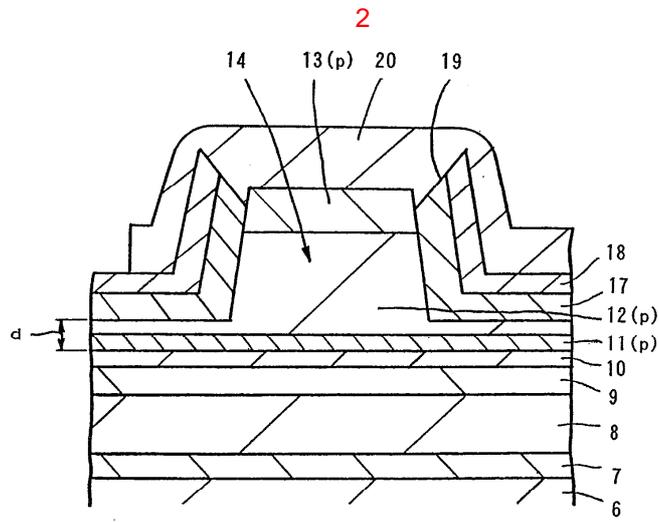
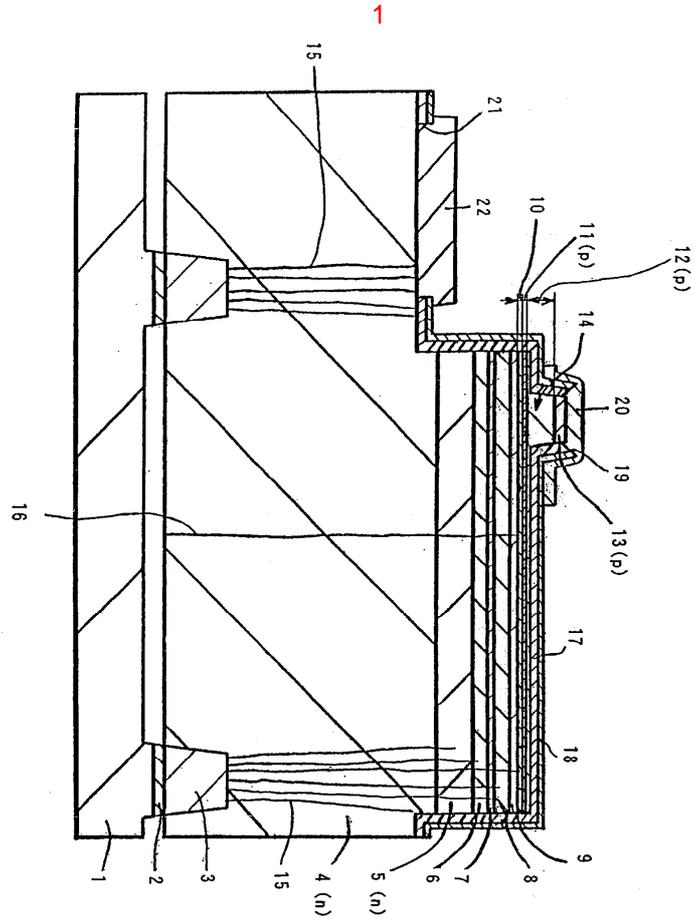
53 54. , p 60 nm .

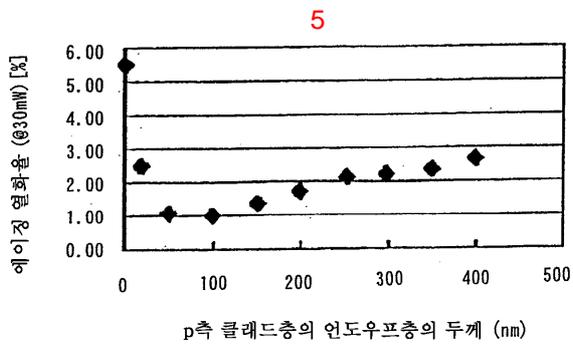
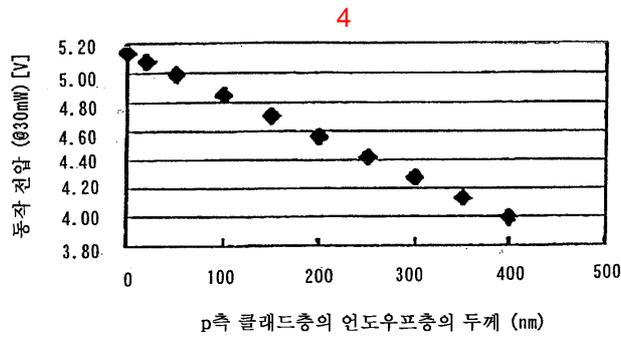
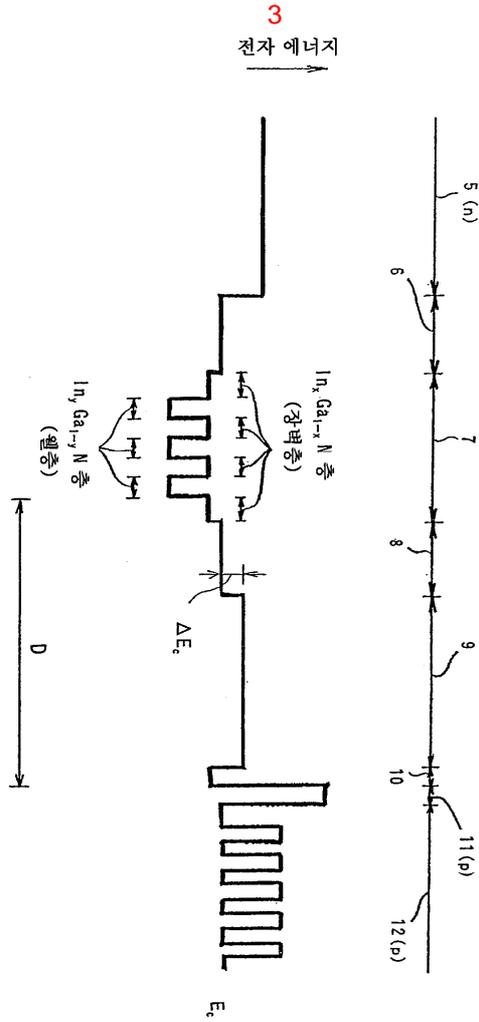
53 55. , p 100 nm .

53 56. , p 50 500 nm .

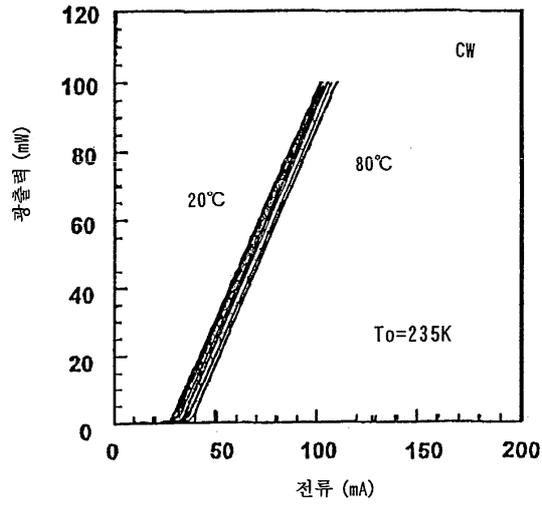
53 57. , p 100 200 nm .

- 53 **58.** , p 65 230 nm .
- 53 **59.** , p 70 125 nm .
- 53 **60.** , p 90 110 nm .
- 53 **61.** , 가 가 p p .
- 53 **62.** , p p .
- n **63.** p 가 가 p III-V , ,
 가 가 p p , 50 nm ,
 p 가 p .
- 63 **64.** , 가 N₂ 가 .
- n **65.** p ,
 2 n , 가 1 50 nm p 1 n n .
- n **66.** p , ,
 2 n , 가 p 1 n n
 n 0 100 nm .
- n **67.** p , ,
 2 n , 가 p 1 n n
 1 2 .

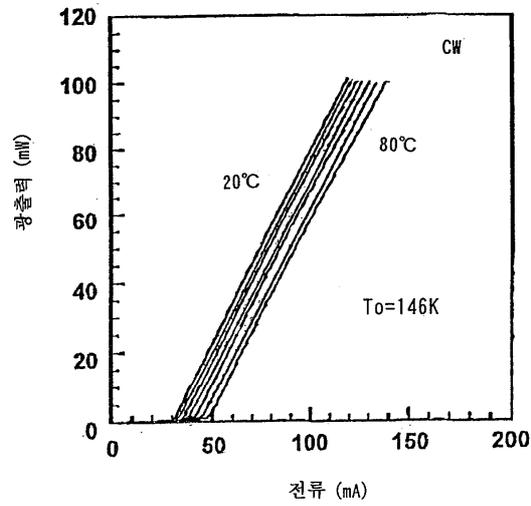


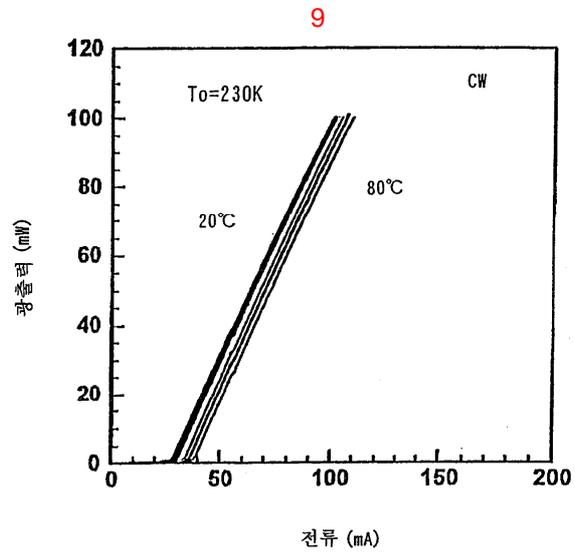
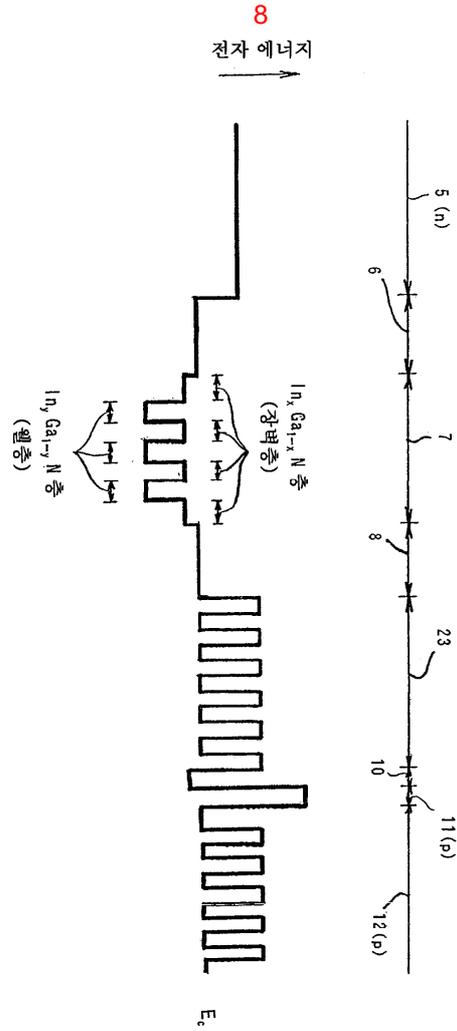


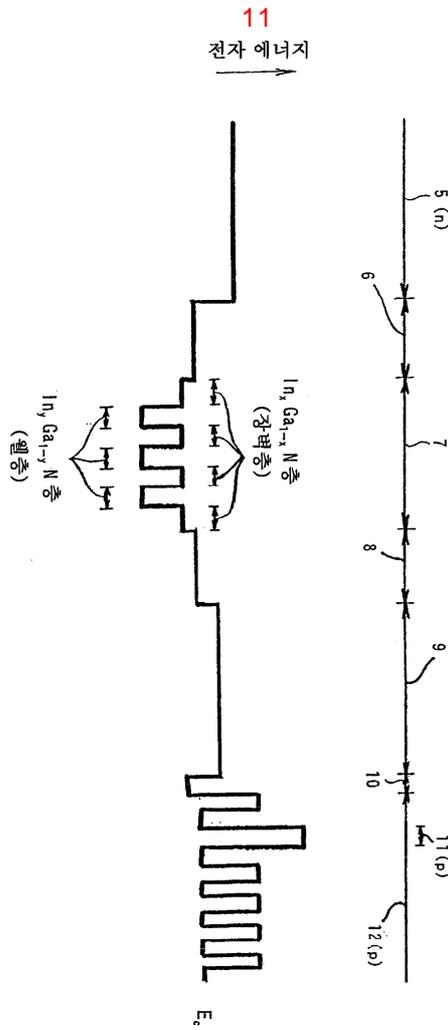
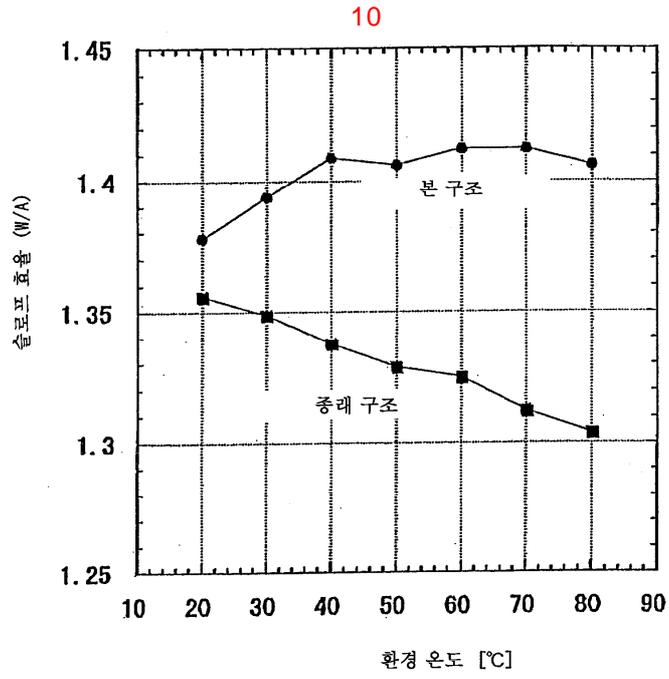
6



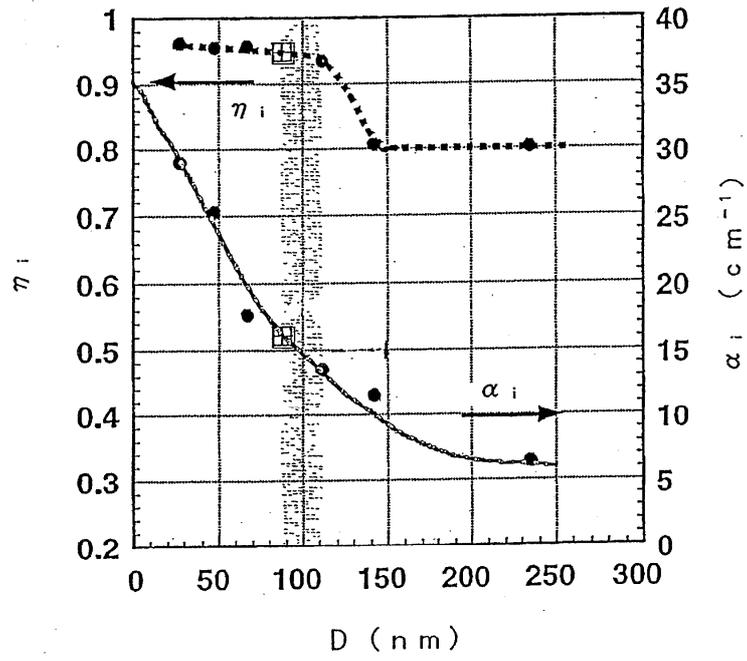
7



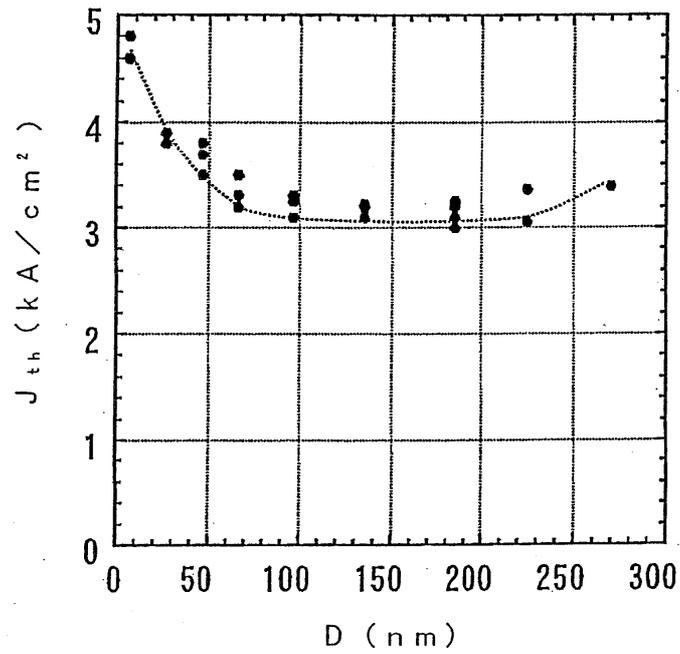




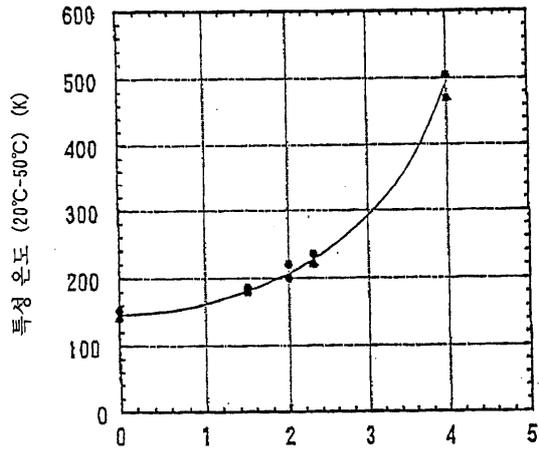
12



13

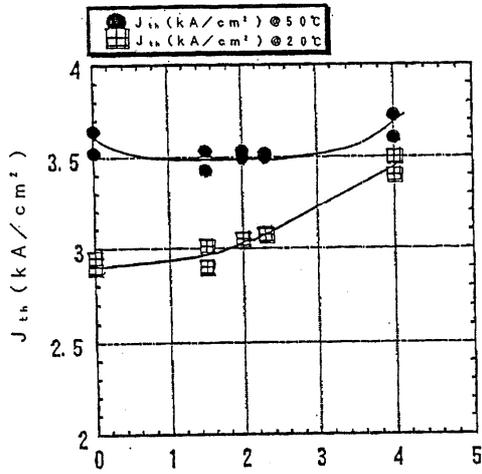


14a



인도우프 AlGaIn 클래드층의 Al 조성(%)

14b



인도우프 AlGaIn 클래드층의 Al 조성(%)

