

가 - 2

4

, , 가 .

- , .

, , , ,

.

가 .

가 가 (WDM) .

가 가 .

, 가 . ,

, 가 가

(chromatic dispersion) . (" ") 가 .

가 . (glass) , 가 . (가) , .

- , - , WDM , WDM - 4

(FWM) . FWM 2 가 (WDM)
 WDM , (2) 가
 (S/N)

FWM - (가) 가 WDM
 (가) FWM FWM

$$\eta^{\infty} \left[\frac{n_2 \alpha}{A_{eff} D (\Delta \lambda)^2} \right]^2$$

, n_2 - , A_{eff} , D ,
 $< < = (2 c / 2) \cdot D \cdot 2 , c$,
 . D. W. Peckham, A.F. Judy R.B.Kummer ECOC'98 TuA06, PP139 - 140
 , x, n_2 FWM /
 (Aeff) 가 , FWM 가

- (self phase modulation), (cross phase modulation),
 (stimulated Brillouin Scattering) (SBS), (Raman Scattering) (SRS)
 가 가 -

가 (span) - , 가
 - 가

710 가 , Tick No.4,969,
 가

Pirio No.5,343,322 가
 가 가

Chraplyvy No.5,559,920 가 가 가
 가 가

Chraplyvy NO.5,587,830 NO.5,719,696, Hennai No.5,675,429, Wildeman
 No.5,778,128 가 가 가
 가 가 가
 . 가

1 가
가 . . .

4 7ps/nm/km 1 가 3ps/nm/km 8ps/nm/km ,

1 1600nm 1670nm 가 , 1560nm

2 , 2 10ps/nm/km 20ps/nm/km .
2 1 7:1 5:1 .

가 km 12ps/nm/km 4:1 , 2 1350nm 1450nm 가 - -
B/km 4:1 , 2 8ps/nm/km 13ps/nm/km , 7.5ps/nm/km 15.5ps/nm/km
가 . 가 / 2 가 1 0.210dB/km , 9ps/nm/
가 . 가 - - 가 0.195dB/km

가 가 , 2.5ps/nm/km 10ps/nm/km 가
가 가 1 2 1 2 가

가 가 가 . 가

1 가 3ps/nm/km 8ps/nm/km ,
4ps/nm/km 7ps/nm/km .

2 1350nm 1450nm 가 - -
/ 2 1 6:1 .

가 . 1 가 , 1 2
0.0140 , 1450nm - , 1500nm
7.5 15.5ps/nm/km , 60 μm^2 가 . 150

0nm , 0.0120 , 가

1560nm 0.210dB/km , 0.205dB/km
0.195dB/km 가 .

0.0120 1 , 1 2 . 2
 2 , 1 3 가 2 .
 2 1 2 1 3 , 1, 2 3
 017 . 1 0.0025 , 2 0.0070 , 3 0.0
 2 2 , 1 , 2 , 3
 . 1 0.0122 3 0.0097 1
 0.0070 0.0120 , 3 0.0030 0.0080 .

가 - 가 ,
 0.0100 0.0160 1 가 ,
 가 1 , 0.0030 0.0080 3 가 2
 1500nm 가 . 3.5 8.0μm
 1.9 3.0μm , 2 1.5 4.0μm 가 .

가

가

가

가

가

1990 Marcel Dekker
er Optics)" 32 1,3,2

LucB.Jeunhomme ")
NO.4,406,518(
가

(Single Mode Fib

가

가

1

;

2 ;

3 가 가 ;

4 ;

5 ;

6 ;

7 가 가 HNDF(Half Negative Dispersion Fiber) ;

8 가 - - ;

9a HNDF - - ;

9b HDSF NZD ;

10 가 - - ;

11 가 - - ;

12 가 - - .

가 , 1550nm .

가 가 .

1 10 .

1 (12) (14) , 가 (10) (12), (14) (26) .

가 가 1560nm .

(34) 가 . 가 , , (42) (32) , (32) 가 (36) (40)

가 가 (34) (38) . 1560nm (32)

가 2 NZD , 가 (32) NZD(non - zero - dispesion) 0.210dB/km (34)

1560nm 18ps/nm/km (42) (30) 가 (32) (40) (34)

2 (42) 가 가 (38) (SMF) (34) (42)

(30) (42) 가 NZD (38) (40) 가 . 가

SC) , 2 (34) (pure silica core:P 0.180dB/km 가

SMF , PSC SMF 가 .

가 가 NZD 1

2.5ps/nm/km 10ps/nm/km 가 NZD 1

HNDF(High Negative Dispersion Fiber) HNDF 가

3ps/nm/km 8ps/nm/km HNDF 가

4ps/nm/km 7ps/nm/km .

가 (45) (44, 46) , 3 1600nm

1670nm (48) 1560nm (47, 49) 가

3ps/nm/km 8ps/nm/km (1550~1565nm)

4 1 가 (16)

1 (52) 가 2 (54) . 1560nm (

14) (56) (14) (50)

가 5 (14) 가

(16, 18, 20, 22) . 5 , (16, 20) HNDF(High Negat

ive Dispersion Fiber) (16, 20) (52) 가 가 , (18, 22) 가 . 가
 (50) (56) (18, 22) (54) .
 (52, 54)

가 가 ,
 가 가 ,
 - (peak - and - ring) 가 ,

가 가 - 가 (68) 가 6 7
 8) . 6 (68) (60), 1 (62), 2 (64) (6
 (60), 1 가 (62) 2 (64) 가 .
 (SiO₂) (60) (n₁) (n
 1 - nsilica) . 7 . 7
 (76) (70) (74) 1 (72) 2
 가 (78) 2 (76) .

(60) 1.9 3.0μm , 2.2 2.7μm (r₁)(7) 가 .
 , r₁ 2.5μm . (60) (68) 가
 , GeO₂ . n₁ 0.0100 0.0160 , 0.012
 0 0.0140 . n₁ 0.0128 가 가 (60) (grad
 ed index) . 2 가 가 .

1 (62) (60) (60) 가 . 1
 (62) (100) r₂ 5.3μm 3.5 8.0μm , 4.0 5.5μm (r₂)

2 (64) 1 (62) . 2 (64) 1.5 4.0μm 1.6
 3.4μm (W) . 2 W 2.0μm . 6 , 2 (64)
 (n₃) 가 . 2 (64) , GeO₂ (64) 2
 가 가 가 가 . 2 (64) 2
 030 0.0080 , 0.0035 0.0060 (n₃) 가 . n₃
 0.0054 .

(64) , (66) (68) 2
 (66) 가 0 가 , 2
 (72, 76) 가 .
 , 가 (n = n - nsilica) .
 , 가 (n = n - n_{cladding})
 가 . 7 (70) 가 (68)

, 1560nm 50 μm^2 (micro bending) , 10dB/km , 1560nm - 8.0ps/nm/km (macro bending) - 3.0ps/nm/km 12(dB/km)/g/mm , 1550nm

가 , 7 (70) 가 (68)
 ps/nm/km , 1550nm 1500nm 60 μm^2 , 1560nm , 0.05dB/km , - 7.0ps/nm/km - 4.0 6(dB/km)
 /(g/mm)

(68) 가 , 1500nm , 1560nm
 - 4.5ps/nm/km 1550nm - 5.6ps/nm/km , 1550nm 60 μm^2 , 1500nm 0.11ps/nm²/km , 1550nm , 0.01dB/km , 3.5(dB/km)/(g/mm)

60nm (mandrel) 1550nm
 G,Grasso F.Meli " - " Internat 1550
 " , ECOC.'88, PP.526 - ff , G.Grasso " - " Internat 1550
 ion Wire and Cable Symposium, 1988. PP 722 - ff , 1550nm

3, 4 5 , 가 (16) 1560nm - 4.5ps/nm
 /km 0.210dB/km 가 HNDF(High Negative Dispersion Fiber)

50 μm 가 (18) 1560nm +18ps/nm/km
 0.190dB/km 가 SMF

4 5 2 , 가 가
 가

8) , 가 (52) , 가 (56) (1)
 가 가 7:1 , 5:1 가 가

가 가 가 가 ,
 가

XPM 가 가 가 FWM
 가 0.8nm WDM ,
 , 가 SPM, SBS SRS 가 가

1560nm 2 0.210dB/km , 1350nm 1450nm (HDSF) 0.0140
 , 60 μm^2 가 . 1500nm 가 .
 0.195dB/km 1560nm 0.205dB/km ,
 70 μm^2 가 . 0.0120 ,
 가 , 80 μm^2 , 가
 , 1550nm 7.5ps/nm/km 15.5ps/nm/km
 8ps/nm/km 13ps/nm/km , SMF , 9ps/nm/km 12ps/nm/km
 가 . - - 가 가 6:1 ,
 4:1 - - , - -
 가 가 (down - doped) 가 ,
 가 가 .
 가 - - 가 ,
 - (peak - on - pedestal) , 2 - (double - peak) ,
 EP99110784.8 (18)
 - 8 (18) 6 8 가
 (60), 1 (62), 2 (64) (66) .
 GeO₂
 8 (80) (82), (84), (86)
 24 (n₁) 가 . 1 (60) (82) 0.9 μm (ri)(8) 0.00
 (r₂) 0.0070 가 . (84) , 2.6 μm
 2 (64) (86) 6.6 μm (r₂) 0.0017 (n₃) 가
 , 88 μm^2 , 1560nm 14.6ps/nm/km , 0.068ps/nm²/km , 1450nm
 , 0.98W⁻¹ km⁻¹ - , 1dB/km , 10.9 μm
 , 6.1(dB/km)/(g/mm)
 9a - 3 가 (16) 1560
 nm - 4.5ps/nm/km 0.210dB/km 가 . (18) 1560nm 1
 1ps/nm/km 0.195 가 . 가 (16) (52) (50)
 (18) (54) . 1560nm (56)
 (56)
 가
 800km 가 .

1 NZD PSC 2
 (HDSF), (SMF), (PSC)
 HNDF(High Negative Dispersion Fiver)

[1]

	가 / (ps /nm/km) 1560nm	(km)/ (dB/km) 1560nm	m/km) 1560nm / (ps/n (km) (dB/km) 1560nm
# 1	NZD/ - 2	720/0.210	SMF/+ 18
# 2	NZD/ - 2	725/0.210	PSC/+ 19
#1	HNDF/ - 4.5	640/0.210	SMF/+ 18
#2	HNDF/ - 4.5	648/0.210	PSC/+ 19
#3	HNDF/ - 4.5	560/0.210	HDS/+ 11

2 1 ()

[2]

	(dB) 1560nm	1560nm(dB)
#1	166.4	-
#2	165.7	0.7
#1	164.8	1.6
#2	163.4	3.0
#3	164.4	2.0

1 2 , 2 , SMF, PSC HDSF
 1.6 dB, 3.0dB 2.0dB

9b - 4 , 가 (16) 1560
 nm - 2ps/nm/km 0.210dB/km 가 NZD (18) 15
 60nm +11ps/nm/km 0.195 가 HDSF (16)
 (52) (18) (54) . 1560nm
 (56) , (50)

3 4 , - - (HDSF) NZD(Non Zero Dispersion)

[3]

	가 m/km)1560nm	(ps/n 1560nm	(km)/ 1560nm	(dB/km)	/	(ps/n m/km)1560nm	(km)/ 560nm	(dB/km)1
#4	NZD/ -2		670/0.210			HDSF/+11		130/0.195

4 3 ()

[4]

	(dB) 1560nm	1560nm(dB)
#4	166	0.3

1 가 .2 - 1 (92) 2 (96) 가 2 - 1 가 (92)
 (94) 가 2 (96)

6 (68) 1 (92) (60) (10). (60) 1 (Ge
 n1) (r₁) 가 SiO₂ 가 SiO₂

1 (62) (60) (60) 가 .
 1 (62)

2 (64) 1 (62) 2 (96) . 2 (64)
 (n₃) 가 (68)

2 (64) . (68) 0 (n3) 가 . (18)가
 (60) 2 (64)
 가 .

10 2 - 가 - - (60)
 2.5μm (r₁) 가 . 2.5μm (60)

7 가 GeO₂ , (n1) 0.009
 가 (60) 2.5μm 3 가

1 (62) n1 (n2) 가 . 1 (62)
 4.5μm (r₂) 가 . 2 (64) (60) 가 GeO₂
 가 가 가 .

2 (64) 1 (62) (n2) (n3)
 가 . 2 (64) (n3) 0.01
 10 0.0140 , 0.0122 . 2 (64) 5.5μm (r₃) .

(66) 0 가 . (66) SiO₂
 2 (92, 96)

2 - (90) . 1450nm , 1560nm
 11.2ps/nm/km , 0.084ps/nm²/km , 10.4μm , 91μm² , 0.97W⁻¹ k
 m⁻¹ - , 10 - 2dB/km , 6.1 (dB/km)/(g/mm) .

11 , - - , (100)
 가 . (104) (102) . 6
 (60) . (60) , 가 0¹ (n1) (r1) 가

1 (62) (60) . 1 (62) (6) (64, 66)
 0) (n1) (n2) 가 . (64, 66)
 0 (n3) 가 . (64, 66)가
 1 (104) 가 .

11 , (60) 2.0μm (r₁) 가
 . 1 (62) GeO₂ 가 (60) (n₁) (n₂) 가
 가 . 1 (62) (60) 가 . 1.6μm 가 (62)
 (n₂) 0.0126 . 1 (62) 1.6μm 가 ,
 1 (62) (r₂) 3.6μm .

(100) 가 . , 1450nm
 , 1560nm 11.8ps/nm/km , 0.069ps/nm²/km , 9.7μm , 89μm²
 , 0.98W⁻¹ km⁻¹ - , 0.1dB/km , 3.8(dB/km)/(g/mm)

12 , - - , (100)
 - - 가 . 6 , (68) (60), 1 (62), 2 (64), (66) . 12 , - - (120)
 (1.124) 1 (122) 2 (126) .
 (128) 가 2 (126) .

(60) 2.2 4.0μm , 2.5 3.8μm (r₁) 가 (12) .
 r₁ 3.4μm . (60) (68)
 . , (n₁) 0.0070 0.0120, GeO₂ 가
 , n₁ 0.0088 . 가 0.0075 0.0110 (graded index profile)
 가 (60) .
 2 가 .

1 (62) (60) , (60)
 . 1 (62) 0 가 . 1 (62)
 (60) 3.0 6.0μm , 3.0 5.0μm (r₂)
 . r₂ 4.0μm .

2 (64) 1 (62) . 2 (64) 1.5 4.0 μ m , 1.6 3.
 8 μ m (W) (n3) 가 . 2 (64) 6 (60) , GeO2 , 2 (64)
 가 가 가 가 . 2 (64) 2
 가 0.0080 0.0035 0.0060 (n3) 가 . n3 0.0030 0.005
 3 .

4) , (66) (68) 2 (6
 (60) 0 가 2
 (122, 126) .

12 (120) 가 - - (68) 가 . , 1500n
 m , 1560nm 8.0ps/nm/km 13.0ps/nm/km , 1550nm 60 μ m²
 , 1dB/km , 12(dB/km)/(g/mm) .

- 가 , 12 (120) 가 -
 /km (68) 가 . 1500nm , 1560nm 9.0ps/nm
 12.0ps/nm/km , 1550 80 μ m² , 0.01dB/km ,
 6(dB/km)/(g/mm) .

60nm , - - (68) 가 . 1450nm , 15
 11.3ps/nm/km 1550nm 10.5ps/nm/km , 1550nm 0.082ps/nm²/km
 , 1550nm 10.4 μ m , 1550nm 85nm² , 0.001dB/km ,
 5(dB/km)/(g/mm) .

(transversal field) , .

가 가

가 ,

가

(57)

1.

2.5PS/mm/km 10ps/nm/km 가 가 가
 1 (span); , 1 가
 2 , 2 , 1 2 가 1

가 , 1 가 2 2

2.

1 ,

1560nm .

3.

1 ,

1 가 3ps/nm/Km 8 ps/nm/km .

4.

3 ,

1 가 4ps/nm/km 7ps/nm/km .

5.

1 ,

1 1600nm 1670nm 가 .

6.

1 ,

2 10ps/nm/km 20ps/nm/km .

7.

1 ,

2 1 7:1 .

8.

7 ,

2 1 5:1 .

9.

1 ,

2 1350nm 1450 nm 가 -

10.

9 ,

2 7.5ps/nm/km 15.5ps/nm/km .

11.

10 ,

2 8ps/nm/km 13ps/nm/km .

12.

9 ,

2 1 6:1 .

13.

12 ,

2 1 4:1 .

14.

9 ,

- - 0.195dB/km 가 .

15.

1 2 가 , 1 2 가 , 1
 2.5ps/nm/km 10ps/nm/km 가 , 2
 가 1 가 , 1 가 2
 ;

가 ;

가 .

16.

1 2 가 ,

가 ;

2.5ps/nm/km 10ps/nm/km 가 가 1 ;

1 가 2 , 가 1 가 2 ; , , .

17.

16 ,

가

18.

16 ,

19.

가 , , ,

1 가 ;

, 1450nm 2 가 1 , 1560nm 0.0140 , 60 μ m² , 가 1500nm 7.5ps/nm/km 15.5ps/nm/km 가

20.

19 ,

1 2 .

21.

20 ,

2 0.0120 .

22.

19 ,

1 3 가 2

23.

22 ,

2 1 3 , 1, 2 3

24.

23 ,

1 0.0025 , 2 0.0070 3 0.0017

25.

22 ,

1 , 2 , 3

26.

25 ,

1 0.0100 3 0.0120

27.

25 ,

1 0.0070 0.0120 3 0.0030 0.0080

28.

가 가 - , ,

0.0100 0.0160 1 가 ;

가 , 1 가 1

2 1 ;

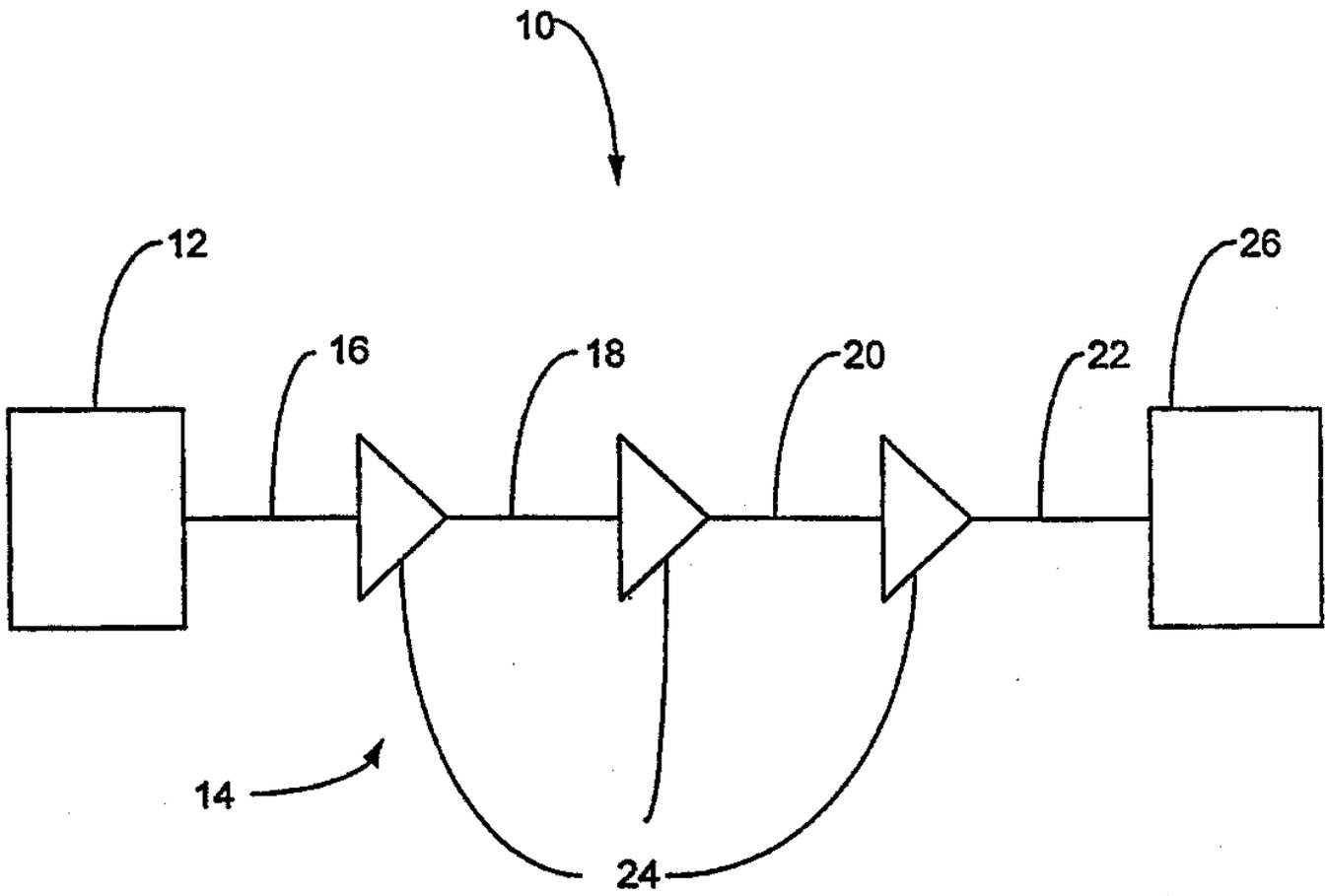
1 0.0030 0.0080 3 가 2 ,
 가 1500nm 가 , 1500nm - 8.0 ps/nm/km - 3.0 ps/nm/km

29.

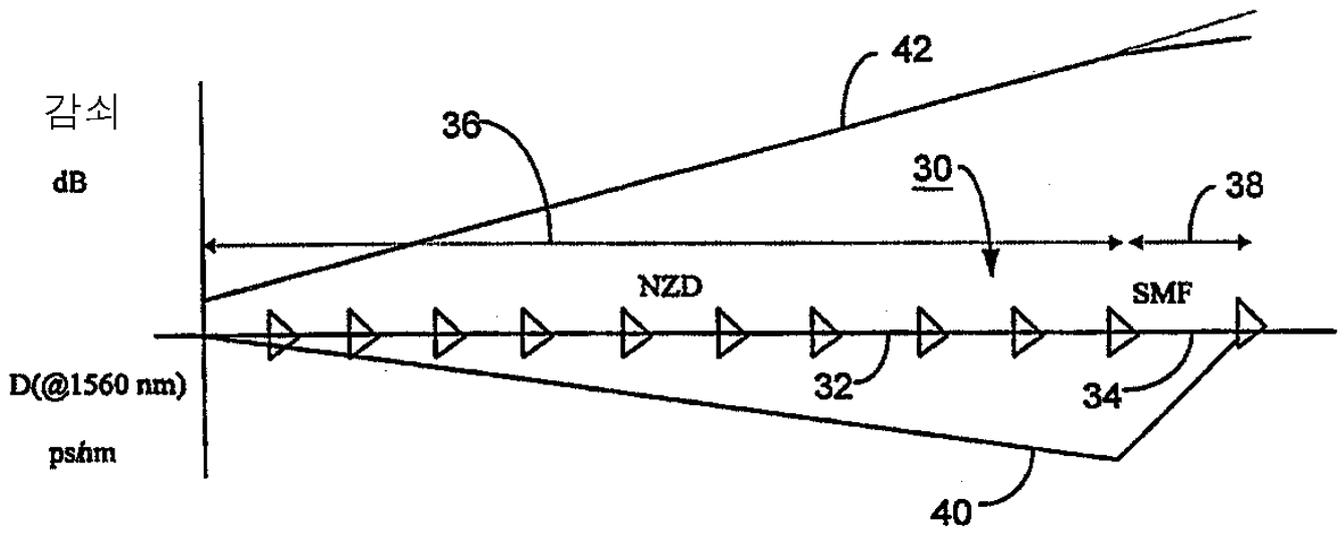
28

가 3.5 8.0 μm 1.9 3.0 μm 2 1 1.5 4.0 μm 가

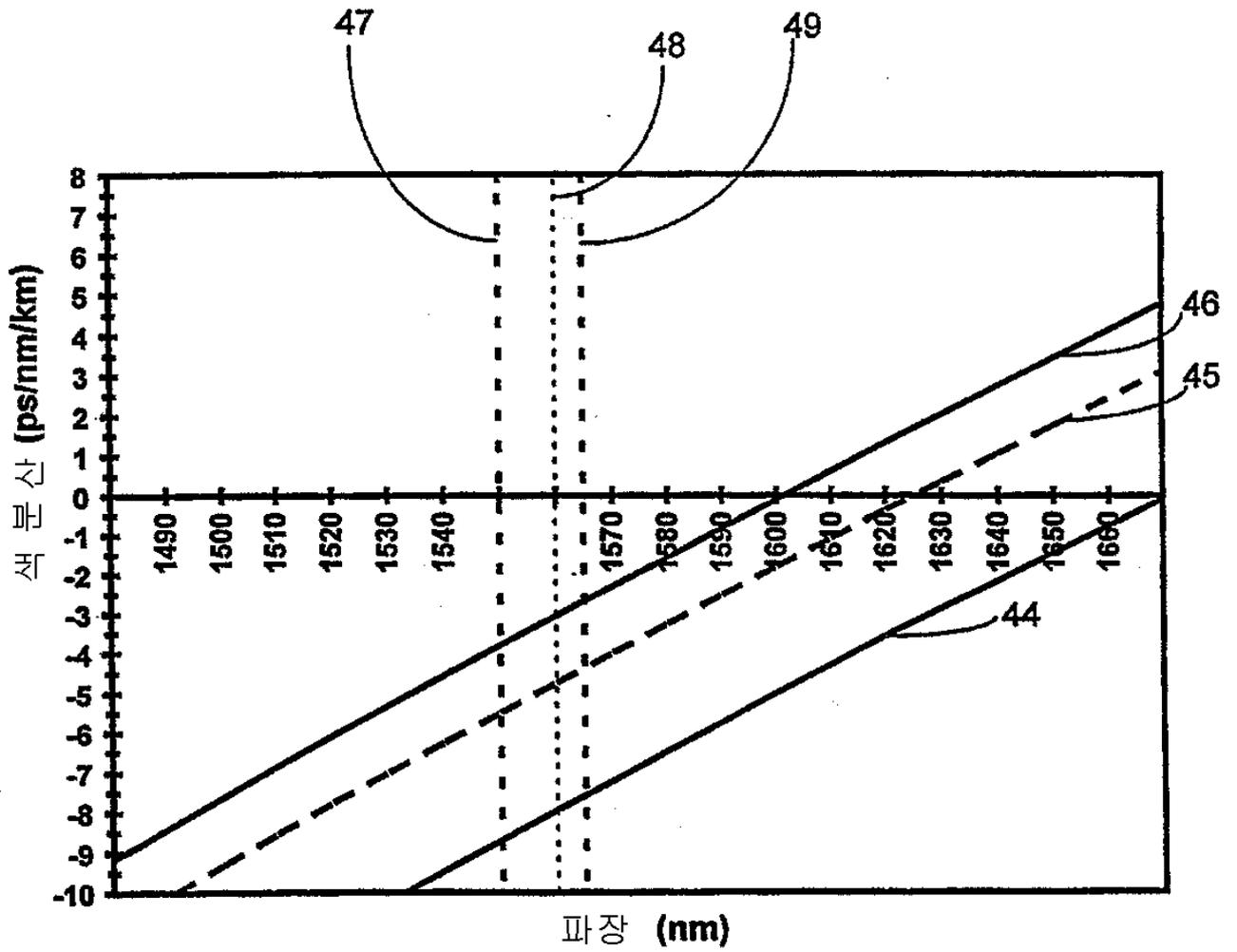
1



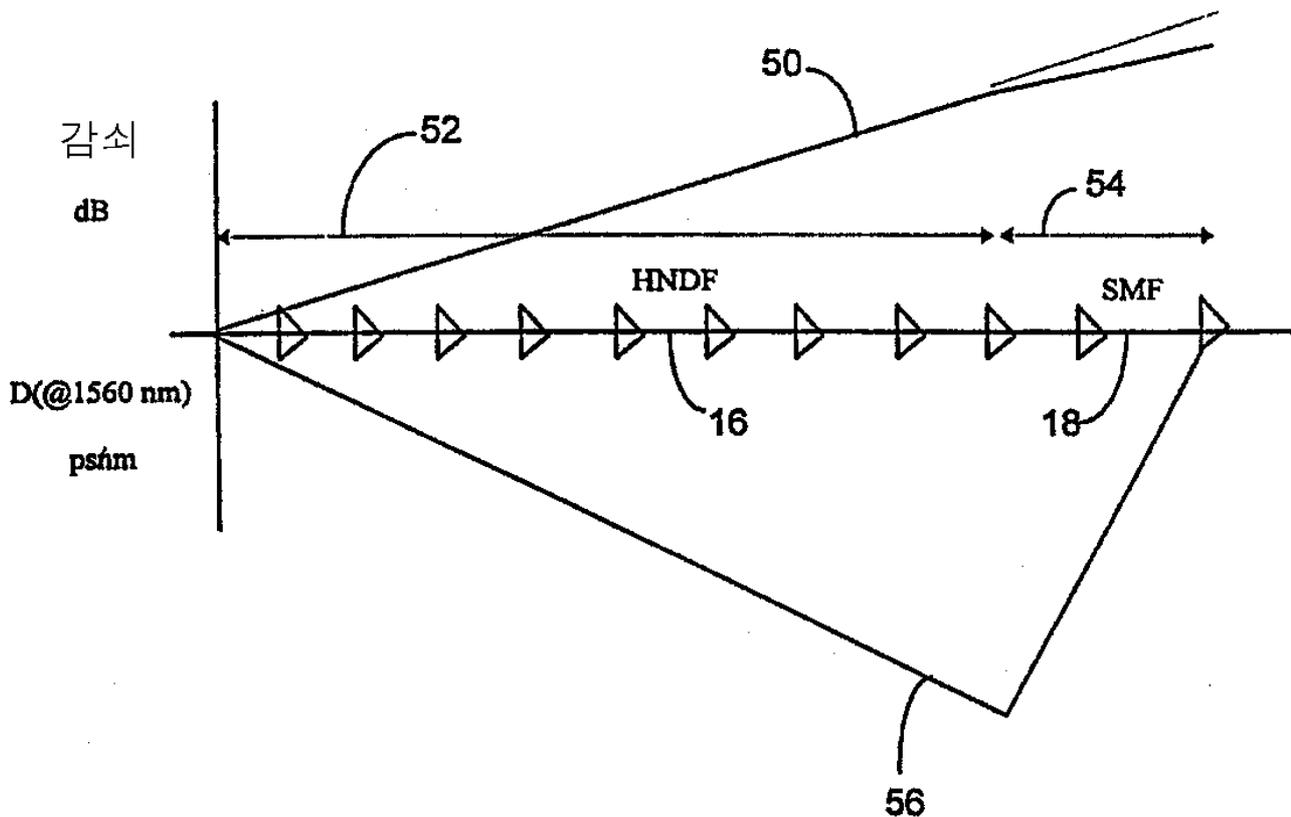
2



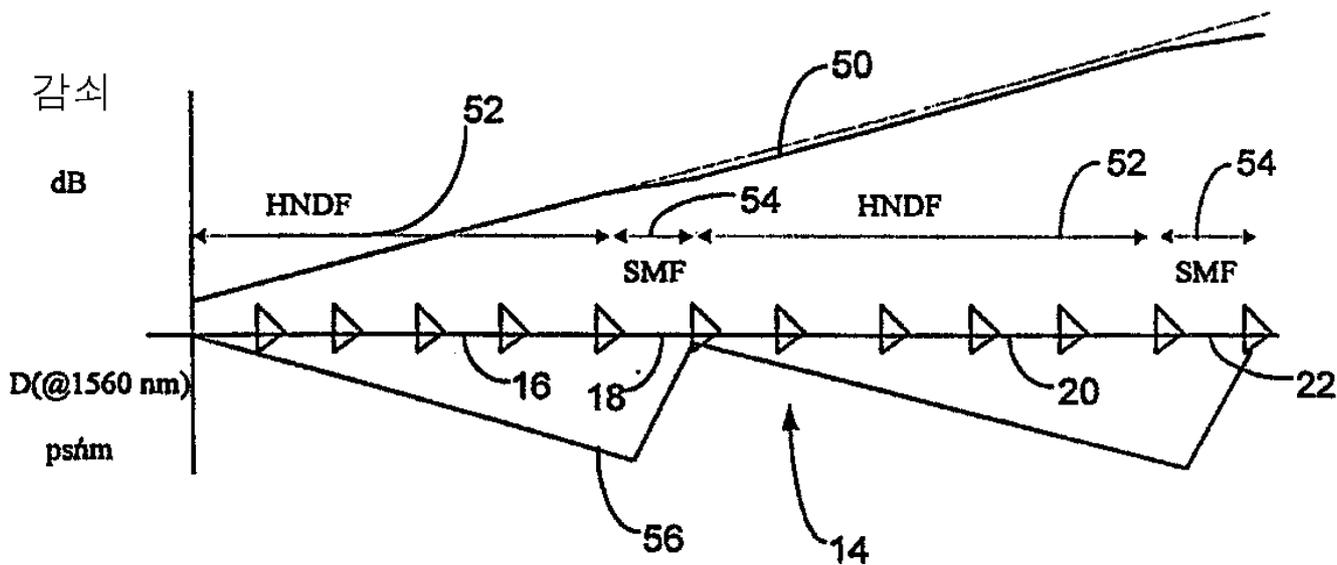
3

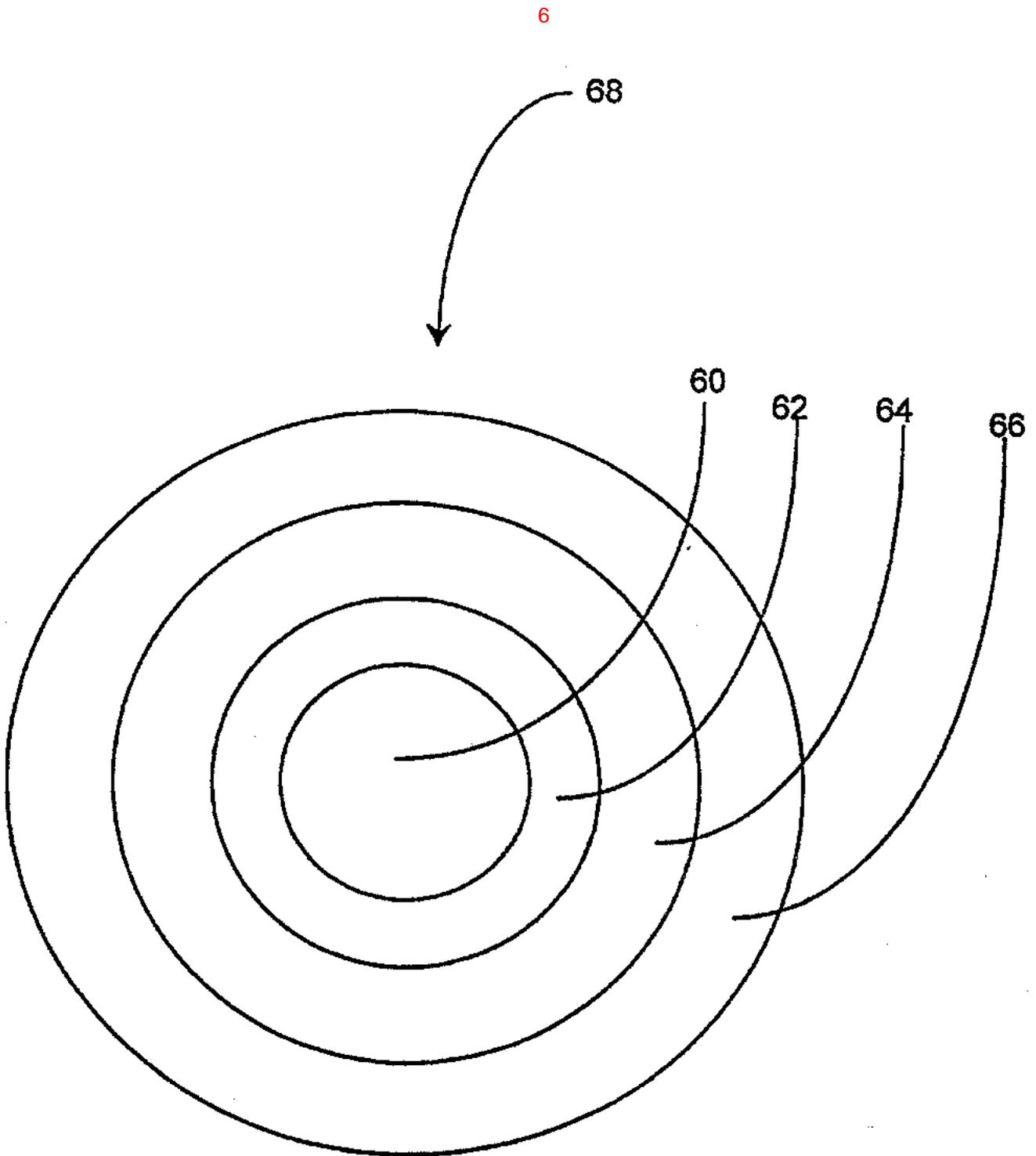


4

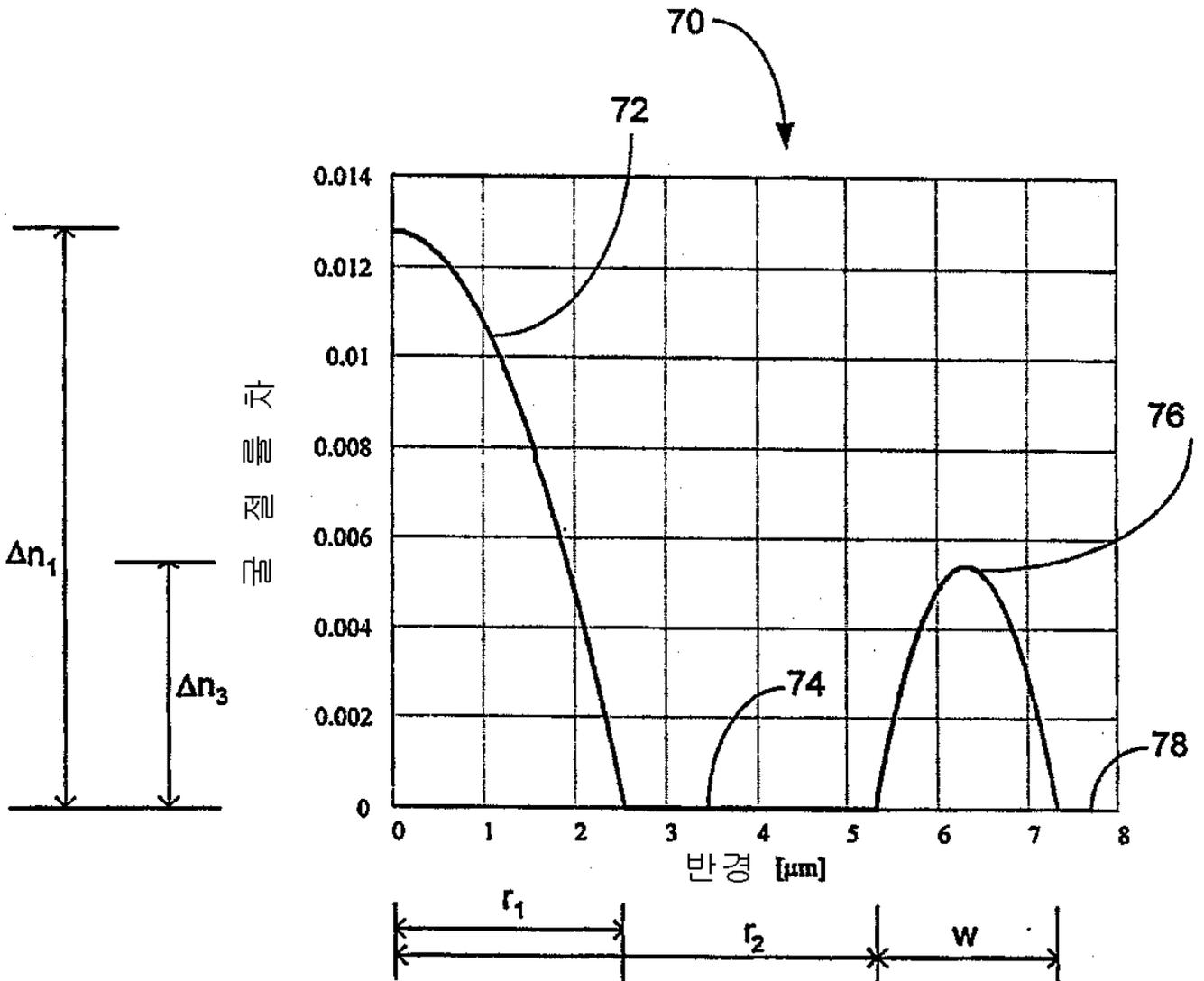


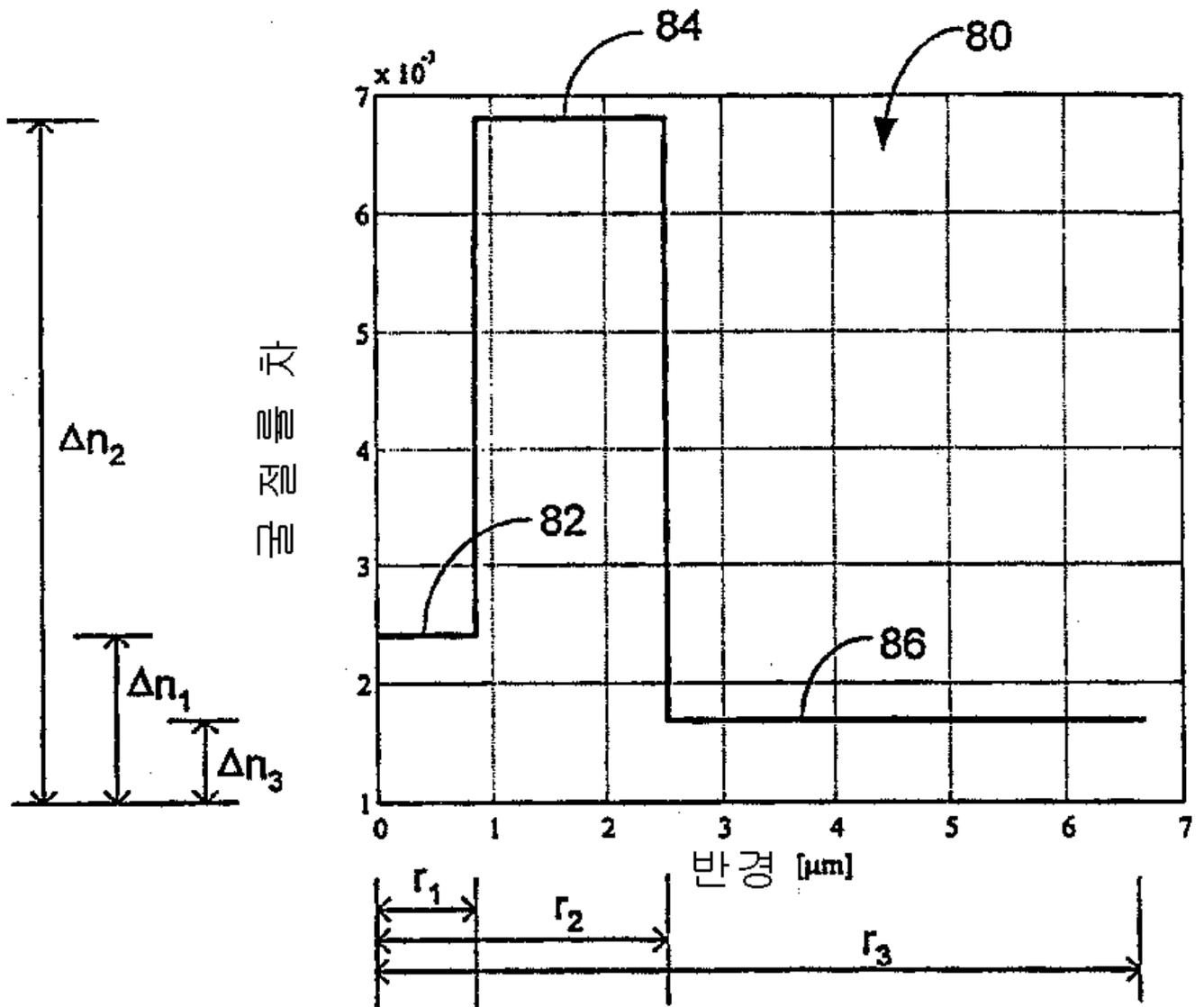
5



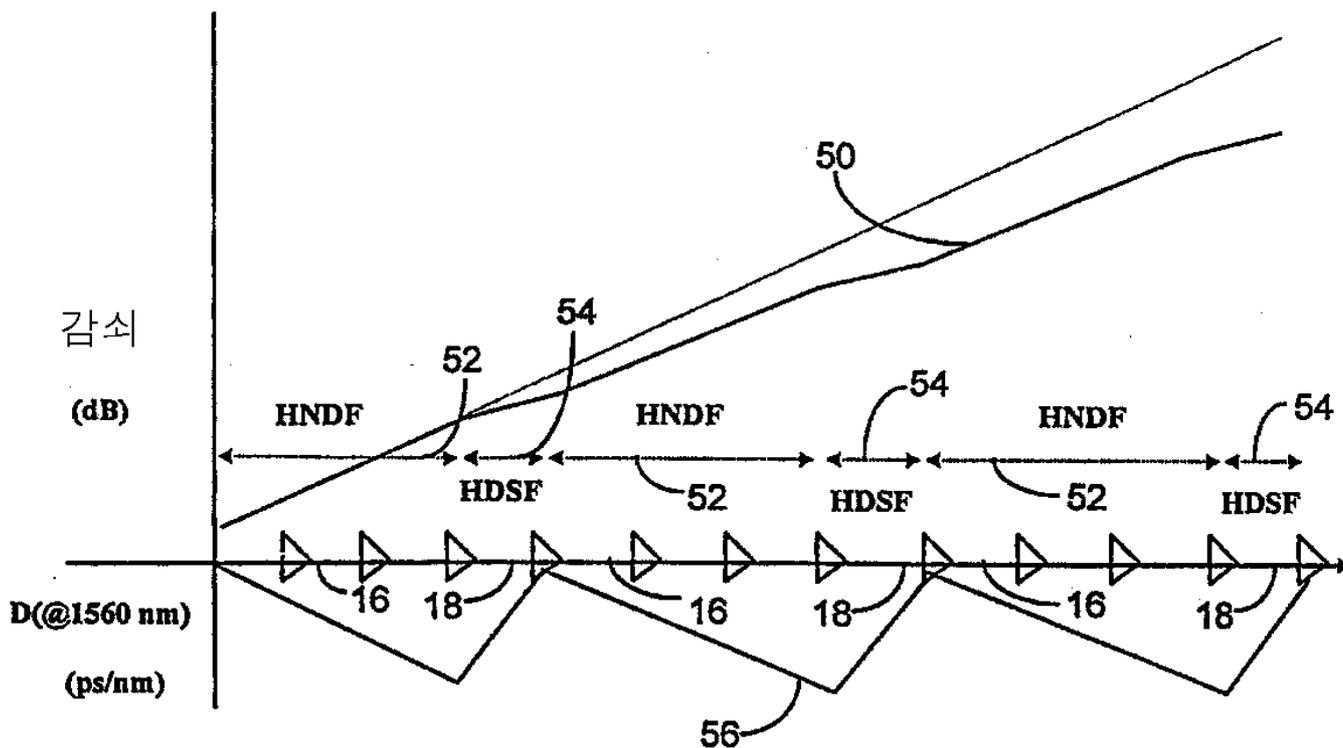


7

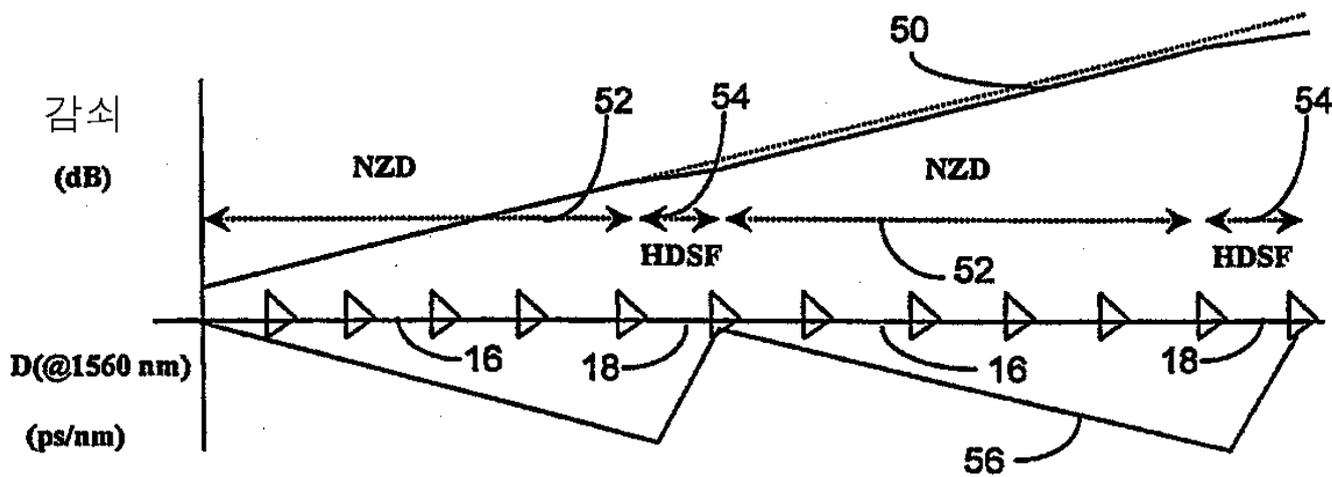




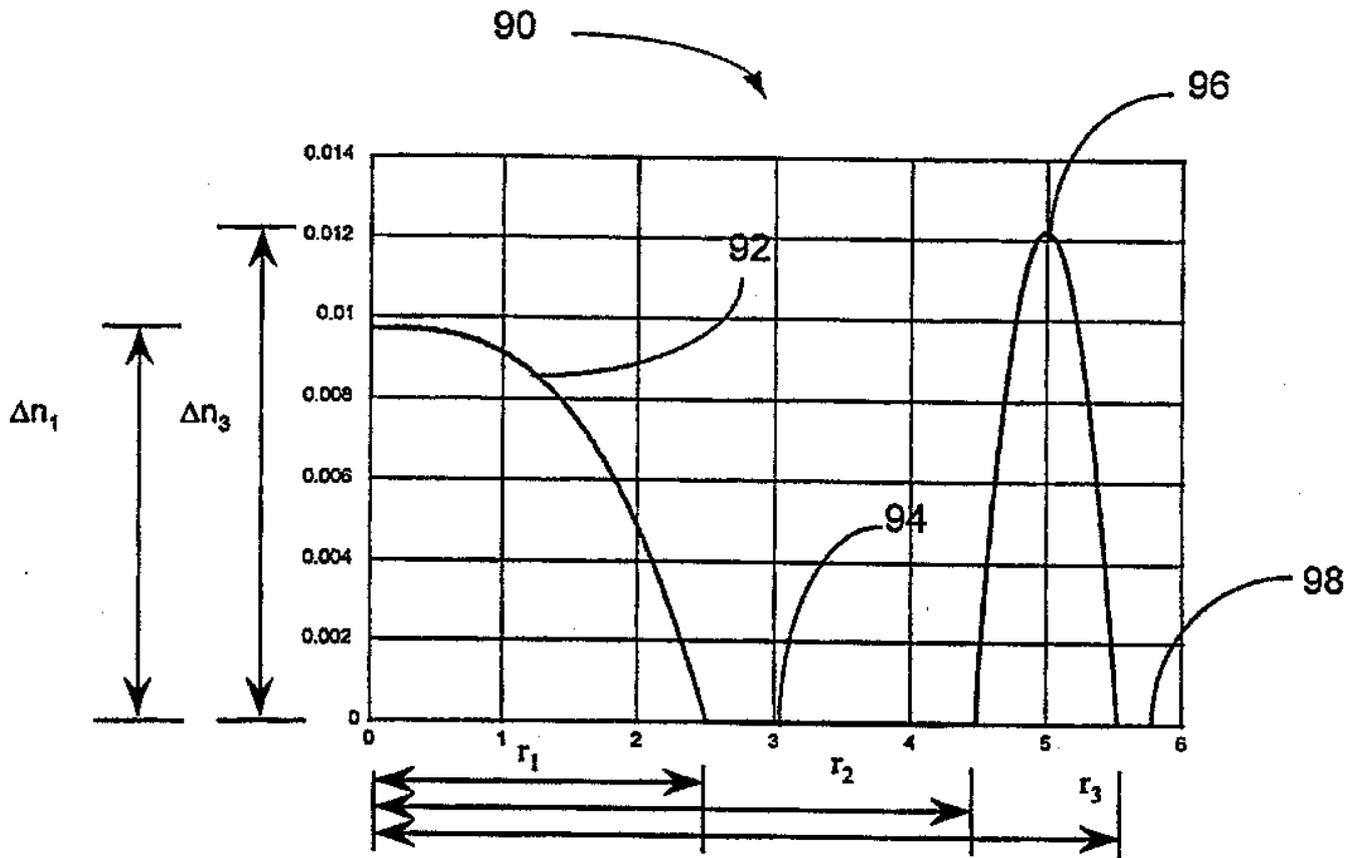
9a



9b



10



11

