

	.....	3
1.	.....	3
2.	.....	3
3.	.....	3
3.1	.....	3
3.2	.....	3
3.3	.....	4
3.4	.....	4
3.5	.....	4
3.6	.....	5
3.7	.....	6
3.8	.....	6
4.	.....	7
4.1	.....	7
4.2	(premelting)	7
4.3	,	8
4.4	Auto control	10
5.	.....	11
5.1	AR	11
5.2	AR - BBAR	14
5.3	.....	17
6.	(Spectrometer) -	18
6.1	.....	18
6.2	.....	18
6.3	Wavelength calibration	20
7.	.....	21
7.1	QW	21
7.2	2QW	22
8.	.....	25
8.1	.....	25
8.2	.....	25
8.3	.....	26
8.4	.....	29
9.	()	32
A.1	.....	33
A.2	E - beam (1)	33
A.3	e - beam (2)	33
A.4	E - beam	33

A.5 E-gun	High voltage(9 kV	10 kV)가	.....	33
A.6 Premelting	e-gun	가	.....	33
A.7	O fail	가	.....	33
A.8		가	.....	33
A.9	가		.....	34
A.10	DP가	가	DP 가	34
A.11			.....	34
A.12 DP	가 45		.....	34

가,

1.

가
가

가

2.

2.1 AR(antireflection)

가 . AR

(BBAR:Broad Band AR))

2.2 (mirror) : AR

가

(beam splitter), (filter)

3.

10^{-5} Torr

가

3.1

가

(rotary pump) : 10^{-3} Torr

3×10^{-2}

Torr

가

(diffusion pump) :

$10^{-6} \sim 10^{-7}$ Torr

: 10^{-3} Torr

TC

: 10^{-3} Torr

3.2

3.2.1

3.2.2 .(가)

3.2.3 PWR .

3.2.4 MAN() .

3.2.5 .(RP)

3.2.6 .(DP)

3.2.7 .(FV)

가 DP 가

가

가 가 40

가

3.3

가,

가,

가(95%),

가,

가...

3.3.1 .

3.3.2 .(RV) -

가

3.3.3 3×10^{-2} Torr

3.3.4 3×10^{-2} Torr 가

3.3.5 .

3.3.6 20 가

3.3.7 .

3.4

(leaking)

(vent)

3.4.1 , 가

3.4.2 (LV)

가

3.4.3 .

3.4.4 가

가

가 200

가

가

3.4.5

가

가

3.5

3.5.1 가

가

3.5.2 3

4.

가 ,

. MgF₂, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, Sub1

가

가

가

가

DP ,

4.1

4.1.1 가. (5×10^{-5} Torr)

4.1.2 가. 가 ,

2 ~ 3

4.1.3 가.

4.1.4 가 가. 40

4.1.5

가.

(factor)

가.

4.1.6

가

40

4.1.7

4.1.8 5 RPM

10 RPM

4.1.9 가

4.2 (premelting)

(premelting)

4.2.1 . ()

4.2.2 (high voltage) ON

4.2.3 8 ~ 10 kV

가, (current source) ON

** **

가

가

GAS

< 1 >

4.2.4

4.2.5 STOP, START

0

4.2.6

가

4.2.7 가 0.01 A

4.2.8 가

가

4.2.9 가

4.2.10 가

4.2.11 < 4.1>

4.2.12 가

4.2.13

4.2.14 가 < 4.1>

4.2.15 가 0 가

가

Chemical	rate	C1, C3	C2
MgF ₂	10 ~ 20	-10	-20
SiO ₂	10 ~ 20	-10	-25
Al ₂ O ₃	3 ~ 4 (6 ~ 8) [*]	-20	-60 ~ 70
Sub1	2 ~ 3 (4 ~ 6) [*]	-10	-25
TiO ₂	2 ~ 2.2 (4 ~ 4.4) [*]	-30()	-60

< > rate cut point

* C2 .C2 * 가

가 rate 2 가

4.2.16 10 가,

가

< >

4.2.17

4.2.18 4.2.5 4.2.14

4.3

< 4.1>

	(g/cm ³)	(nm)	()	(Torr)	(/s)	()
MgF ₂	3.15 (3 [*])	160 ~ 7000	1.38 @550 1.41 @250	1450	-	8 ~ 15 250

			1.36 @2500				
Al ₂ O ₃	3.91 (4')	200 ~ 5000	1.64 @500nm	2000 ~ 2200	1×10 ⁻⁴	3 ~ 4	250 ~ 300
SiO ₂	2.208 (2.2')	200 ~ 9000	1.45 @550nm	1600 ~ 2500		5 ~ 15	250 ~ 300
TiO ₂	4.26	400 ~ 2000	2.35 @500nm	2200	2.0×10 ⁻⁴ ~ 2.5 ×10 ⁻⁴	2	250
ZrO ₂	5.6	300 ~ 7000	2.10 @300nm 2.05 @500nm	2400	1.0×10 ⁻⁴ ~ 1.2 ×10 ⁻⁴	2	250
Sub1 (ZrO ₂ +TiO ₂)	5.4 (5.6')	350 ~ 7000	2.1 @550nm	2500	1.2×10 ⁻⁴	2 ~ 3	250 ~ 300

가 0.01 A

(premelting)

< 4.1>

가 가 가 가 가

MgF₂ - 15 ~ 20mA 가 가 가
 30mA 가 40 ~ 50mA 가
 가 가
 2 ~ 2.5 cm , 20mA
 8 ~ 15 /sec 가
 SiO₂ - 18 ~ 20mA 가 가
 가 가 35 ~ 40mA
 가 가 1 cm
 25 ~ 30mA , SiO₂ 가
 가 가 가 가
 가 가 가
 8 ~ 15 /sec 가
 Al₂O₃ - MgF₂ SiO₂ , 120mA 가
 1.0×10⁻⁴ 가 1.5 ~ 2 cm 100mA
 TiO₂ - 60mA 가
 , TiO₂ tablet , tablet 60mA , 100mA
 , 155mA 가

가 2.0 ~ 2.2×10⁻⁴Torr 가 145mA
 가 2 /sec 가 TiO₂
 tablet
 2.0 ~ 2.2×10⁻⁴Torr TiO₂
 가 2 /sec 가
Sub1 - tablet 가
 가 (1.2×10⁻⁴Torr) 110mA
 가 , 85 ~ 90mA 5 mm
 2-4 /sec 가 가
 가 가
 Premelting E-gun

4.4 Auto control

mode local
 , hand
 set thickness auto
 set thickness 가 가
 가 , e-beam set thickness 1 가
 , premelting START
 premelting . START 가 premelting
 Premelting 가

5.

AR AR(anti-reflection)

TFCALC.EXE H. A. Macleod [Thin-film optical filters]

8 가
가

가

가

가

가

5.1 AR

BK7

4% 가

가

n

(R)

$$R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$$

BK7

1.5

R = 0.04,

4%가

(BK7)

4%

BK7

92%

AR

$$n = \sqrt{n_s} \quad (n_s)$$

)

BK7

BK7

1.5

$$\sqrt{1.5} \approx 1.22$$

1.38

MgF₂

n_s

n_c

n₀

n_c

n_s

가

$$R = \frac{(n_s - n_c^2)^2}{(n_s + n_c^2)^2} \quad (5.1)$$

n_s:

BK7($n=1.52$) MgF₂, $n_c t = \lambda/4$ (t) 가 , λ 가 ,

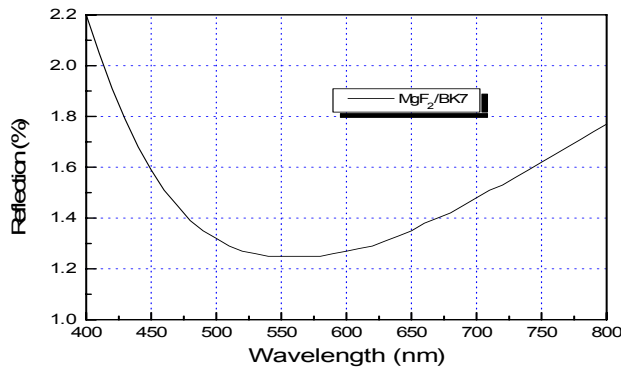
(5.1) $R = \frac{(1.52 - 1.38^2)^2}{(1.52 + 1.38^2)^2} \approx 0.0126$ 1.26% [5.1].

$n_c t = \lambda/4$ n_c , t

1QW(quarter-wave) MgF₂

$t = \frac{550}{4 \times 1.38} = 99.64 \text{ nm}$

550nm 1QW QW



5.1 BK7($n=1.52$) MgF₂($n=1.38$) 550nm 가 가 . 5.1 1.26%

$$n = \sqrt{n_s} \quad (n_s)$$

가

5.2 (SFL6: $n=1.81$)

550nm

QW 가

가

가

가

550nm

가

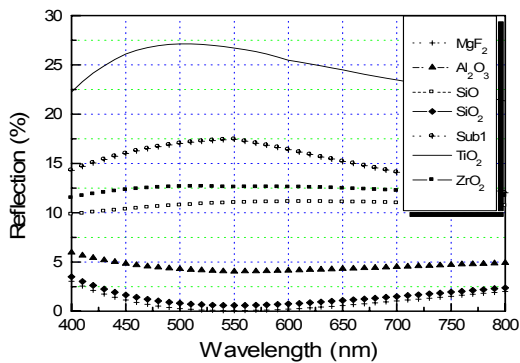
QW

가

QW

가

< 5.1 >



5.2 SFL6

550nm QW

< 5.1 >

가

MgF ₂	1.41 @250nm 1.38 @550nm 1.36 @2.5μm	160nm ~ 7μm	
MgO	1.73 @550nm	220nm ~ 8μm	
CeO ₂	2.25 @500nm	400nm ~ 16μm	
CeF ₃	1.70 @300nm 1.65 @400nm 1.63 @500nm 1.62 @600nm 1.60 @1μm	300nm ~ 5μm	
Al ₂ O ₃	1.64 @550nm	200nm ~ 5μm	
HfO ₂	2.15 @250nm 1.95 @500nm	220nm ~ 12μm	
SiO ₂	1.45 @550nm	200nm ~ 9μm	
SiO	1.85 @800nm 1.6 @7μm	600nm ~ 8μm	
Cryorite (Na ₃ AlF ₆)	1.33 @500nm	250nm ~ 2μm	
ZrO ₂	2.1 @300nm 2.05 @500nm	300nm ~ 7.0μm	
TiO ₂	2.35 @550nm	400nm ~ 2μm	
Sub1 (TiO ₂ + ZrO ₂)	2.1 @550nm	350nm ~ 7μm	
LaF ₃	1.58 @550nm	250nm ~ 14μm	
BaF ₂	1.48 @500nm 1.46 @2μm	220nm ~ 15μm	
Y ₂ O ₃	1.75 @550nm	350 ~ 8μm	
ZnSe	2.67 @550nm 2.40 @10 μm	600nm ~ 15μm	
ZnS	2.40 @550nm 2.22 @8 μm	400nm ~ 15μm	

가

가

가

4.1

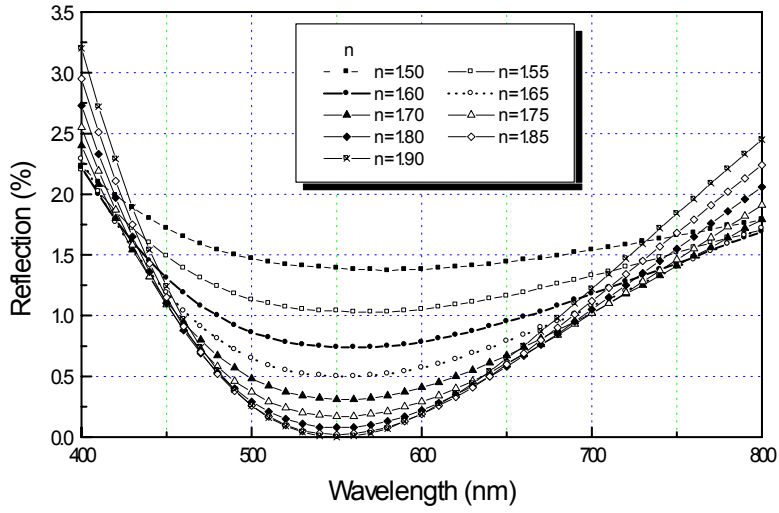
5.3

MgF₂

550nm QW 가

가 가

5.1



5.3

1.5

1.9

가

MgF₂(n=1.38)

가

가

5.1

5.2 AR - BBAR

5.3

1.9

0

가

가

BBAR (: Broad Band AR)

3

가

(H),

(M), 가

(L)

MHL

5.4

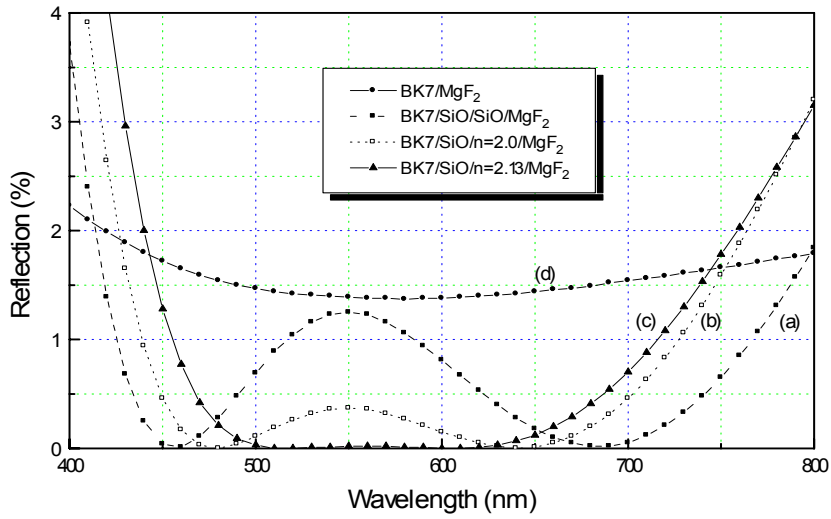
MHL

1QW

가

가

(d)



5.4 3

550nm QW 가

가

가

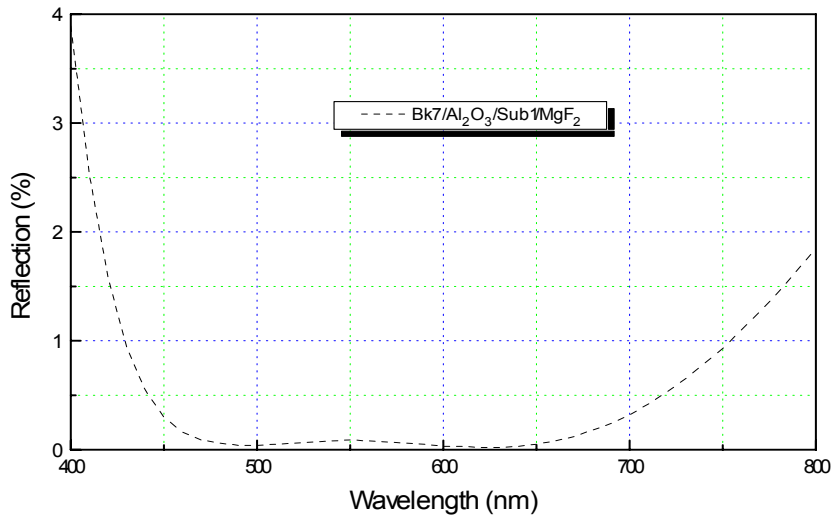
(H)

5.5 MHL

5.4

가

2QW



5.5 가 (H) 2QW

BK7/Al₂O₃(1QW)/ Sub1(2QW) /MgF₂(1QW).

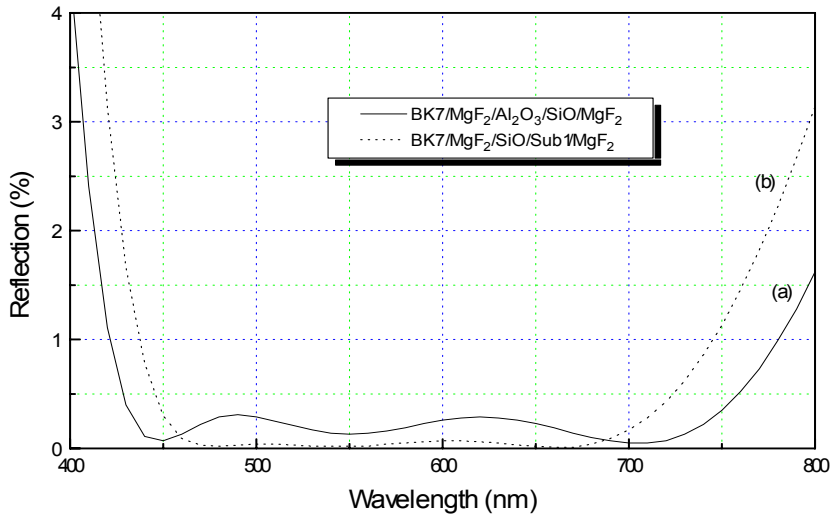
550nm.

5.6

5.4

MgF₂

2QW



5.6.4 MgF₂ 2QW

(a) BK7/ MgF₂(2QW)/ Al₂O₃(1QW)/ SiO(1QW)/ -MgF₂(1QW) (b) BK7/ MgF₂-(2QW)- / SiO-(1QW)/ Sub1-(1QW)- / MgF₂(1QW). 550nm.

5.7

5.6

5.7 (a)

5.6

4

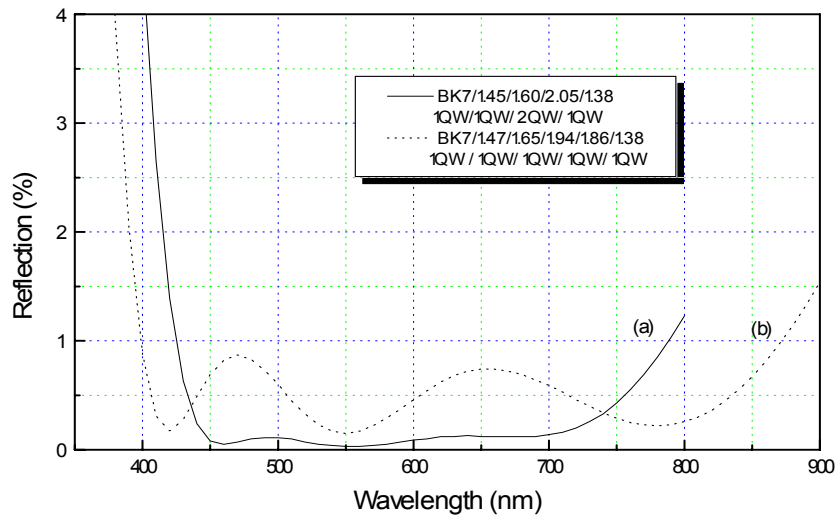
(b) (a)

(n=2.05) 2QW

2 7†

QW

(a)



5.7 (a) 4 , (b) 5

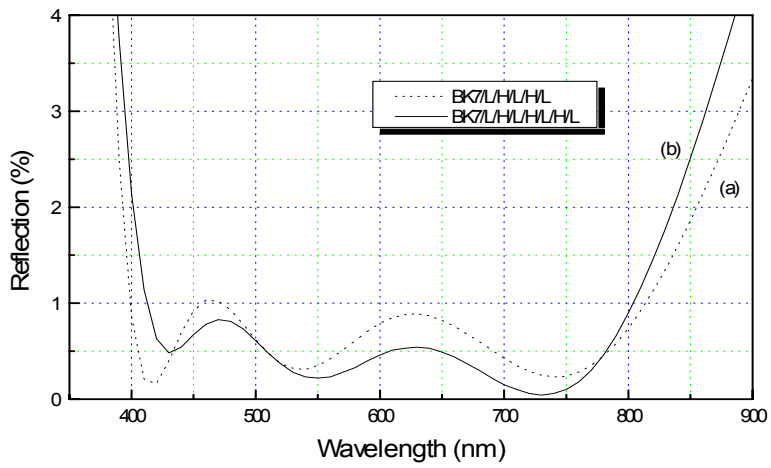
5.8

(H) (L)

(a) LHL

, (b)

HLH



5.8 H(n = 2.3), L(n = 1.38). (a) BK7/ L(2.23)/ H(0.3496)/ L(0.4976)/ H(0.5008)/ L(1.1892). (b) BK7/ L(2)/ H(0.36864)/ L(0.23472)/ H (0.81656)/ L(0.09208)/ H(0.44792)/ L(1). 550nm QW

5.8 가 QW

(a) (b) LHL HLH

8

AR BBAR

5.3

()

가

s-, p-polarization

가

가 가

MgF₂

QW 가 4um

가

가 가

6. (Spectrometer) -

6.1

(Spectrophotometer Spectro-meter).

Spectrometer

: 175 nm ~ 3200 nm

: 0.05 nm ~ 5.0 nm (0.2 nm ~ 20nm NIR)

(Scan speed): 0.9 ~ 960 nm/min

: 0.01 ~ 1nm

Detector: UV, VIS - photomultiplier

NIR - PbS

: (deuterium) - UV()

- VIS(가), NIR()

< > 1000

6.2

6.2.1

6.2.2

가 30

6.2.3

UVDM.EXE

C: \ > uvdm ↓ -

6.2.4 uvdm Instrument - Initialize Initialize 'Instrument
 Initializing' 가 가 'Ready' 가 가
 , wavelength calibration error 가 6.3
 Instrument

Instrument

- Scan
- Time Drive
- Wlpg
- Two Wave
- Concentration
- Accessory
- WL Calibration
- Initialize

6.2.5 가 Instrument -Scan Scan 가

Lambda 6 Scan CPW		
ORDINATE	Mode	Absorbance
	Scale Limits	Max: 1.0000 Min: 0.000
ABSCISSA	Range	Max: 900.0 Min: 190.0
	Data Int	1.0 nm
	Slit	1.00 nm
	Lamp	D2: ON W: ON
INST	Speed	120 nm/min
	Response	1.0 seconds
CYCLES	Number	1 cycles
	Time	Auto minutes
OUTPUT	Display	Serial
	Autoprint	OFF
	Table	OFF
	Interval	1.0 nm
	Increment	ON
	Autocopy	OFF
FILID	Start Field	SCAN001 .SP

Transmission Reflectance

UV D2 ON

480 960 nm/min

D2 (1000)

D2 OFF

6.2.6 Transmission() Reflectance() 가

6.2.7

F8 key (Key Az/Bc). F8 key

BACK CORR

AUTO-ZERO / BACKGROUND CORRECT

To auto-zero depress [AUTO-ZERO]

To background correct at the following parameters depress [BACK CORR]

Range: Max 900.0 Min 190.0

Slit: 1.00

Scan Speed: 960

[RESTORE] [CANCEL]

BACK CORR

(Scan 가

6.2.8. . F4 key(Run)

6.2.9 가 File - Print

6.2.10 File- Quit to Dos

< >

6.3 Wavelength calibration

(grating)가 가

가

가

calibration , , wavelength calibration error 가 가 . 가 가

wavelength calibration

. wavelength calibration

D2 656.1 nm

goto (F5 key)

detector 656.1

detector 가

Instrument - Scan - mode, mode

gain

가 (25) detector 가

50 100

Instrument - Scan

mode

energy

. ESC

e

energy

658

654

0.1 nm,

1mm,

(D2) On,

(W) Off, scan speed

15nm/min, smothness

1

F4

. wavelength calibration

656.1nm

peak

. peak

656.1

가

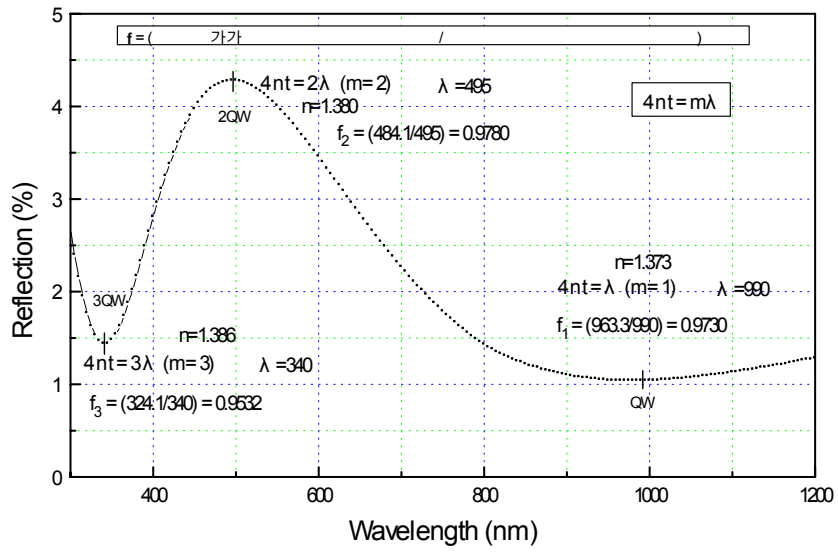
Wavelength calibration

가

wavelength calibration

error 가

UVDM



7.1 2QW, 3QW . MgF₂

7.1 5.1 . 2QW

7.4 . 2 , 3 QW

5.2 QW 가 가 .

가 . 7.3

TFCALC.EXE . (TFCALC 8 .)

가 가 . 5.1

C-2 가 96.1%, 가 26.5 , 가

MgF ₂	0.966
Al ₂ O ₃	0.725
Sub1	0.718
SiO ₂	0.898
TiO ₂	
ZrO ₂	

7.1

8.

windows 3.1

tacalc.exe

가

가

TFCALC.EXE

TFCalc(Thin Film Calculation)

가

. 5

가

< >

가

8.1

TFCalc

가

500 가

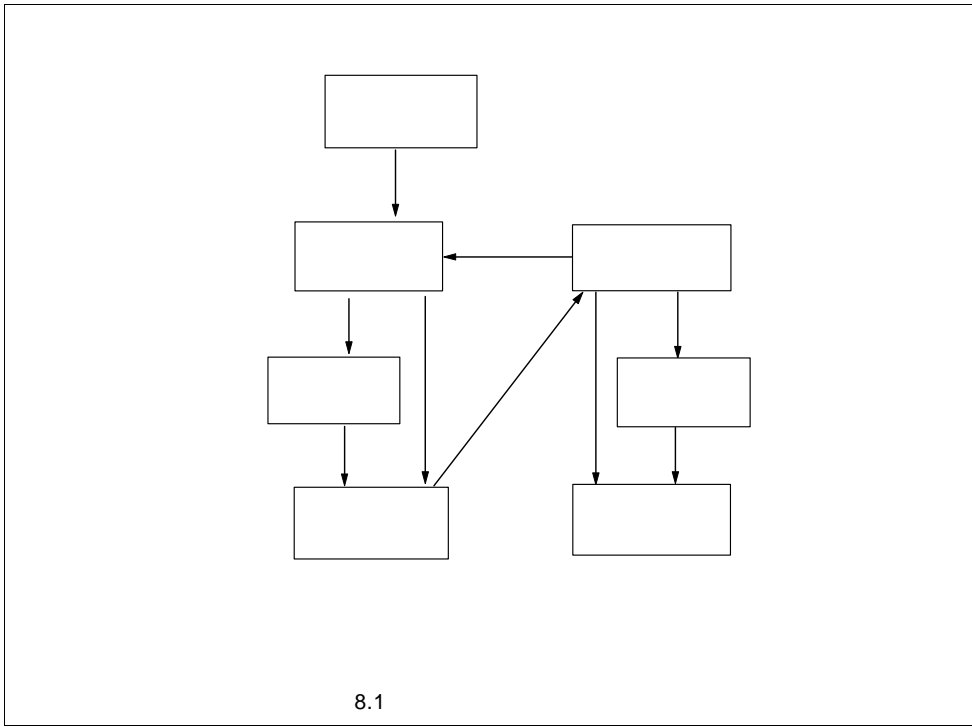
가

5

가

가 가, 가

8.2



8.3

8.2 가

Coating name: untitled

Reference wavelength (nm)

Illuminant:

Incident angle (deg):

Incident medium:

Substrate:

Thickness (nm):

Exit Medium:

Detector:

8.2

8.2 Reference wavelength QW 550nm

MgF₂ 1QW 550nm 가 QW

Incident angle

0° Incident Medium

Substrate

. Exit Medium

가

Analysis Parameters

가

8.2

550nm

0°

가

가

가

가

. Back layer

8.3

(Modify)

- Modify
- Environment...
- Stack Formula...
- Layers - Front
- Layers - Back
- Groups
- Targets
- Comments
- Variable Materials
- Materials
- Substrates
- Illuminants
- Detectors

8.2

가

가

8.3 Modify Menu ()

< > 8.3 Materials, Substrates

BK7

MgF₂

550nm

가

가

. TFCalc

(1)

8.3

Modify

(2)

8.3

Environment

8.2

(3)

8.2

(550nm), (4)

Glass

BK7

(5)Analysis Parameters

(6)

8.3

Layers - Front

8.4

Layers - Front							
Options							
Layer	1	2	3	4	5	6	7
Material							
QWOT							
Thick(nm)							
Optimize?							
Group							
←							→

QW

(Yes, No)

8.4 Layer - Front

(7)

8.4

Options

'Add Front Layers'

가

(8)

(7)

MgF₂가 1QW

(9) Run menu

'Analyze Only'

(10) Results menu

'Show Plot'

8.4

8.2

8.4

가 . 가 8.4 'Optimize?' yes .
 Target(: 가 . 'Option'
 'Target' 8.5 Target 가 Target

Targets					
Options					
Target #	1	2	3	4	5
Kind	Intensity	Intensity	Intensity	Phase	Phase
Refl/Tran	Refl	Tran	Absp	Tran	Refl
Polarization	Ave	P	S	Dif	Dif
Wavelength	450.0	500.0	550.0	600.0	650.0
Angle	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Target	0.0	100.0	<10.0	180.0	0.0
Tolerance	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
←					→

8.5 Target

()
 Target Option 'Generate Targets...' 'Generate Targets...'
 8.6 가

Enter Target Information:

Inten/Phase:

Refl/Tran:

Polarization:

Wavelengths: to by

Angle: Number of targets:

Target: Tolerance:

Space targets by:
 Wavelength Wavelength number
 Log of Wavelength

Replace current targets

8.6 , 400nm 700nm Target

8.6 OK Target . 8.4
 Optimize? yes , Run 'Optimize Design' . Optimize?
 yes 가
 (Iteration .) 가 Target

Optimize: Layers Groups

Method: Gradient Simplex Variable Metric

Max Iterations: Error Tolerance:

Max Change(%): Power: 1 2 4 8 16

Minimize Sensitivity

Stop Optimizing Zero-Thickness Layers

Display Index Profile While Optimizing

Add Layers Before Optimizing L= H=

Continue Adding Layers Until Optimal Design Is Found

Add Many Layers Simultaneously

8.7

8.7 Option Layer Method 가 Gradient Variable Metric Gradient
 Max. Iterations 가 N , Gradient Variable Metric

5 x N

5

Target

Target

Target

8.5

TFCalc

TFCalc

(1) AR

, 2, 3, 4 (2), BBAR

(2)

Fabry-Perot, Phase Conjugate, Narrow-Band, Wide-Band

(3) Beam Splitter

Neutral, Cold Mirror, Polarizing, Nonpolarizing

(4) Edge Filters

Long Wave Pass, Short Wave Pass

(5) Notch Filters

(6) Phase Retarders

(7) Reflectors

Metallic(), Dielectric

가 .

Cr or Al₂O₃ as a adhesion layer, MgF₂ or SiO, SiO₂ as a protective layer

9.

1

1

3

6

< A >

A.1

3 가 , DP 가 가 O

A.2 E-beam

(1) C1 C2 가 e-beam 가

4 가

가

A.3

e-beam (2)

beam pattern circle , e-beam mode circle pattern , (∞) pattern

A.4 E-beam

가 e-gun

A.5 E-gun

High voltage(9 kV 10 kV)가

E-gun 가 high voltage 가 가 , E-gun , Korea

Vacuum(:)

A.6 Premelting

e-gun 가

E-gun Premelting () 가 , e-gun

A.7

O fail 가

Gold crystal 가 가 Gold crystal 가 가 가 O fail 가 가 가 가 20 가 가 가 가 10

A.8

가

C2 가 premelting START e-beam Al₂O₃ TiO₂, Sub1 Premelting START

A.9 가

A.10 DP가 가 DP 가 . , .
 가 . DP 가 가
 DP 가 DP 가 DP 3
 가

A.11

가 가 , ,
 가 가 , 가 가

A.12 DP 가 45 .
 가 , 가 DP 가 45 . 가 ,