

## 프로그램 설계 ( Basic )

### 1) 생산 제품의 Specification 설정

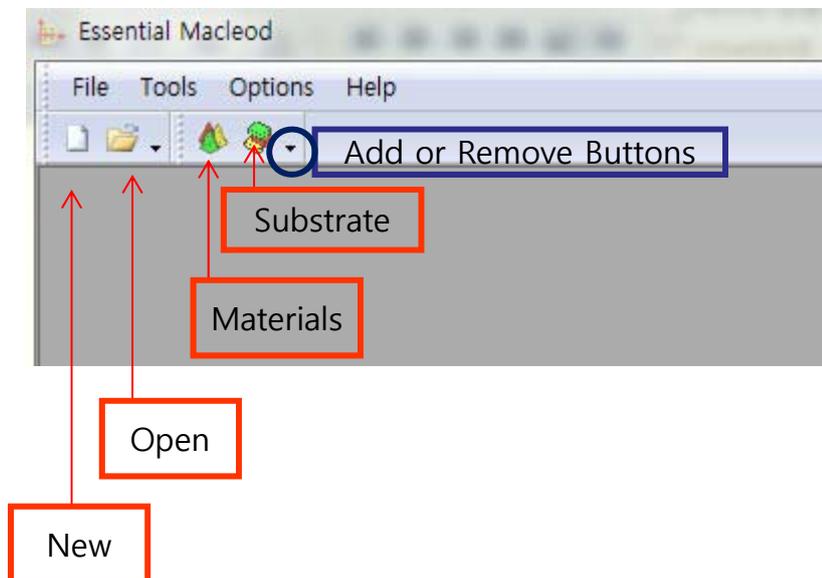
생산품 : 카메라폰 렌즈  
Spec : AR 코팅, 400 ~700 nm , 0.5T, Glass 반사율 0.6% 이하  
증착장비 : 이온 빔

### 2) 물질 선정

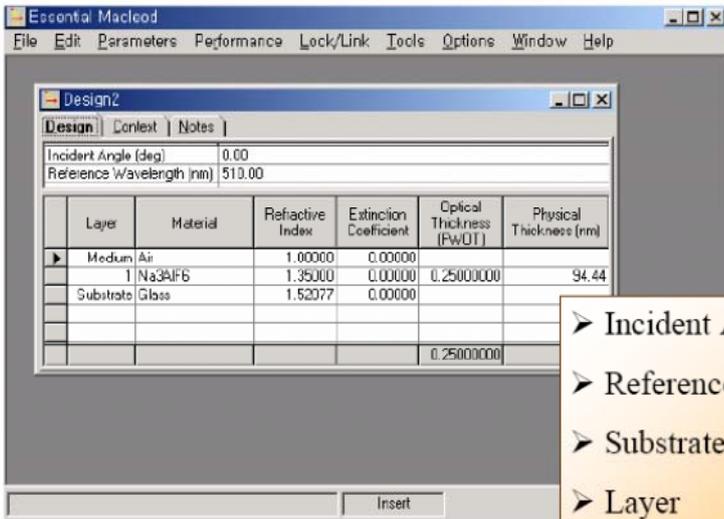
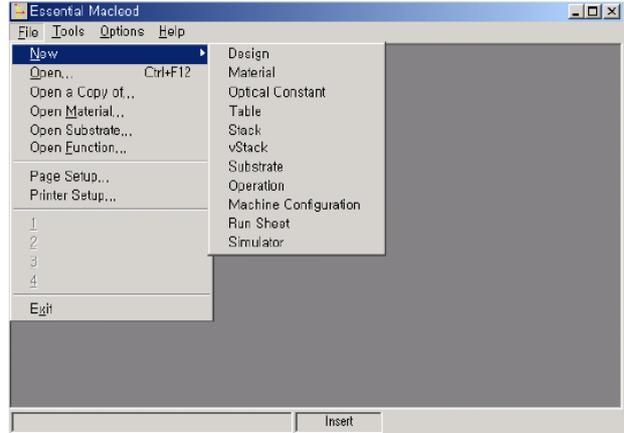
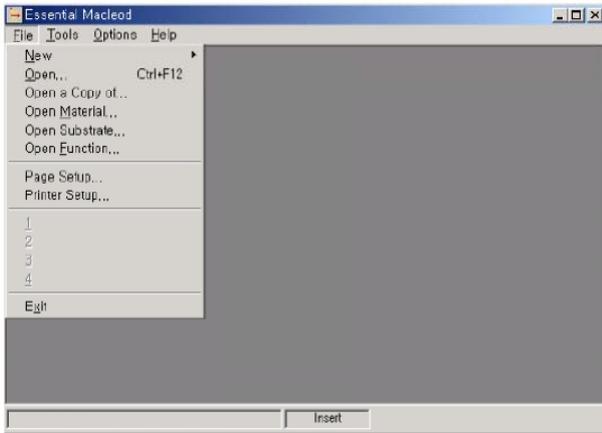
Tio2, Sio2 ( 굴절률 data 필요 )

### 3) 광학박막 이론적 설계

Macleod Essential Program 실행



설계 과정에 따라 해당 Window 별로 Tool Bar 메뉴가 변경되어 나타나며 보여지는 버튼 선택으로 상단 문자 방식의 명령과 동일하게 실행 할 수가 있습니다.

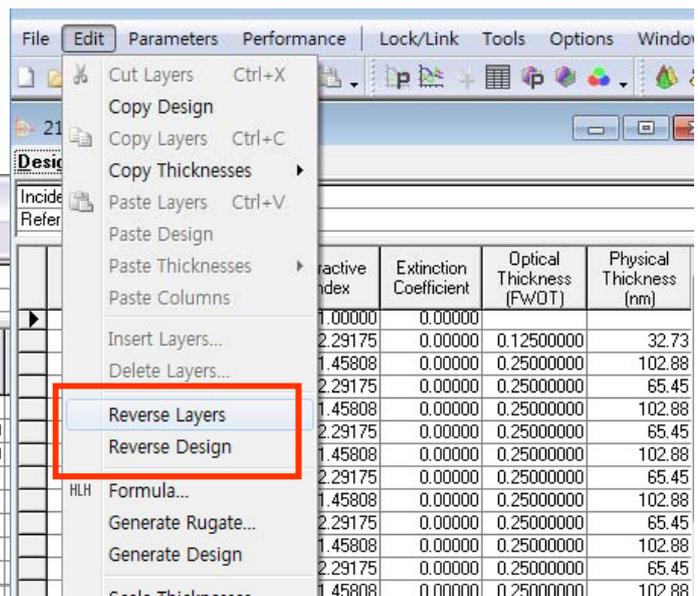
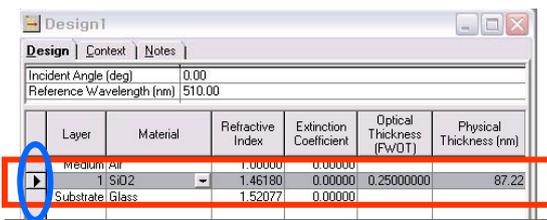
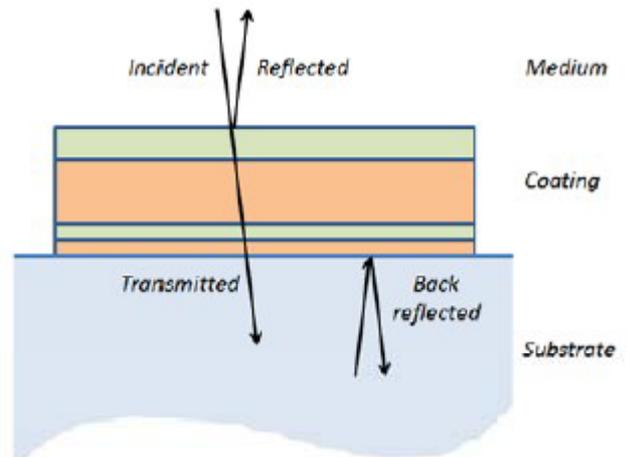
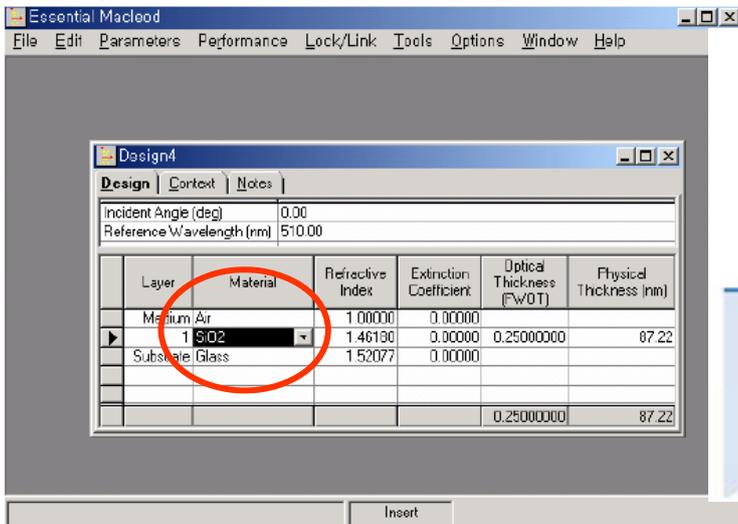


상단 Tool Bars 에서  
File ▶ New ▶ Design

- Incident Angle
- Reference wavelength
- Substrate
- Layer
- Thickness

Incident Angle(입사각) : 0.00 ( 입사각이 물질과 수직인 상태 )  
 Reference Wavelength ( 기준파장 ) : 가시 파장대역의 중간  
 Layer ( 박막 층수 )  
 Material ( 물질 명 ) : 마우스로 해당 셀을 클릭하여 물질 입력(선택)  
 Refractive Index ( 굴절률 ) : Reference Wavelength에서의 굴절률  
 Extinction Coefficient ( 소멸계수 ) : 물질의 소멸계수  
 Optical Thickness : 0.25 ( ¼λ로 최적인 상태 )  
 Physical Thickness : 물질 두께

마우스로 해당 셀에서 직접 물질을 입력 하거나 “화살표” 버튼을 클릭, 찾아서 선정 합니다.



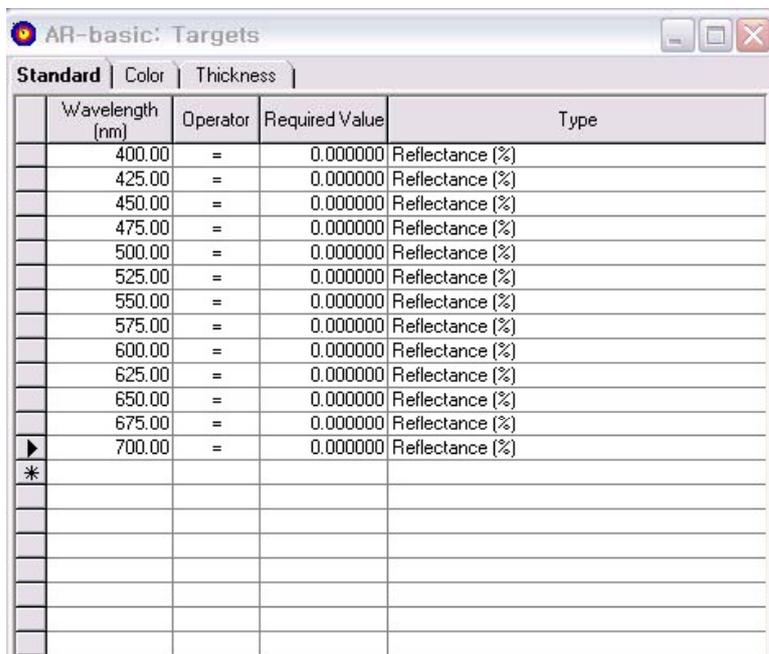
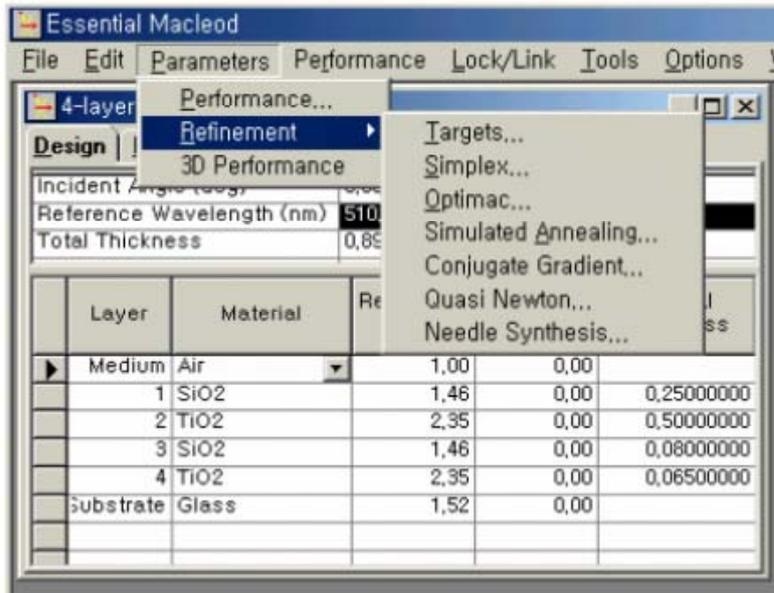
Reverse Layers 또는 Reverse Design 으로 구조 변경이 가능 합니다.

다음 물질은 마우스로 그림의 파란색 셀을 클릭하여 전체라인을 선택한 후 상단 “Tool Bar”에 “Edit” ▶ “Insert Layer ” ▶ 하면 Layer셀 하나가 추가 생성 되면 동일한 방법으로 물질을 입력하면 됩니다. 물질선정이 끝나면 광학박막 이론설계를 합니다.

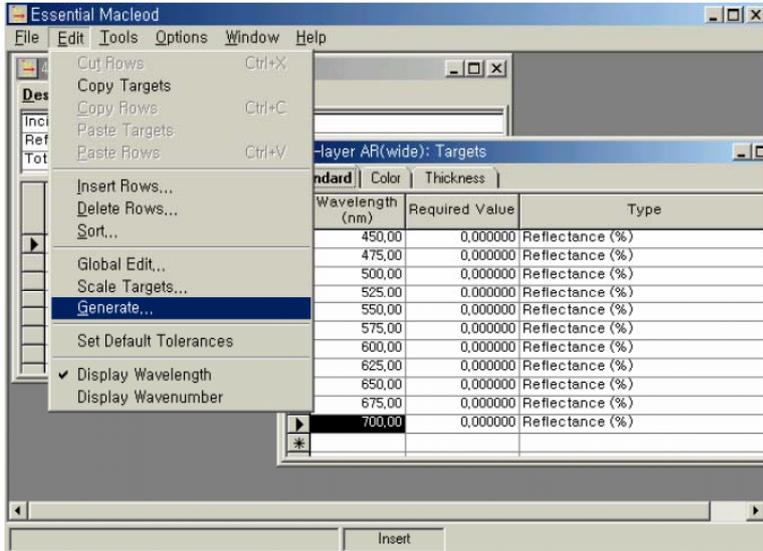
물질 선정이 결정되면 설계 목표 값에 맞도록 분석/설계를 합니다.

설계파일이 활성화된 상태에서

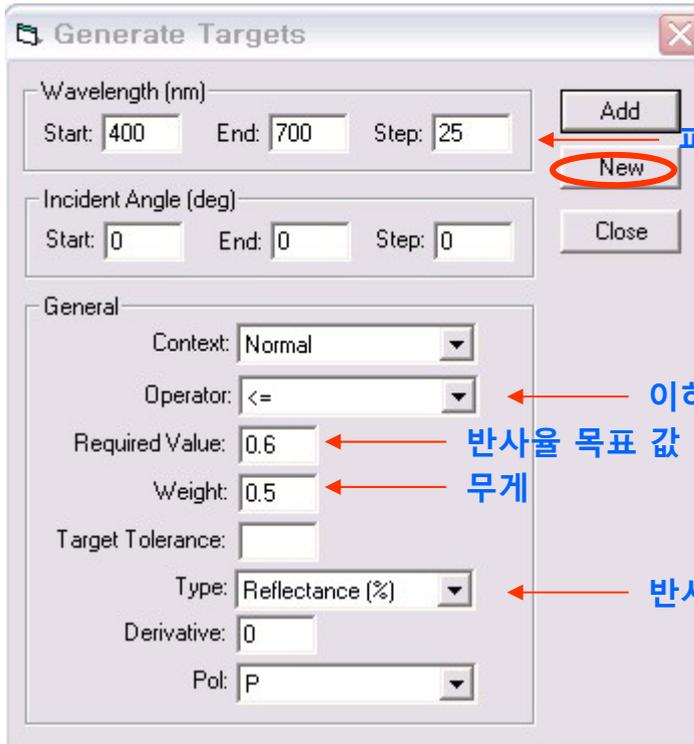
상단 "Tool Bar" ▶ "Parameters" ▶ "Refinement" ▶ "Targets "



Targets 파일 생성



Targets 파일 창이 활성화  
상태에서  
상단 "Tool Bar"  
▶ "Edit"  
▶ "Generate..." 선택



파장 대역

이하 (같거나 적게)

반사율 목표 값 (%)

무게

반사율

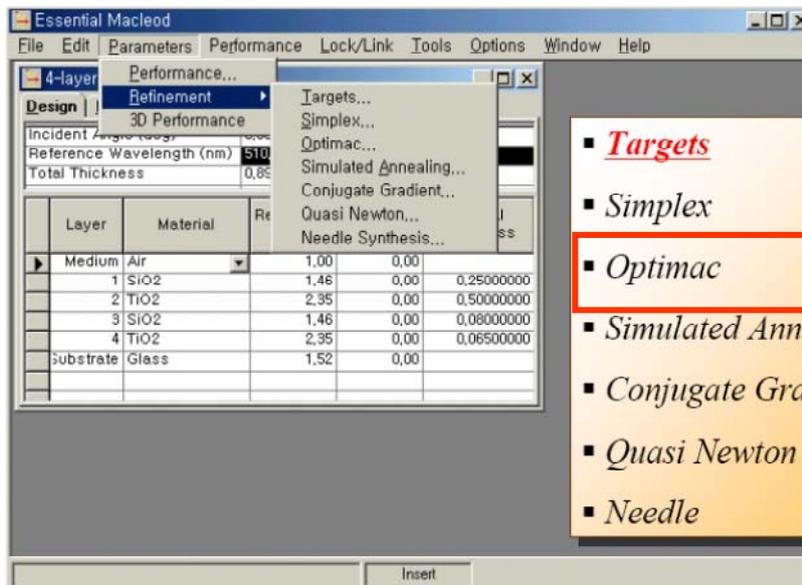
Targets 창에 설계 값 입력 후 "New" 버튼을 클릭  
(Spec : 400 ~700 nm , 0.5, Glass 반사율 0.6% 이하)

Targets 파일이 설계 목표 값으로 변경되어 보여 줍니다.

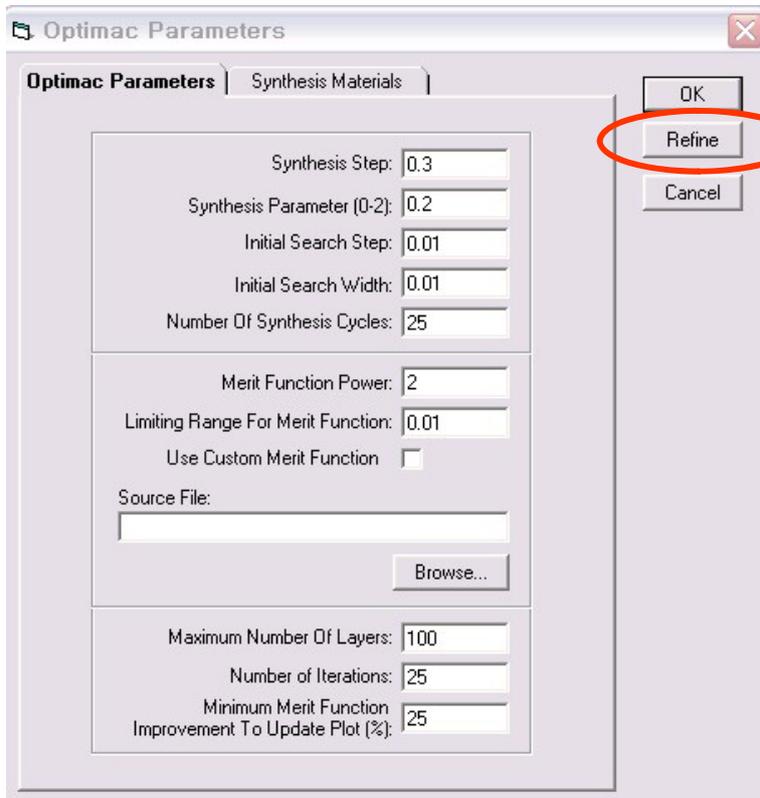
Standard	Color	Thickness	Wavelength (nm)	Operator	Required Value	Weight	Target Tolerance	Type
			400.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			425.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			450.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			475.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			500.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			525.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			550.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			575.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			600.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			625.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			650.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			675.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
			700.00	<=	0.600000	0.5	1.000000	Reflectance (%)
*								

다시 설계(Design)파일 창을 활성화한 후  
 상단 "Tool Bar" ▶ "Parameters" ▶ "Refinement" ▶  
 "Optimac" 선택

*Simplex*  
 두께만(층수는 고정)  
 자동으로 최적화 기능

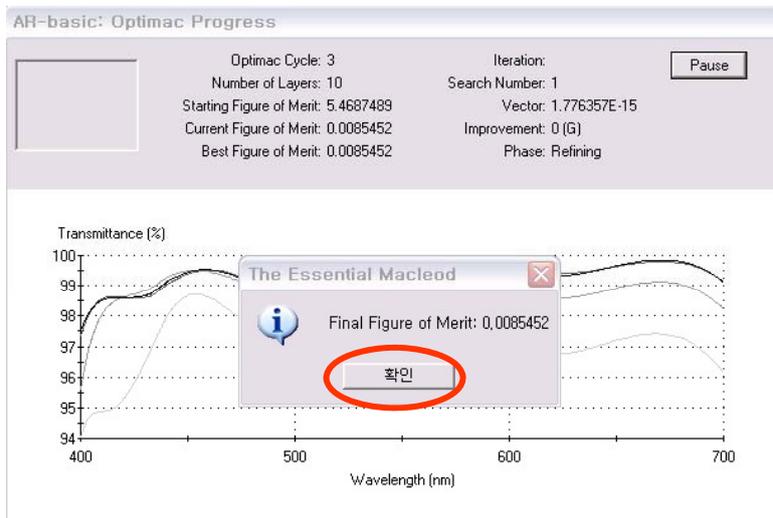


*Optimac*  
 두께와 층을 자동으로  
 최적화 기능



“Refine” 버튼 클릭하면 자동으로 목표 값에 근접한 설계를 수행 합니다.

“Refine” 버튼 클릭하면 자동으로 목표 값에 근접한 설계를 수행하면 “확인” 버튼을 클릭



AR-basic

Design | Context | Notes

Incident Angle (deg) 0.00  
Reference Wavelength (nm) 510.00

Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)
Medium	Air	1.00000	0.00000		
1	SiO2	1.46180	0.00000	0.23972361	83.64
2	TiO2	2.34867	0.00037	0.30347534	65.90
3	SiO2	1.46180	0.00000	0.01212734	4.23
4	TiO2	2.34867	0.00037	0.13591015	29.51
5	SiO2	1.46180	0.00000	0.48855913	170.45
6	TiO2	2.34867	0.00037	0.10625111	23.07
7	SiO2	1.46180	0.00000	0.03288656	11.47
8	TiO2	2.34867	0.00037	0.29251877	63.52
9	SiO2	1.46180	0.00000	0.05588123	19.50
10	TiO2	2.34867	0.00037	0.06751346	14.66
Substrate	Glass	1.52077	0.00000		
				1.73484669	485.95

자동으로 설계된 설계파일(Design File)과 Synthesis 파일이라는 2개 파일이 나타납니다.

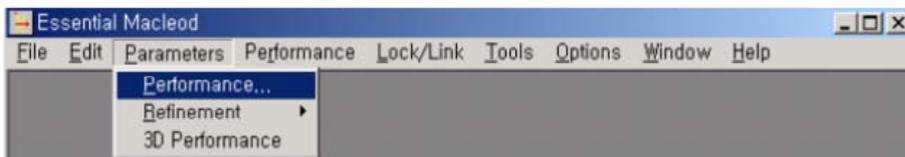
Synthesis...

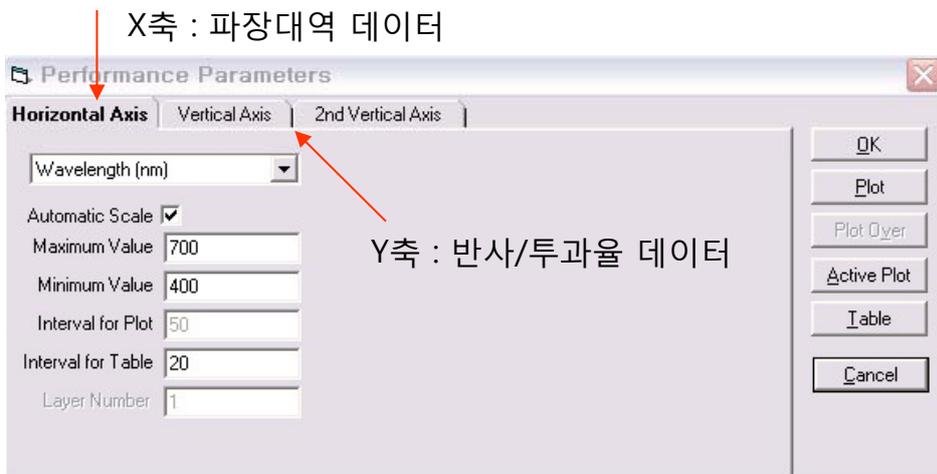
Number of Layers	Merit Figure
2	5.468
6	5.2182
9	4.0152

최적화 과정의 History내용으로  
가급적 층수가 적고  
Merit Figure 값이 작은  
설계파일을 선택 하는데 상호  
만족을 못하면 투과율, 반사율을  
비교하여 선택 합니다.  
해당 셀을 더블 클릭하면  
설계 파일이 나타납니다.

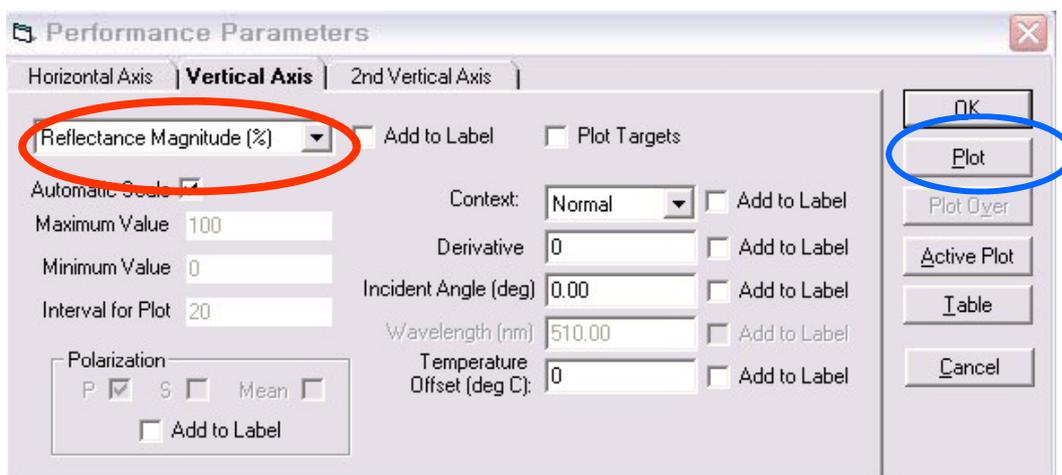
현재까지 자동으로 최적화된 설계이며 Synthesis 파일의 해당 Layer를 클릭하면 설계파일이 보입니다.

설계파일을 검증하기 위해 데이터를 그래프로 보려면 설계파일 창을 활성화한 상태에서 아래그림과 같이 "Performance..." 를 선택 합니다.



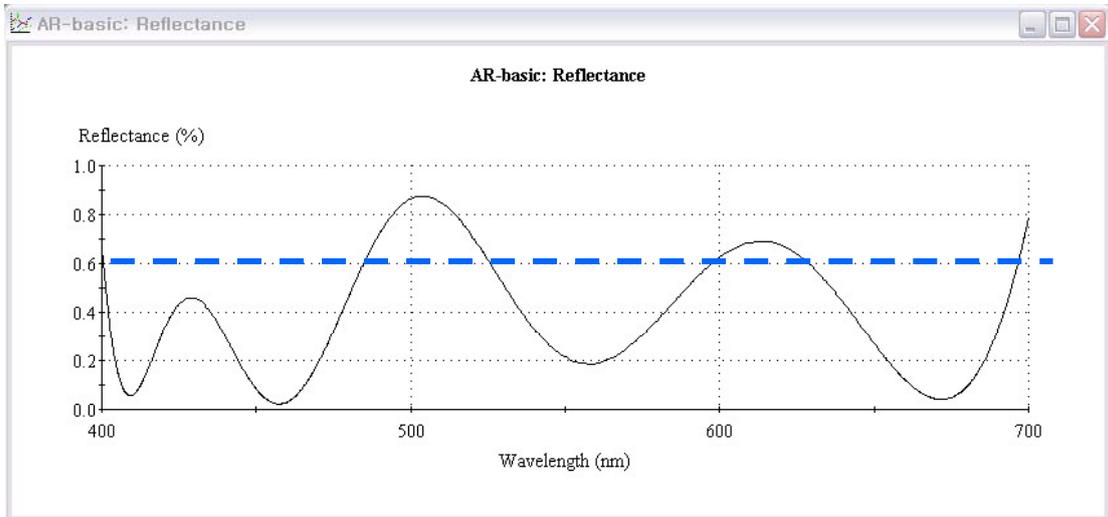


데이터 입력 후 "Vertical Axis " 버튼 클릭



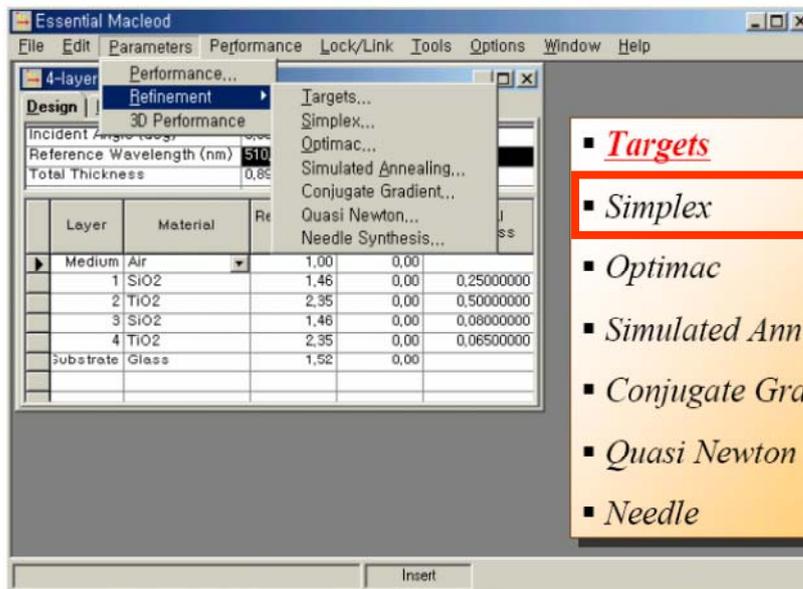
반사율을 보아야 하므로 "Refle..." 선택한 후 "Plot" 버튼 클릭

설계된 내용을 파장,반사율 그래프로 보여 줍니다.



반사율이 0.6% 이상인 대역도 있으므로 현재 완벽한 설계는 아닙니다.

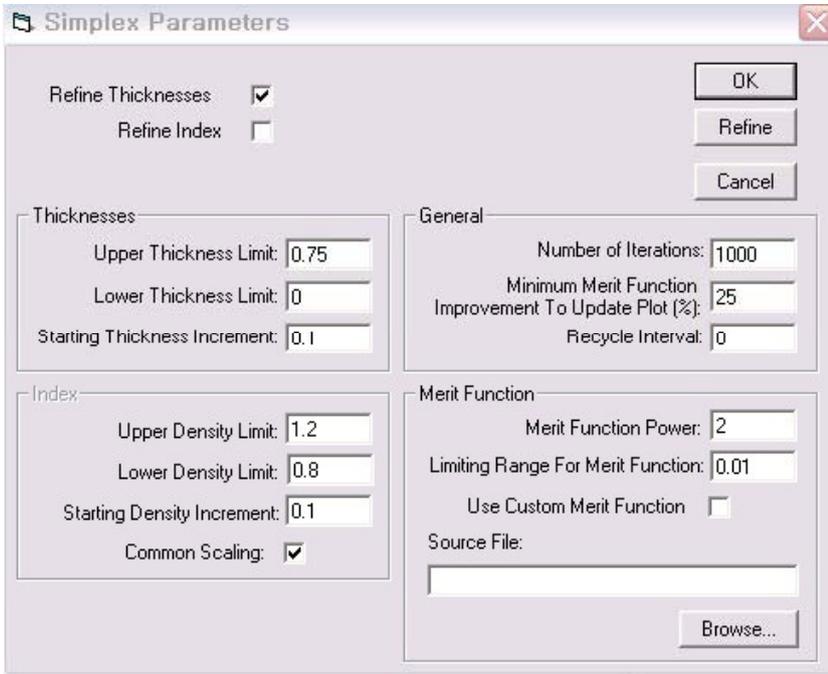
이 상태에서 설계파일만 남기고 나머지는 모두 닫은 후 아래와 같이 "Simplex" 을 실행 합니다.



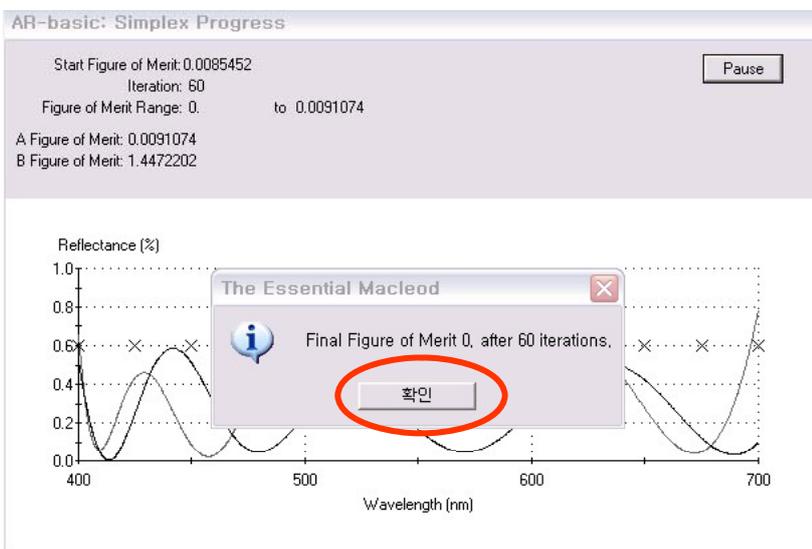
*Simplex*

두께만(층수는 고정)  
자동으로 최적화 기능

- **Targets**
- **Simplex**
- *Optimac*
- *Simulated Annealing*
- *Conjugate Gradient*
- *Quasi Newton*
- *Needle*



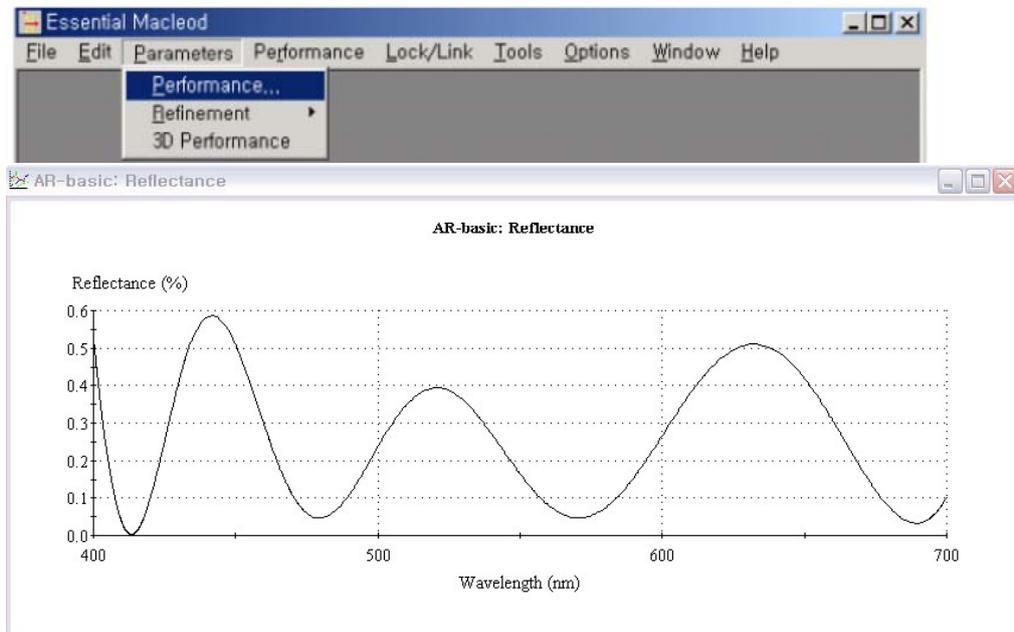
“Refine” 버튼 클릭하면 자동으로 목표 값에 근접한 설계를 수행 합니다.



“Refine” 버튼을 클릭하면 자동으로 목표 값에 근접한 설계를 수행하면 “확인” 버튼을 클릭하면 층수는 변하지 않은 상태로 두께(Thickness)만 조정된 설계파일이 생성됩니다.

Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)
Medium	Air	1.00000	0.00000		
1	SiO2	1.46180	0.00000	0.24140378	84.22
2	TiO2	2.34867	0.00037	0.33049670	71.77
3	SiO2	1.46180	0.00000	0.01306176	4.56
4	TiO2	2.34867	0.00037	0.12082065	26.24
5	SiO2	1.46180	0.00000	0.50811622	177.27
6	TiO2	2.34867	0.00037	0.13330236	28.95
7	SiO2	1.46180	0.00000	0.03463515	12.08
8	TiO2	2.34867	0.00037	0.28751169	62.43
9	SiO2	1.46180	0.00000	0.07122131	24.85
10	TiO2	2.34867	0.00037	0.06809662	14.79
Substrate	Glass	1.52077	0.00000		
				1.80866624	507.15

설계파일을 검증하기 위해 데이터를 그래프로 보려면 설계파일 창을 활성화한 상태에서 아래그림과 같이 "Performance..." 를 선택하여 전과 같이 하시면 됩니다.



이론적으로는 목표 값에 일치하는 설계가 완성 되었지만 실제 가공,생산에 대한 검증이 필요 합니다. 파일 저장은 "File" 메뉴에서 "Save As"로 하여 합니다.



## 수정/보완

지금까지의 과정을 통하여 완벽한 설계가 되었다고 해도 경쟁력 있는 제품을 만들기 위해서는 품질, 생산시간 단축과 원가절감을 좀더 할 수 있는 요소를 계속적으로 검토 해야 합니다.

하나의 방안으로 층수를 가능한 적게 하고 물질분석을 통하여 좀더 좋은 코팅을 찾아야 합니다.

앞선 한 AR Coating 설계파일을 보면

Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)
Medium	Air	1.00000	0.00000		
1	SiO2	1.46180	0.00000	0.24140378	84.22
2	TiO2	2.34867	0.00037	0.33049670	71.77
3	SiO2	1.46180	0.00000	0.01306176	4.56
4	TiO2	2.34867	0.00037	0.12082065	26.24
5	SiO2	1.46180	0.00000	0.50811622	177.27
6	TiO2	2.34867	0.00037	0.13330236	28.95
7	SiO2	1.46180	0.00000	0.03463515	12.08
8	TiO2	2.34867	0.00037	0.28751169	62.43
9	SiO2	1.46180	0.00000	0.07122131	24.85
10	TiO2	2.34867	0.00037	0.06809662	14.79
Substrate	Glass	1.52077	0.00000		
				1.80866624	507.15

만일 증착설비가 두께 20nm 이상만 가능하다면 그 이하 증착 층은 코팅이 불가능 하므로 없애야 합니다. 이런 경우 설계파일이 활성화된 상태에서 상단 Tool Bars 에서 [Tools ▶ Compact Design](#) 창에 아래와 같이 입력하고 "OK" 버튼을 누르면 자동으로 층이 삭제되면서 재 설계가 됩니다.

Compact Design

Minimum Layer Thickness: 20

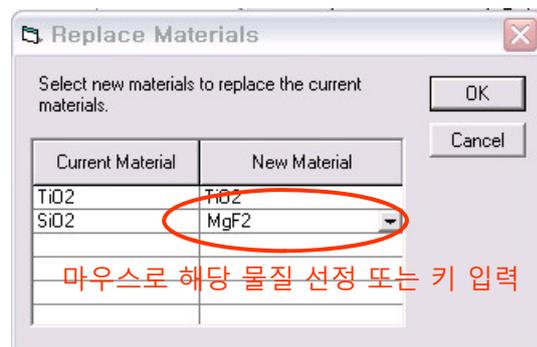
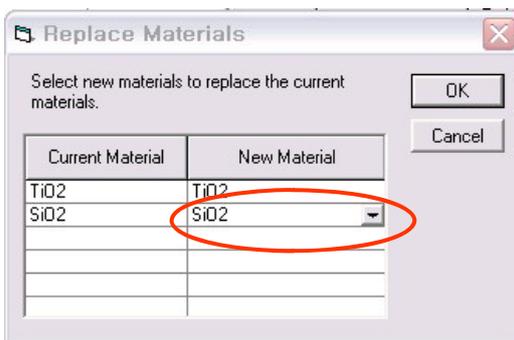
Thickness Type: Physical (nm)

OK Cancel

ARtest001						
Design   Context   Notes						
Incident Angle (deg)		0.00				
Reference Wavelength (nm)		510.00				
	Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)
	Medium	Air	1.00000	0.00000		
	1	SiO2	1.46180	0.00000	0.24140378	84.22
	2	TiO2	2.34867	0.00037	0.45131735	98.00
	3	SiO2	1.46180	0.00000	0.50811622	177.27
	4	TiO2	2.34867	0.00037	0.42081404	91.38
	5	SiO2	1.46180	0.00000	0.07122131	24.85
	Substrate	Glass	1.52077	0.00000		
					1.69287270	475.72

그러나 층은 줄어 들었지만 반사율 조건은 미흡 하므로 다시 최적화 하는 과정을 거쳐야 합니다. 다음은 물질 SiO2를 MgF2로 바꾸어 보겠습니다.

설계파일이 활성화된 상태에서 상단 Tool Bars 에서 [Edit](#) ▶ [Edit Materials](#)

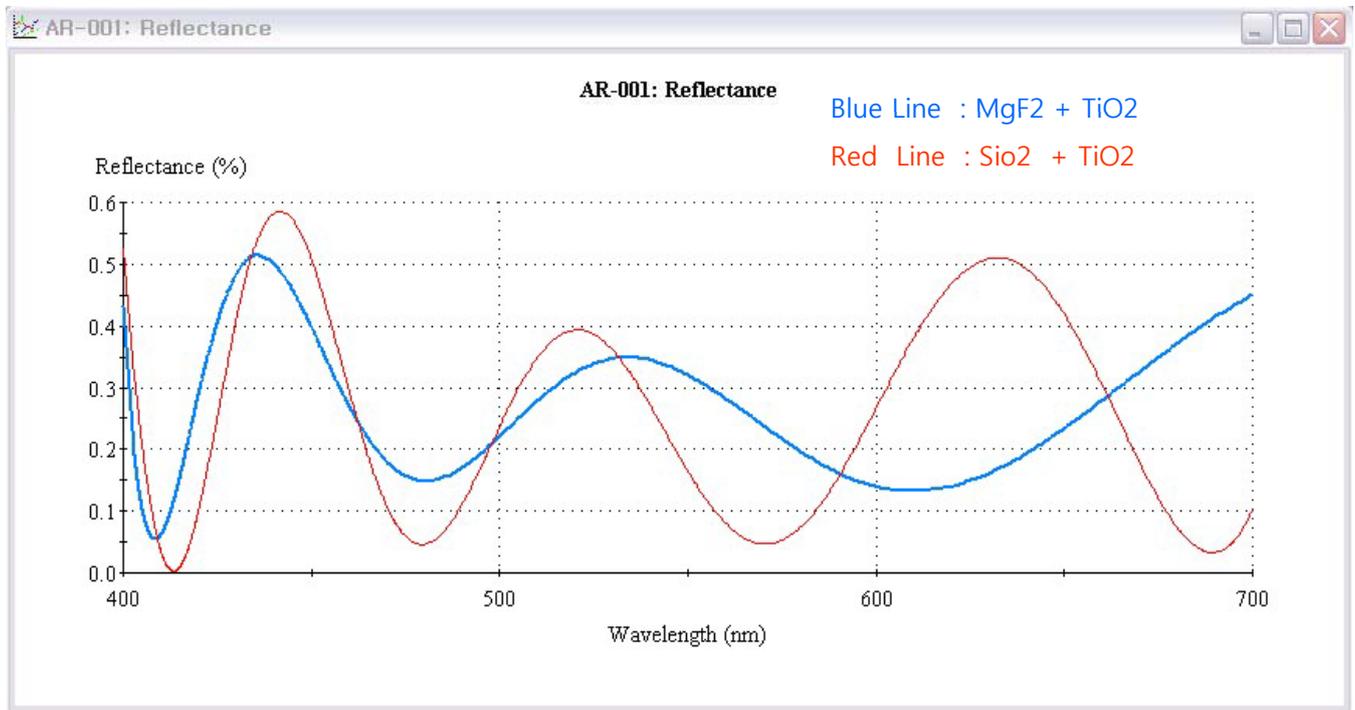


“OK” 버튼을 누르면 자동으로 물질이 변경 됩니다.

변경전과 후의 결과를 비교해 보면서 가장 좋은 물질을 찾아 냅니다.

예를 들어 동일한 조건에서 SiO<sub>2</sub>를 MgF<sub>2</sub>로 변경하여 AR 코팅을 하면 층수도 적어지고 두께도 얇으며 설계 결과도 향상된 것을 볼 수가 있습니다.

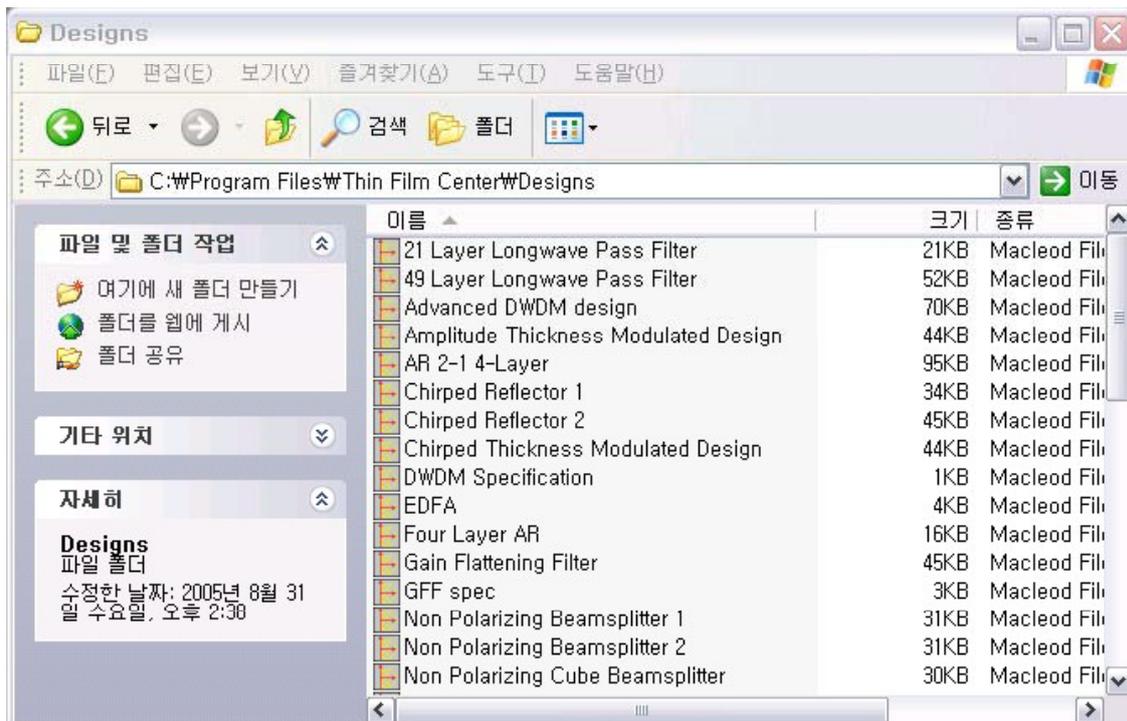
AR-001						ARtest001					
Design   Context   Notes						Design   Context   Notes					
Incident Angle (deg)		0.00				Incident Angle (deg)		0.00			
Reference Wavelength (nm)		510.00				Reference Wavelength (nm)		510.00			
Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)	Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)
Medium	Air	1.00000	0.00000			Medium	Air	1.00000	0.00000		
1	MgF <sub>2</sub>	1.38455	0.00000	0.27084662	99.77	1	SiO <sub>2</sub>	1.46180	0.00000	0.24140378	84.22
2	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.10046058	21.81	2	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.33049670	71.77
3	MgF <sub>2</sub>	1.38455	0.00000	0.04342838	16.00	3	SiO <sub>2</sub>	1.46180	0.00000	0.01306176	4.56
4	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.48415884	105.13	4	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.12082065	26.24
5	MgF <sub>2</sub>	1.38455	0.00000	0.04064943	14.97	5	SiO <sub>2</sub>	1.46180	0.00000	0.50811622	177.27
6	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.13838651	30.05	6	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.13330236	28.95
7	MgF <sub>2</sub>	1.38455	0.00000	0.10578294	38.97	7	SiO <sub>2</sub>	1.46180	0.00000	0.03463515	12.08
8	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.05791572	12.58	8	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.28751169	62.43
Substrate	Glass	1.52077	0.00000			9	SiO <sub>2</sub>	1.46180	0.00000	0.07122131	24.85
						10	TiO <sub>2</sub>	2.34867	0.00037	0.06809662	14.79
						Substrate	Glass	1.52077	0.00000		
				1.24162900	339.27					1.80866624	507.15



만약 처음 하는 코팅의 경우 샘플파일을 보면 매우 큰 도움이 됩니다.

본 프로그램에 있는 샘플파일은 입증된 설계로 가능하면 그대로 사용하시면 되고 수정이 필요하면 앞서 설명한대로 하시면 됩니다.

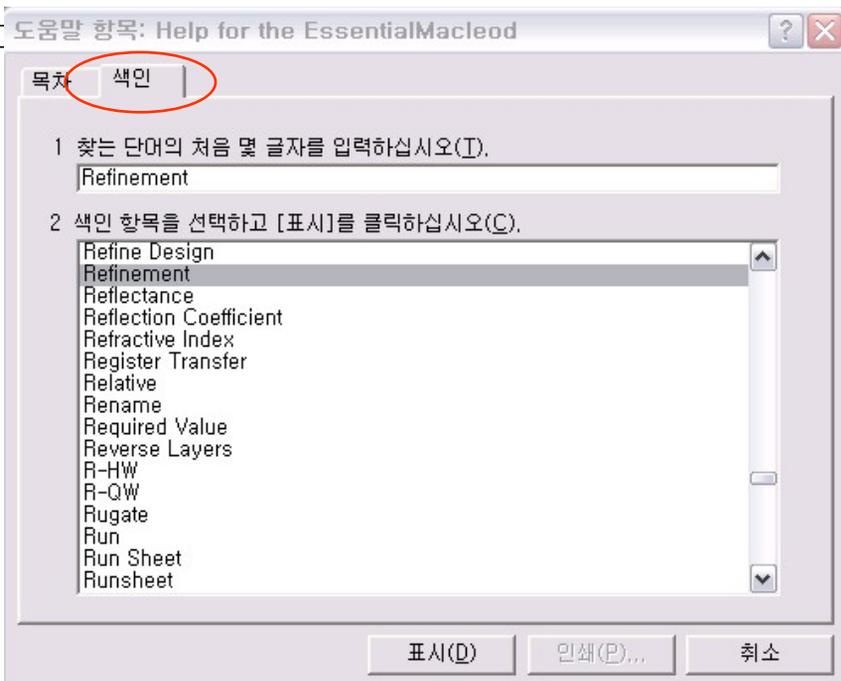
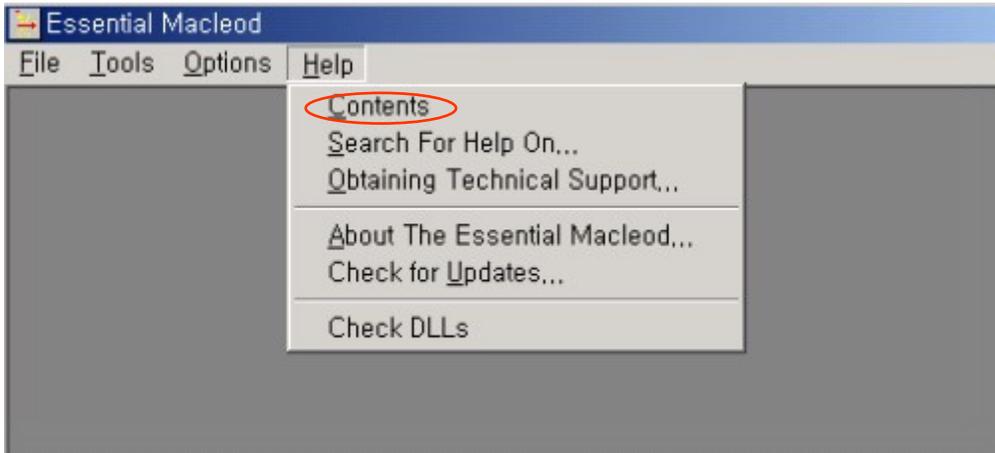
샘플파일을 보시려면 C:\Program Data\Thin Film Center\Designs 폴더를 열면 됩니다.



## Help 기능

프로그램에 있는 용어 정의 및 응용 방법을 쉽게 찾아 이해 할 수 있어 아주 유용한 기능 입니다.

이해가 잘 안 되는 사항이 있으면 우선적으로 이용하는 것이 좋습니다.



색인 창에 단어를 입력.  
예를 들어 “Refinement”를  
입력하고 “표시”를 클릭하면  
보여주는 용어들 중  
해당되는 것을 선택하여  
보시면 됩니다.