

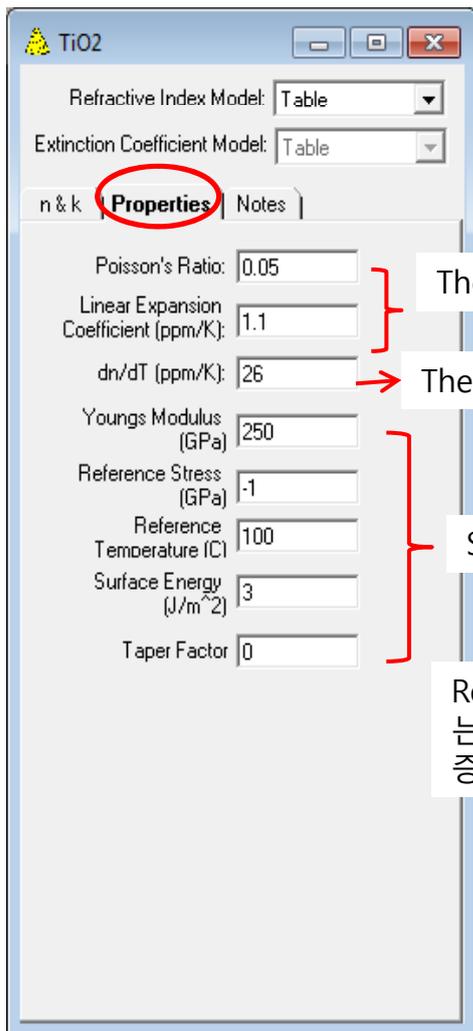
# 1. Stress Tool

Stress는 매우 복잡한 현상으로 소산성 메커니즘의 모든 요소에 영향을 받아 모델 예측이 어렵습니다.

이에 본 프로그램은 한 물질과 온도에 따른 광학속성 변화에 따른 탄성적이고 가역적이며 시간 의존성이 없는 모델을 사용합니다.

막(film)은 변형 에너지를 갖고 있으며 이 변형 에너지는 노출 면에 cracking 또는 박리(delamination) 갖고 올 수 있어 막(film)이 기판과 평형을 이루는 zero strain을 얻을 수있는 이상적 증착 온도에서 막 물질의 광학특성 Plastic behavior 배제된 조건 입니다.

이 툴을 사용하려면 아래 그림과 같이 먼저 각 Layer 물질과 기판의 thermo-mechanical 속성이 있어야 합니다.



하나의 Material 파일을 열고, "Properties" 선택

Thermo-optical model과 공유

Thermo-optical model에만 사용

Stress Tool 에서 사용

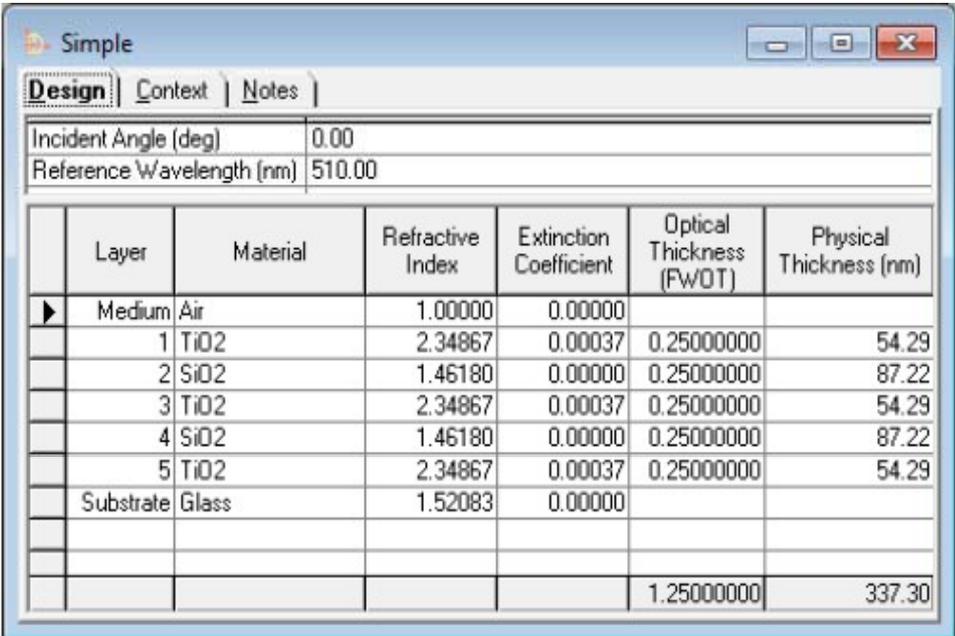
Reference Stress and Reference Temperature 는 Tensile Stress (+)인 film에서의 표준 온도에서 증착되는 내재성 stress.

Stress Tool을 사용 하기위한 물질의 thermo-mechanical 속성(예)

Property	Glass	SiO2	Ta2O5	TiO2
Poisson's Ratio	0.2	0.05	0	0.05
Expansion coefft	7.5	0.55	1.1	1.1
dn/dT	1.7	9	20	26
Young's Modulus	70	73	120	250
Ref stress	0	-0.5	-1	-1
Ref Temp	0	100	100	100
Surf Energy	0.5	0.5	1.5	3

Stress Tool 활용 하기

Stress Tool을 사용 하기위한 Design file 생성 (예)



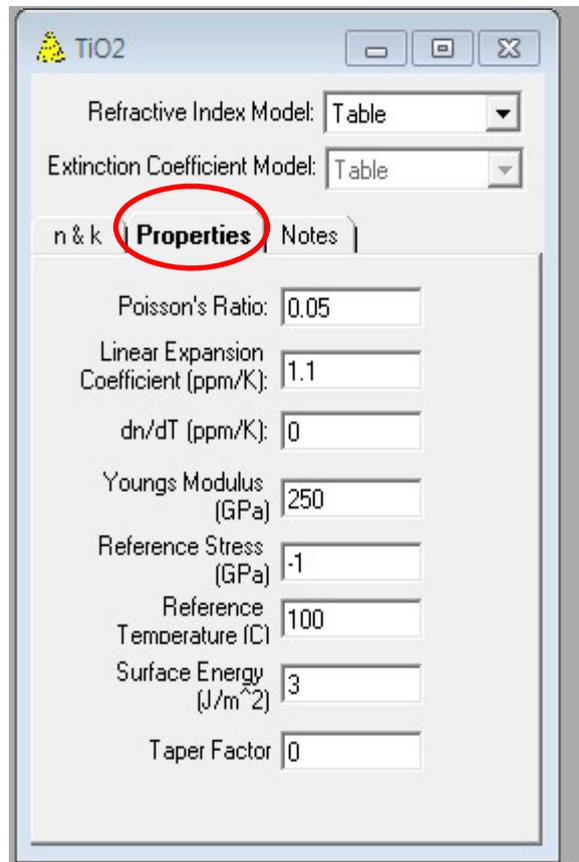
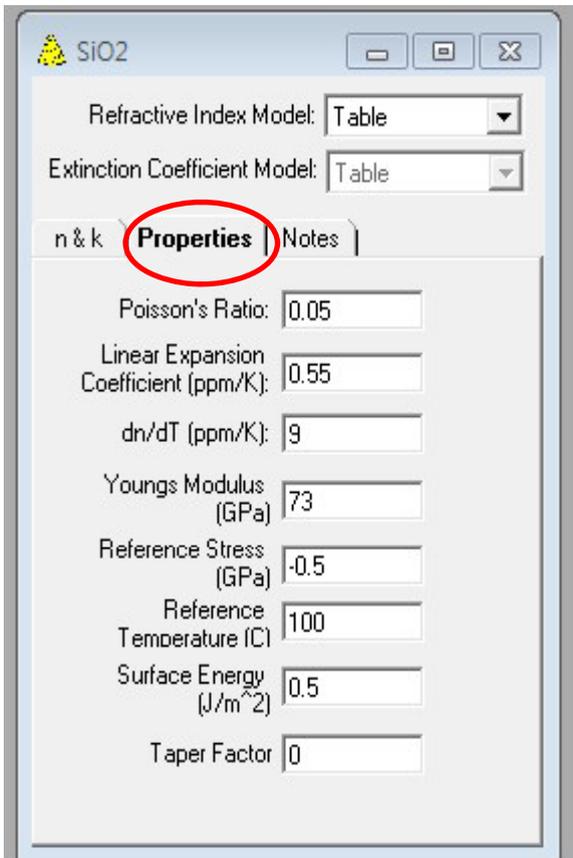
The screenshot shows a software window titled "Simple" with tabs for "Design", "Context", and "Notes". The "Design" tab is active, displaying the following parameters:

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

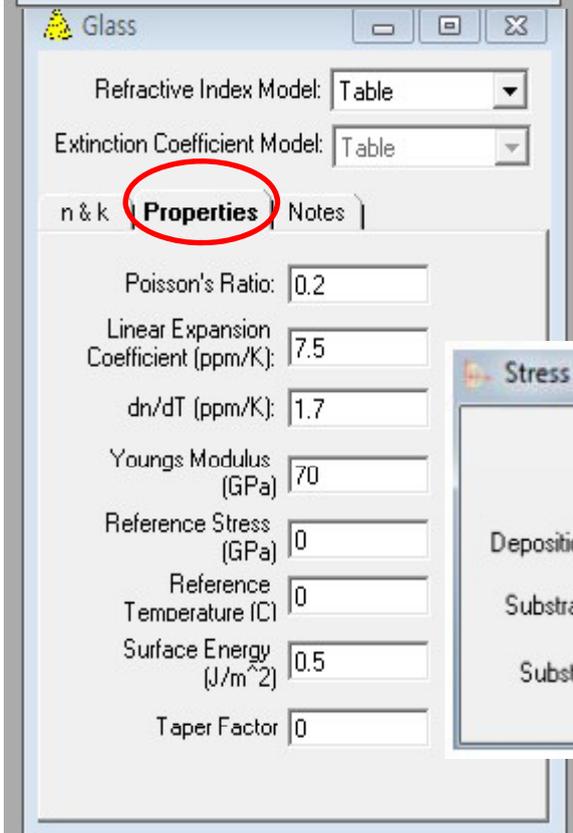
Below the parameters is a table with the following columns: Layer, Material, Refractive Index, Extinction Coefficient, Optical Thickness (FWOT), and Physical Thickness (nm).

Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness (FWOT)	Physical Thickness (nm)
Medium	Air	1.00000	0.00000		
1	TiO2	2.34867	0.00037	0.25000000	54.29
2	SiO2	1.46180	0.00000	0.25000000	87.22
3	TiO2	2.34867	0.00037	0.25000000	54.29
4	SiO2	1.46180	0.00000	0.25000000	87.22
5	TiO2	2.34867	0.00037	0.25000000	54.29
Substrate	Glass	1.52083	0.00000		
				1.25000000	337.30

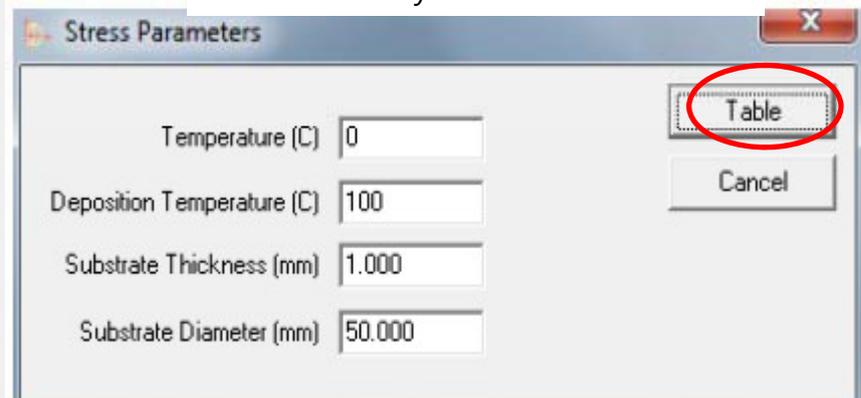
상단 메뉴 " Tools > Materials "



해당 물질을 선택하여 열고,  
표에 있는 물질 별 thermo-mechanical 속성 값  
입력. 저장.



상단 메뉴  
" Tools > Analysis > Stress.. "



Data를 입력하고 " Table " 클릭.

stress1: Stress				
Table   Notes				
Design	stress1			
Temperature (C)	0			
Deposition Temperature (C)	100			
Substrate Thickness (mm)	1			
Substrate Diameter (mm)	50			
▶ Total Strain Energy (J/m <sup>2</sup> )	0.509			
Radius of Curvature (m)	127			
◉ Deflection (mm)	0.00246			
◉ Cracking Parameter	0.0849			
*				
Layer Number	Stress (GPa)	Strain Energy (J/m <sup>2</sup> )	Delamination Factor	Maximum Shear Stress GPa
▶ 1	-1.17	.17	.0485	2.28
2	-.553	0	.0485	2.28
3	-1.17	.17	.0566	4.56
4	-1.17	.17	.146	6.84
5	-.553	0	.509	6.84
*				

Cracking Parameter가 0.0849로 무시해도 된다는 것을 보여줍니다.

Cracking Parameter : 코팅 전 층에 미치는 전파균열에 일으키는 표면 에너지를 공급하는 변형 에너지 ( Strain energy ) 추정치

Deflection : 기판 표면의 중앙 점이 초기의 편평함과 차이.

## 2. 분포(균일성) 오차 ( Uniformity Errors )

### Taper Tool

가장 단순한 분포 오차는 두 개의 레이어에 동일한 두께 오차가 나타나는 것이며 더 복잡하고 심각한 것은 다른 분포 오차를 갖고 있는 코팅의 여러 레이어 물질이 있는 경우 입니다.

본 문제를 해결 하기 위해서는 본 프로그램의 선택 사항인 Function이 필요하므로 좀더 상세한 내용은 다음 매뉴얼 Update시 진행할 예정이며 이에 대한 문의가 있으면 이메일로 연락을 주시면 답변해 드리도록 하겠습니다.

### 3. Temperature

#### 3.1 온도에 따른 광학 속성의 변화

온도 변화는 광학코팅의 성과에 큰 영향을 주는데 예를 들면 소멸 변형 에너지가 있는 플라스틱 물질, 부서지기 쉬운 무기질 재료에서는 사라지는 Mechanism을 고려해야 됩니다.

이 에너지 변형은 온도순환 동안 압축변형을 감소 시키며 장력의 크래킹에 민감성을 증가 시킵니다.

코팅의 수행 결과가 온도에 따라 변화되는데 최근까지 온도 계수는 실제 필터에서 경험적인 측정으로만 산출되었으며 이에 대한 논문의 거의 없었으나 Takahashi의 연구에 의해 최근에 발표 되었습니다.

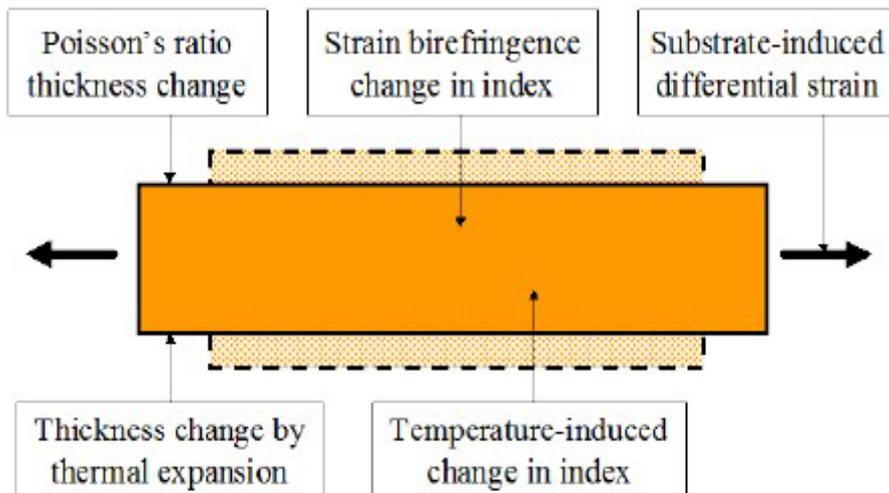


그림1-1. 광학 코팅의 온도 영향에 대한 Takahashi Model의 설명도

Takahashi의 모델은

1. 온도 변화로 인하여 필터의 Layer의 굴절률의 변화를 보여준다.
2. 열팽창 또는 수축으로 인하여 Layer의 physical 두께가 변한다.
3. Film면에 있는 인장 변형률은 변형 복굴절률에 의해 굴절률에 변화를 준다.
4. Film면에 있는 인장 변형률은 Poisson's ratio에 따라 Film Physical 두께가 변경됩니다.

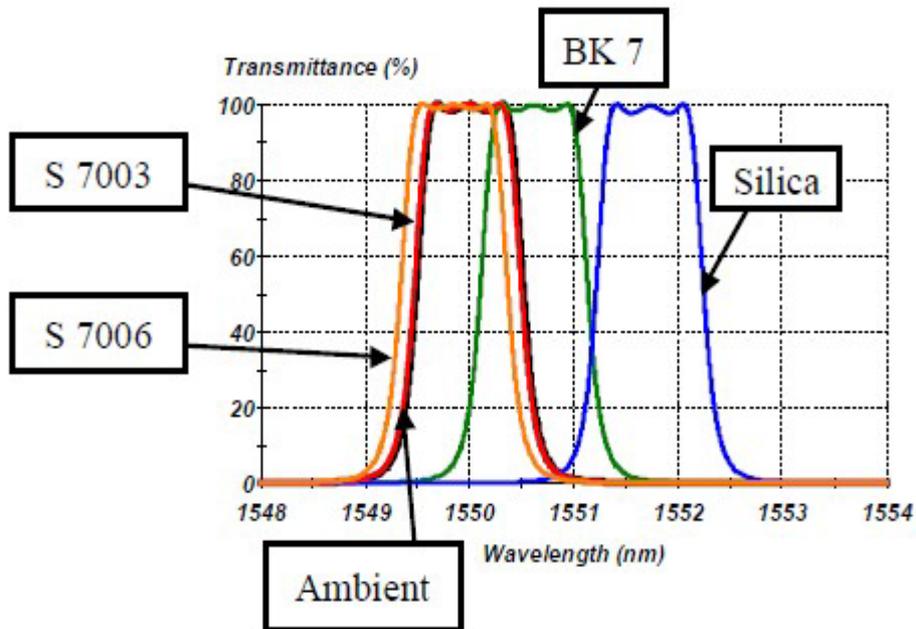


그림1-2. 온도를 100°C 까지 올린 기판상에서 Narrowband의 예상된 수행결과. S7003 유리 필터 변위는 무시해도 무관 합니다. (BK 7은 Schott에서 만든 범용 유리, S7003과 7006은 Schott에서 통신필터를 위해 특별히 만든 고 팽창 계수 기판 재료.)

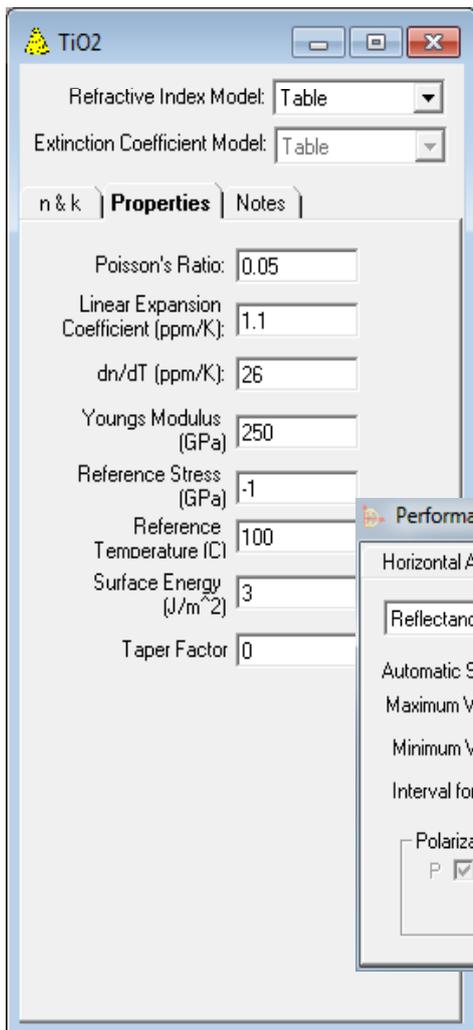
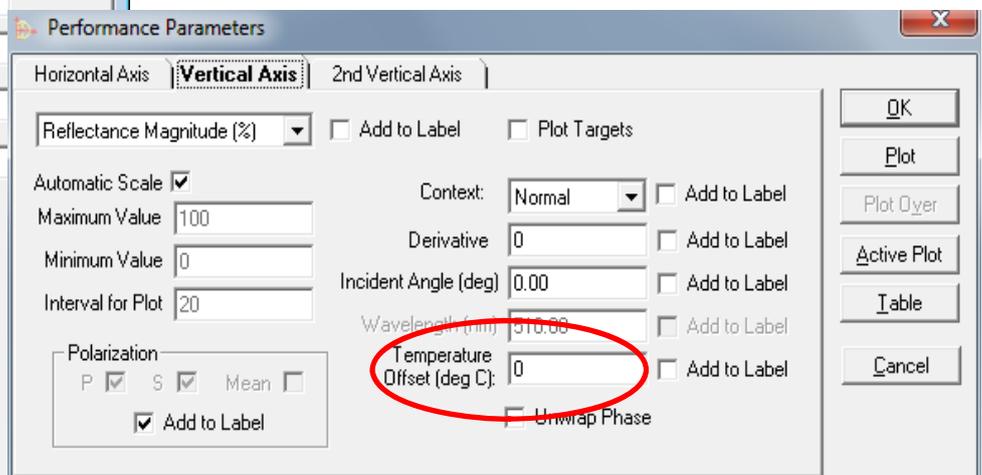


그림1-3. 물질 파일의 "Properties" 탭을 선택하면 온도관련 속성이 입력되어 있습니다.

그림1-4. 상단 메뉴 "parameters > performance" "Vertical Axis" 선택, "Temperature Offset" 보임.



# Packing Density

막은 물질과 공간으로 이루어 졌다고 할 수 있는데

Packing Density는 총 부피 중 솔리드 물질에 대한 부피 비율을 의미,

$$P = \frac{\text{막에서 솔리드 물질이 차지하는 부피}}{\text{막의 총 부피}}$$

해당 막의 굴절률은

$$n = (1 - p)n_v + pn_s$$

$n$  : 종합 굴절률,

$n_v$  : 막의 보이드 물질의 굴절률

$n_s$  : 막의 솔리드 물질의 굴절률.

$$f = \frac{\text{막에서 보이드 물질이 차지하는 부피}}{\text{막의 총 부피}}$$

$$n_v = (1-f) + fn_v$$

$$n = (1-p)[(1-f) + fn_v] + pn_s$$

프로그램에서 사용 방법

Options > General.. > Designs Tab

