

태양열 투과체의 특성에 관한 고찰

Examination of the properties of Solar Glazing Materials

이종호* 윤경훈* 정주희* 오정무*
(Jong Ho.LEE), (Kyung Hoon.YOON), (Joo Hee,JEONG), (P.Chung Moo,AUH)

ABSTRACT

In general, glass has proven to be an effective glazing material, exhibiting extended service lifetime and high solar transmittance while remaining opaque to long wave thermal reradiation. Plastics, which possess higher solar transmittance than commercial glass, are lightweight and also cost competitive with glass.

In this paper a survey of various glazing materials is presented, and the comparative analysis of their properties are performed in detail with special emphasis on double glazing materials, which can be adaptable to various passive solar systems.

1. 서론

장차 기존 에너지 자원의 고갈에 대비하여 대체에너지 자원을 개발하고자 하는 노력은 세계적 추세이며, 특히 에너지 자원이 절대적으로 부족한 우리나라의 경우 막대한 에너지의 해외 의존도를 감소시킬 에너지 이용 기술 및 기자재의 개발이 시급히 요망되고 있다.

그중 가장 보급이 유망한 태양열 이용분야의 경우, 설비형 시스템이나 자연형 시스템을 막론하고 태양열의 적절한 집열 및 보온을 위해서는 태양 복사광의 투과가 용이한 재료를 사용하게 된다.

이러한 용도를 위하여 사용되는 투과체는 일반적으로 태양열 투과성은 좋은 반면 장파장인

열선의 실내에서의 실외 투과율이 극히 적은 것이 요구되고 있다.

우수투과체의 기본적 요건은 여러가지가 될 수 있으나 다음과 같은 특성을 고루 갖춘 것이 바람직하다.

- 1) 열, 빛 (자외선) 혹은 기후조건에 대한 내열이 강한 것.
- 2) 태양 복사광의 투과율은 높고, 장파 (적외선)의 투과율이 낮은 것.
- 3) 풍압, 적설, 투석 등의 외력이나 열응력에 대해서 충분한 강도를 가지고 있을 것.
- 4) 가격이 저렴한 것
- 5) 취급 및 조작성이 용이한 것
- 6) 외관이 미려한 것 등이다.

우수한 투과체란 상술한 바와 같이 집열역할 및 보온역할 (온실효과)를 동시에 할 수 있는

* 정회원, 한국동력자원연구소

재료이므로 비단 태양열 건물 뿐만 아니라 일반건물에 있어서도 용도에 맞는 적절한 투과체의 설치 및 대량보급에 따라 에너지 절약 효과는 매우 클 것으로 기대된다. 본고에서는 각종 투과체의 특성등을 비교 검토한 후 복층 투과체에 대하여 상세히 논한다.

2. 투과체의 특성

가. 태양 복사광선의 특성

투과체를 선택 개발하는데 있어서는 태양복사광선 (Solar Radiation)에 대한 특성을 알아야 한다.

태양복사광선 파장의 범위는 $2,900 \text{ \AA} \sim 7,800 \text{ \AA}$ 인데 파장의 길이에 따른 특성은,

- 1) 적외선 (Infrared Rays)
- 2) 자외선 (Ultra-Violet Rays)

3) 가시광선 (Visible Rays)로 구분되며 각 파장의 범위는 적외선이 $7,700 \text{ \AA} \sim 4 \times 10^6 \text{ \AA}$, 가시광선이 $4,000 \text{ \AA} \sim 7,700 \text{ \AA}$, 자외선은 큰 자외선이 $1,900 \text{ \AA} \sim 4,000 \text{ \AA}$ 이며 원 자외선이 $130 \text{ \AA} \sim 1,900 \text{ \AA}$ 으로 분류된다. (그림 1 참조)

이때 대기권의 일사량중 7%가 자외선, 47%가 가시광선, 46%가 적외선의 범위에 속하게 된다.

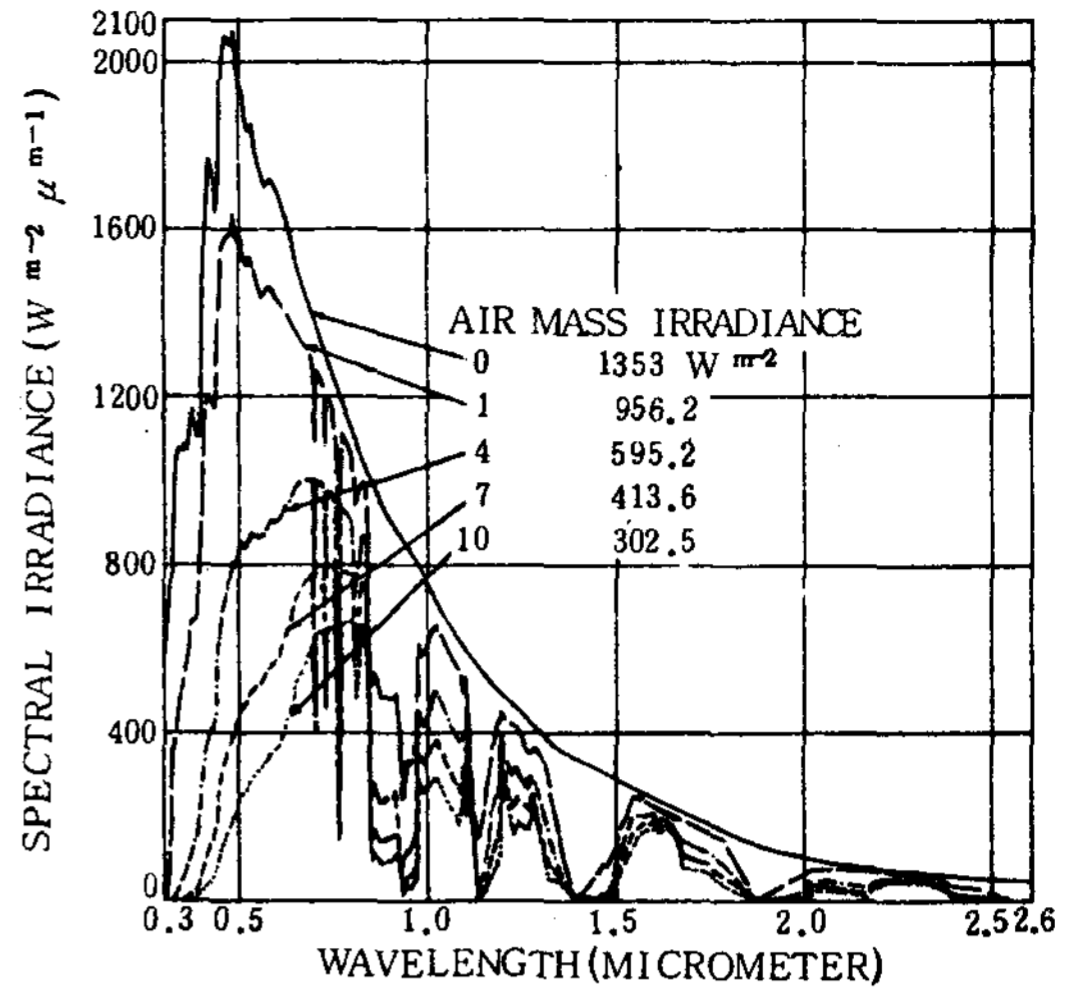


그림 1 : 태양복사스펙트럼

적외선은 열적효과가 크기 때문에 열선이라고도 하며 자외선은 사진화학적 반응, 생물에 대하여 생육작용 및 살균작용 등을 하므로 "화학선"이라고도 한다.

지구에 떨어지는 자외선 중에는 비교적 파장이 짧은 ($\sim 3,000 \text{ \AA}$) 것이 피부에 닿아 살갓을 태우기도 한다.

나. 투과체의 일반 개론

현재 집열, 단열 투과체의 용도로서 개발 사용될 수 있는 것은 유리 및 플라스틱류이다.

유리 및 아크릴판의 투과율이 그림 2에 나타나 있다.

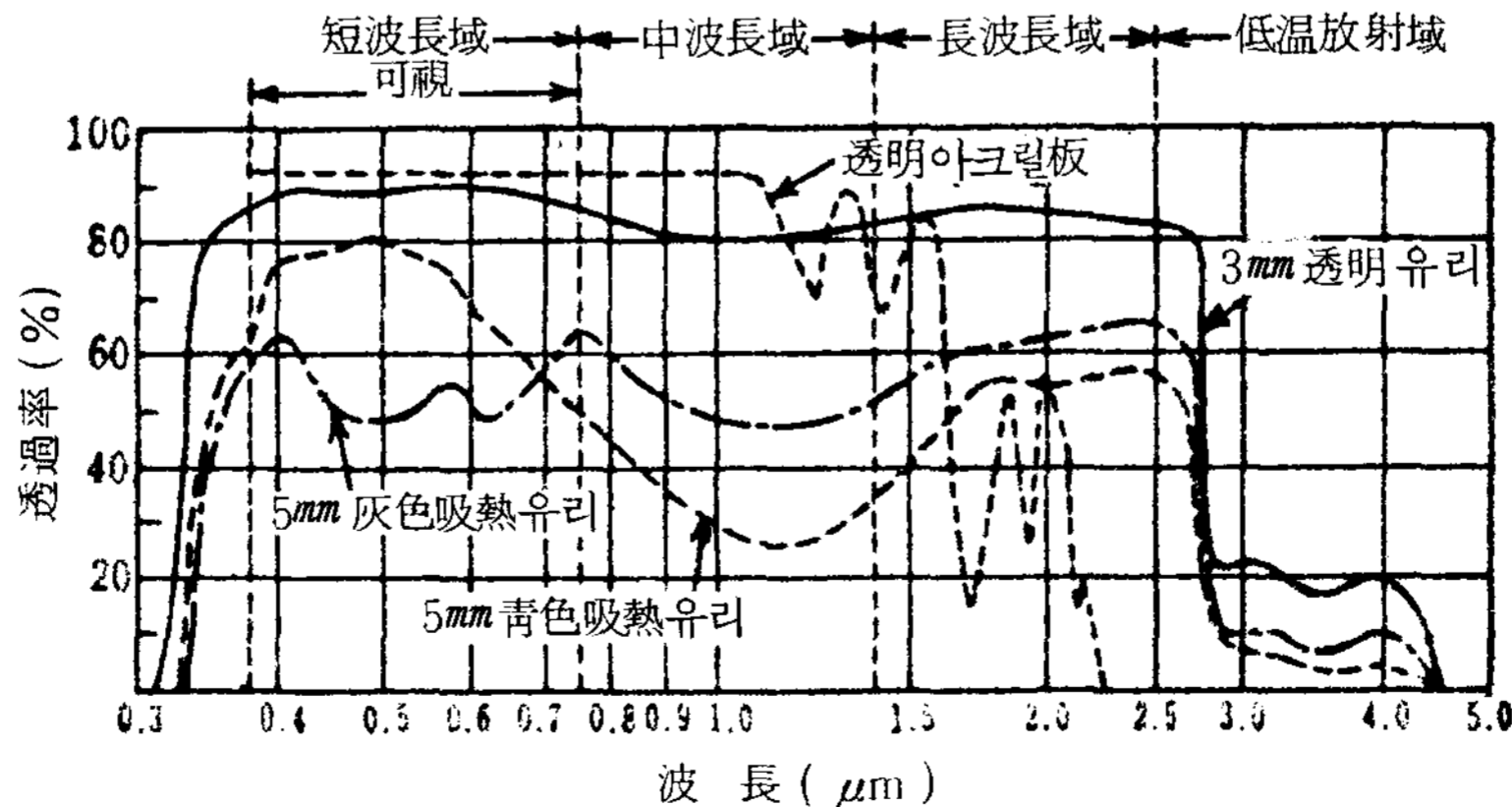


그림 2. 유리 투명아크릴판의 분광 투과 특성

이들은 어느 것이나 0.3-2.7 μm 전후의 파장 범위에서 높은 투과율을 나타내는 반면, 2.7 μm 이상에서는 투과율이 저하하고 있다.

한편, 태양광선의 99.9%는 0.3-1.5 μm 에 포함되기 때문에 유리나 아크릴판은 태양광선을 잘 투과시키거나 집열판으로부터의 적외선을 투과시키지 않는다는 소위 "온실" 효과의 성질이 표시되어 있다.

이들은 실제 내구성이 통상 3-5년, 특히 오래가는 제품에서 10년 정도로 비교적 짧다. 그러나 태양열 이용 건물을 비롯한 모든 건물에 있어서는 내구도가 건물의 수명과 같은 정도를 요구하고 있기 때문에 일반적으로 보통유리는 강도의 점에서, 플라스틱류는 내후성과 강도의 면에서 각각 문제가 있다.

투과체는 경사면에 따라 투과율이 약간씩 변하게 되는데 계절과 경사각에 따른 투과율은 유리일 경우 그림 3과 그림 4와 같다.

다. 재료별 투과체의 특성

1) 유 리

투과체로서 널리 사용되는 일반 보통유리는 소다석회유리 (Soda lime glass) 로서 그 장점으로는,

- 가) 강도 (rigidity)가 높아 잘 휘어지지 않으므로 외관이 미려할 뿐 아니라 광특성도 저하되지 않으며,
- 나) 비교적 높은 온도에서도 내성이 우수하며,
- 다) 태양 복사광의 투과율은 좋은 반면 적외선 투과현상이 거의 없고,
- 라) 자외선에 의한 광투과 특성의 변화도 없으므로 실용적인 면에서 매우 좋게 평가받고 있다.

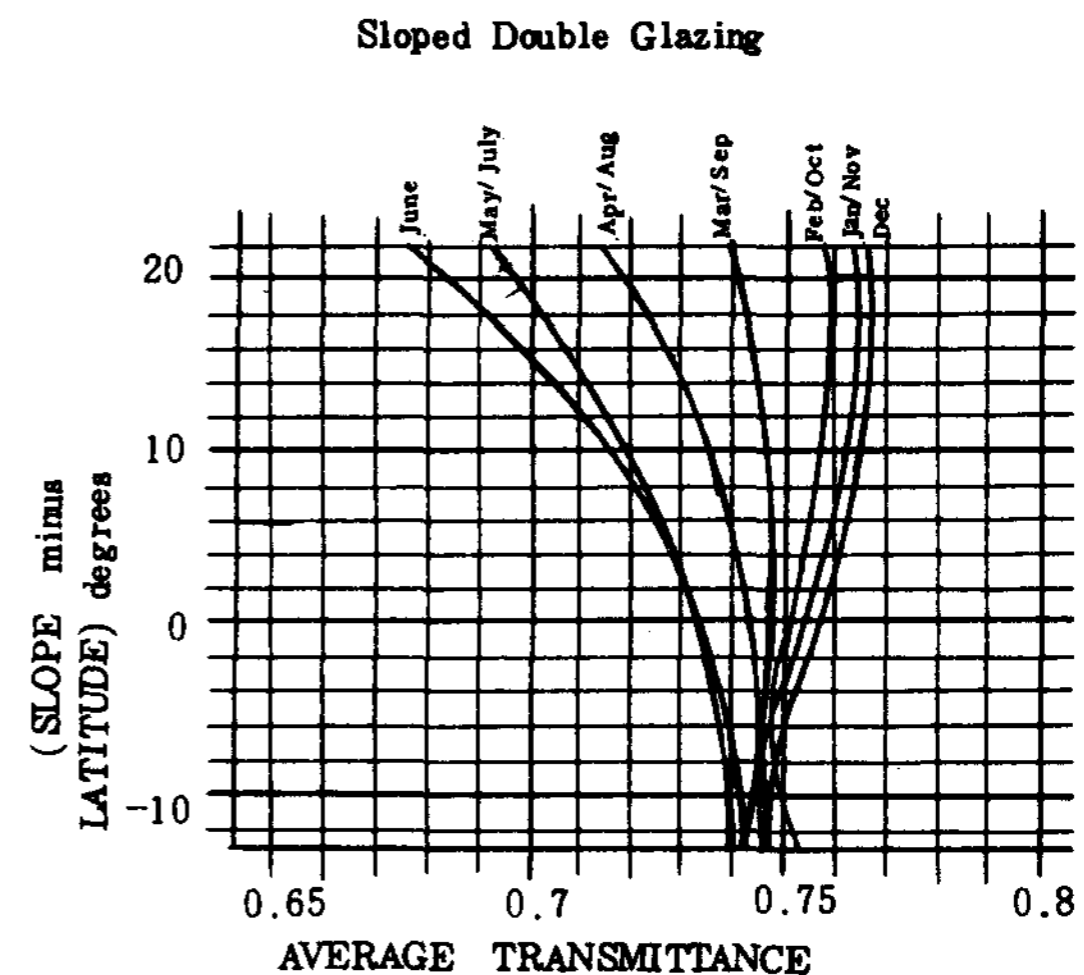
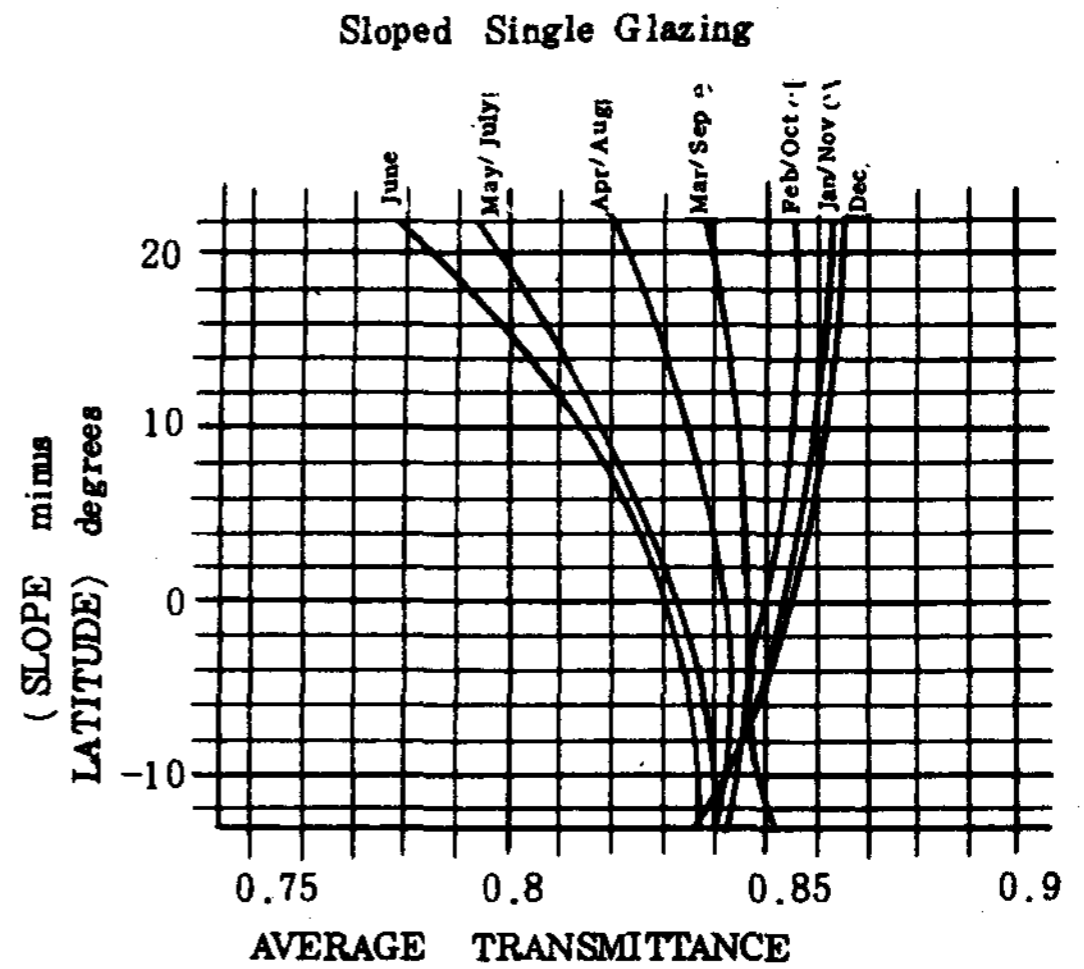
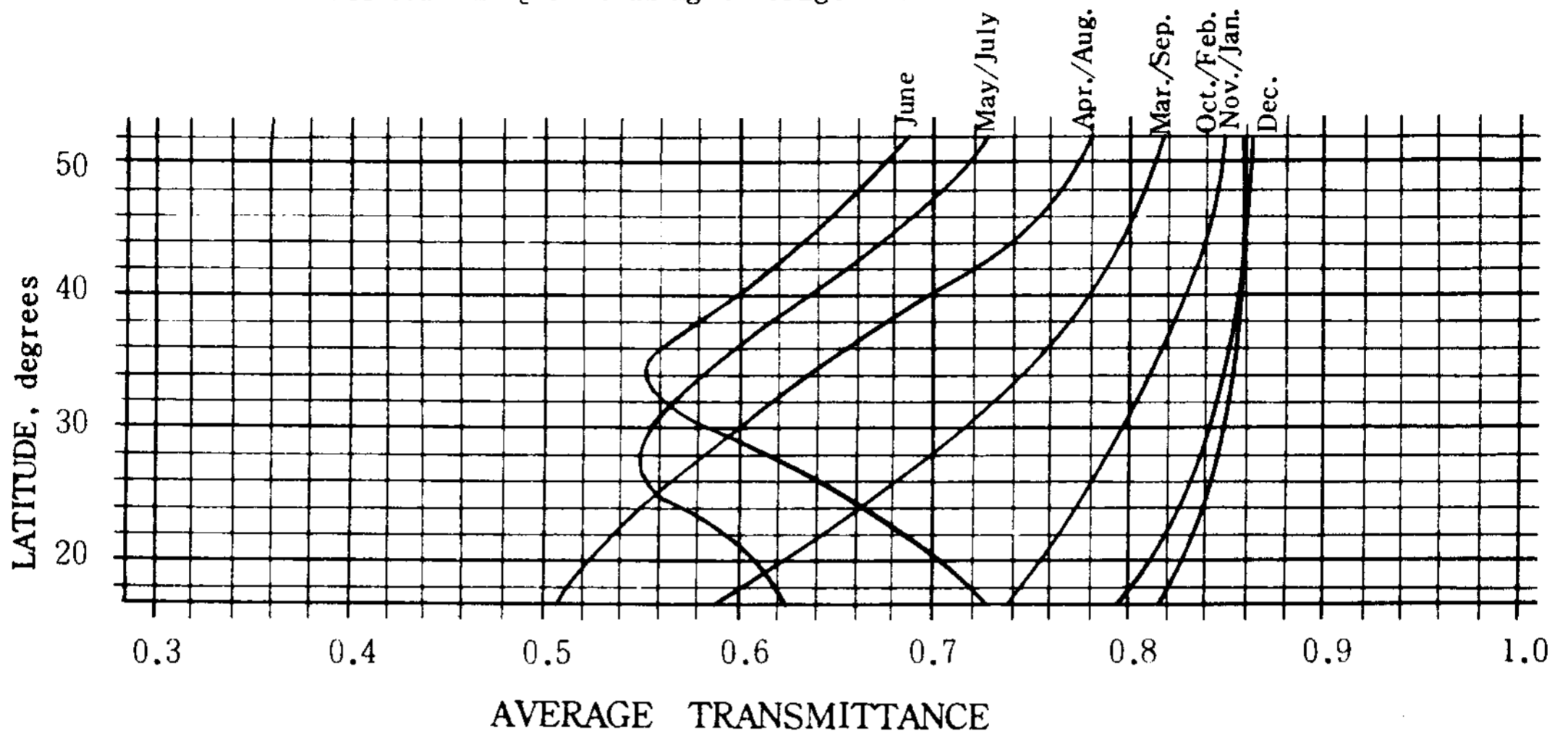


그림 3. 경사면에 따른 투과율변화곡선

특히 자외선에 의한 투과율의 변화도 20-40 년간에 불과 2%미만이다. 이산화 철의 함량이 0.1%정도인 보통유리의 투과율은 0.84이며, 그 함량을 낮추면 투과율은 높아지게 된다. (Fe₂O₃가 0.01%일 경우 투과율은 0.91임) 유리의 두께 및 종류별 태양열 복사광 투과율은 표 1과 같다.

Vertical Single Glazing Average Transmittance



Vertical Double Glazing Average Transmittance

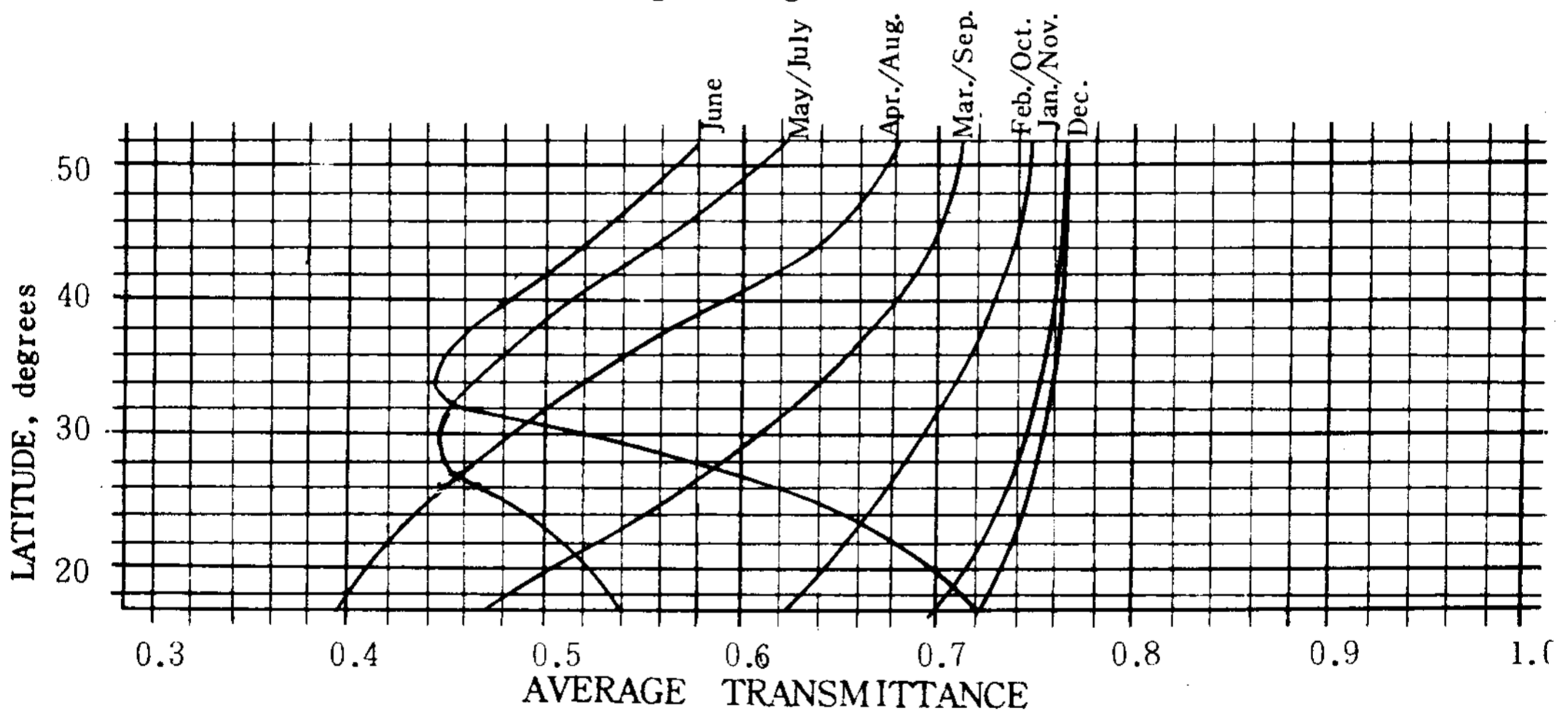


그림 4. 수직면에 따른 투과율변화곡선

표 1 유리의 투과율

유리명 및 두께 (mm)	투과율 (%)	태양고도	유리명 및 두께 (mm)	투과율 (%)	태양고도
보통 유리 2	83.5	47°	뽀얀유리 2	57.0	45°
" 3	85.0	"	"	73.0	35°
" 5	83.5	"	무늬유리 6	65.0	45°
" 2	90.0	35°	" 5	75.0	"
" 3	90.0	"	철 망유리 6	85.0	직 각방향
" 5	89.0	"	"	82.0	35°
			무늬유리 5	83.0	"

적외선의 투과율이 낮기 때문에 유리를 통과한 후 집열체에 의해 재방사된 열선(적외선)이 유리에 흡수되어 자체온도가 올라가게 된다. 이런 결과로 대류에 의한 열 손실량이 증가하게 되는데, 투과체의 내표면에 적외선 반사물질을 피복하여 최소한으로 줄일 수 있으나 상대적으로 가격이 올라가고, 광투과율이 낮아지게 된다. 투과체를 이중으로 할 경우에는 MgF_2 와 같은 반사방지 피복(antireflecting coating)으로 투과율을 높일 수 있으나 경제적인 면에서 현재로서는 사용이 어려운 실정이다.

유리의 주요 결점으로서의 첫째, 내충격성이 약한 것을 들 수 있다. 비싼 값으로 강화유리를 사용할 수도 있는데 강화유리는 보통유리를 연화점 가까이 까지 가열한 후 냉풍으로서 급냉해서 유리표면에 압축응력, 유리내부에 인장응력을 생기게 해서, 인장강도는 보통유리의 3-5배의 강도를 얻게 하고 있다.

완전 강화 투명유리(fully tempered water-white)는 산화철분의 함량이 0.01%로 아주 낮아 투과율이 0.91로 아주 높으며, 강화 플로우터유리(tempered float glass)는 보다 값이 싸지만 산화철분 함유량이 0.12%로 투과율은 0.84정도로 낮아진다.

그리고 철분함량이 적은 보통 창유리는 투과율이 0.91이나 이것은 수직창과 같이 외부응력을 많이 받지 않는 곳에만 사용이 가능하다.

둘째는 단위면적당 무게비가 높기 때문에 취급이 용이하지 않는 점이다. 그리고 유리는 열응력(thermal stress)에 의해 깨어지기도 하고 수송 및 취급중의 순간적 마모나 굽힘현상에 의해 표면에 흠이나 미세균열이 발생하게 된다.

균열현상은 주어지는 응력과 균열의 깊이에 따라 전파정도가 결정된다. 주어진 응력은 균열부위의 끝에 집중이 되고, 그리고 유리성분중 알칼리이온이 공기중의 수분과 반응하여 부식현상이 발생되어 균열부의 깊이가 상해지게 된다.

기계적 강도가 떨어지는 이외에 미세균열부는 입사광을 산란시켜 결과적으로 광투과율까지 낮추게 한다.

2) 플라스틱류

플라스틱 제품은 유리에 비해 가격이 저렴하고 경량이며 내파괴성과 유연성이 좋고 투과율도 높다는 장점이 있다.

고분자물질중 투과체의 재료로 가장 유망한 것이 acrylics, polycarbonates, glass-reinforced polyester(GRP), fluorocarbons(fluorinated ethylene-propylene, polyvinyl fluoride) 등이다.

그러나 흠이 생기기 쉽고, 마모되거나 굽히기 쉽고, 특히 기후조건에 변화에 매우 약한 결점이 있다.

즉 열에 의한 변형이 생기고 재료에 따라 태양광의 자외선에 의해 투과율이 떨어지게 되는 것이다.

또한 대기오염 물질과의 화학적 반응이 일어날 수도 있기 때문에 사용상 및 수명에 많은 제약이 따르게 된다.

이들 플라스틱 제품의 특성은 다음과 같다.

가) F.R.P.(Fiberglass-Reinforced Polyester)

F.R.P.는 몇몇 업체에서 자외선과 열분해에 잘 견딜 수 있도록 개발하였으며, 개발된 재료의 투과율은 0.84-0.9(ASTM E 424)로 산화철 함유량이 유리보다 약간 낮다.

현재 시판되고 있는 Kalwall사의 "선라이트(Sunlite)"와 Viston사의 "필론(Filon)"이 투과체의 재료로서 사용되고 있다. 선라이트 투과체는 1.22-1.52m의 넓이에 두께는 6.4, 10.2-15.2 $\times 10^{-4}$ m 정도로 절단하기 쉽고, 구멍뚫기가 용이한 것이 특징이다.

이 제품에는 2가지의 본질적인 문제가 있는데 그 하나는 평면이 고르지 못하고 파도처럼 파형이 지며 열이 상승됨에 따라 열팽창이 현

저하게 나타난다는 점으로, 이러한 문제를 최소화하기 위하여 Kalwall 사는 그중 투과체로 설계 제작하는데 있어 선라이트를 알루미늄 가대에 끼워 평편하게 퍼지도록 하였다.

왜냐하면 알루미늄과 선라이트와의 열팽창계수가 거의 같고 온도에 의한 변형이 적기 때문이다. 또 다른 하나의 문제점은 높은 온도에 의한 열분해 작용이다.

선라이트의 경험에 따르면 정체온도가 65°C, 95°C일 때에는 환기를 시켜 온도를 떨어뜨림으로서, 재료를 보호하는 방법도 제시하고 있다.

Viston 사가 개발한 필론(Filon)은 강화아크릴 F.R.P.이다. 강화아크릴 FRP 판재는 자외선 분해와 기후에 보호될 수 있도록 Tedlar 폴리불화비닐 (polyvinyl-fluoride)로 감싸는 것이다.

선라이트는 5%/38micron - 85%/40micron의 UV가 투과되고 경사각에 따라 0°일 경우 전태양 복사선투과는 0.35-2.8micron/88%이며, 30°에서는 83%, 45°에서는 81%, 60°에서는 75%정도이다.

2.8micron - 50micron일 때는 5%미만에 불과하다.

나) 필름(Film)

플라스틱필름은 투과율이 높고 가격이 매우 저렴하다. 현재 개발된 대표적인 제품으로 두가지가 있는데 듀퐁(Dupont)사의 “테프론(Teflon)”과 “테들라(Tedlar)”이다.

테프론은 이중일 경우 주로 내부 투과체에 사용되는데 온도에 대한 저항성은 우수하지만 열팽창율이 커서 내부 투과체로 사용시에도 중간부분이 잘 처지게 되는 경향이 있다.

그리고 정전기 발생과 함께 탄물질의 표면에 잘 달라붙기 때문에 취급이 용이하지 않을 뿐 아니라, 적외선(열선)의 투과가 잘 되기 때문에 결과적으로는 집열효율을 저하시키게 된다.

테들라도 테프론과 같이 취급과 설치에 유사한 문제점이 있는데 듀퐁사에서는 이를 외부 투과체나 단일 투과체로만 사용하도록 추천하고 있는데 내부투과체로서는 약 1-2년 정도, 외부투과체에 사용되는 경우 파손되는 기간이 약 4-5년 정도이다.

테들라 필름은 장기간의 열에 의한 분자평형에 의한 변형으로 2가지 현상이 동시에 나타나는데,

- ① 영구히 축소되거나,

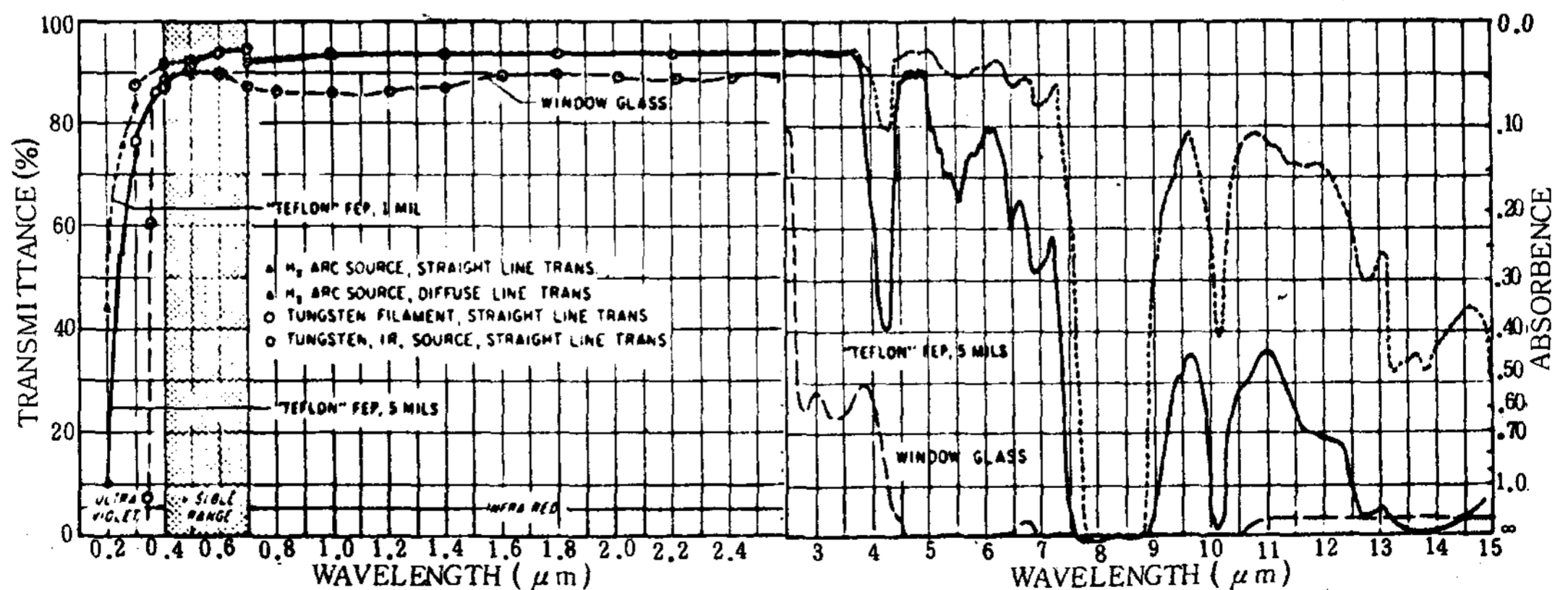


그림 5. Spectral transmittance of Polyterafluoroethylene(FEP). Δ , H₂ arc source, straight line transmission; \blacktriangle , H₂ arc source, diffuse line transmission; \odot , tungsten filament, straight line transmission; \square , tungsten infrared source, straight line transmission

② 열팽창에 의한 일시 팽창현상이다.

이러한 현상은 서로 상반된 결과를 가져오는데 주름진 상태에서 식어버릴 경우 바로 잡을 수가 없게 된다.

모든 플라스틱 필름은 두께에 따른 약점이 있는데 즉 장파의 투과율이다 [그림 5참조].

유리의 경우 투과율의 영역은 1%보다 적으며, 4㎛는 3%정도, 테프론 FRP는 4㎛에서 30%, 1㎛ 테플러는 57%이다.

다) 경성플라스틱 (硬性 plastics)

경성플라스틱 투과체는 아주 밀착되고 변형되지 않으며 취급과 조립이 용이하고 굽히지만 얇는다면 유리 와 같이 미려하다. 생산품의 대부분은 아크릴 (Acrylics) 이거나 폴리카보네이트 (Polycarbonates) 에 속한다.

아크릴은 1934년 Rohm에 의해 발명되었으며 유리보다 4-15배 충격저항이 높다. 아크릴

의 우수한 특성이라면 내구년한이 약 40년 정도이고 단위중량이 매우 가볍고 투과율도 강화 유리보다 약간 높으며 기후에 대한 적응력(내구력)이 크며 또한 취급 및 조립뿐만 아니라 열처리가 용이한 점이다.

아크릴을 태양열 적용에 이용할 경우 몇가지 불리한 점이 있는데 85°C에서 누그러지기 시작하며 120°C에서 녹는다는 점이다.

폴리카보네이트는 아크릴보다 강하고 용해점도 보다 높으며 투과율은 낮으나 자외선에 잘 견딘다.

그러나 폴리카보네이트는 열팽창율이 커서 흡수판쪽으로 활처럼 휘다는 문제가 있어 투과체의 재료로 사용하기 위하여는 더욱 연구 개발되어야 할 것이다.

각 재료별 특성도가 그림 6-10, 표 2.3에 나와 있다.

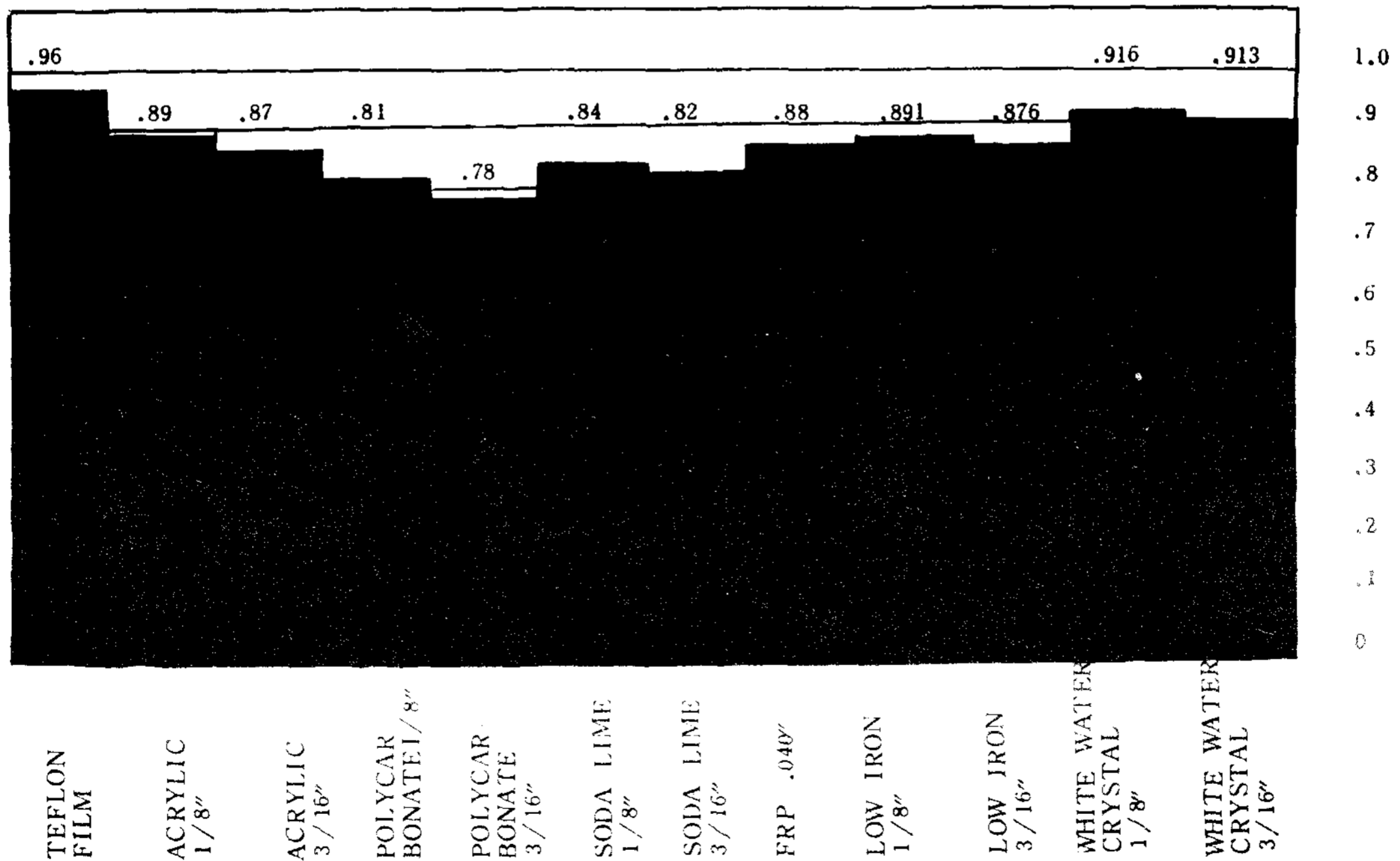


그림 6. TOTAL SOLAR ENERGY TRANSMISSION

표 2. 투과체 재료에 따른 특성 비교

GLAZING MATERIAL	SOLAR TRANSMITTANCE	REQUIRED SUPPORT	MAXIMUM TEMPERATURE	EXPECTED LIFE	HANDLING ASSEMBLY	COST PER SQUARE FOOT	VISUAL AESTHETICS
WATER WHITE GLASS	2	1	1	1	3	5	1
TEXTURED LOW IRON GLASS	3	1	1	1	3	3	1
FLOAT LOW IRON GLASS	4	1	1	1	3	3	3
FLOAT WINDOW GLASS	7	1	1	1	3	3	3
ACRYLIC SHEET (Lucite)	5	1	7	5	3	5	3
POLYCARBONATE SHEET (Lexan)	5	3	6	4	3	7	3
FIBERGLASS REINFORCED (Kalwall)	5	3	7	5	3	3	3
POLYESTER FILM (Llumar)	7	5	3	3	5	2	5
FLUOROCARBON FILMS (Tedlar)	3	5	7	5	5	1	5
FLUOROCARBON FILMS (Teflon)	1	5	1	7	5	1	5

* 1 ; Excellent 4 ; Fair to Good 7 ; Poor
 2 ; Very Good 5 ; Fair
 3 ; Good 6 ; Poor to Fair

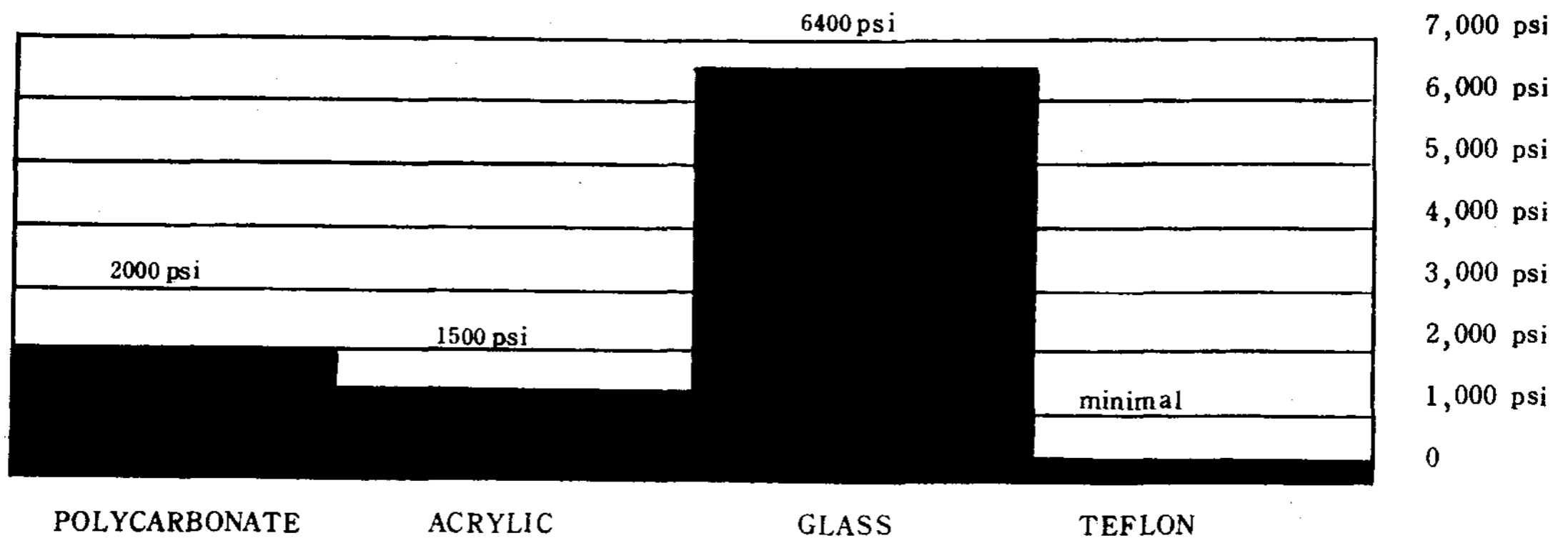


그림 7. MAXIMUM DESIGN TENSILE

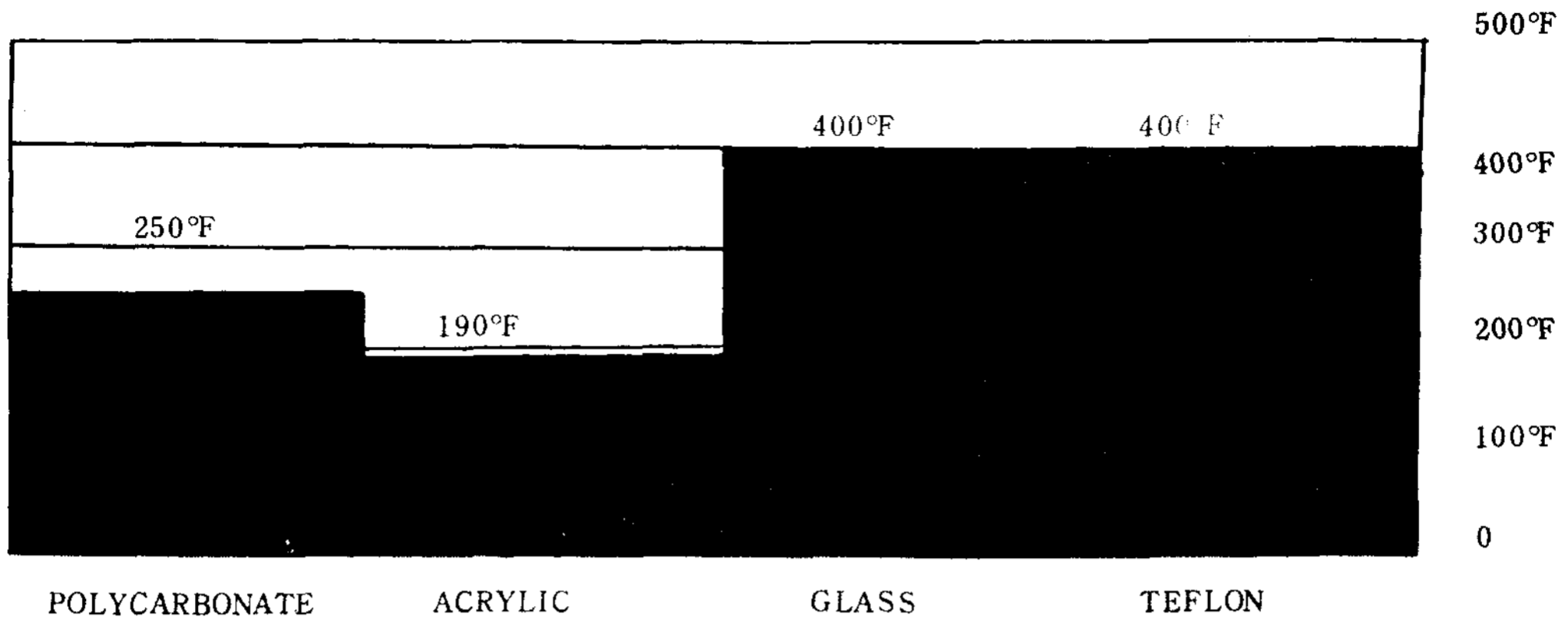


그림 8. MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE

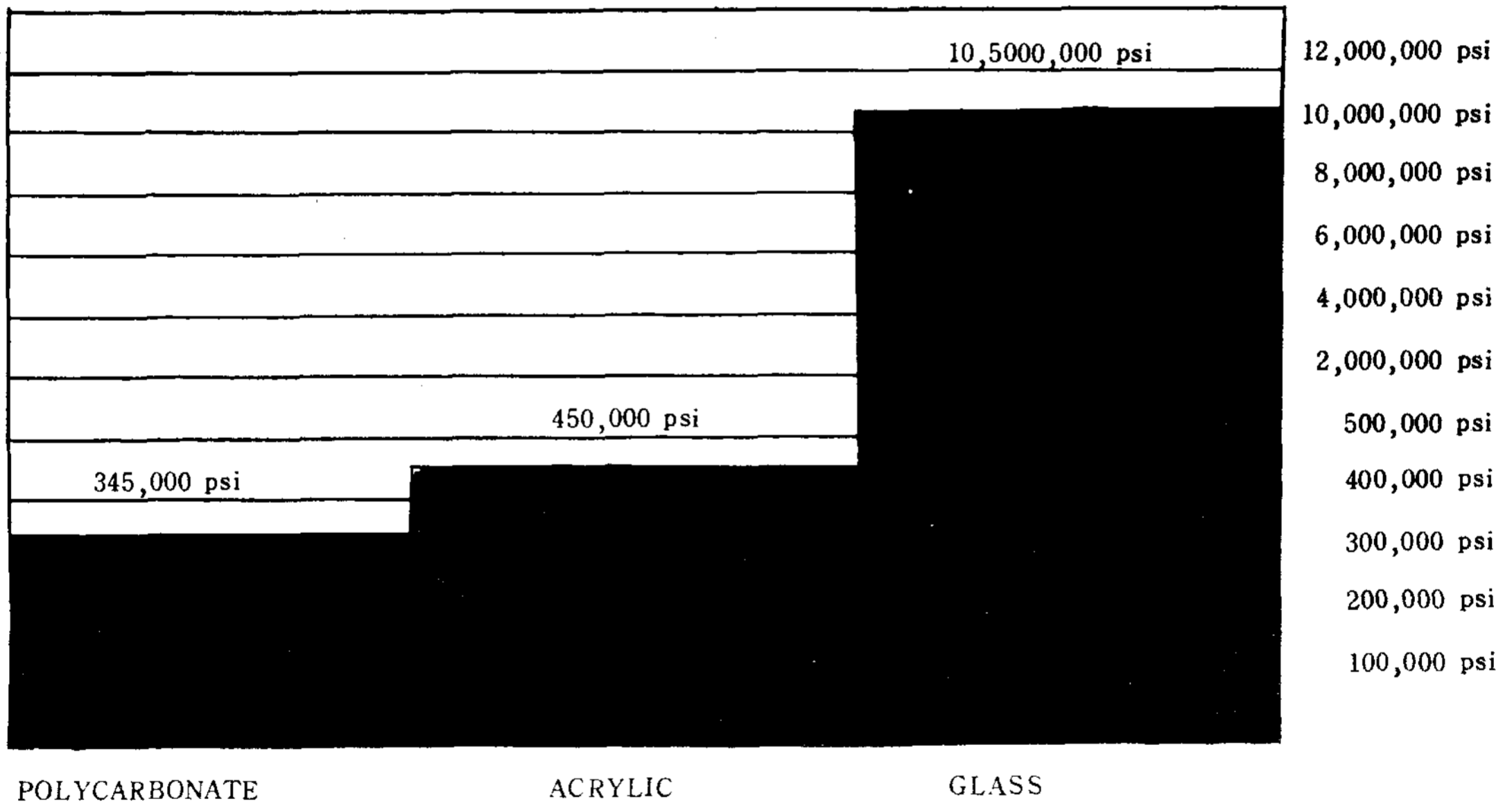


그림 9. ELASTIC MODULUS

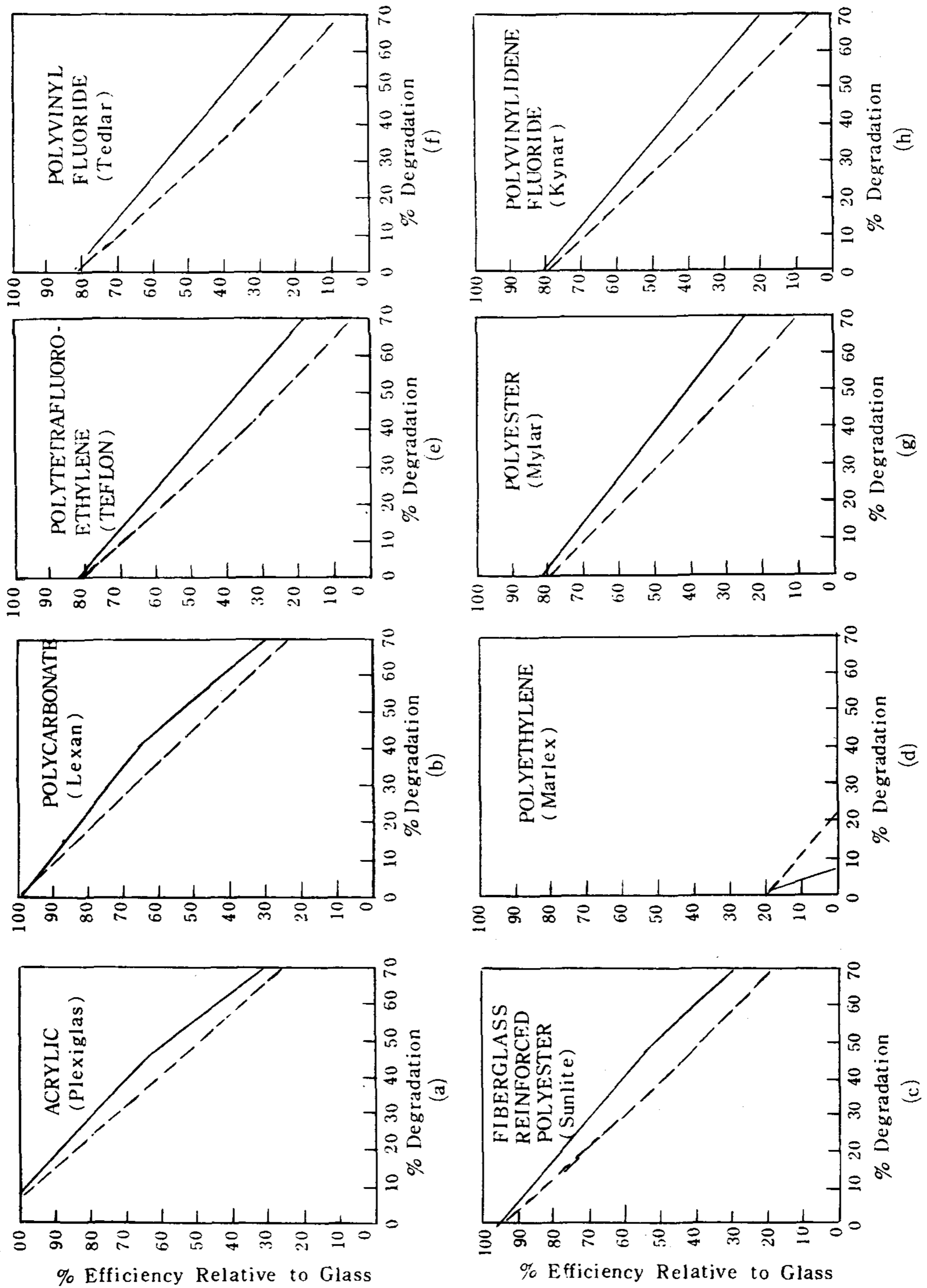


그림 10. EFFECT OF OPTICAL DEGRADATION ON EFFICIENCY FOR SINGLE GLAZINGS OF PLASTICS

표 3. 투과체 재료의 성능비교

Type	Comments	Brand Names	Thickness (in.)	Long Wave Transmittance (%)	Optical Clarity	Maximum Operating Temp. (°F)	Weatherability	Lifetime (Years)	Cost/Sq. Ft.	
					Translucent Transparent					
	Pros: Excellent selective transmission. Transparent. Excellent weatherability. Resistant to U-V, air pollution & heat. Good insulation (Special glasses only). Low thermal expansion.	2 Categories: -Window -Special glasses: 1. Double strength float 2. Thermopane	.89	3	X	400°	Excellent.	Very long-20+	75-1.50	
	Cons: Expensive. Breaks easily. Heavy. Installation relatively difficult.								1.00-2.25 4.00-9.00	
Acrylics	Pros: Excellent optical clarity--transparent available. Excellent weatherability. Good impact strength. Lightweight--easy to handle. Good insulation (twin wall only). Insulation & light transmission qualities equivalent to glass (Acrylite SDP).	Single Wall: -Plexiglas -Lucite -Acrylite Twin Wall: -Acrylite SDP -Cor-X-Acrylic -220 Twinwall -Polylux	.125	-92	N/A	X	180-200	Excellent	20	1.00-2.00
	Cons: Expensive (but less than glass). Susceptible to surface abrasion. Heat sag at high temperatures (200° F).		.625	85-92	N/A	X	180°	Excellent.	20	2.00-3.00
Polycarbonates	Pros: Very high impact resistance (used in jets, prisons) High service temperature. Like acrylics (but slightly reduced solar transm. Transparent available.	Merlon Lexan Tuffak Twinwall	.125	86	6	X	250-270	Slight color change & slight embrittlement with prolonged sunshine--for all polycarbonates.	15-17	2.25-3.25
	Cons: Relatively expensive. Scratch easily. Non-rigid.		.22	82-89	N/A	X			5-7	1.25-1.75
Fiber-Reinforced Polyester (Fiberglass)	Pros: Low cost. Good solar transmission. High strength & durability (especially with protective coating like Tedlar). Easy to handle. Even diffusion of light.	Lascolite Filon Sunlite Flat: -Standard grade (not u-v resistant) -Superior grade (u-v resistant) -Supreme grade (Tedlar coated) Corrugated: -Standard -Superior -Supreme	.040	79-89	6	X	180°	Slight yellowing with prolonged exposure. Also "blossoming" of glass fibers--for all fiberglass. Without u-v absorbers &/or protective coatings (standard grade), sunlight effect increases greatly.	4-7	.25-.50
	Cons: Transparent not available. Medium-range lifetime. Tedlar-coated has 8% less solar transmission.		.040	85-90	10	X	200°		7-13	.40-.55
Polyethylene	Pros: Very low cost. Light, flexible--easy to install. Good inner glazing.	Regular (not u-v resistant)--at any building supply store. U-V Resistant: Monsanto 602	.004	85	70-80	X	140°	Poor. Improved by: -using as inner glazing rather -using u-v resistant brands.	4 mos.-1 yr.	.01-.03
	Cons: Short lifespan. High transparency to long-wave radiation. Wind & temperature sagging effects.								1-3 yrs.	.06-.10
Polyesters	Pros: Low cost. Superior surface hardness.	Mylar	.003-.014	85	16-32	X	300°	Discolors slightly with prolonged exposure.	1-5	.09-.35
	Cons: U-V degradable unless coated. Fairly high long-wave transmittance.									
Polyvinyl-Fluorides	Pros: Excellent weatherability. Strong. High solar transmittance. Often bonded to fiberglass as U-V and weather-resistant screen.	Tedlar	.004	90-94	43	X	325°	Excellent.	~25	~.80
	Cons: Fairly high long-wave transmittance. Expensive. Only available up to 4 mil thickness (film)									
Fluorocarbons	Pros: Exceptional resistance to heat, weather, & chemicals. Very high solar transmittance.	Teflon FEP	.001	98	N/A	X	400°	Excellent.	25	~.59
	Cons: Expensive. Available only in films.									
Others:	Clear films, more expensive and longer lasting than polyethylenes, but problems with U-V and dust Tough, with moderate thermal stability, U-V degradable unless coated, usually not easily available Plastic-plastic & plastic-glass laminates: double-walled channeled plastics, expanded plastic honeycomb plastics, clear insulative plastic films with air bubbles									

Sources Knudtsen, Peter K. "Glazing Materials: Some Alternatives". Southwest Bulletin, February, 1978.
NMSEA Workshop Crew Handbook chapter on glazings

3. 복층 투과체 (Pair glass)

복층 투과체라 함은 2매 혹은 그 이상의 투과체를 4주변사이에 공간제를 끼어넣고 내부에 흡습제를 투입한 후 봉인시킨 것으로 창문의 단열화는 물론 태양열 이용의 적극화라는 차원으로로서 각광을 받고 있다.

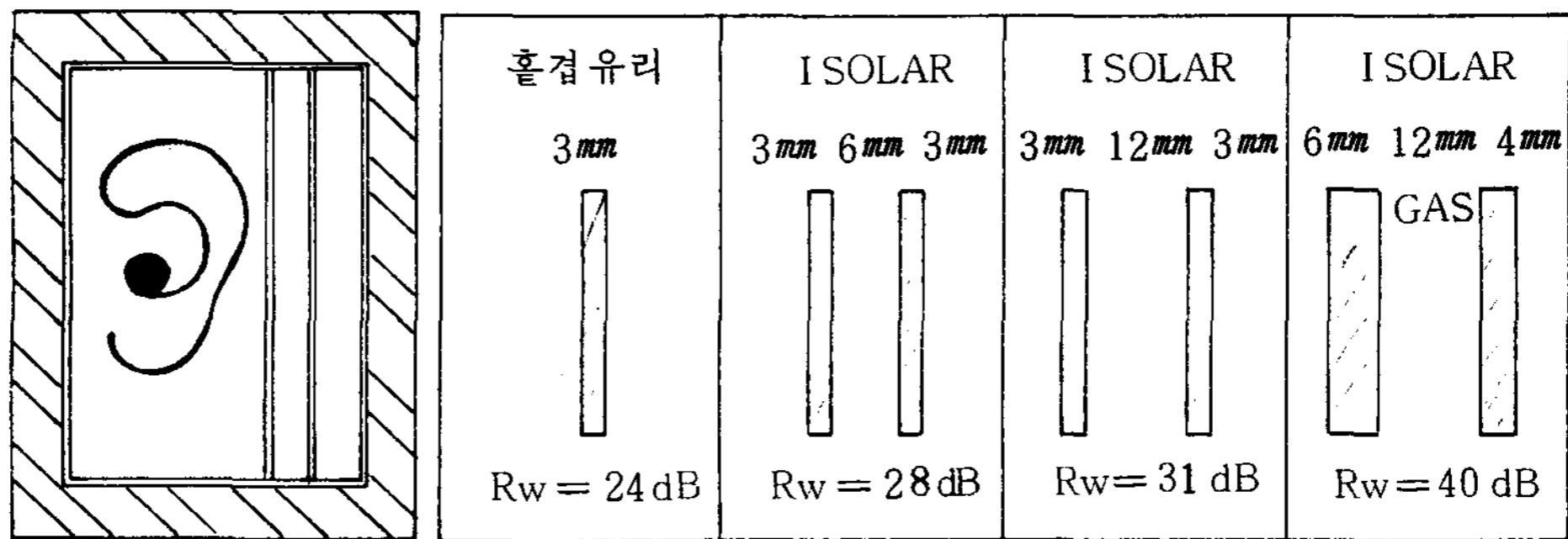
특히 건축법 시행령 제 25 조 (1980.12.22)에 모든 신축건물의 경우에 창문의 단열화를 규정함으로서 흡습유리 창문의 설치를 금지하여 사

실상 복층 투과체의 사용을 의무화시킨 것이나 다름없다.

가. 특 징

1) 소음의 방지

소음에 대한 사람의 느낌은 그 소음 레벨이 약 7 dB 높아지는데 따라 2배로 강하게 느끼게 되는데 그림 11과 같이 복층투과체(유리인 경우)를 사용하면 외부소음은 단창인 경우보다 반으로 줄게 된다.



* DIN기준에 의함

그림 11. 복층 투과체의 소음 차단 효과

2) 높은 단열효과

내부공간의 공기층이 단열역활을 하므로 열 관류율이 보통 1/2로 떨어진다.

3) 결로방지

일반적으로 실내와 외부의 온도차이가 크면 투과체 표면에 수분이 응결하여 결로현상이 생긴다. 이 결로는 시야를 방해하고 창틀, 벽 등을 부식하는 요인이 된다. 실내온도 20°C, 습도 60%의 경우 일반 투과체는 외기온도가 5°C 이하가 되면 결로(이슬)현상이 생기지만 복층투과체인 경우 -50°C 에서도 결로현상이 생기지를 않는다.

4) 시공의 간이성

국내 일반적인 시공방법으로 이중 창문

화하고 있으나, 작업이 번거로우며 공간을 차지하고 외관상 분체점도 종종 일어난다.

그러나 복층 투과체의 경우 이러한 분체점이 자연 소멸된다.

나. 기존 복층투과체 (유리)의 분체점

1) 생산업체가 한정되어 주문생산을 하여야 하므로 보수관리가 어려우며, 대량 보급상 차질이 있으며,

2) 유리의 자중이 많아 대형제작이 어렵고 파손의 우려가 있다.

3) 시공이 어려우며,

4) 가격이 고가로서 실제 국내보급에 있어서 많은 문제점이 노정되고 있으므로 유리 아닌 다른 재료로의 복층화가 시급히 요망되고 있다.

다. 개발유망재료

현재 복층투과체로서 유리가 아닌 재료로 건축물에 이용할 수 있는 신개발제품은 많으나 이중 가장 적용이 손쉬우며, 에너지 절약면에서 유리한 재료를 들면 EXOLITE (Double-skinned Acrylic Sheet) 류이다. 순 acrylic 혹은 polycarbonate 재료로 되어 있는데 각 상세는 다음과 같다.

1) 특 성

장점으로는

- 자외선에 의해 변형되지 않고 2중공간 내의 간벽으로 처짐을 방지하였다.
- 경량으로 절단등 가공조립이 용이하며 현장조립도 가능하다.
- 충격등에 안전하다.
- 2중공간으로 되어 있어 50-55% 정도의 연료 절감효과를 얻을 수 있다.
- 투명도가 좋아 일반 유리재료와 같이 미려하다.

단점으로는 아크릴재는 투과율이 일반 유리와 같이 83% (복층일 경우)인 반면 polycarbonate 재는 이보다 약간 떨어지는 73% 정도이다. 내열온도도 acrylic 재는 71°C, polycarbonate 재는 116°C 정도인 점이 가장 취약점으로 지적되고 있는데 일반건물의 창문 혹은 자연형 태양열 건물일 경우도 이 이상의 고온이 발생되지 않을 것으로 예상되므로 실제 보급상 문제점이 없을 것으로 보인다. 경제성으로 볼 때에도 상기 장점 외에 acrylic 재는 유리로된 복층투과체 보다 30-50% 이상 저렴한 반면 polycarbonate 재는 거의 비슷하다. 그러나 상기 2제품의 우열성 판단은 일부 자연형 태양열시스템인 경우 가용온도의 변위가 높을 것으로 보여 상기제품을 적용하는 경우에는 일단 시스템별로 실험을 거친 후 판단하는 것이 추천된다.

2) 제 원

Acrylic 및 Polycarbonate 재료의 각 특

성을 대별하면 표 4와 같다.

3) 분광투과 특성

분광투과 특성은 그림 12에 나타나 있으며, 내용년도의 경우도 그림 13과 같이 25년동안 변위가 없음이 보고되었다.

4) 시공방법의 상세

시공방법은 그림 14와 같이 현장에서 절단, 조립할 수 있다.

4. 결 론

이제까지 투과체의 일반적 이론에 대해 고찰하였는데, 투과체의 재료로서 현재 개발된 대표적 제품의 특성에 대해 고찰한 결과 새로이 신제품을 개발하고자 할 경우 숙지해야 할 일반적인 사항으로는

- 가. 열·광과 기후에 따른 광분해에 대한 저항력이 커야 하고,
- 나. 복사광의 투과율이 좋고 장파에 대한 방사율이 낮아야 하며,
- 다. 가격이 저렴하고,
- 라. 취급과 조립이 용이해야 하며,
- 마. 외관상 미려해야 하는 등, 제조조건에 적합하여야 투과체 재료로서 바람직할 것으로 보인다.

현재까지 개발된 재료를 분류하면,

- 가. 유 리
- 나. F.R.P.
- 다. 필름 (Film)
- 라. 경성플라스틱의 4가지 분야가 주종을 이룬다.

각 재료마다 장·단점이 따로 있으나 전체적으로 볼 때 투과체의 재료로서 양질의 것은 일반적으로 유리류이다.

그러나 유리는 재료의 성질상 강도면에서 문제점이 지적되어 이에 대체할 수 있는 좋은 재

표 4. 성분별 특성

Standard Sizes:	EXOLITE ACRYLIC SHEET	EXOLITE POLYCARBONATE SHEET
Thickness	0.63 in. ± 0.04 in. (16.0 mm ± 1.0 mm)	0.63 in. ± 0.04 in. (16.0 mm ± 1.0 mm)
Width	47.25 in. ± 0.16 in. (1200 mm ± 4 mm)	47.25 in. ± 0.16 in. (1200 mm ± 4 mm)
Lengths	8 ft., 10 ft., 12 ft., and 16 ft. (2.4, 3.0, 3.6, 4.8 m) (Additional lengths available upon special request.)	8 ft., 10 ft., 12 ft., and 16 ft. (2.4, 3.0, 3.6, 4.8 m)
Skin Thickness	0.06 in. (1.5 mm)	0.05 in. (1.3 mm)
Rib Thickness	0.04 in. (1.0 mm)	0.03 in. (0.8 mm)
Permissible bending moment relative to length — Support perpendicular to ribs		
Roof Glazing	31 ft. lb./ft. (140 Nm/m)	45 ft. lb./ft. (200 Nm/m)
Vertical Glazing	62 ft. lb./ft. (280 Nm/m)	76 ft. lb./ft. (340 Nm/m)
Support parallel to ribs (spaced at 45 in.)		
Roof Glazing	13 ft. lb./ft. (60 Nm/m)	17 ft. lb./ft. (75 Nm/m)
Vertical Glazing	26 ft. lb./ft. (120 Nm/m)	28 ft. lb./ft. (125 Nm/m)
Heat Transfer Coefficient ¹ (U)		
Summer Conditions	0.55 BTU/hour/sq. ft./°F. (3.2 W/m ² °C.)	0.55 BTU/hour/sq. ft./°F. (3.2 W/m ² °C.)
Winter Conditions	0.58 BTU/hour/sq. ft./°F. (3.3 W/m ² °C.)	0.58 BTU/hour/sq. ft./°F. (3.3 W/m ² °C.)
Thermal Resistance Value (R _T) [*]		
Summer Conditions	1.82°F/BTU/hour/sq. ft.	1.82°F/BTU/hour/sq. ft.
Winter Conditions	1.72°F/BTU/hour/sq. ft.	1.72°F/BTU/hour/sq. ft.
Coefficient of linear thermal expansion (in./in./°F. or °C.)	40 x 10 ⁻⁶ /°F. (70 x 10 ⁻⁶ /°C.)	40 x 10 ⁻⁶ /°F. (65 x 10 ⁻⁶ /°C.)
Maximum service temperature without load	160°F. (71°C.)	240°F. (116°C.)
Light Transmittance (Approx.)		
Clear	83%	73%
White (#06531)	20%	9% (#99045)
White (#06310)	70%	—
Solar-Bronze (#43480)	52%	50% (#16800)
Solar-Bronze (#93201)	24%	21% (#LS 13-770)
Shading Coefficient		
Clear	0.97	0.88
White (#06531)	0.31	0.25 (#99045)
White (#06310)	0.81	—
Bronze (#43480)	0.72	0.71 (#16800)
Bronze (#93201)	0.46	0.44 (#LS 13-770)
Solar Transmission		
Clear	83%	74%
White (#06531)	19%	14% (#99045)
White (#06310)	67%	—
Bronze (#43480)	57%	56% (#16800)
Bronze (#93201)	31%	29% (#LS 13-770)
Average Sound Reduction	23 dB	24 dB
Flammability	EXOLITE acrylic and polycarbonate sheets are combustible thermoplastics. Precautions used to protect wood and other combustibles should be observed. Access panels may be required for evacuation and venting of rooms glazed with these products. Further flammability data is available from a CY/RO representative.	

¹ASHRAE

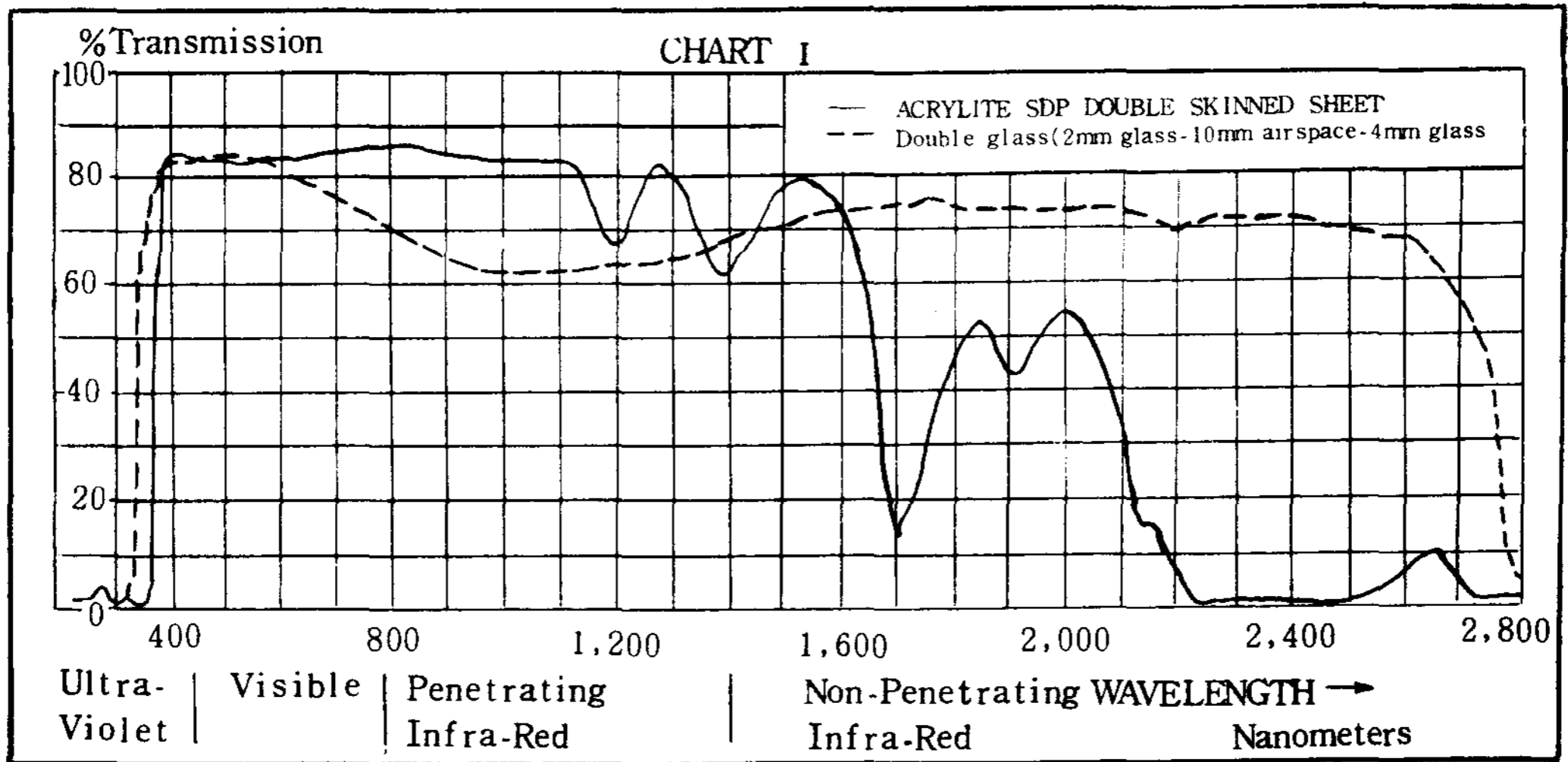


그림 12. SPECTRAL TRANSMISSION

Region	Wavelength Milimicrons	Total Solar Energy Available W/M ²	SDP Transmission W/M ²	Insulating Glass Transmission W/M ²	Difference SDP vs. Glass
Ultraviolet	280 ~ 400	68	18	41	- 56 %
Visible	400 ~ 800	586	482	465	+ 4 %
Near Infra-Red	800 ~ 1400	329	266	212	+ 25 %
Far Infra-Red	1400 ~ 3000	143	56	98	- 43 %

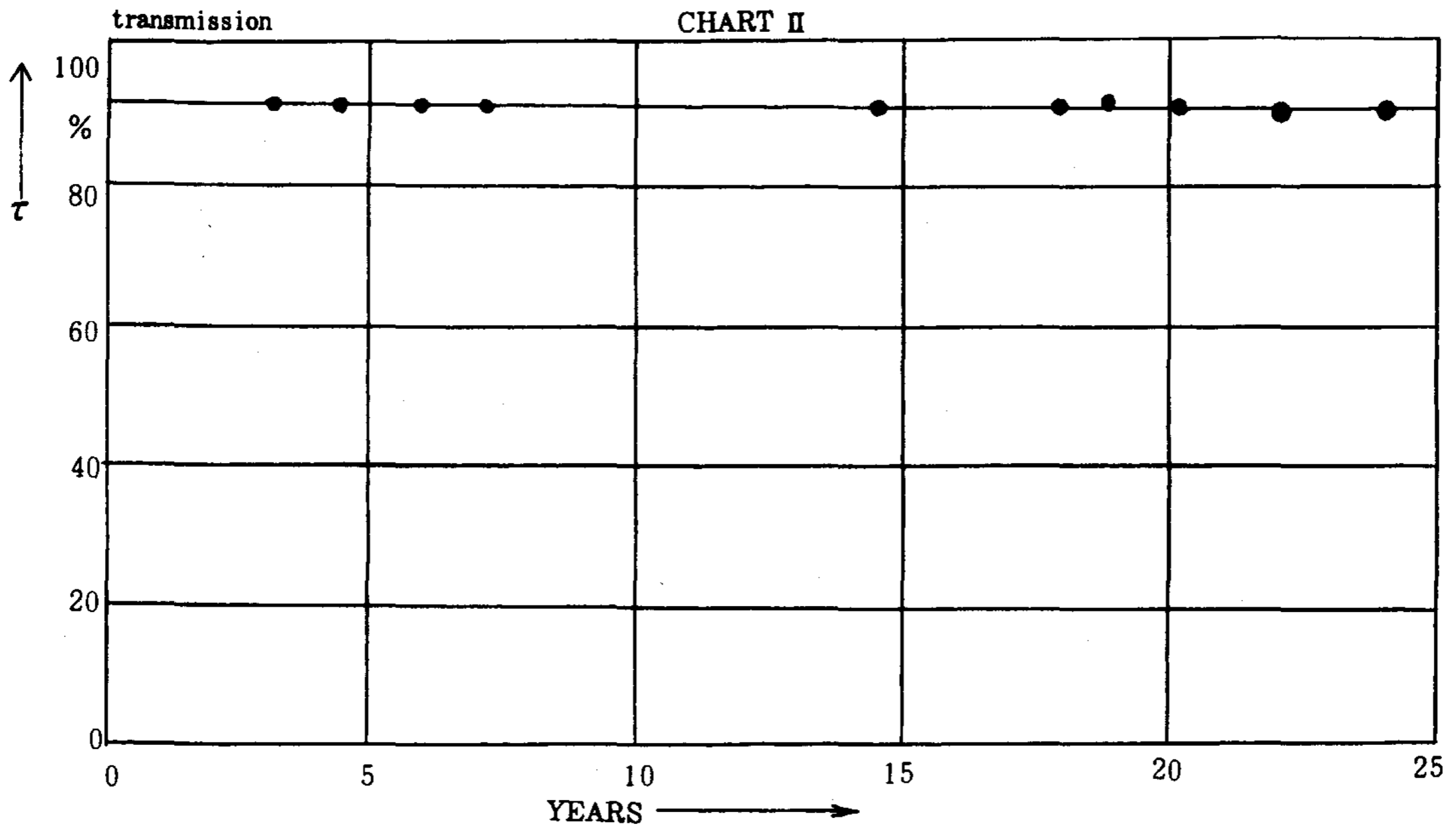
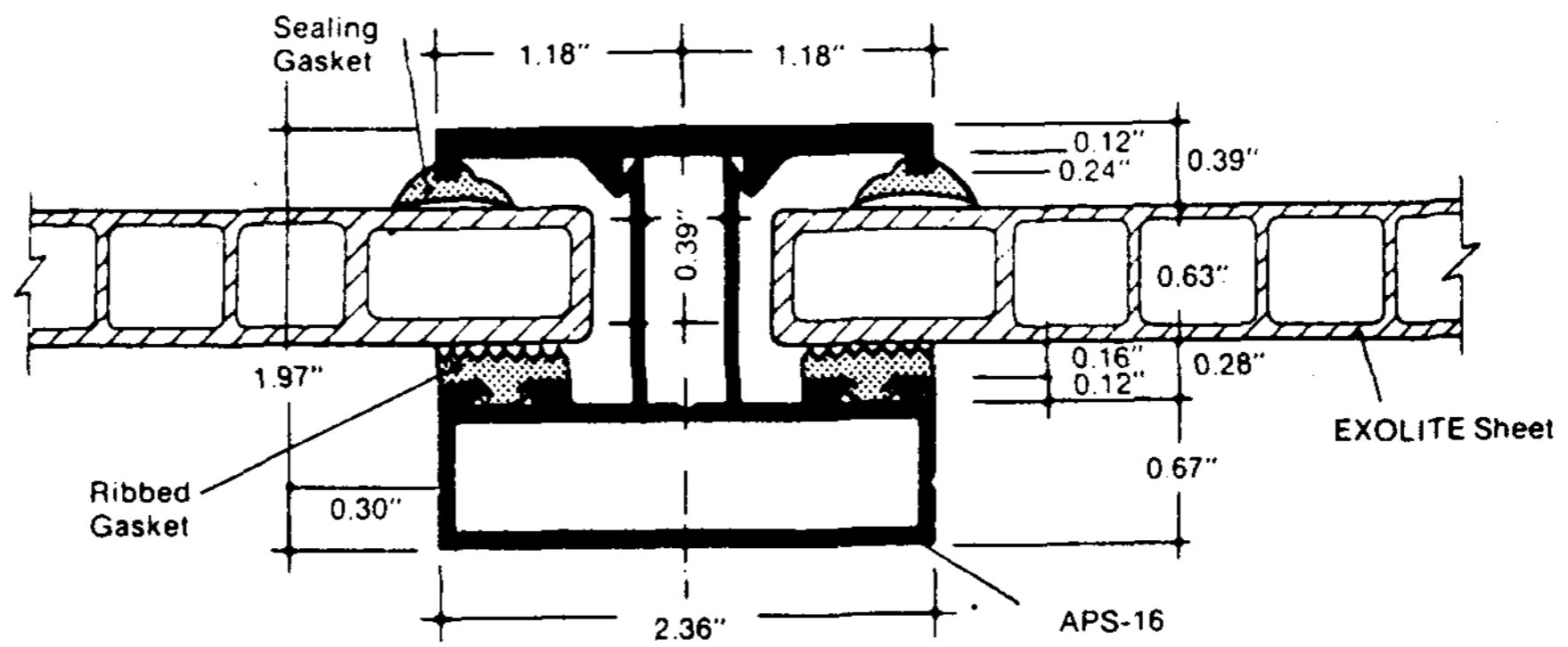
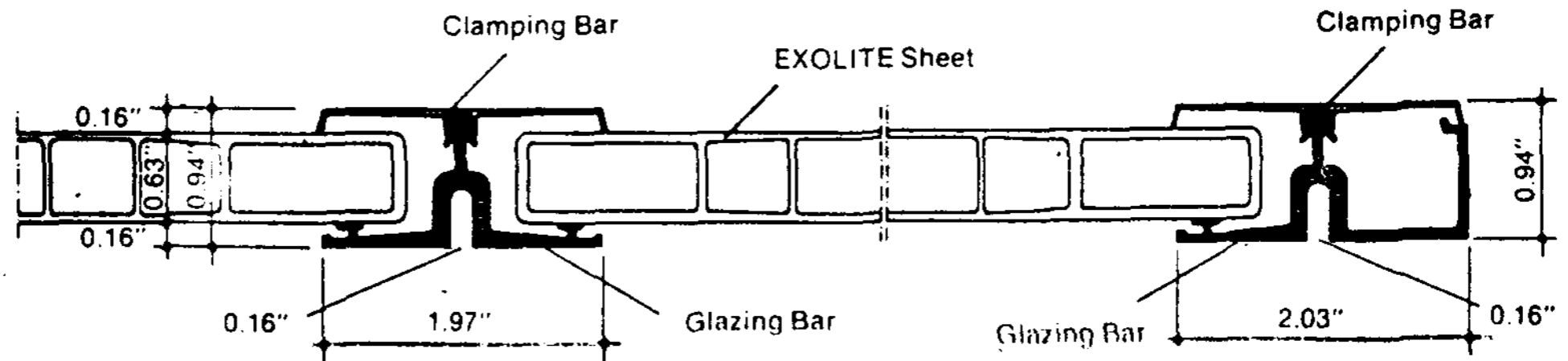


그림 13. 년도별 투과율 변화도



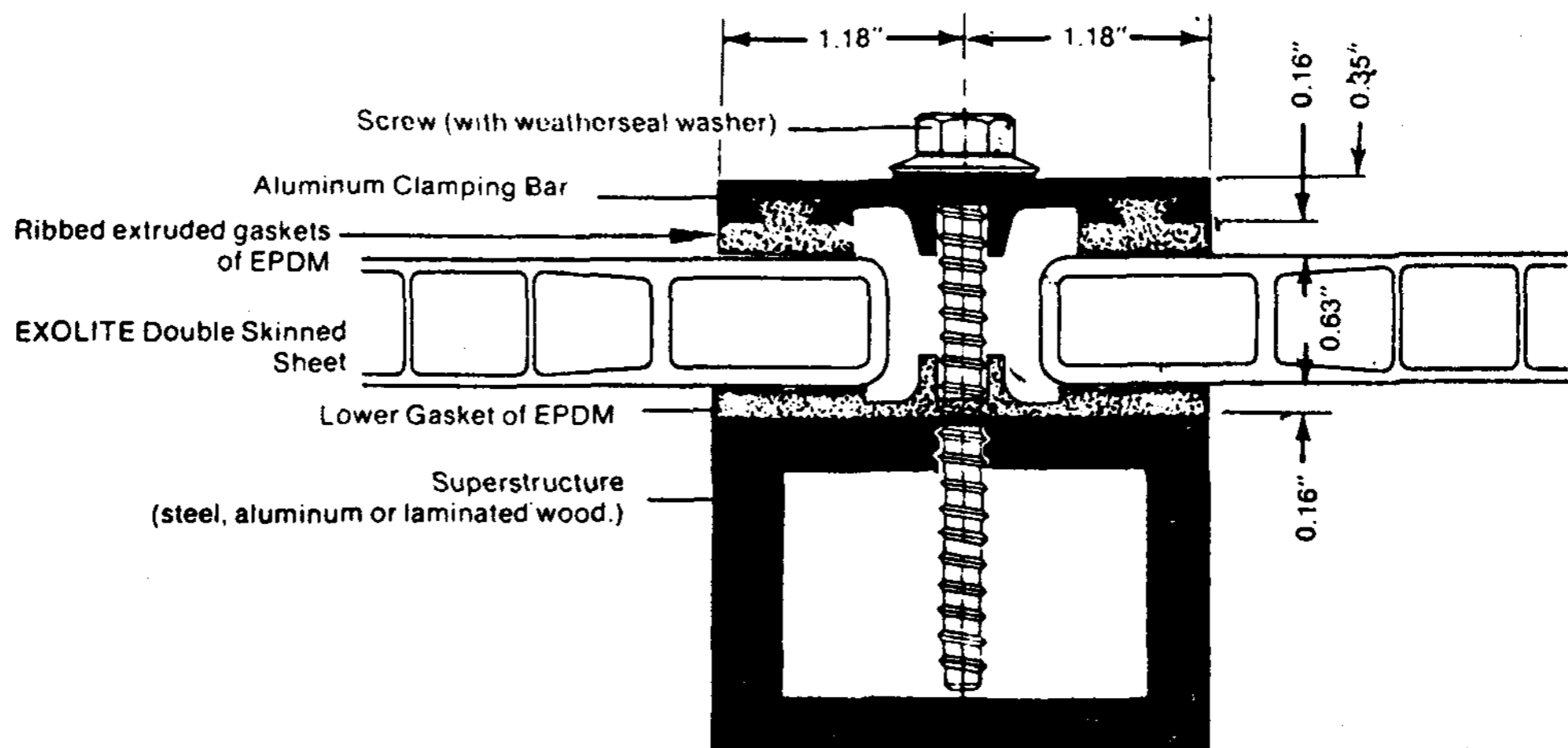
APS-16 Aluminum Glazing System.

For vertical glazing and sloped applications such as skylights.



PVC Aluminum Glazing System

For greenhouses and small area glazing such as patio covers and sun decks.



Universal Glazing System

For reliable sealing over a wide range of applications and designs.

그림 14. 각 시공방법 상세

료의 개발이 필요한 실정으로 그중 몇몇 플라스틱 재료는 몇가지 기술적인 면만 보완한다면 유리 특성을 능가할 수 있는 좋은 재료로서 평가될 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Peter Temple, Joe Kohler
"Glazing, the choice affects appearance, performance, cost" Solar Age, Apr. 1979.
2. C.K. Hsieh, K.C.Su
"Thermal radiative properties of glass from 0.32 to 206 μm " Solar Energy Vol 22, pp 37-43, 1979.
3. Blaga A
"Use of plastics in solar energy applications" Solar Energy, Vol 21, pp 331-338, 1978.
4. Howard L.Redfoot, William C. Burkhardt
"Glazing solar collectors with acrylic and double walled polycarbonate plastics" Rohm and Hass Company Plastic Division Report, 1979.
5. Daniel S.Fox
"General electric Lexan polycarbonate sheet for solar collector glazing" General Electric Company Report, 1979.
6. N.Judge King
"Flexigard brand protective film as a glazing material for solar collectors, storm windows and greenhouses" 3 M Company Report, 1979
7. Joseph D.C.Wilson II
"Tedlar PVF film for solar glazing" E.I.du pont de Nemours & Co., Inc Report 1979.
8. J.S.Herbert
"Glass-its properties and benefits for solar energy applications" AFC Industries Report, 1979.