

진공 코팅기술과 NEW GLASS



이 건 환

(KIMM 재료공정연구부)

- '80 - '84 연세대 학교 금속공학과(학사)
- '84 - '86 한국과학기술원 재료공학과(공학석사)
- '86 - '89 프랑스 E.N.S.M 재료공학과(공학박사)
- '86 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



이 구 현

(KIMM 재료공정연구부)

- '70 - '74 동아대학교 금속공학과(공학사)
- '80 - '83 동아대학교 금속공학과(공학석사)
- '74 - '79 국방부 조병창 근무
- '80 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



권 식 철

(KIMM 재료공정연구부)

- '73 연세대 학교 금속공학과(학사)
- '75 한국과학기술원 재료공학과(공학석사)
- '80 한국과학기술원 재료공학과(공학박사)
- '81 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 서론

3000년 전부터 사용되어온 유리는 종래의 시장 개념에서 벗어나 광학 전기전자, 기계, 화학생체기능을 가미한 New Glass 개념으로 바뀌어가고 있다.

현재사용되고 있는 유리는 표 1에 제시된 바와 같이 1994년도 일본 시장을 기준으로 판유리 2조원, 유리제품 4조원, 유리섬유 제품 1.5조원, 그리고 New Glass 6.4조원의 시장규모가 형성되어 있다. 이들중 New Glass 시장에 대한 것을 고찰하여 보면 표 2와 같이 1991년 시점에서 2000년까지 2.7배(연평균 12%)의 성장을 예상하고 있으며 특히 통신관련 제품과 디스크 기판등 정보처리관련 제품, 디스플레이용 유리등 일렉트로닉스 분야에서의 성장이 기대된다. 아울러 태양광 조절 유리, 광학 Filter등 광학분야에서의 고속 성장도 예상된다.

이에 본고에서는 국내에서 활발히 연구되고 있는 New Glass를 중심으로 제조방법, 연구현황 및 산업화 동향 등을 소개하고자 한다.

2. 건축용 칼라반사유리

현대 도심의 건물들은 현대적인 감각과 아름다움을 표현하기 위해 유리로 외관을 마무리하고 있다. 이때 사용되는 유리는 일반 유리가 아닌 New Glass 개념의 태양광조절 기능을 가지고 있는 기능성 유리로서 시각적인 효과 뿐만 아니라 에너지 절약효과 등을 고려하여 채택되고 있다.

표1. 유리제품의 종류와 시장규모

종 류	주요 용도	1994년 판매금액	
판유리1차제품	플로트 판유리	2,586억엔	
1차제품	연마 판유리		건축, 기타 판유리 재료
1차제품	형판 판유리		건축
2차제품	양압-선입판유리		건축(강식용)
2차제품	열선흡수 판유리		건축
2차제품	열선반사유리		건축, 자동차, 철도차량
2차제품	접합유리		건축
2차제품	강화유리		자동차, 철도차량, 건축
2차제품	배강도 유리		건축
2차제품	복층유리		건축, 철도차량
2차제품	거울		
2차제품	기타		
유리제품	용기 등 생활용 유리	병, 식기	5,856억엔
	이화학 의료용 유리	플라스크, 비이커	
	전기용 유리	브라운관, 전구	
	광학용 유리	렌즈	
	기타		
유리섬유 제품	장섬유	섬유 강화 플라스틱	1,960억엔
	단섬유	단열재, 섬유 강화 시멘트	
	기타		
뉴글라스	광학적 기능	포토마스크, 광파이버	약8,000억엔
	전자기 기능	디스플레이, 디스크 기관	
	열기계 기능	석영유리	
	기타		

(주)판유리 2차제품은 플로트 판유리로부터 만들어진다.
(출처)판소자협회 자료 등에 의해 리서치 센터 작성

표2. New Glass 종류와 시장규모 (단위:억엔)

종 류	1991년	2000년	배율	
광학적 기능	IC 포토마스크	1,200	2,100	1.8배
	통신용 광파이버	895	1,790	2.0배
	기타	2,281	5,170	2.3배
	소계	4,376	9,060	2.1배
전자기 기능	디스플레이용 유리	438	4,000	9.1배
	자기디스크 기관	10	470	47.0배
	기타	227	565	2.5배
	소계	675	5,035	7.5배
열기계 기능	고순도 석영유리	360	635	1.8배
	봉착(逢着)용	329	625	1.9배
	기타	210	520	2.5배
	소계	899	1,780	2.0배
화학생체 기능	내알칼리 유리섬유	47	165	3.5배
	기타	2	100	50.0배
	소계	49	265	5.4배
합계	5,999	16,140	2.7배	

(주)뉴글라스란 종래의 유리(창유리, 병, 등)에 새로운 기능을 부가한 것
(출처)뉴글라스 포럼

건축용 칼라반사유리의 기능을 나열해보면, 여름철에는 실내온도의 급상승을 방지하여 냉방에 필요한 에너지를 절약할 수 있고, 겨울철에는 실내의 온도를 외부로 유출시키지 않기 때문에 난방효율을 높일 수 있으며, 박막의 재질과 두께에 따라 가시광선 투과율을 20~90%로 조절할 수 있어 개인의 사생활 침해를 막을 수 있다. 또한 자외선을 차단하는 기능은 태양광으로부터 피부를 보호하고 실내장식재의 변색 및 탈색을 방지할 수 있다.

건축용 칼라반사유리는 외부에 의한 물리적 충격에 견디기 위해 내구성이 우수한 양질의 박막 재료를 피복시켜야 하고, 혹독한 환경에서도 견딜 수 있도록 화학적으로 안정한 박막재료와 아름다운 외관을 위한 다양한 색상의 물질이 코팅되어져야 한다.

이러한 건축용 칼라반사유리의 기능은 대부분 태양광선을 조절하는 것으로부터 비롯되므로 이것을 Solar Control Glass (이하: SCG)라고 하기도한다.

SCG는 일반 투명 착색유리의 표면위에 태양광 조절이 가능한 재료를 코팅하여 제조한 기능성 유리를 말한다. SCG의 제조방법은 플라즈마 응용 스퍼터링 기술에 의한 것이 대부분이다. 이 방법은 금속 또는 금속 산화물/질화물을 코팅하는 기술로 타공법에 비해 대면적 균일 코팅이 가능하고 밀착력이 우수한 박막을 용이하게 형성시킬 수 있으며, 유리의 색상을 다양화시킬 수 있다는 것이 장점이다.

일반 유리가 태양광선을 대부분 투과시키고 일부만을 반사시키는 것에 반해, 태양광 조절 기능 박막이 코팅된 SCG의 경우 가시광선은 대부분 투과시키고 그 외의 태양광선은 선택적으로 반사시켜 적외선 및 자외선의 투과를 제어한다. 이렇게함으로써 SCG는 에너지의 손실을 막고 쾌적한 실내환경을 창출하여 현대 소비자의 욕구를 만족시켜 주고 있다.

그림 1은 국내기술로 제작된 건축용 칼라반사 유리제조 연속 스퍼터링 시스템이며 그림 2는 이

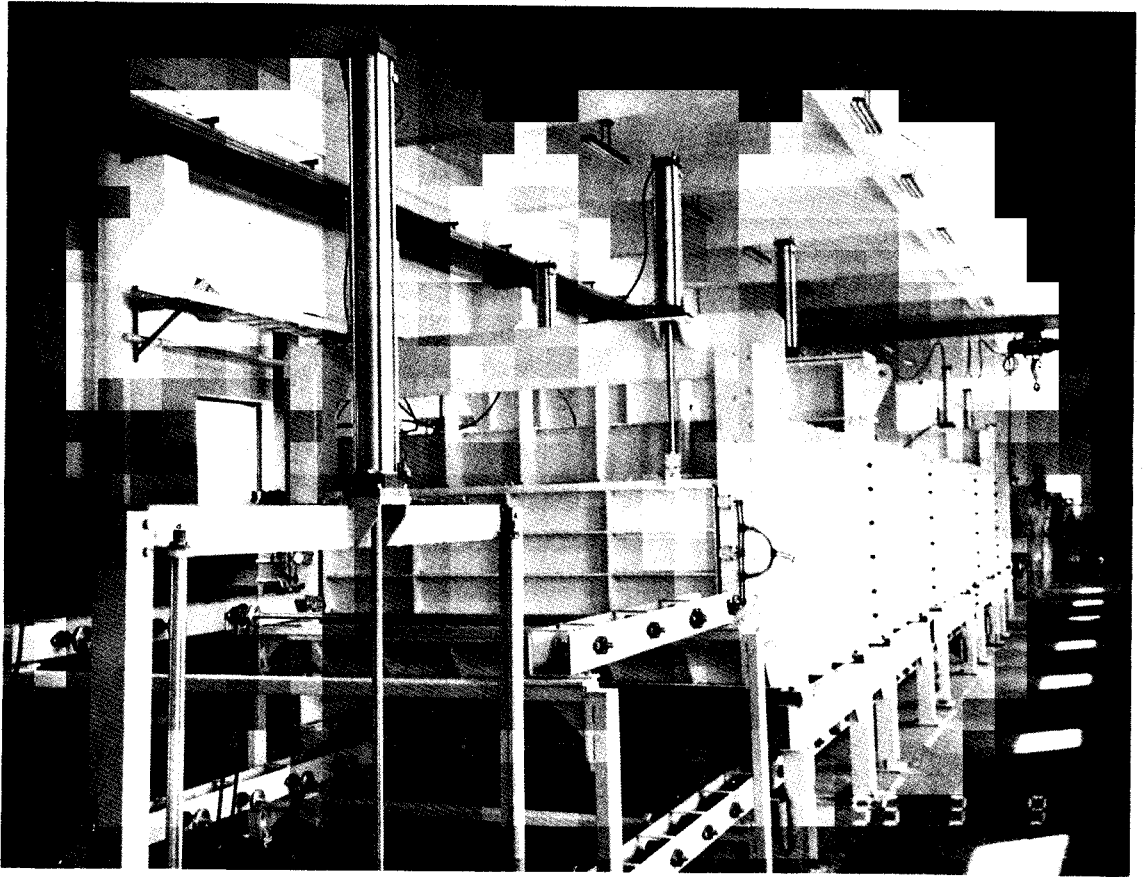


그림1. 건축용 칼라반사유리 제조 연속스퍼터링 시스템

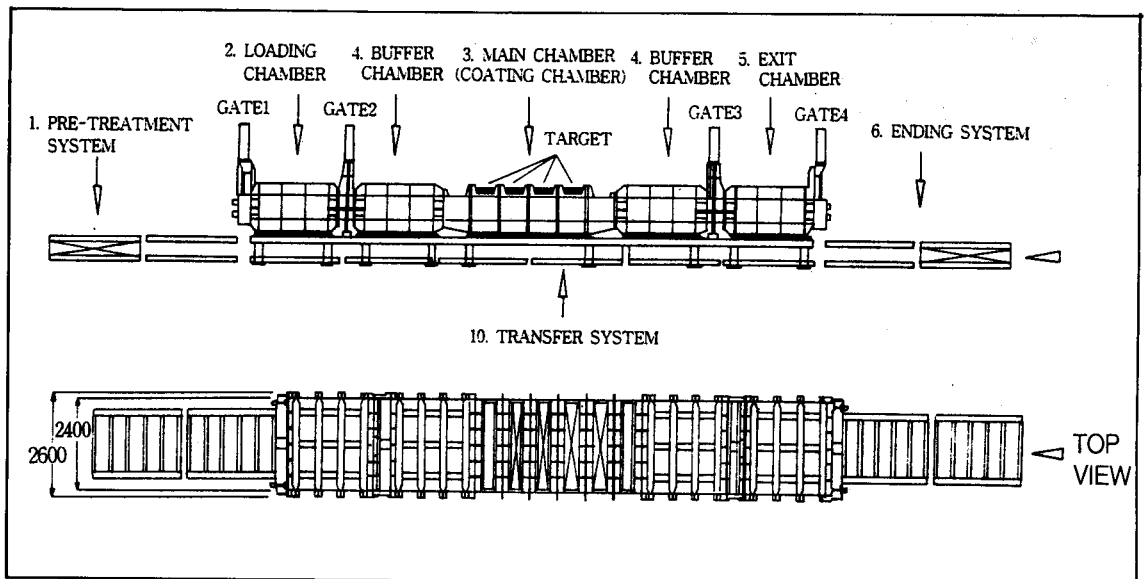


그림2. 건축용 칼라반사유리 제조 연속 스퍼터링 시스템의 개략도

장치의 개략도이다. 본 장치는 Entry loading chamber, Entry buffer chamber, Coating chamber, Exit buffer chamber, Exit chamber 등 5개의 진공용기로 이루어져 있으며 2m x 2m 넓이의 유리를 코팅할 수 있도록 설계되어 있다.

3. 자동차용 투명 발열유리 및 태양광 조절유리

기존 자동차용 유리는 전면 관측 기능위주였으나 최근들어 운전자의 운행에 쾌적한 환경을 제공해 주기위한 태양광 조절, 그리고 우천시나 눈이 올때 서리 및 얼음을 제거할 수 있는 다기능성 유리로 바뀌고 있는 추세이다.

자동차용 투명 발열유리는 전도성 투명박막을 유리에 피복시켜 유리의 온도를 빠른 시간안에 15~20℃까지 높일 수 있도록 설계되어야한다. 일반적으로 사용되고 있는 피복 물질은 Indium Tin Oxide (ITO), 또는 전도성이 우수한 Ag와 주석 산화물을 혼합하여 사용하고 있다.

자동차용 투명발열 유리를 제조하기 위해서는 몇가지 규격을 만족시켜야 한다. 첫째, 피복층의 전기전도도가 6~8Ω/cm² 이하여야 하며, 둘째, 코팅후 가시광선 투과도가 80%이상을 유지할 수 있어야 하고, 셋째, 영하 20℃에서 3분 이내에 유리 전면에 형성되어 있는 성애를 제거할 수 있어야 한다. 상기 조건을 모두 만족시키기는 매우 어려우며 기존 제품의 경우 전기전도도를 높게하고 전원공급장치를 개조하여 사용하고 있다. 그림 3은 한국기계연구원과 (주)고진공산업이 국내 최초로 공동개발한 자동차용 발열유리의 시제품이다.

현재 국내 자동차유리의 기능화는 태양광 조절 유리에 국한되어 있다고 할 수 있다. 즉, 국내의 기후 여건상 발열유리의 적용은 아직 시기상조라고 생각되고 있는 반면, 여성 운전자수가 급속히 증가함에 따라 수려한 외관, 자외선으로 부터의 피부 보호, 실내의 프라이버시 유지 등을 만족시켜줄 수 있는 기능성 유리의 적용이 절실히 요구되고 있다. 자동차용 태양광 조절유리는 건축용 유리와 동일하게 플라즈마 응용 스퍼터링 기술에

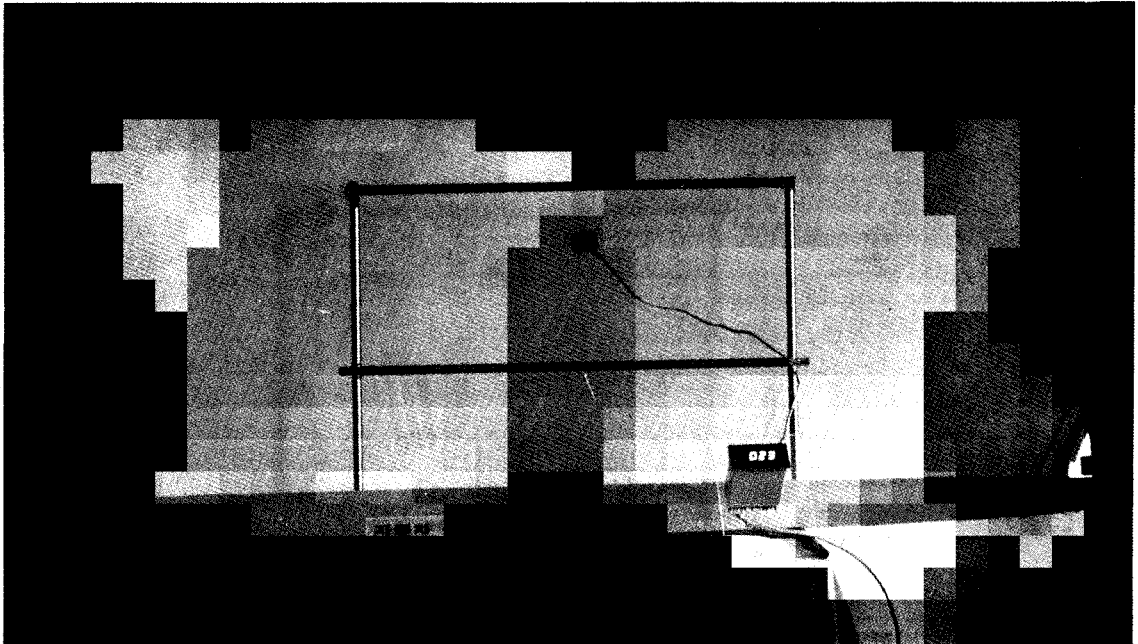


그림3. 국내최초로 개발된 자동차용 발열유리 제품

의해 제조되지만 곡유리를 균일 코팅시켜야하므로 이에 대한 노하우가 축적되어 있어야 한다. 일반적으로 자외선 차폐를 위해서는 금속산화물을 피복시키고, 적외선 차폐를 위해서는 금속을 피복시키는데 두박막의 조합후 가시광선 투과도가 80%이상 유지되어야 한다. 자동차용 태양광 조절 유리는 국내 생산 자동차 중 고급기종에 장착되고 있으나 향후 대부분의 차종에 확대 적용될 것으로 예상되므로 이에 대한 생산기술력 확보가 시급히 요구된다.

4. 대면적 디스플레이용 무반사 유리

백화점 및 대형 매장의 상품진열장 디스플레이는 소비자의 눈길을 끌기 위해 다양하게 연출되어 진다. 그러나 디스플레이 유리의 반사도가 심하다면 조광의 비침과 조명 등의 반사로 인해 상품의 진열 효과가 반감될 수 있다. 바로 이때문에 일반유리 표면위에 무반사 특성을 가지는 재료를 피복시켜 디스플레이용 무반사유리를 만드는 것이다. 무반사 코팅은 일반 광학용 렌즈에도 활발히 응용되고 있다.

무반사 유리제조방법을 살펴보면 다음과 같다. 일반유리의 굴절율은 1.52이며, 공기중 유리의 한 경계면에서 반사도는 4.26%이다. 그러나 무반사 영역을 확보하기 위해서는 가시광선 영역에서 굴절율이 1.52이하인 재료를 단층 또는 다층으로 증착시켜야 한다. 이런 재료중의 하나인 MgF_2 는 굴절율이 1.38이고, 유리기판 온도 약 $360^\circ C$ 에서 접착력이 매우 우수하기 때문에 무반사 코팅 박막 재료로써 널리 사용되고 있다. 만일 MgF_2 를 단일 코팅한다면 반사율 0%를 만들기는 불가능하다. 그러나 유리기판 위에 고굴절을 박막을 먼저 증착시키고 MgF_2 를 증착시키면 이론적으로 한파장에 대한 반사율이 0인 무반사 코팅을 실현시킬 수 있다.

유리기판 위에 굴절율의 차이를 나타내는 여러 재료를 증착시키는 것은 상업적인 측면에서 경비와 시간을 증가시키기 때문에 효율성이 떨어진다.

따라서 최근에는 증착과정이 단순하고 손쉬운 스퍼터링법을 이용하여 유리기판 위에 고굴절율과 저굴절율의 두 재료를 교대로 증착시키는 방법이 많이 연구되고 있다.

5. Computer 및 TV 보안기용 전자파 차폐 유리

최근 대중매체를 통하여 전자파 유해성 시비에 대한 보도를 자주 접하게 된다. 모든 전자기기는 작동중에 전자파를 발생시키게 되는데, 이때 발생하는 전자파는 기기 오동작의 원인이 될 뿐만 아니라 인체에 악영향을 미치고 있다는 연구결과가 발표되어 사회문제시 되고 있다.

전자제품(Computer, TV, 전자렌지등)에서 발생하는 전자파를 차단하는 가장 적극적인 방법은 차폐(Shielding)이다. 차폐는 보안기의 경우 전도성투명박막을 증착시키고 무반사 코팅층을 형성시켜야하며, 전체적으로 가시광선 투과도가 60% 이상 유지되어야 한다. 전도성 투과박막은 일반적으로 ITO를 사용하며 산소분위기하에서 박막을 형성시키면 전도성이 우수한 피막층을 얻을 수 있다. 스퍼터링법에 의해 제조된 ITO 박막의 전도성과 투명성은 ITO 형성시의 분위기 가스인 O_2 분압에 의해 크게 좌우되는데, Ar가스대 O_2 가스의 비를 측정하여 최적 화학양론비(Stoichiometry)를 만족시킬 수 있도록 조절해 주어야 한다. ITO박막은 유리위에 코팅될 경우 반사도를 높여 주므로 보안기로서의 역할을 할 수 없기 때문에 무반사 박막층과 함께 사용되어야 한다. 무반사 박막은 앞에서 언급하였듯이 MgF_2 , ZnS 등 굴절율이 유리보다 낮은 물질을 위주로 다층박막으로 이루어져 있으며 진공증착법에 의해 제조된다.

6. 기능성 거울

6.1. 자동차용 발열 측면경

자동차 유리의 대부분은 서리로 인한 시야 장

애가 문제시된다. 이런 시야의 장애는 대형사고로 이어질 수 있는 위험요소가 있다. 기존의 자동차 측면경은 겨울철 혹은 우천시에 거울면에 빗방울과 성애가 생겨 자동차의 후방을 보는데 많은 불편함을 주고있다. 그러나 발열측면경을 사용하면 이러한 문제들을 해결할 수 있다. 기존 측면경은 거울 뒷면에 열선 등을 부착시켜 사용하고 있으나 수명이 길지못하며, 가격이 비싸다는 단점이 있다. 이것을 해결할 수 있는 방법중의 하나가 기존 측면경에 적당한 열을 발생시킬 수 있도록 도전막 패턴을 형성시키는 것이다. 도전성박막재료로 각광받고 있는 물질은 Cr, Ni이며 내후성과 내열성이 우수하고 반사도가 심하지 않아 야간운전시 눈부심을 방지할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그림 4는 박막기술에 의해 제조된 발열 측면경의 온도 분포 측정실험 모습이다. 발열 측면경 사용은 현재 자동차 회사들에서 적극 검토되고

있으며 1997년 부터는 산업화될 것으로 예상된다.

6.2. 무서리 거울(HEATING MIRROR)

무서리 거울이란 온수를 사용하는 모든 장소의 거울면에 발생하는 김서림의 불편을 제거할 수 있는 거울이다. 욕실이나 세면대 주위에 존재하는 거울은 약간의 기온차에 의해 표면에 김서림이 발생되어 거울로서의 기능을 잃게된다. 이것을 방지할 수 있는 방법은 거울 표면의 온도를 이슬점 온도 이상으로 높이는 것인데 지금까지는 세가지 방법으로 해결하고 있다. 첫째는 거울 뒷편에 열선을 붙이는 것이고 둘째는 거울 앞면에 열풍을 조사시키는 것이며, 셋째는 거울 뒷편에 발열 코팅층을 형성시키는 것이다. 이들중 가장 간편한 방법은 마지막 방법이며 제조단가가 낮고 안전하므로 향후 널리 이용될 것으로 예상된다.

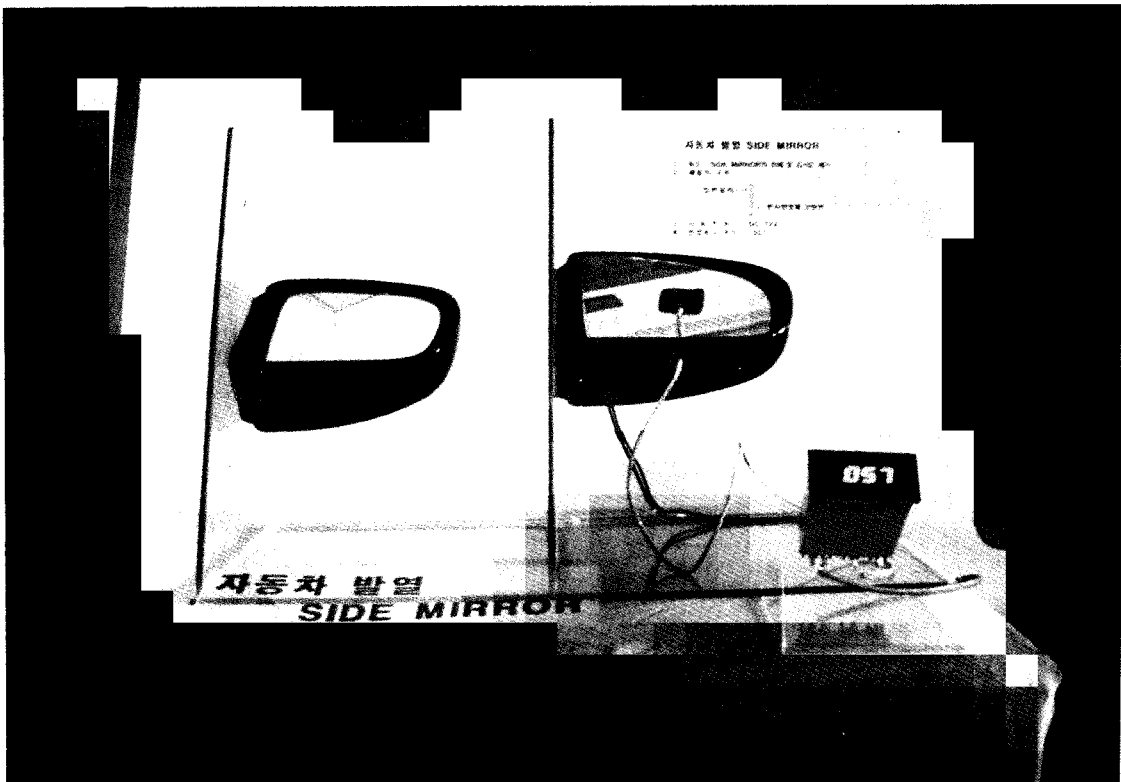


그림4. 자동차용 발열 측면경

6.3. 반반사 유리

반반사 유리는 유리면에서 입사된 빛이 박막재료의 고유한 특성에 의해 일부 반사와 투과를 함으로써 나타나는 현상을 응용한 제품이다.

이것은 박막의 두께 조절에 따라 반사/투과도를 임의로 조정할 수 있기 때문에 사용하는 소비자의 기호에 맞게 제조할 수 있다. 반반사 유리는 일반 인테리어 액자의 화면 디스플레이 효과와 거울효과를 동시에 이룰 수 있는 곳에 응용되고 있다.

7. 결론

앞에서 제시한 바와 같이 New Glass는 그 활용 범위가 매우 넓으며 우리의 일상 생활과 밀접한 관계에 있다. 돌아오는 21세기에는 지금의 전자산업만큼 광학산업이 국가의 기술력을 좌우하는 기간산업으로 자리매김될 것이다. 이러한 광학산업의 핵심기술은 결국 New Glass 제조기술이며, 기능성박막 제조기술이다. 우수한 기능성박막을 제조하기 위해서는 진공코팅기술의 수준향상이 필수적으로 요구되는 바 많은 연구자들의 참여와 관심이 있어야 할것으로 사료된다.

加 係金 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

加 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係

係 係 係 係 係 係 係