

# BIPV 융합 고기능성 창호기술 동향

## 1. 서론

현재 창호의 기술발전 방향은 크게 두 가지 방향으로 진행되고 있다. 하나는 전통적으로 중요시되는 창호의 기본성능을 개선하는 방향으로 이루어지고 있으며, 다른 하나는 가시권 확보라는 기본적인 창호의 기능을 넘어 전기를 생산하거나 부분난방 및 차양 등 다양한 기능을 수행할 수 있는 창호의 개발로 나타나고 있다.

근본적인 창호의 기능은 건물에서 가시성을 확보하는 것이며, 추가적으로 건축물에서 요구되는 기본적인 성능을 만족시키는 것이다. 우선적으로 생각할 수 있는 창문의 기본성능은 구조, 기밀, 수밀 및 단열 성능이며 현장 여건에 따라 별도의 성능이 요구되기도 한다.

창호의 설계자는 제한된 자원 하에 구조, 기밀, 수밀 및 단열 성능을 적용되는 위치 및 장소의 특성에 맞게 각각의 성능값들을 조정하여 설계하고 설계 조건에 따라 특정 성능이 강조되더라도 다른 성능을 일정 수준 이상으로 유지할 수 있도록 다양한 설계인자를 새로운 소재 적용 및 설계 기술을 통하여 극복하여 창호의 고성능화를 구현하고 있다.

가시성 확보라는 창호의 근본적인 기능 이외에 다양한 창호의 기능이 다양한 산업 분야의 기술들을 접목하고 융합되면서 나타나고 있다. 이러한 기술들은 대상 기술의 구현이 용이한 유리를 중



안정혁

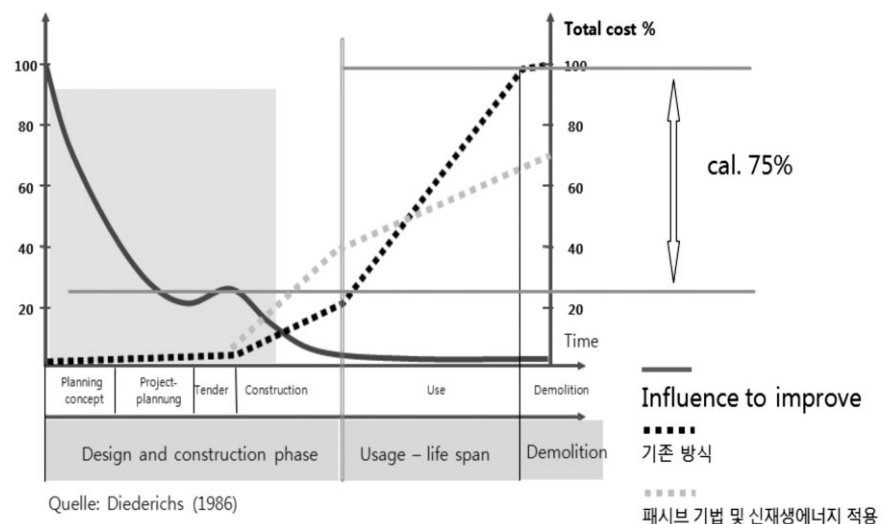
▶ 이견창호 유사업팀 팀장  
▶ 관심분야 : 창호

심으로 나타나고 있으며 대부분 전자/IT 기반의 기술들이 접목되어 창의 기능을 다양화 하고 있다. 하지만 이러한 다기능성 창호는 근본적인 창호의 기본 성능을 만족시키는 것을 근본으로 하고

있어 일반적인 창호 설계 시 보다 다양한 고려 사항이 존재하며 창호 및 접목 기술에 대한 충분한 이해가 필요로 하게 된다.

## 2. 창호의 기술개발 동향

제품의 고성능화는 필연적으로 제품의 가격 상승으로 이어진다. 많은 우수한 제품들이 출시되고 있지만 초기 가격이 높게 생성되어 해당 제품의 적용이 제한되는 경우가 많다. 하지만 건축물의 생애 주기적인 측면에서 바라보았을 때 초기 제품의 높은 가격은 높은 성능으로 인하여 생애 주기동안 절약되는 비용에 비하면 미비한 수준으로 고성능 제품 사용에 대한 경제적 이점은 확실히



[그림 1] 건물 생애주기에 따른 비용

히 존재한다.

그림 1에서와 같이 진한 점선은 건물 시공시 낮은 성능의 자재를 사용하여 건축 비용의 절감을 나타내고 있으나 낮은 성능으로 인한 건물의 유지/보수 비용이 증가하고 있다. 고성능/다기능 자재를 사용할 경우 건축비는 증가하나, 건물의 유지/보수 비용이 줄어들어 건물의 생애 주기적인 관점에서 보았을 때 낮은 성능의 재료를 사용하였을 때 보다 고성능/다기능 자재를 사용하는 것이 높은 경제적 이익을 예상할 수 있다. 특히 창호와 같이 에너지 손실이 크고, 제품의 수명이 건물의 수명과 유사한 제품의 경우에는 고성능 제품의 사용이 어느 건자재 보다 중요하여 관련 업계에서의 고성능 제품 개발이 활발히 진행되고 있다.

이러한 창호의 기술발전은 창호 기본 기능 강화, Automation, 부하절감 및 신재생에너지 적용 등 크게 4가지 방향으로 이루어지고 있는데 기본적인 창호의 성능 강화는 업계에서 꾸준히 이루어져 왔고, 건물자동화, 인텔리전트 빌딩 및 자연 환기 시스템을 도입하기 위하여 창호의 자동 개폐에 관한 개발 또한 활발히 진행되고 있으며, 에너지 위기에 따른 건물에너지 부하감축에 대한 요구가 강화되면서 창호의 부하절감 기술들이 급속히 발전 하게 되었다. 마지막으로 창호 및 마감재에 신·재생에너지 시스템까지 결합하는 기술 및 공법들이 개발되어 시장에 공급되고 있다.

### 2.1 창호의 기본성능

창호의 기본성능 중 구조, 기밀, 수밀 성능은 창호를 구성하는 매우 기본적인 성능으로 다른 성능과 관련 없이 무조건 만족시켜야 하는 성능이며, 지속적인 연구 및 개발이 진행되고 있다.

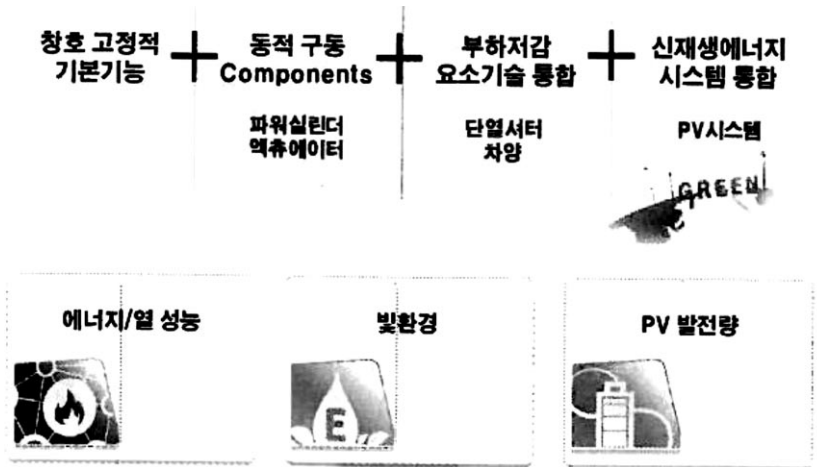
하지만 단열성능은 최근 5년 사이에 성능 향상에 대한 요구가 가장 많았으며, 이에 따른 단열성능 개선이 이루어져 왔다

커튼월의 단열성능, Uf 값이 3 ~ 5 W/m<sup>2</sup>K에서 2.0 W/m<sup>2</sup>K 이하로 떨어졌으며 가장 우수한 제품의 경우 0.8 W/m<sup>2</sup>K의 성능을 나타내고 있다. 이러한 단열성능 값의 변화는 일반 벽체의 단열성능에 비하여 7배 이상 낮게 나오던 성능이 2 ~ 3 배로 대폭 줄어든 것이며, 특수한 유리를 사용할 경우 벽체 수

준의 단열 성능이 나타낼 수 있는 창호도 실현이 가능할 것으로 예측되고 있다. 이러한 창호의 단열성능 개선에 적용되는 기술들은 창호 두께의 증가 및 격벽구조개선 등이 있다.

#### ① 창틀 두께의 증가

창틀의 두께를 늘려 열저항을 증가시키는 방법은 가장 간단하고 빠르게 적용할 수 있는 방법이다. 주거용 건물에는 PVC 소재에 개폐방식이 슬라이딩 타입이 주로 사용되고 있으며 그 두께



[그림 2] 창호의 고성능 및 고기능화

FW50+ (1992)	FW50 H.I.(2006)	SMC50+ (2009)	FW50 S.I.(2011)
U <sub>f</sub> 3.12 W/m <sup>2</sup> K	U <sub>f</sub> 1.45 W/m <sup>2</sup> K	U <sub>f</sub> 1.28W/m <sup>2</sup> K	U <sub>f</sub> 0.78 W/m <sup>2</sup> K

[그림 3] Curtain wall 단열성능 변화

<표 1> 2중창 및 성능 창의 단열성능 비교

	PVC 이중창	PVC 이중창	PVC 단창	PVC 단창
적용 유리	pair glass	Low glass 2장	35 mm 삼중유리	27 mm 진공유리
단열성능	1.37 W/m <sup>2</sup> K	0.94 W/m <sup>2</sup> K	1.32 W/m <sup>2</sup> K	0.64 W/m <sup>2</sup> K
등급	2등급	1등급	2등급	1등급 Gold
비교	Simulation	공인기관 Test	공인기관 Test	공인기관 Test

는 250 mm가 넘도 있다. 10년 전 일반적인 PVC 창의 창틀 두께가 130 mm 내외였다는 점과 비교하면 약 2배 이상 증가한 것이지만 특별한 기술 발전 없이 단순히 PVC량을 늘리는 것으로 설계되어 디자인 측면 및 사용상의 불편한 점이 나타나고 있어 진공유리 같은 특수 유리를 사용하여 이중창의 단열성능 이상의 단열성능을 나타내는 창들이 개발되고 있다.

② 창틀 격벽구조의 증가

창틀 내부는 다양한 격벽 구조로 이루어져 있다. 창호의 보강재 및 부자재를 설치할 수 있는 공간 확보 및 창틀의 압출 용이성 등을 고려하여 격벽을 설계하게 된다. 이러한 격벽은 원자재 절약 측면에서 최소로 설계하는 것이 원칙이

지만 단열성능을 고려할 경우 많은 격벽구조를 가지는 것이 우수한 단열성능을 나타내게 된다.

이러한 격벽구조에서는 내부 공극에서 필연적으로 부력에 의한 자연대류가 발생한다. 공극 형상에 따라 대류 강도가 달라지기 때문에 공극 크기는 창호 설계의 가장 중요한 인자 중에 하나이다.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} \tag{1}$$

$$Nu = f(Ra_L, Pr) \tag{2}$$

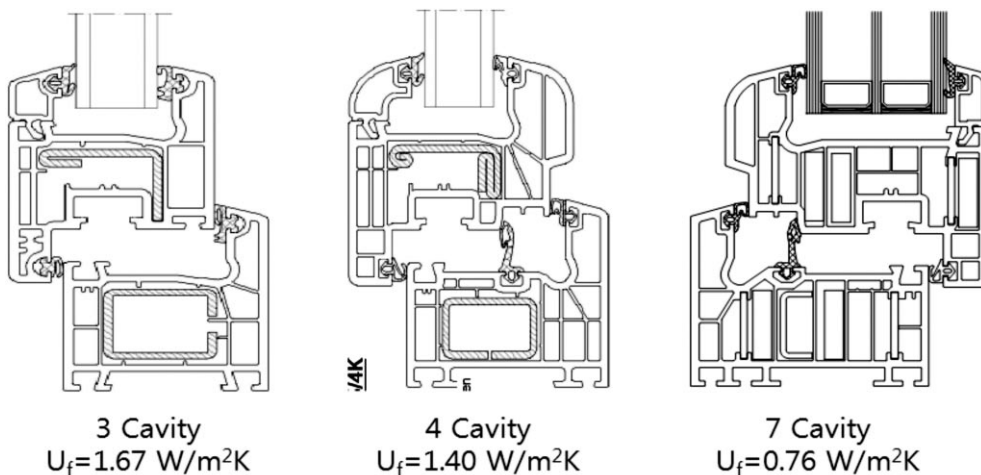
$$Ra_L = \frac{gL^3 \beta_a (T_h - T_c)}{\alpha_a \nu} \tag{3}$$

모든 대류 상수는 누셀트 수(Nusselt number, Nu)에 의해 결정되는데, 각 유동의 형태에 따라 Nu의 계산식은 다르게 나타난다. 자연대류에 있어서는 식(2)와 같이 Nu는 레일리 수(Rayleigh number, Ra)와 프란트 수(Prantl number, Pr)로 표현되는데 식(3)에 표기된 L3 항이 공극의 길이가 짧아짐에 따라 감소하고 Ra와 Nu가 작게 나타나 낮은 대류상수를 나타낸다.

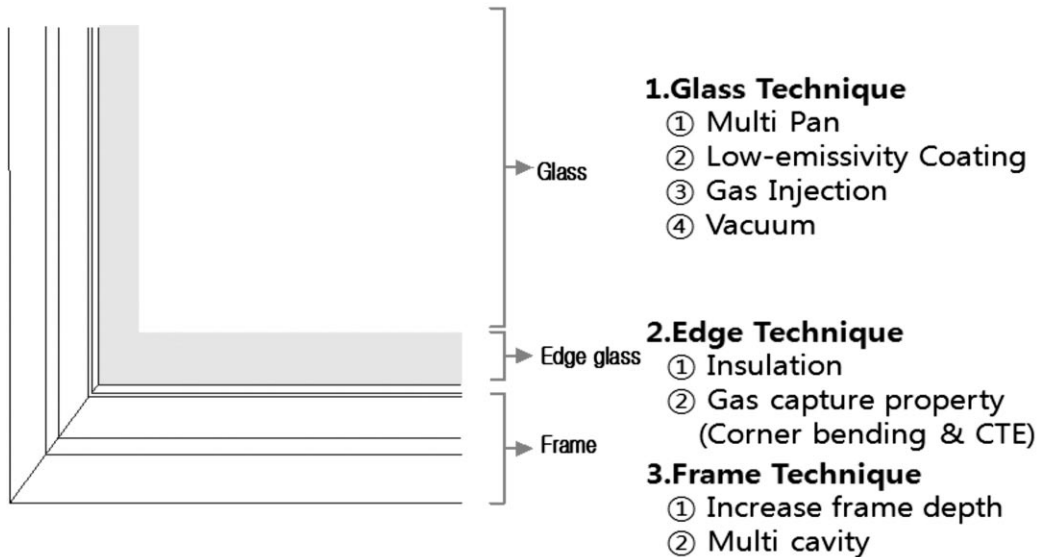
2.2 부하저감 기술

건물의 부하저감 방법 중 가장 효과적인 방법 중에 하나가 창호의 단열성능 및 차열성능을 증가시키는 방법이다. 이러한 성능 개선을 위해서는 창호 요소에 따라 적절한 개선 방안이 필요하다.

창호는 열전달 특성에 따라 Frame, Glass 및 Edge glass로 나눌 수 있으며 이에 따라 각각 다른 기술들이 적용되고 있는데 Frame은 불투명하기 때문에 태양 일사에 따른 차열 성능에 큰 영향을 주지 않아 2.1에서 주로 논의 했듯이 단열성능 개선에 중점을 두고 개발이



[그림 4] Cavity에 따른 단열성능 변화



[그림 5] 창호 요소별 성능 개선 방법

이루어지고 있다.

또한 Frame과 Glass가 만나는 Edge glass 부분은 Glass의 간봉 재질에 따라 다양한 단열 특성을 나타낼 수 있도록 개발이 되고 있으며 이러한 간봉의 단열 성능과 더불어 Glass의 단열성능을 높이기 위하여 적용하는 특수 가스의 누기 방지를 위한 기술이 함께 고려되어 발전하고 있다.

마지막으로 Glass의 경우 온도차에 의한 단열성능과 태양 일사에 의한 차열성능을 모두 고려해야하는 복잡한 열전달 메카니즘을 가지고 있어 다양한 기술들이 적용되는데 Glass에 적용되는 대표적이고 일반화되어 있는 단열 기술은 복층, 삼중 유리 구성과 같이 여러 장의 유리를 사용하는 것과 저방사 코팅이 된 유리를 사용하는 것이다. 또 간봉과 관련된 기술이 발전하면서 공기보다 비중이 높고 열전도율이 낮은 특수 가스를 공기 대신 주입하는 기술도 많이 보급되고 있다.

위에서 언급한 모든 기술들을 적용한

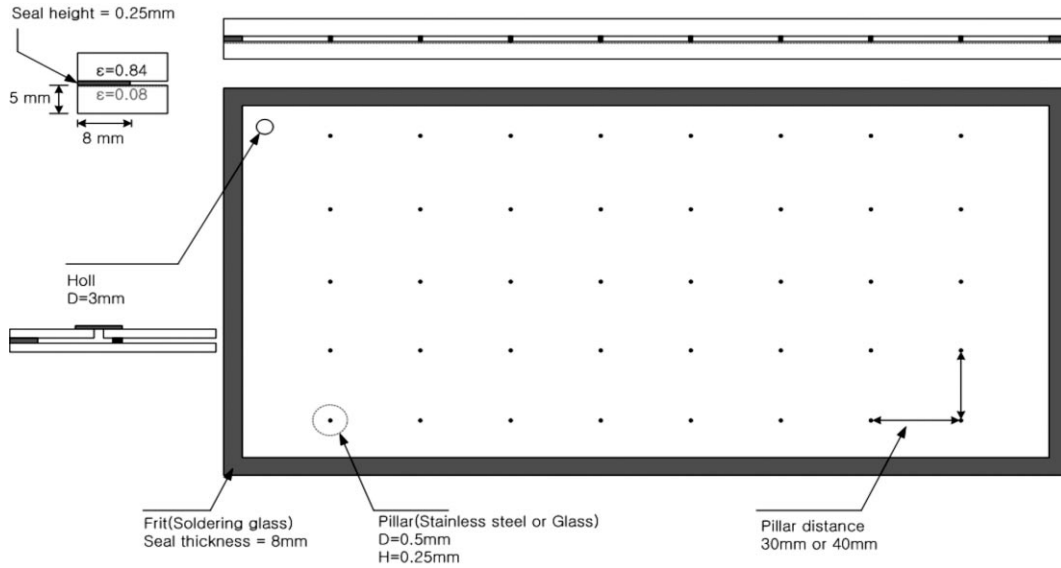
제품들이 이미 양산되어 판매되고 있으며 Passive House 및 Zero Energy Building 중심으로 시장이 확대 되고 있다. 이러한 유리의 단열성능  $U_g=0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  정도를 나타내고 있다. 유리의 단열성능 개선에 있어서 최근에 가장 활발히 연구되고 개발되는 것은 진공 유리(VIG(Vacuum Insulation Glass))로 단열성능이 벽체 수준과 유사한  $U_g=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$  이하의 제품들이 선보이고 있다.

진공유리의 개념은 90년 전 Zoller에 의하여 제안되었으며, 그 후 다양한 방법의 진공유리 제조가 시도 되었으나 1989년 시드니 대학의 Collins 그룹에서 첫 번째로 제작에 성공하였다.

이 첫 번째 진공유리는 진공층 두께가 0.1 ~ 0.2 mm 사이이고 압력은 절대압으로 0.1 Pa이고 대기압에 의한 벤딩을 방지하기 위하여 투명 pillar를 적용하였고, 복사에 의한 열손실을 최소화하기 위하여 저방사 유리를 사용하였다. 기존의 실링 재료로는 적용이 불가

능하여 저용점 유리를 녹여 실링 작업을 완성 하였다. 이러한 진공유리 제조 기술을 도입하여 일본의 NSG社는 단열성능이  $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 의 진공유리를 제작하였고 이러한 진공유리에 아르곤 가스층을 두고 3중 유리를 제작하여 단열성능이  $0.7 \sim 0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ 인 진공유리를 개발하여 현재 판매하고 있다. 시드니 대학 연구그룹에 속한 Tang이 중국에 칭다오 글라스에 기술을 전수하여 현재 진공유리는 일본/중국 두 개의 국가에서 양산화가 이루어지고 있다. 하지만 높은 가격에 비하여 낮은 단열성능을 보이고 있어 보급이 제한되고 있다.

Collins 연구그룹의 1세대 진공유리는 그림 6에 나타난 배기관 커팅공정에서 상당한 진공손실이 발생하고, 진공이 아닌 대기 상태에서 실링을 작업이 수행되어 진공유리의 단열성능에 크게 영향을 미치는 고성능 Low-e의 적용도 제한적이기 때문에 높은 단열성능을 구현하지 못하고 있다.



[그림 6] 진공유리



[그림 7] 1세대 및 2세대 진공유리의 Cap 공정의 차이 [출처: GT&E]

<표 2> 1세대, 2세대 진공유리 단열성능 비교

진공유리 종류	1세대 진공 유리	2세대 진공 유리
 10mm VIG	0.9 ~ 1.1 W/m <sup>2</sup> K	0.47 ~ 0.53 W/m <sup>2</sup> K
 27 ~ 30 mm VIG	0.7 ~ 0.9 W/m <sup>2</sup> K	0.33 ~ 0.42 W/m <sup>2</sup> K

현재 제한적으로 양산이 가능한 2세대 진공 유리는 1세대 진공유리의 단점을 보완하기 위하여 전 공정을 고진공 챔버 안에서 제작하고 있어, 1세대 진공유리 보다 우수한 단열성능을 나타내고 있다.

상업용 건물에서는 건물에너지 부하 저감차원에서 단열성능보다 차열성능이 더 중요하다. 차열성능은 외부 일사로부터 유입 에너지를 감소시키는 것을



[그림 8] Electro Chromic 적용사례 [출처: Sage Electrochromic]

말하여, 가장 일반적인 방법은 색상유리를 사용하거나 반사코팅유리를 사용하는 것이다. 색상유리는 에너지 준위가 큰 가시광선 영역의 일정 파장을 차단하여 인입되는 에너지를 줄이는 방법이지만 외부가 어둡게 보이게 되는 단점을 가지고 있다. 따라서 차열 유리는 조망을 해치지 않고 가시광선 영역은 최대한 유입시키며, 조망과 관련 없는 적외선 부분의 열을 차단하는 방향으로

개발이 이루어지고 있다. 대표적인 유리가 Triple low-e Coating 유리로 가시광선 투과율은 60%를 유지하면서 적외선은 90%를 차단한다. 차열성능은 여름철 일사유입을 차단하여 냉방부하를 감소시키는 효과를 기대할 수 있으나, 겨울철에는 외부로부터의 에너지 유입을 막아 난방부하를 증가시키게 된다. 따라서 이러한 차열기능 유리의 사용은 건물의 에너지 부하의 형태 등을

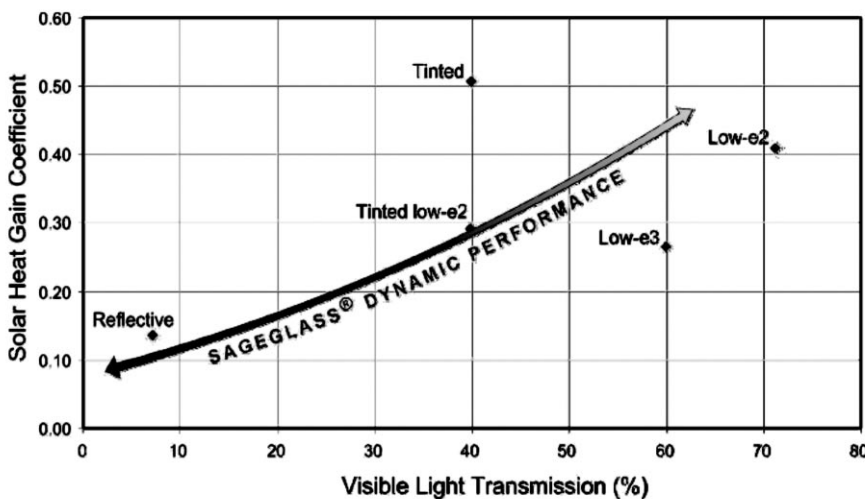
반드시 고려하여야 한다. 이러한 차열 유리의 성능은 SHGC(solar heat gain coefficient) 또는 g-value로 나타나게 되는데 Triple low-e coating의 경우 0.3 이하의 값을 가지게 된다.

Coating 기술과 IT 기술이 융복합되면서 이러한 SHGC값을 변화 시킬 수 있는 유리가 연구되고 이를 Chromic system이라고 하며 시스템을 작동시키는 신호 또는 기준에 따라 전기를 사용하면 Electro Chromic, 유리의 표면온도를 이용하면 Thermo Chromic, 특정 파장대에 작동하게 하는 것은 Optical Chromic 이라고 한다.

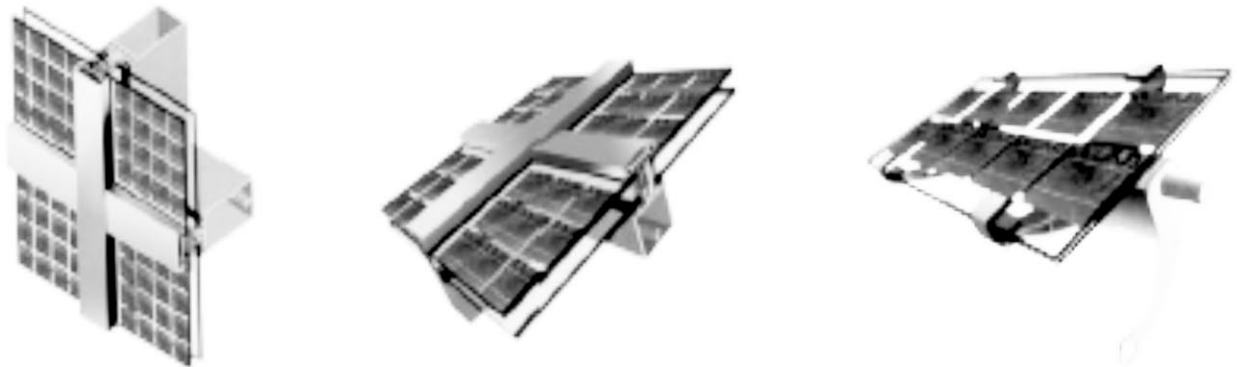
Sage electro chromic社의 제품은 가시광선 투과율 3%, SHGC 0.7에서 가시광선 투과율 62%, SHGC 0.47 범위에서 변화가 가능하다. 대표적인 차열 유리인 triple low-e 유리의 SHGC가 0.25 수준인 것을 감안하면 매우 낮은 SHGC값을 나타내는 것이다.

### 2.3 신·재생에너지 적용

창호는 대표적인 건물에너지 부하 절감 제품이지만, 다양한 건물일체형 신



[그림 9] Electro chromic의 가시광선 투과율 및 SHGC 변화율 [출처: Sage Electrochromic]



[그림 10] BIPV 설치형태

재생에너지 설비가 요구되면서 창호에도 적용되고 있다. 대표적인 것이 건자재일체형 태양광발전시스템(Building Integrated PhotoVoltaic, BIPV)이다. 기본적인 건축자재 기능을 하면서 더불어 전기를 생산하는 발전기능을 한다. 주요 설치 형태는 건물의 입면 창호, 천창 및 차양 장치에 적용되고 있다.

건물의 입면과 천창에 설치가 주로 이루어지며, 그 중에서도 가장 많은 면적을 가지는 입면에 설치되는 경우가 많다. 입면은 외부 조망이 가능한 비전 구간과 층사이의 스펠드럴 구간으로 구분되며, 현재는 외부 조망과 관계없는 스

팬드럴 구간에 주로 설치되고 있다. 비전 구간에도 설치가 필요하지만, 기존의 결정질 태양전지를 이용한 BIPV 모듈은 외부 조망에 간섭이 발생하여 적용이 매우 제한적이며, 이를 대신하여 비결정질 태양전지(a-Si), 염료감응형 태양전지(DSSC) 등의 새로운 태양전지를 적용하는 방법과 태양전지의 배치를 개선하는 방법(ex, 베네치안 블라인드 형식의 응용)들을 통하여 입면의 비전 구간에 태양광 발전설비를 적용하고자 한다.

BIPV시스템은 건물에 적용할 때 다음과 같은 부분이 고려되어야 한다.

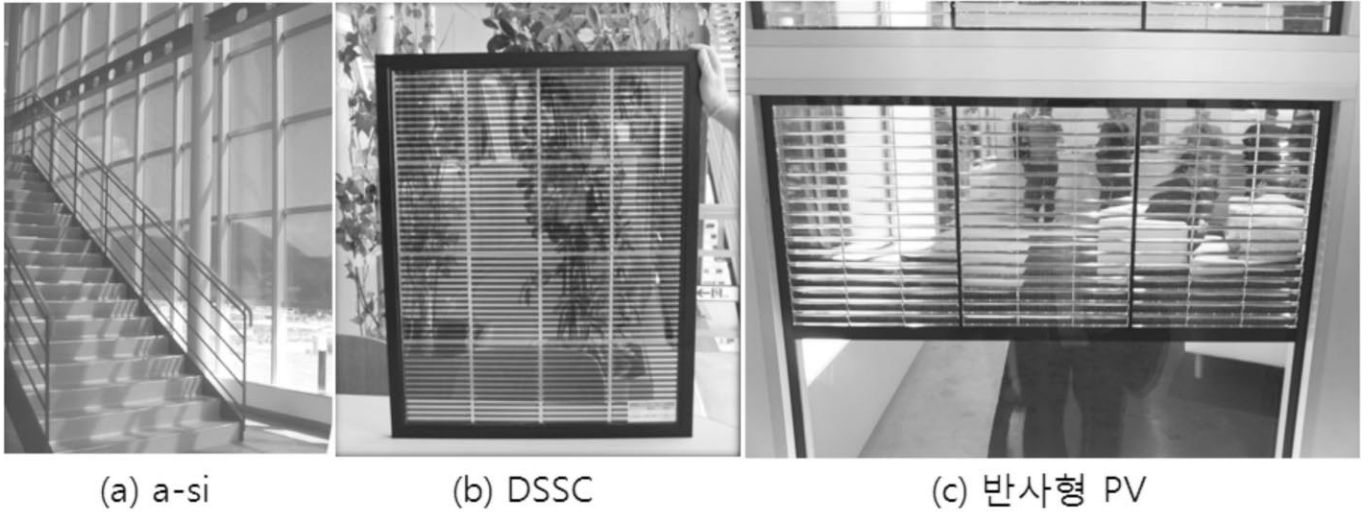
첫 번째는 설치위치와 음영에 대한 고려이다. 건물의 어느 부분에 설치할 것인지, 얼마나 많은 면적에 설치할 것인지를 결정하는 것이 필요하며, 이때 설치 부분에 대한 음영발생 여부를 검토해야 한다.

적용되는 태양전지의 효율에 따라 달라질 수 있지만, 결정질 태양전지를 적용하는 BIPV 시스템 1kW를 설치하는데 필요한 면적은 약 8 ~ 12㎡ 정도가 필요하다.

두 번째는 BIPV 프레임과 배선에 대한 고려이다. BIPV 모듈은 기존의 유리 및 동일하나, 발전된 전기를 이용할 수



[그림 11] BIPV 설치 형태별 설치 사례



[그림 12] See Through type BIPV Module

있는 전기배선이 수반된다. 따라서, BIPV 모듈을 설치할 때에도 Cable에 대한 위치와 cable 간의 연결, 건물 내부로의 이동에 대해서도 설계 단계에서 건축 설계 담당자와 전기 설계 담당자 간에 긴밀한 협의가 필요하다. 또한, 설치 뿐만 아니라 유지/보수에 대해서도 고려되어야 한다.

마지막으로는 건물의 입면에 설치되어 건물의 디자인과의 조화가 이루어져야 한다. 이는 BIPV 시스템이 건물 외장재 부분에 설치되기 때문이며, 초기에는 단순히 BIPV 시스템을 건물에 적용하는 단계였지만, 이후 BIPV 시스템 적용 부분의 확대와 BIPV 시스템에 대한 구체적인 접근이 이루어지면서, 인

접 부재와의 관계 및 BIPV 시스템의 색상, 형태 등에 대한 부분도 중요한 고려 사항으로 검토되고 있다.

### 3. 결론

창호의 기술 개발 방향은 신재생에너지, IT 및 광학 기술 등이 적용되면서 다양하게 발전 되면서 유리에 다양한 기능이 구현되고 있다. 또한 창호의 기본 성능 강화 역시 꾸준히 이루어지고 있다.

이와 같이 동일 한 창문 아이템에서 다양한 기능, 성능이 구현됨에 따라 그 성능 및 기능들이 상충 되어 나타나기도 한다. 이와 같은 기능 및 성능의 상

충 작용은 건물 가각에 따라 발생하기도 하지만 동일 건물의 다른 공간에서 발생 할 수 도 있다. 기존에는 거의 모든 건물에서 하나의 건물에는 하나의 창호 또는 유리가 사용 되었으나 앞으로는 공간에 특성에 맞게 창호 및 유리를 설계 하고 그 상호 관계 까지 고려한 매우 섬세한 설계가 이루어져 한다.

다양한 기능 및 고성능의 창호 개발도 매우 중요 하지만 이렇게 다양해지는 창호의 특징을 파악하고 적용하고자하는 공간에 적절히 배치하여 사용하기 위한 해석 방법 및 운영 방식에 대한 연구도 변행하여 연구되어야 한다. KGBC