2016 정보분석보고서

태양광 AR(Anti-Reflective) 코팅 기술현황 및 시장동향

이정구(KISTI)

한국과학기술정보연구원
Korea Institute of Science and Technology Information
www.kisti.re.kr

목 차

제 1 장. 기술동향 ····· 1
1.1. 기술개요 ····· 1
1.2. 기술동향 ····· 8
1.3. AR(Anti-Reflective) 코팅 기술 인증시험 현황 ····· 18

제 2 장. 시장동향 ····· 19
2.1. 태양광 산업동향 ····· 19
2.2. 국내외 AR(Anti-Reflective) 코팅 시장동향 ····· 23
2.3. 국내외 AR(Anti-Reflective) 코팅 시장전망 ····· 30

제 3 장. 제품동향 ····· 31
3.1. Almaden AR 코팅 태양전지 Glass ····· 31
3.2. AGC Solar SOLITETM™ ····· 32
3.3. AVIC Glass의 태양전지 AR 코팅 Glass ····· 33
3.4. LST에너지 AR 코팅 Glass ····· 34
3.5. Pilkington Sunplus™ ····· 35
3.6. 유니티엔씨 AR 코팅 태양전지 Glass ····· 36
3.7. AR(Anti-Reflective) 코팅 생산업체·제품 현황 ····· 37

제 4 장. 수요기업 분석 ····· 41
4.1. (주)럭스코 ····· 41
4.2. 신성솔라에너지 ····· 45
4.3. 한화큐셀 ····· 46
4.4. LST에너지 ····· 48
4.5. Solar Glass 생산업체 현황 ····· 50

제 5 장. 결론 ····· 55

참고문헌 ····· 57

제 1 장. 기술동향

1.1. 기술개요

□ 기술개요

저반사 코팅유리는 기판유리보다 낮은 굴절률을 가지는 재료를 표면에 코팅하거나 혹은 저굴절 재료와 고굴절 재료를 교대로 적층시킨 유리를 의미한다. 일반적으로 창유리에 사용되는 소다라임 유리는 표면에서 약 4%의 태양광 반사율을 가지는데, 저반사 코팅유리는 이러한 유리표면에서의 반사에 의한 태양광의 손실을 줄여서 광변환효율을 향상시킬 수 있다. 여기에는 광학적 간섭현상을 이용하여 반사율을 저하시키거나, 다공성 실리카 재질의 코팅막을 형성시켜 유리 표면에서의 반사를 감소시키는 방법 등이 사용된다.

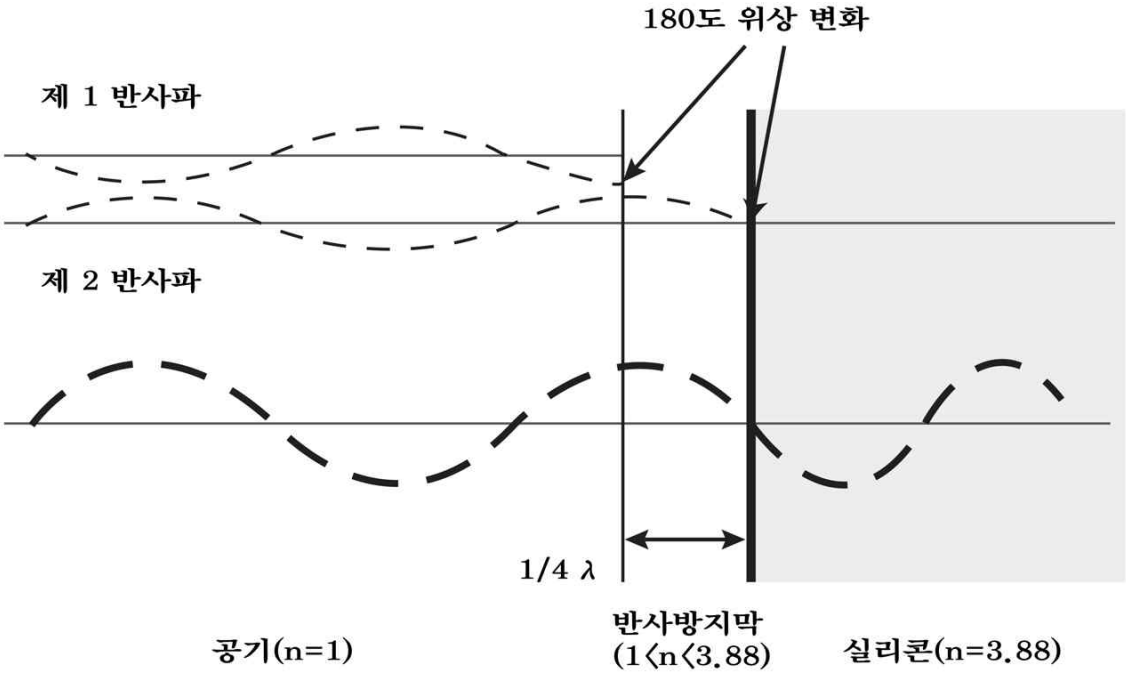
□ 태양전지 반사 방지막 기술의 원리

태양전지 반사 방지막(Anti-Reflective layer)은 태양광을 굴절률이 다른 두 매체 사이의 계면에서 반사하지 않고 투과시키거나 흡수한다. 즉, 렌즈·프리즘 등의 표면반사를 작게 해서 투과되는 빛의 세기를 증가시키고 반사로 인한 산란광을 제거하기 위해 사용된다.

태양광은 전자기파로서 파동 성질을 지니며, 굴절률이 다른 두 매체 사이의 계면을 태양광이 통과할 때 일부는 표면으로부터 반사되어 반대 방향으로 진행된다. 이 때 위상차가 180도 만큼 발생하여 역방향으로 진행하게 된다. 반사 방지막의 두께를 입사하는 빛의 파장의 1/4이 되도록 조절하면 공기와 반사 방지막 사이의 제1 계면과 반사 방지막과 실리콘 사이의 제2 계면 사이에서 반사되는 빛이 정확히 180도 만큼의 위상차를 갖게 되므로 서로 소멸되어 반사율을 0에 가깝게 만들 수 있다.

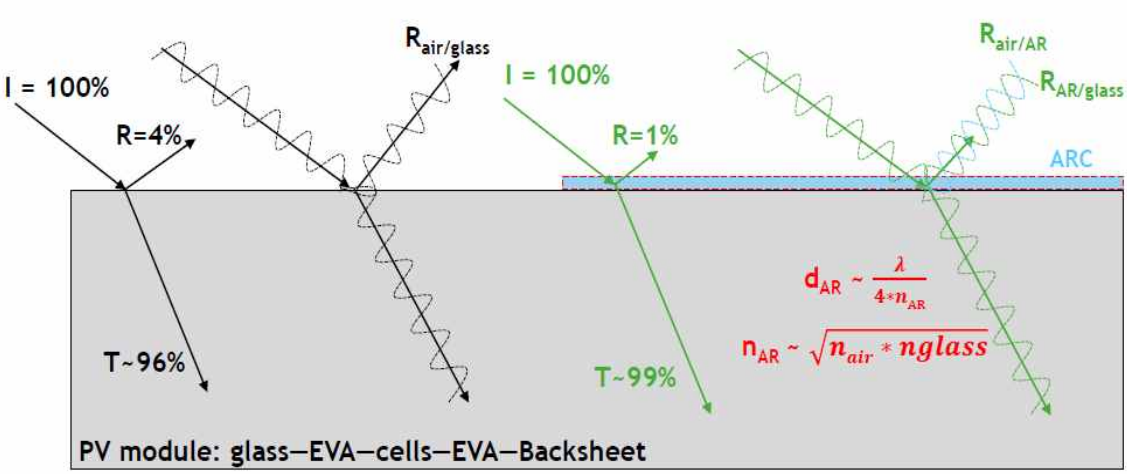
태양전지 반사 방지막의 원리는 상층에서 반사된 빛과 하층에서 반사된 빛이 서로 상쇄간섭을 일으키도록 하는 것이다. 이러한 상쇄간섭은 위상차가 180°이거나 경로차가 파장의 절반이 되는 조건에서 일어나기 때문에 반사 방지막의 두께와 굴절률 값에 따라서 정해지는 제한된 범위의 파장에서만 일어난다. 따라서 태양광 반사 방지막 물질은 태양전지의 표면에서 전지표면

과 반응하지 않아야 하고 전지 표면을 보호할 수 있어야 한다. 또한 장기간 안정성이 유지되어야 하고 전지 표면과 접착성이 우수해야 하며, 수분과 온도에 영향을 받지 않아야 한다.



출처 : "태양전지 효율향상을 위한 반사 방지막 기술 동향", 녹색기술정보포털, 2014

[그림 1] 태양전지 반사 방지막 기술 개념도



출처 : "Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass", DSM, 2014.10.

[그림 2] Single-Sided PV 모듈 반사방지막 기술 원리

□ 반사 방지막 형성 기술의 유형

최근 국내에서 주로 사용되고 있는 태양전지 반사 방지막은 반사 방지막의 역할과 실리콘 표면에 생긴 결함을 비활성화시키는 역할을 병행하는 질화 실리콘(SiNx) 막이 주류이며, 심도반응성 이온 에칭, 광결정 반사 방지막 등이 있다.

① 질화 실리콘막 형성 기술

보편적인 질화 실리콘 막 제조방법은 플라즈마를 이용한 화학 증착법으로 플라즈마 내에서 분해되는 암모니아 가스로부터 질소가 공급되는 공정이다. 이 과정에서 생성되는 많은 수소 원자들이 실리콘 표면에 존재하는 끊어진 결합(Dangling bond) 등의 결함(Defects)과 결합하면서 결함을 비활성화시킨다. 레이저를 제외한 대부분의 광학계에서는 단일 파장의 빛을 사용하지 않고 연속 스펙트럼을 갖는 광원을 사용하므로 이러한 반사 방지막 코팅 효과를 높이기 위해서 다층막을 사용하고 있다. 실리콘 태양전지에 사용되는 반사 방지막 2개의 굴절율과 두께는 1.57, 102nm와 2.46, 65nm로 주로 산화 실리콘(SiO2)막이 이용되고 있으나, 산화 티타늄(TiO2)막, CaF2/CeO2 막 등도 이용될 수 있다.

② 심도반응성 이온 에칭 (Deep reactive ion etching) 기술

기존 태양전지 제조과정에서 반사 방지막 형성을 위해 질화 실리콘 막을 단층으로 제작했으나, 국내업체인 신성 솔라에너지에서는 질화 실리콘 막 대신 이중 반사 방지막을 형성해 태양전지 표면에서의 태양광 반사율을 낮춘다. 또한 태양전지의 표면 구조 개선을 위해 기존의 습식화학식 조직화(Wet chemical texturing) 기술 대신에 심도반응성 이온 에칭(Deep reactive ion etching) 기술을 이용하여 기판 표면상에 나노 팁을 형성하여 태양전지 표면 반사율을 낮추었다.

③ 광결정 반사 방지막 기술

태양전지를 보호하는 커버 글라스(Cover glass)에 반사 방지막을 형성하면 유리 표면에서 반사되는 태양광에너지를 이용할 수 있으므로, 태양전지의 광전 변환 효율을 향상하여 발전량을 증가시킬 수 있다.

최근 각광받고 있는 광대역의 나방눈(Biomimetic moth's eye) 광결정 구조에 1/4 파장(Quarter-wavelength) 반사 방지막 기술을 융합하여 기존 반사방지 성능의 한계를 극복하기 위한 기술이 개발되었다. 연구진은 나노스피어 리소그래피(Nanosphere lithography)와 반도체 공정 기술을 활용하였으며, 기존 나방눈 광결정 구조의 취약점으로 알려진 매우 작은 나노 구조를 만들지 않고도 근자외선 영역에서의 광손실량까지 크게 감소시킬 수 있다.

□ 태양전지용 유리 유형

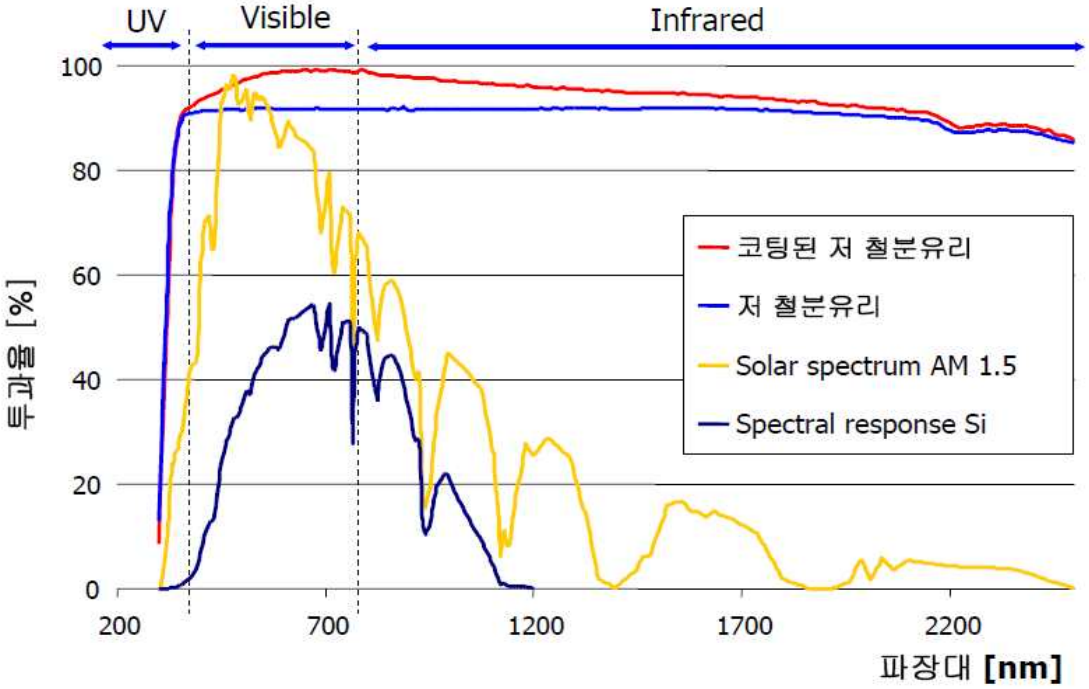
태양광은 빛 에너지를 전기에너지로 변환시키는 것으로서 태양 에너지가 최대한 많이 들어갈 수 있는 환경과 조건을 인위적으로 만들어 줌으로써 효율을 향상시킬 수 있다. 일반적으로 창유리에 사용되는 소다라임 유리는 표면에서 약 4%의 태양광 반사율을 가지며, 이러한 유리표면에서의 반사에 의한 태양광의 손실은 아직까지 낮은 변환효율 때문에 1%라도 효율을 올리기 위해 노력하는 태양전지 업계에게는 중요한 사안이라고 할 수 있다.

표면에서의 태양광 반사를 막는 반사 방지막을 커버유리에 코팅하여 사용하며, 반사방지막은 기본적으로 기판유리보다 낮은 굴절률을 가지는 재료를 그 표면에 코팅하거나 혹은 저 굴절 재료와 고 굴절 재료를 교대로 적층시킴으로써 만들 수 있다. 후자의 경우 광학적 간섭현상을 이용하여 반사율을 저하시키는 것이며, 또한 다공성 실리카 재질의 코팅 막을 형성시켜 유리 표면에서의 반사를 감소시킬 수도 있다.

반사방지막은 대부분 태양전지용 유리에 코팅되므로, 태양전지용 유리 자체에 대해 간단히 소개하면 다음과 같다.

① TCO 유리

태양전지 모듈의 전면에는 TCO(transparent Conductive Oxide)층이 태양전지 흡수층으로 빛을 전달하는 창으로서 뿐만 아니라 전기적 접점(contact) 으로 작용한다. 셀의 뒷면에는 TCO가 보통 태양전지 흡수층과 금속 반사체(reflector) 사이의 중간층으로 사용되거나 굴절율 매칭성을 증가시키기 위한 광학적 커플링(coupling) 층으로 사용된다.



출처 : SNE Research, "태양전지용 유리기판의 기술 현황 및 시장 전망 (2008~2013)", 2011

[그림 3] 광 투과율에 미치는 반사방지막의 효과

다접합(bitacial) 태양전지에 있어서는 배면 접점(back contact)은 전기적 접점 뿐 아니라 PV 흡수층의 후면으로 태양광을 투과시키는 창으로 동시에 작용을 해야 한다. 태양전지 모듈에 있어서 높은 광변환 효율이 요구되므로 TCO 층에 대해 10 Ω/□ 이하의 면 저항, 80% 이상의 투과율의 특성이 요구되며, 특히 넓은 스펙트럼 (400~1300 nm) 범위에서 80% 이상의 높은 투과율이 요구되는 micro-crystalline 실리콘. CIGS 그리고 multi-junction 태양전지의 경우, 높은 이동도를 갖는 TCO가 요구된다.

② a-Si 태양전지용 유리

일반적으로 실리콘 박막 태양전지의 TCO로 사용되는 재료는 ITO (In2O3:Sn), SnO2:F, ZnO, amorphous In-Ga-Zn-O, Zr, H doped In2O3 등이 있으며 이들 재료 중 상기 조건을 만족하는 재료는 SnO2:F와 ZnO (AZO)가 있다. 또한 상기 요구조건을 만족하기 위해 TCO 표면에 요철형성 (texturing)을 한다. 표면 요철의 효과는 광 포획 효과에 있으며 TCO 코팅층에 요철을 생성시키면 TCO층과 실리콘 박막 층 계면사이에서의 빛의 반

사를 감소시키고 실리콘 박막 내에서의 내부 반사 증가로 인한 빛의 경로가 증가되어 에너지 흡수 효율을 향상시킬 수 있다.

③ CdTe 태양전지용 유리

CdTe 층은 스퍼터링, evaporation, electro deposition, 스프레이법, 스크린 프린팅, MOCVD법, 근접 승화법 (Close-Spaced Sublimation, CSS)법 등 다양한 방법으로 제조가 가능하다. 이중 근접 승화법을 이용하는 경우 높은 효율이 보고되고 있다. CdTe 박막형 태양전지에서 요구되는 TCO 전면 전극층의 가장 중요한 특성은 가시광 영역에서 높은 투명성과 낮은 표면저항을 보이는 점이다. 전면 투명전극으로는 일반적으로 ITO 또는 TO(Tin Oxide)가 사용되는데 열적인 안정성과 낮은 가격 때문에 TO가 주로 사용되고 있다. Sn이 10 wt% 함유된 ITO도 이러한 특성을 만족시키나 CdTe 증착온도가 높아 ITO의 In이 확산되므로 ITO와 광 투과 층인 CdS 사이에 두께 100~200 nm의 SnO2나 ZnO 버퍼 층을 두어 확산을 방지하기도 하며, TO나 ITO 외에도 스퍼터법에 의해 제작된 ZnO 막도 검토되고 있다.

④ CIGS 태양전지용 유리

일반적인 CIGS 박막태양전지의 구조는 유리기판, 배면전극, 광흡수층, 버퍼층, 투명전극 및 반사방지막으로 구성된다. 각 층의 두께는 배면전극, Mo 층이 4,000~10,000 Å, 광흡수층으로 사용되는 CIGS 층이 1.5~2 ㎛, 버퍼 층으로 사용되는 CdS 층이 500 Å, 투명 전극으로 사용되는 AZO 층이 1~2 ㎛ 수준이다. 다른 박막형 태양전지와 달리 TCO 기판을 통해 태양광이 CIGS 광흡수층으로 들어오는 구조가 아니라 버퍼층위의 투명전극을 통해 태양광을 받아들이는 구조인 것에서 차이가 난다.

기판의 재질로는 유리기판이 가장 일반적으로 사용되며, 그 밖에 알루미나와 같은 세라믹기판, 스테인레스 스틸, Cu tape 같은 금속기판, 플라스틱 기판도 사용이 가능하다. 유리기판으로는 대부분 소다라임 유리를 사용하지만 무알카리붕규산 유리인 미국 Corning 7059 또는 파이렉스(pyrex) 유리를 사용하는 경우도 있다. CIGS 태양전지에서는 기판유리를 통해 태양광이 입사되는 구조가 아니므로 다른 태양전지와 같이 저철분 유리를 사용할 필요가 없이 일반 창유리에 사용되는 소다라임 유리를 사용하면 된다.

⑤ DSSC 태양전지용 유리

DSSC는 입사각 변화에 따른 효율차이가 다른 태양전지들과 비교했을 때 그리 크지 않은 편이라서 주로 BIPV (Building Integrated Photovoltaic System)용으로 개발되고 있어 다른 태양전지와 달리 기존의 창유리 두께의 유리기판을 사용하므로 별도의 커버유리 적용을 고려하고 있지 않다.

DSSC에서는 2장의 TCO 코팅된 유리가 각각 전면과 후면에 사용된다. 전면에서는 TCO(ITO, FTO, ATO 등) 코팅된 유리에 산화물 반도체 미립자를 포함한 페이스트를 기판위에 도포한 후 열처리에 의해 산화물 반도체 다공질 막을 형성하며, 이 때 열처리 온도가 500℃를 넘는 경우도 있어 기판유리로 왜곡점 (strain point)가 511℃ 수준인 일반 소다라임 유리로는 대응이 부족하지만 가격적인 문제로 TCO가 코팅된 일반 소다라임 유리를 적용하고 있다.

□ 중소기업 사업영역

저반사 코팅 유리는 유리표면에 나노소재를 사용한 고효율 반사방지층을 형성하고, 탬퍼링 공정을 통해 반사방지 코팅층과 유리가 견고하게 결합하는 공정을 거치게 된다. 요구되는 성능특성으로는 외관, 필름경도, 부탁정도, 두께 등의 일반적 특성과 더불어 광학특성(철분함량, 광투과율), 내구성(기계적 하중, UV 전처리시험, 내마모, 내산성, 염수 분무 등)의 특성을 만족해야 한다.

현재 국내 중소기업들은 상기의 기술적 스펙을 만족하는 제품을 일부 출시하고 있고, self-cleaning 기능을 추가로 확보하고 있는 수준이다. 다만, 이러한 기술은 기업이 자체로 확보하기 보다는 산학연계를 통해 확보되는 것이 일반적이며, 중소기업의 사업영역으로서 저반사 코팅액 생산, 코팅액 도포 설비 제조 등이 가능할 것으로 볼 수 있다.

1.2. 기술동향

□ 태양전지용 반사방지 기술

반사 방지막 물질은 태양전지의 물질과 화학적인 반응을 하지 말아야 하고 전지 표면을 보호할 수 있어야 하며, 그 외에도 다음과 같은 특성이 요구된다[1].

- 오랜 시간동안 안정성이 유지되어야 함
- 전지 표면과 접착성이 좋아야 함
- 수분과 온도에 대해서도 안정적이어야 함
- 우주용으로 사용되는 전지에 있어서는 자외선이나 전하를 띤 입자들에 노출되었을 때도 안정성이 있어야 함

[표 1] 반사 방지막으로 활용되는 주요 물질

물질	굴절률*	물질	굴절률
공기	1.00	MgF_2	1.3 – 1.4
Fused quartz(SiO_2)	1.46	MgO	1.74
Plexiglass	1.51	Al_2O_3	1.8 – 1.9
Crown glass	1.52	SiO	1.8 – 1.9
Light flint glass	1.58	Si_3N_4	1.9 – 2.0
Dense flint glass	1.66	$Si_3O_{2+x}N_{4-x}$	1.8 – 2.0
Lanthanum flint glass	1.80	SiO_2-TiO_2	1.80 ~ 1.96
Zircon(ZrO2SiO2)	1.92	CeO2	1.96
Fabulite (SrTiO3)	2.41	SnO2	2.00
Rutile (TiO2)	2.91	Ta2O5	2.1 – 2.3
Galliumphosphide(GaP)	3.50	ZnS	2.3 – 2.4
		CeO2	2.2 – 2.35

출처: EP&C, 2013

1) EP&C, "태양전지 효율향상을 위한 반사 방지막 기술동향, 2013. 02.

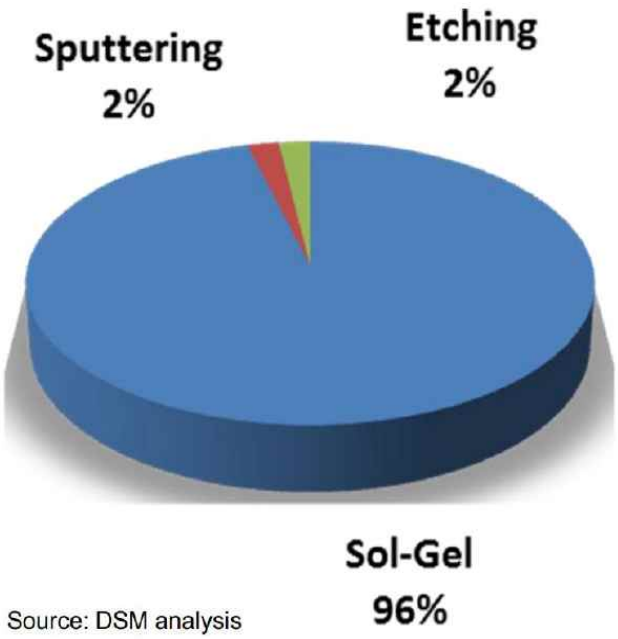
반사 방지막을 제조할 때에 정확한 굴절률 조절과 반사 방지막의 두께 조절, 그리고 광흡수율을 줄이는 것이 중요하며, 주요 방법으로는 스프레이, 스크린프린팅, 스핀 코팅, 딥핑(dipping), 스퍼터링, CVD(Chemical vapor deposition), PVD(physical vapor deposition), 전기 분해법(Anodization), 실리콘의 열 산화(thermal oxidiation)법 등이 있다.

- 진공 증착으로 제조한 박막은 일반적으로 자외선 파장에 해당하는 빛을 흡수하는 경향이 있지만 화학적으로 증착된 막이나, 증착된 막을 산화시키거나 Anodizing시켜서 제조한 박막은 Vitreous 구조(단거리 배열(short range order)을 가진 비정질)를 가지는 경향이 있으며, 자외선의 흡수가 적음
- PVD는 SiO, CeO, TiO2, SnO2, Ta2O5막에 이용되며, 막의 특성은 기판 온도나 증착속도에 의해서 영향받음. 증착 온도는 100~250℃로, 비교적 증착 속도를 줄여서 증착시키면, 투과율이 좋은 막을 얻을 수 있음
- CVD는 감압 CVD, 플라즈마 CVD, 상압 하에서의 스프레이 CVD 법 등이 있으며, SiO2, SnO2, Si3N4 등이 감압 CVD 법으로 증착함
- 스핀 코팅법, 스프레이법, 딥(dip)법 등은 도포, 증착 후에 열처리에 의해서 증착물을 반사 방지막으로 변환하는 방법으로서, SiO2, TiO2, TiO2-SiO2 등을 스핀 코팅방법으로 반사 방지막으로 하는 것이나, 확산제의 P2O5를 TiO2 도포제와 혼합한 액을 스핀 코팅한 후에 열처리를 하여, p-n 접합을 동시에 형성하는 것이 가능함

상업용 다결정 실리콘 태양전지의 반사 방지막으로서는 SINx가 많이 사용되고 있는데, 이는 반사 방지막으로써 적절한 반사율과 표면과 벌크 페시베이션(passivation) 역할, 태양전지의 결함 등을 보완할 수 있는 여러 장점이 있기 때문이다. SiNx의 반사 방지막 형성은 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)와 같은 고가의 진공장비가 사용된다.

DSM(2014)에 따르면 태양전지 유리에 대한 AR코팅 기술로는 Sol-Gel 방식이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 스퍼터링이나 에칭 방식의 점유율은 아직 매우 낮은 것으로 나타났다[2].

2) DSM, “Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass”, 2014. 10.



출처 : DSM, "Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass", 2014.10.

[그림 4] Global shares AR-coating technologies solar cover glass

□ Sol-gel 법을 이용한 반사방지 코팅막 기술

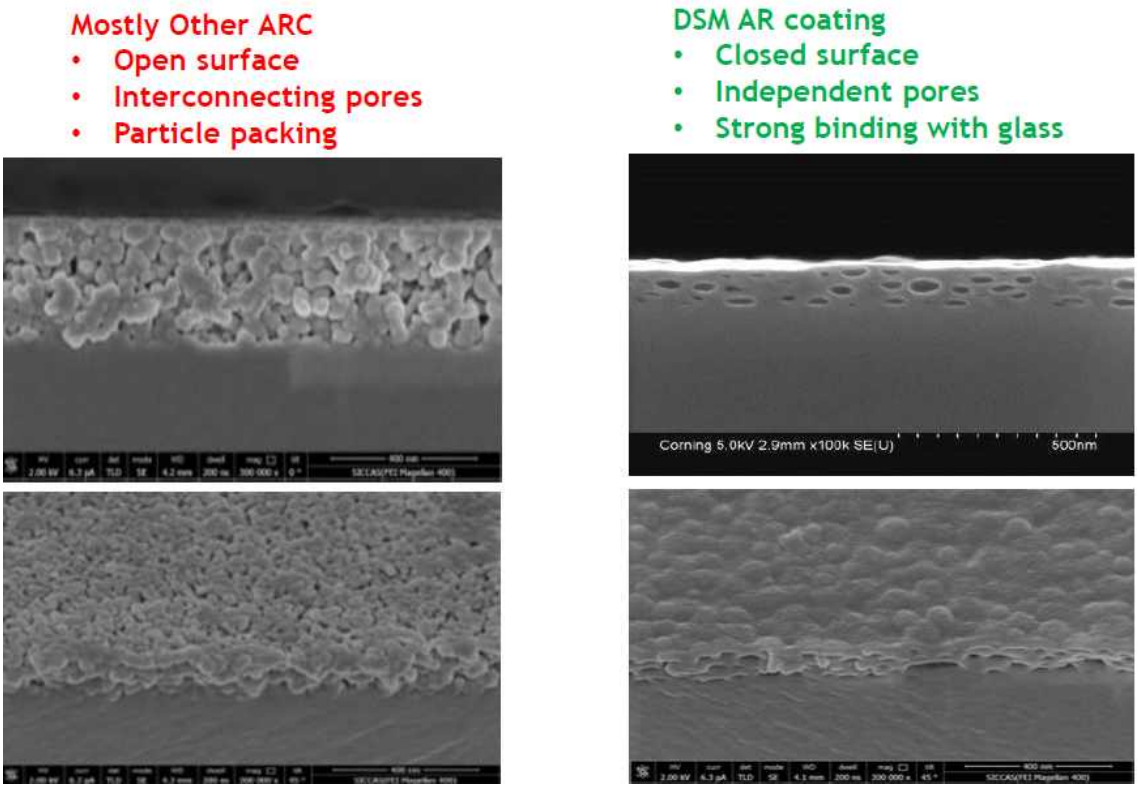
현재 적용되고 있는 반사방지 필름은 다층박막 코팅 필름으로써 반사방지막을 제조하기 위해 고가의 건식법을 이용하여 코팅처리를 한다[3]. 건식법은 생산단가와 박막의 내구성 및 신뢰성에 문제점을 가지고 있으며, 이런 문제점을 해결하기 위해 single layer반사방지 필름에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대면적으로 제작하기 위해서는 wet process와 같은 대면적 공정을 이용하여 제작하는 것이 필요하다.

일반적인 wet process를 이용한 반사방지막 제조법에는 sol-gel, dip, spin, spray coating, chemical bath deposition(CBD), liquid phase deposition(LPD)법, layer-by-layer(LBL)법이 있다. 다양한 습식 공정법 중 하나인 dip-coating법은 코팅기판을 용액에 담근 후 인상하는 속도, 용액의 점성을 이용하여 막의 두께를 제어 하여 박막을 제조하는 기술이다. 이 기술은 박막제조 공정이 간단하며 나노스케일로 막두께를 제어하기 쉬운 장점을 갖고 있다.

3) 김정엽 외, "Sol-gel 법을 이용한 반사방지 코팅막 제조", 한국광전자학회지 2013. December Vol.3, No.2, pp.65~68

해외업체인 DSM의 경우 기존 Sol-gel 반사방지 코팅막에 대해 개선된 기술을 확보하고 있다.

- 표면코팅막이 닫힌 구조를 가짐
- 공극이 각각 독립적으로 떨어져 있음
- 유리와의 결합력이 강함



출처 : “Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass”, DSM, 2014.10.

[그림 5] DSM AR 코팅 기술

□ 디스플레이용 반사방지 기술

디스플레이에 대해서도 반사방지 기술의 개발이 활발히 진행 중이며, 관련 기술은 태양전지에도 유용할 수 있으므로 이에 대해 살펴보면 다음과 같다[4].

디스플레이 기능성 코팅이란 LCD나 OLED와 같은 디스플레이 소자가 대형화, 고급화됨에 따라 화면에서의 고경도 및 광반사로 인한 화질 저하를 방지하는 반사 방지 코팅이나 디스플레이 화면에서 정전기로 인한 이물질의

4) KISTI, “디스플레이 기능성 소재”, 2015

부착을 방지할 수 있는 초발수 또는 내지문 코팅 등을 지칭한다. 특히, 휴대폰, 태블릿 PC 등 터치 기능을 사용하는 모바일 기기가 주력 제품으로 부상하면서 디스플레이 윈도우에 있어 이러한 내스크래치, 내지문, 반사 방지 등에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 기능성 코팅 재료는 휴대폰 및 태블릿 PC 이외에도 양방향 서비스를 추구하는 TV, 각종 게임기, PMP, MP3 Player, LCD TV 등의 전자 제품 및 태양광 발전 모듈의 보호 창 등 에서도 적용이 가능하다.

반사 방지, 내지문 및 내스크래치 특성은 광학 렌즈 시장에서 수십 년간 해결해야 할 문제로 지적되어 왔으며, 현재는 광학 렌즈에서 요구되는 특성을 모바일 디스플레이의 윈도우에 일부 적용하고 있으나 광학 렌즈와는 달리 사람의 손이 수시로 접촉하는 제품의 특성상 높은 내구성이 요구되고 있는 점은 태양전지용 반사방지 코팅과 차이가 있다. 윈도우 생산 업체들은 터치형 디스플레이 소자의 출시에 윈도우 일체형, 특히 강화 유리 일체형 터치 소자의 개발을 통해 내스크래치성 문제를 해결하고 있으며, 모바일 공급업체에서는 반사 방지 및 내지문 문제를 해결하기 위해 광학렌즈에 사용하는 다층막 구조에 의한 기술을 활용한다.

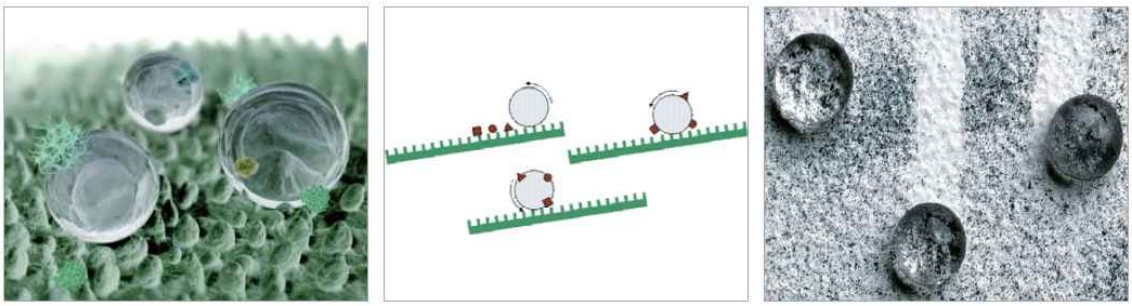
출처 : Howstuffworks, KISTI, “디스플레이 기능성 소재”, 2015

[그림 6] Anti-glare, Anti-fingerprint 코팅의 사례

내반사성(Anti-Refraction) 코팅 기술은 굴절률(Refractive Index)이 조절된 단일물질 또는 다층 구조로 코팅하여 빛의 반사를 최소화하고 투과를 최대로 하는 기술로써, 반사를 최대한 줄여 눈부심 현상을 최소화하는 기술이다.

초발수성(Superhydrophobic) 또는 내지문(Anti-Finger) 코팅은 고체표면의 젖음성을 제어하여 스스로 디스플레이 표면을 깨끗하게 유지할 수 있도록 하는 기술이다. 연잎 위에서 일어나는 표면 장력을 모방해 먼지나 이물이 물체의 표면에 부착하는 것을 방지하기 때문에 '연잎 효과(Lotus Effect)'라고도 한다.

최근에는 자연의 기능성 표면을 모사하여 공학적으로 이용하려는 연구가 전 세계적으로 급증하고 있으며, 해당 기술은 태양전지 반사방지 기술 분야에서도도 다수 발견된다. 연잎 표면의 나노미세구조와 연잎 효과 연구, 연꽃잎을 모사한 초소수성 표면 제작 연구, 마이크로·나노구조물을 이용한 초발수 표면 연구, 나방눈을 모사한 반사 방지 투명 유리의 제작 및 광특성, 전자빔 조사를 이용한 초소수성 나노구조 제조기술 개발, 나방 눈(Moth-eye) 표면 구조를 가지는 태양 전지, 표면 나노 구조를 이용한 박막 태양 전지용 고기능성 유연기판 제작, FPD(Flat Panel Display) 기술 혁신을 위한 나방눈 구조의 고기능성 반사방지 필름 개발 등과 같은 연구가 한국기계연구원, 전기연구원, 한국과학기술원, 포항공대, 고려대, 부산대, 경남대 등 국책연구소 및 대학이 주축이 되고 BLU 제조업체, 필름 제조업체, 태양광 모듈 회사 등이 참여하는 형태로 진행되고 있다.



출처: en.wikipedia.com, lotusleafeffect.org, asknature.org, KISTI, "디스플레이 기능성 소재", 2015

[그림 7] 연잎 효과(Lotus Effect)에 의한 자기 세정(Self-cleaning)

LCD, OLED 같은 디스플레이 소자가 대형화, 고급화되면서 터치 기능을 사용하는 모바일 기기가 주력 제품으로 부상하고 있으며, 이로 인해 디스플레이 윈도우에 반사 방지, 내스크래치, 내지문, 초발수에 의한 이물질 부착 방지 등의 기술 니즈가 증가하고 있다. 이러한 기능성 필름 제조 기술의 여러가지 시도와 급격한 발달은 몇 가지 환경 흐름에 기인하는데, 가장 대표적

인 것은 2007년 애플의 아이폰 출시 이후 터치스크린을 채용한 핸드폰이 눈에 띄게 증가하면서 터치스크린 패널에 대한 관심이 폭발적으로 증가하였다. 과거 낮은 원가 구조와 세밀한 터치감으로 인해 주로 채택되던 감압방식에서 최근에는 빛 투과율, 내구성, 빠른 반응 속도 등으로 인해 정전 용량 방식으로 대체되고 있고, 각종 스마트 기기들의 전성기가 펼쳐지면서 이러한 흐름에 가속이 붙고 있다.

□ 다층 무반사 코팅 기술

러프버러대 연구진은 유리표면에 이용될 다층 무반사(AR) 코팅을 개발하였다[5]. 이 코팅은 태양전지 패널의 햇빛 반사를 줄여주면서 동시에 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있으며 안경에 무반사 코팅을 증착시키는데 쓰이는 것과 동일한 기술을 이용하여 적용된다. 이러한 방식에 의해 태양전지 모듈의 출력을 약 4퍼센트 개선시킬 것으로 기대되며, 태양전지 패널에서 받아들여지는 파장 범위에 걸쳐서 70퍼센트 이상 반사를 감소시킬 수 있다. 코팅의 디자인은 산화지르코늄과 이산화실리콘으로 이루어진 단 4개의 층들이 교대로 쌓여져 있는 구조이며, 전체 적층의 두께는 300나노미터 미만이다.

이러한 재료들이 선택된 이유는 풍부하고 가격이 저렴하기 때문이며, 안경렌즈에 AR코팅을 증착하기 위해 개발된 기계에 의해서 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 증착한다. 연구의 목표는 텔루르화카드뮴 박막 태양전지의 효율을 개선하는 것이지만, 이 코팅은 CIGS(copper indium gallium selenide)와 비정질 실리콘과 같은 다른 박막 기술에도 적용될 수 있는 점이 장점이다. 또한 이 코팅은 결정 실리콘 모듈의 커버유리와 심지어는 유기소자나 페로브스카이트 소자와 같은 3세대 소자에도 응용될 수 있는 것으로 전해진다.

□ 무반사 표면 생성용 자기조합형 나노구조체 기술[6]

미국 에너지부 브룩 하벤 국립연구소 과학자들은 실리콘 물질 상으로 나노 크기 거칠기로 식각하여 무반사 표면과 최신 박막 다층 코팅들을 만드는 연구를 하고 있다. 이에 따라 제조비용을 줄이면서 실리콘 태양 전지 생산을 간소화하는 잠재력을 가지며, 그 외에도 LED의 밝기를 증가시키고, 군사 장비를 위한 레이더 위장 용품을 제공하며, 창문으로부터 눈부신 빛을 감소시

5) KISTI, “태양전지패널의 눈부심을 줄여주는 다층무반사코팅”, 2014. 04.
6) KISTI, “실리콘 태양전지 상 무반사 표면을 만드는 자기조립 나노거칠기”, 2015. 01.

키는 부가적인 응용들을 발견할 수도 있을 것으로 기대된다.

반사 방지 응용들을 위하여 아이디어는 재료들 사이의 계면들에서 반사되는 무선 전파들 혹은 빛을 방지하는 것이다. 과학자들은 나방들의 눈들과 같은 자연에서 반사 방지 표면들의 잘 알려진 샘플에 의지해 왔으며, 나방의 복합체 눈들의 표면들은 빛의 파장 길이들보다 더 작은 많은 작은 "기둥들"로 만들어진 패턴들로 형성된다. 이러한 거친 표면은 나방의 밤 시야를 더 좋게 만들고, 포식자들이 나방을 감지하게 하는 빛을 반사하는 헤드라이트 내 사슴과 같은 현상을 방지한다. 연구팀은 "블록 코폴리머"라 불리는 폴리머 물질로 실리콘 태양 전지의 맨 위 표면을 코팅함으로써 시작하였으며, 블럭 코폴리머는 오직 수십 나노미터들을 측정하는 차원들로 배열된 표면 패턴에 대해 자기 구성으로 만들어질 수 있는 특성이 있다.

자기 조립된 패턴은 반응성 기체들의 플라즈마를 이용하여 나방 눈에서와 같은 태양 전지에서 기둥들을 형성하기 위하여 템플릿으로서 제공되었으며, 표면 나노 거칠기의 결과는 태양 전지에 영향을 주는 광의 방향과 상관없이 동시에 광의 많은 파장들의 반사를 크게 줄이는 굴절률을 점진적으로 변화시키도록 하는 것으로 나타났다. 이러한 나노 거칠기의 부가는 보통 반짝이는 실리콘 표면을 완전히 블랙으로 변화시킨다. 이러한 방법으로 거칠기된 태양 전지들은 약 20%까지 단일 반사 방지 필름으로 코팅된 것보다 더 나은 결과를 나타냈고, 광을 산업에서 사용되는 가장 좋은 다중층 코팅들과 소자로 이동시킨다. 연구팀은 현재 태양 패널을 위한 코팅, 눈부심 방지 창문을 위한 유리 혹을 플라스틱을 포함하여 다른 재료들을 위한 나노 거칠기 패턴의 방법에 기반한 자기 조립을 개발하는데 관심을 가지고 있다.

□ 유전체 코팅 기술

경희대 김선경 교수팀과 미국 노스캐롤라이나 채플힐대 제임스 카훈 교수, 고려대 박홍규 교수는 공동연구를 통해 나노선 태양전지에 저렴한 유전체 코팅기술을 도입해 태양전지 효율을 2배가량 높이는 기술을 개발하였다. 차세대 무한 재생에너지로 주목받는 나노선 태양전지는 같은 두께의 일반 박막 태양전지보다 단위 부피당 광 흡수율이 2배 이상 우수한 것으로 전해지며, 그 이유는 외부에서 들어오는 빛을 자신의 구조 안으로 끌어당기는 광학 안테나 효과와 구조 내 빛의 가둠 효과가 우수하기 때문이다.

나노선은 실과 같은 가느다란 형상이어서 흡수 부피가 작고 전체 광 흡수율이 떨어질 수밖에 없다. 나노선은 지름 100~300나노미터(㎚), 길이 수 십 마이크로미터(㎛)의 가느다란 실과 같은 형상의 나노 물질로서, 나노선 합성 과정에서 물질의 조성 비율, 도핑 등을 조절할 수 있어 태양전지, 발광다이오드, 레이저와 같은 광전자 소자를 나노 수준에서 쉽게 구현할 수 있다. 연구팀은 나노선으로 두께 200㎚의 태양전지를 만들고 그 위에 유전체인 질화규소(Si_3N_4)를 플라스마 화학 기상 증착 방식으로 50㎚ 두께로 코팅, 새로운 구조의 나노선 태양전지를 만들었으며, 이 나노선 태양전지는 4%의 효율을 기록, 기존 나노선 태양전지보다 효율이 2배 가량 높아졌다.

연구팀은 유전체 껍질이 코팅된 나노선의 광학 안테나 효과를 측정하기 위해 암시야 현미경에 분광기를 연결해 나노선의 산란 단면적을 측정하였으며, 그 결과 유전체 물질의 종류 및 두께에 따라 평균적으로 200~1,000% 이상의 산란 단면적 증가 효과를 확인하였다. 나노선 가장 바깥 부분에 단지 수십nm의 유전체 껍질을 도입하는 것만으로 반도체 물질의 종류에 관계없이 약 두 배에 이르는 광효율 향상 효과를 얻을 수 있음이 실증된 것으로 볼 수 있다. 특히 기존 제작 공정을 해치지 않고, 저비용으로 도입할 수 있어 현재의 모든 나노선 태양전지에 즉시 구현 가능한 것이 특징이다.

□ 경사증측(GLAD) 기술[7)]

GLAD(Glancing Angle Deposition) 기술은 증착공정에서 자체 음영효과와 표면 확산에 의해 제어된 나노 크기의 기공률과 기둥 상의 박막재료를 성장시킬 수 있는 물리증착기술이다. 이 기술의 장점은 낮은 굴절률을 갖는 나노다공질 박막재료의 제조 가능성이 있다. 또한 증착 각도를 조절함으로써 다른 굴절률 값으로 바꿀 수 있다.

나방눈 구조는 주위 매체인 공기로부터 기판 매체 쪽으로 점차적으로 변화되는 유효 굴절률을 만들어 반사를 방지하는데, 실제로 굴절률 기울기를 갖는 재료가 존재하지 않기 때문에 완전한 AR코팅 실현에는 제약이 있다. 자연재료보다 낮은 굴절률을 가진 MgF2의 다공질 층을 경사 증착기술을 사용하여 제조하고 400-1,700nm 스펙트럼 범위에서 수직 입사각에서 설계된 초광대역 AR 코팅에서 AR 성질을 증진시키기 위해 다층계와 최외각 층을 결합하고 굴절률이 낮은 기판 상에 증착시키는 기술이 최근 소개되고 있다

7) KISTI, “간섭다층 반사 방지코팅과 경사각 증착에 의한 나노다공성 MgF2의 상부층”, 2015. 07.

GLAD 기술로 제조된 MgF2 필름의 단면 형태를 보면 연속적으로 기판을 회전시켜서 경사각에서 증착으로 제조된 박막의 구조적 성질과 일치하는 것으로 전해진다. 기둥 사이에 갭을 가지고 기판에 수직으로 성장하는 독립된 기둥들로 되어 있다. 기둥과 갭의 지름은 모두 가시 스펙트럼 범위에서 산란광을 최소화하기에 충분한 약 70㎚보다 작다. 또 박막성장 중자체 음영효과와 표면 확산 때문에 다공성 미세구조를 나타낸다. 기둥 상 박막의 증착은 성장공정이기 때문에 MgF2 필름은 기판 근처에서 작고 소멸되는 기둥이 많이 존재한다. 기둥성장의 경쟁은 필름성장 중 최초 종자생성(seeding) 단계에서 일어나며 작은 것이 소모되면서 가장 큰 기둥들이 성장한다. 결과적으로 성장의 나중 단계에서는 기둥은 계속 넓어져 필름은 양배추 꽃 형태를 가지게 되며, 필름은 필름 내부의 기공률 따라서 굴절률이 변하는 기둥과 공동의 혼합물로 이루어진 비균질한 미세구조를 보인다.

□ 나노구조화 반사방지 기술[8)]

디스플레이에 적용되는 반사방지 기술은 차후에 태양전지용 반사방지 기술로 발전할 가능성이 매우 높으므로 디스플레이 관련 기술로서 나노구조화 반사방지의 최근 기술을 소개하면 다음과 같다.

현재 박막광학 코팅(thin-film coatings) 기술은 92%의 투과율만 제공하는 수준이다. 웨이퍼 본딩 및 리소그래피 장비 제조 업체인 EV 그룹(EVG), 나노종합기술원(NNFC) 및 나노이니쉐이티브(NI: Nano Initiative) 등의 협력사들은 디스플레이 코팅의 상용기술 기준에 최적화 된 NI의 고분자 소재 재료를 이용한 200mm 글래스 웨이퍼에 임프린트(imprint)를 위한 EVG사의 독자기술인 SmartNIL UV-NIL(nanoimprint lithography) 기술을 적용하였다.

2015년 11월에 착수된 공동개발프로그램은 초기 생산 규모를 쉽게 확장할 수 있는 나노 구조용 제조 공정을 추가했고 고분자 재료를 기본으로 대면적 디스플레이를 위한 새로운 나노 구조화 반사방지 코팅(nanostructured Anti-Reflective coating)을 개발하기 위해 2년간 운영할 목적으로 처음 출범하였다. 이 프로그램의 다음 단계로, EVG, NNFC, NI는 EUREKA 프로젝트에 착수할 계획이며, JDP연구 기관인 NNFC는 Gen 2(370 mm x 470 mm) 패널들처럼 대면적의 대량 패널 제조 실현이 가능 할 수 있도록 산업 파트너들에게 새로운 반사방지 코팅 기술을 전수할 계획이다.

8) EPnC, “EVG, 디스플레이 투명 나노 구조화 반사방지 코팅 발표”, 2016. 07.

1.3. AR 코팅 기술 인증시험 현황

AR 코팅 기술 인증시험 현황을 살펴보면 다음과 같다.

[표 2] AR 기술 인증시험 현황

분류	구분	기업현황			
		Avic Glass	유니티엔씨	LST에너지	Pilkington
특성 (인증시험)	소수성		접촉각 6도 이하		
	친수성				
	투과율	≥2.0 % in 380-1100 nm	단면(롤코팅) >2.53%	>2.0%	93.9%
	경도	≥4H	8H	≥4H	
	두께	100-160nm		100-160nm	
	모듈시험				
	변환효율				
	고온고습(8585)	IEC 61215		IEC 61215	
	열순환	IEC 61215		IEC 61215	IEC 61215-2005
	기계적 하중	IEC 61215		IEC 61215	
	산/염기	EN 1096-2		EN 1096-2	EN1096-2:2001
	염수분무	EN 1096-2		EN 1096-2	IEC61701-1995
	내구성	25년 이상	20년 이상	25년 이상	
	내마모				EN1096-2:2001
	결로동결	IEC 61215			IEC 61215-2005
	코팅 방식		롤 코팅8m/min, 롤 길이1,280mm		
	자가세정		자가세정 >4%		
	부착	class 0			ASTM D3359 class 0
	내노화시험	2,000 시간		2,000 시간	

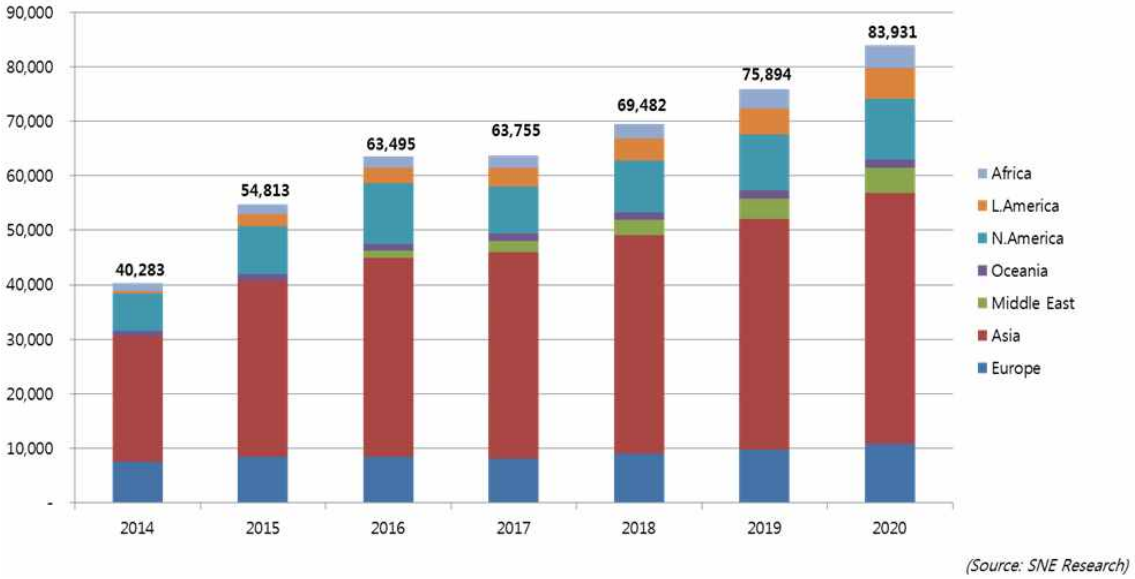
출처: 1. Avic Glass : http://avic-glass.kr/product-3-3-anti-reflective-solar-glass-kr/137908
2. 유니티엔씨 홈페이지(http://www.unitnc.com), “PV Glass 롤코팅시스템 및 태양전지의 성능향상을 위한 분석장비 개발”, 2012.05.
3. LST에너지, http://www.lstkorea.kr
4. Pilkinton (model : Pilkington Sunplus™ SM AR-S1), http://www.pilkington.com

제 2 장. 시장동향

2.1. 태양광 산업동향

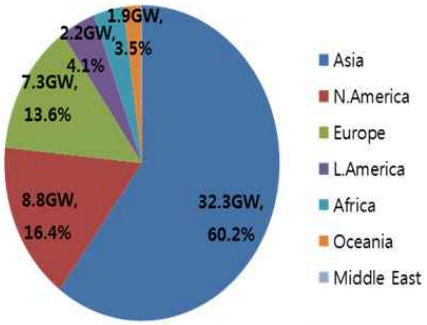
□ 글로벌 태양광 시장 현황

2015년 Research에 의하면 2014년 기준으로 전 세계 신규 태양광 시장은 용량 기준으로 약 40.3GW(115.9백만달러) 이었으며 2015년의 경우 전년대비 36% 성장한 약 54.8GW(142.5백만달러)가 예상된 바 있다. 태양광 시장 성장의 중심에는 아시아, 북아메리카, 유럽지역이 있었으며, 향후 태양광 시장에는 상기의 3개 지역 외에도 라틴아메리카, 중동, 아프리카 지역에서의 수요 증가가 있을 것으로 전망된다.

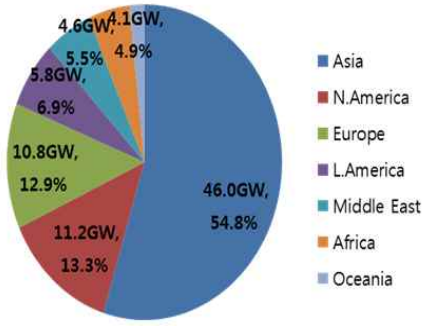


[그림 8] 전세계 태양광 신규설치 현황 및 전망 (2014~2020F, MW)

지역별로는 중국, 일본, 인도를 포함한 아시아 지역이 2015년 전세계 태양광 신규 설치량의 59.0%, 2020년 54.8%를 차지할 것으로 보이는 가운데, 아시아 지역은 향후 5년 동안에도 태양광 시장 성장의 중심축을 유지할 것으로 전망된다. 2020년 지역별 시장 규모는 아시아, 북아메리카, 유럽, 라틴아메리카, 중동, 아프리카, 오세아니아 지역 순의 양상을 보일 것으로 기대된다.



Region	MW	%
Asia	32,330	59.0%
N.America	8,800	16.1%
Europe	8,415	15.4%
L.America	2,198	4.0%
Africa	1,890	3.4%
Oceania	1,110	2.0%
Middle East	60	0.1%
Total	54,803	100.0%



Region	MW	%
Asia	46,025	54.8%
N.America	11,200	13.3%
Europe	10,786	12.9%
L.America	5,750	6.9%
Middle East	4,600	5.5%
Africa	4,100	4.9%
Oceania	1,470	1.8%
Total	83,931	100.0%

(Source: SNE Research)

[그림 9] 전세계 지역별 태양광 신규설치 현황 및 전망
(2015F(좌), 2020F(우), MW)

□ 태양광 시스템 및 발전단가

2016년 글로벌 태양광 시스템 평균 가격은 $1.2/W로 전년 대비 7% 가량 하락했으며, 2020년 태양광 시스템 가격은 $1/W 미만으로 형성될 전망이다[9]. 태양광 발전의 경제성은 지속적으로 개선되고 있으며, 2020년 이후 가장 경쟁력 있는 발전원으로 부상할 전망이며, 가격경쟁력 확보는 태양광산업 성장의 가장 큰 원동력이 될 것으로 보인다. 중국 태양광 발전단가는 2016년 기준 $0.1/kWh이며, 2020년에는 20% 이상 하락할 것으로 예상되며, 중장기적으로 2025년경에는 석탄 발전보다 더 저렴한 에너지원이 될 것으로 전망된다.

□ 태양광 산업 관련 글로벌 기업 동향

글로벌 석유회사 및 전력회사들은 신재생에너지 보급 확산에 따른 위기감이 높아지고 있으며, 이에 대한 대응 방안으로 신재생에너지 분야 진출을 서두르고 있다.

9) 한국수출입은행, '2016년 1분기 태양광산업 동향', 2016. 05.

출처: 한국수출입은행, '2016년 1분기 태양광산업 동향', 2016.05

[그림 10] 태양광시스템 가격 동향 및 주요 지역 태양광 발전단가

미국의 경우 가정용 태양광 보급이 확대됨에 따라 전력회사의 매출이 줄고 있으며, 2020년 예상 매출 감소액은 50억 달러에 달할 전망이다. 유럽 및 미국 전력회사들은 태양광 보급 확대에 따른 매출 감소가 가시화되고 있으며, 이에 대한 대책 마련에 나서고 있다. 결국 전력회사들도 시대의 흐름에 맞게 신재생에너지를 발전 포트폴리오에 담기 시작했으며, 이와 관련된 에너지저장 시장도 확대되고 있는 것으로 분석된다.

주목할 점은 글로벌 석유회사들도 "포스트 오일시대"를 맞아 화석연료 사업에서 탈피, 청정에너지 분야로 사업재편을 가속화하고 있는 상황이다. 프랑스 토탈사는 2011년 태양광 모듈업체인 Sun Power를 인수했으며, 최근에는 배터리 회사인 Saft를 11억 달러에 인수해 태양광과 풍력에서 나오는 전기를 안정적으로 공급하는 전력산업을 추진 중인 것으로 전해진다. 영국의 BP사도 "탈석유 전략"을 수립하고, 대체에너지 사업부를 신설했으며, 유럽 최대 석유회사인 Shell사도 신재생·저탄소 분야에 투자하기 위해 신에너지 사업부 신설하였다. 세계 최대 석유회사인 사우디 아람코사는 2040년까지 54GW 태양광 발전을 설치할 계획을 세우고 있으며, GE사도 사우디에 14억 달러를 투자할 계획이다.

□ 국내 태양광 산업 및 업계 현황

2015년 국내 태양광 신규 설치량은 1GW로 사상 최고치를 기록했으며, 2016년에는 약 1.2GW가 설치될 전망이다[10].

신재생에너지 의무사용정책(RPS) 시행 이후 국내 태양광시장은 빠르게 성장하고 있다[11]. 2013년 406MW에 불과했던 시장이 2014년 865MW, 2015년 924MW 시장으로 확대되었다. 2차 국가에너지기본계획에 따르면 2035년까지 태양광발전 17.5GW 구축하며, 발전량 기준으로 태양광발전이 2035년까지 전체 신재생에너지 발전량의 22%를 담당할 계획이다.

[표 3] 국내 연도별 태양광 설치 현황

(단위 : kW)

구분	보급정책	설치용량 (kW)		
		2013년	2014년	2015년
보조금	주택지원	20,634	22,392	21,000
	건물지원	5,589	5,118	6,000
	지역지원	11,349	10,989	14,000
	융복합지원		5,632	5,000
의무화	공공기관설치의무화	11,466	15,987	33,000
	RPS	406,816	865,200	924,000
총 설치용량 (kW)		455,854	925,318	1,003,000

출처: 태양광협회, 한국수출입은행, '2016년 1분기 태양광산업 동향', 2016.05.30

2016년 국내 태양광 발전 수익률은 SMP 가격 하락에도 불구하고 REC 가격이 높은 수준에서 결정돼 발전 수익성은 유지되고 있다[12]. 태양광 발전 전력의 판매액은 계통한계가격(SMP)+RPS 제도에 따른 공급 인증서(REC)의 가격에 따라 결정된다[13]. 석탄 및 가스 등 원료 가격하락과 2016년 이후 9GW(석탄+원자력) 규모의 신규 전력 공급이 될 것으로 예상됨에 따라 계통한계가격은 사상 최저치인 60원/kWh까지 하락한 상황이다. 2016년 4월 10만원대를 유지하던 REC 1MWh 당 가격은 5월 들어서면서 12만원으로 상승하였으며, SMP 가격 하락분을 REC 가격 상승으로 상쇄되면서 프로젝트 수익률은 유지되고 있다.

10) 한국수출입은행, '2016년 1분기 태양광산업 동향', 2016.05.
11) RPS : Renewable Portfolio Standard
12) 계통한계가격(SMP, System Marginal Price) : 거래시간별로 일반발전기(원자력, 석탄 외의 발전기)의 전력량에 대해 적용하는 전력시장가격(원/kWh)
13) 신재생에너지 공급인증서 (REC, Renewable Energy Certificate) : 컴퓨터/통신/IT 신재생에너지 의무 발전 인증서. 발전 설비 용량이 500메가와트(㎿) 이상인 발전 사업자는 신재생에너지를 의무적으로 발전해야 하며 정부에서 인증서를 받아야 함

2015년 국내 태양광 기업들의 실적은 전년대비 개선되고 있으며, 2016년에는 개선폭이 확대될 것으로 전망된다. 2015년까지 적자를 기록했던 OCI사는 2016년 1분기 흑자 전환되었으며, 폴리실리콘 가격 상승에 따른 실적 개선이 이루어질 것으로 예상되며, 한화 큐셀 및 LG전자 등 국내 대표 모듈 기업들의 실적도 전년대비 개선 추이가 지속될 것으로 보인다. 국내 모듈기업들의 실적 개선 및 시장 수요 확대로 한동안 부진했던 태양광 투자가 활성화될 수 있을 것으로 보인다.

[표 4] 국내 태양광 기업들의 실적동향

(단위 : 억 원)

구분	2013		2014		2015		2016 1Q	
	매출	영업이익	매출	영업이익	매출	영업이익	매출	영업이익
OCI	29,555	-1,062	24,205	-760	23,015	-1,446	8,897	738
에스에너지	2,687	123	2,734	60	3,130	56	567	4
신성솔라	1,485	-117	1,896	-30	1,706	76	504	29
웅진에너지	1,199	-312	1,633	-131	1,643	5	429	-94

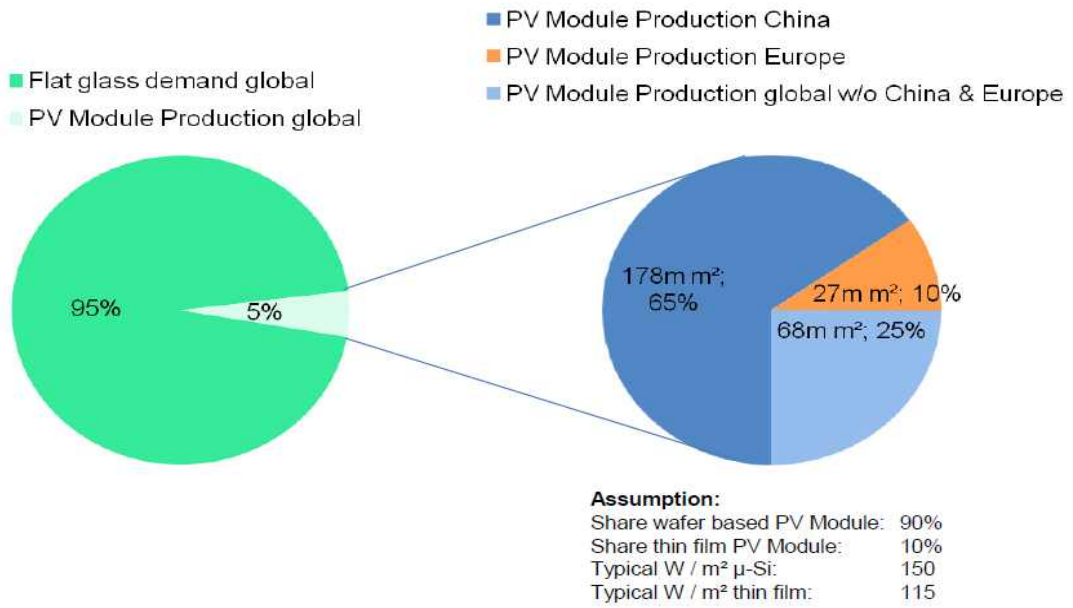
출처: 태양광협회, 한국수출입은행, '2016년 1분기 태양광산업 동향', 2016.05.

2.2. 국내외 AR 코팅 시장동향

□ 세계 시장

AR 코팅이 적용되는 태양전지 유리시장의 규모를 먼저 살펴보면 다음과 같다. AGC(2014)에 따르면 2013년 세계 태양전지 유리 공급규모는 273백만 m2 수준이며 중국이 65%(178백만m2)로서 가장 높은 점유율을 차지하고 있다[14].

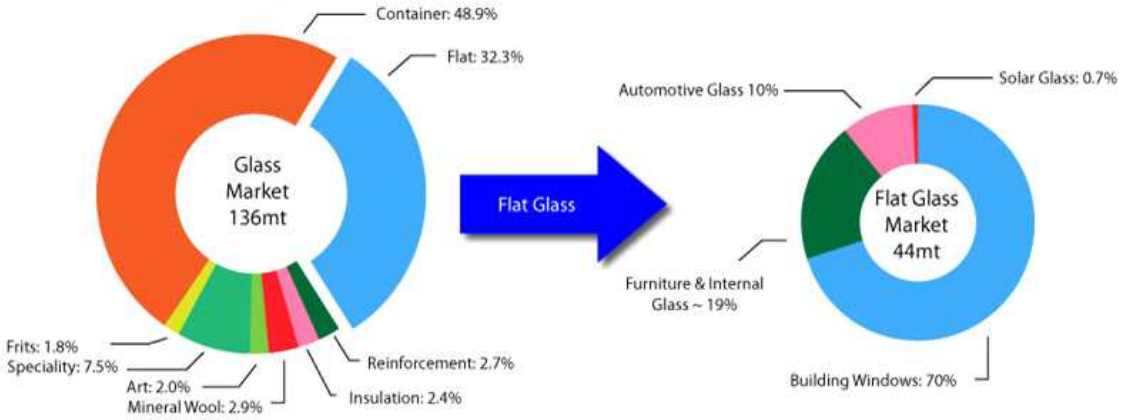
14) AGC, "Overview of Flat Glass Industry Supply & Demand", 2013



출처: AGC, “Overview of Flat Glass Industry Supply & Demand”, 2013

[그림 11] Global solar glass supply 2013

평판유리 중 태양전지용 유리의 비율에 대한 과거 2007년 자료를 보면 0.7%이며, 이 수치는 2012년 약 1.1%까지 성장할 것으로 전망된 바 있었고[15], 따라서 2014년 평판유리 시장 중 태양전지 유리 시장규모가 5%로 제시된 것은 매우 과거 예측보다는 훨씬 빠르게 태양전지 유리 시장이 커지고 있는 것을 보여주는 것으로 판단된다.

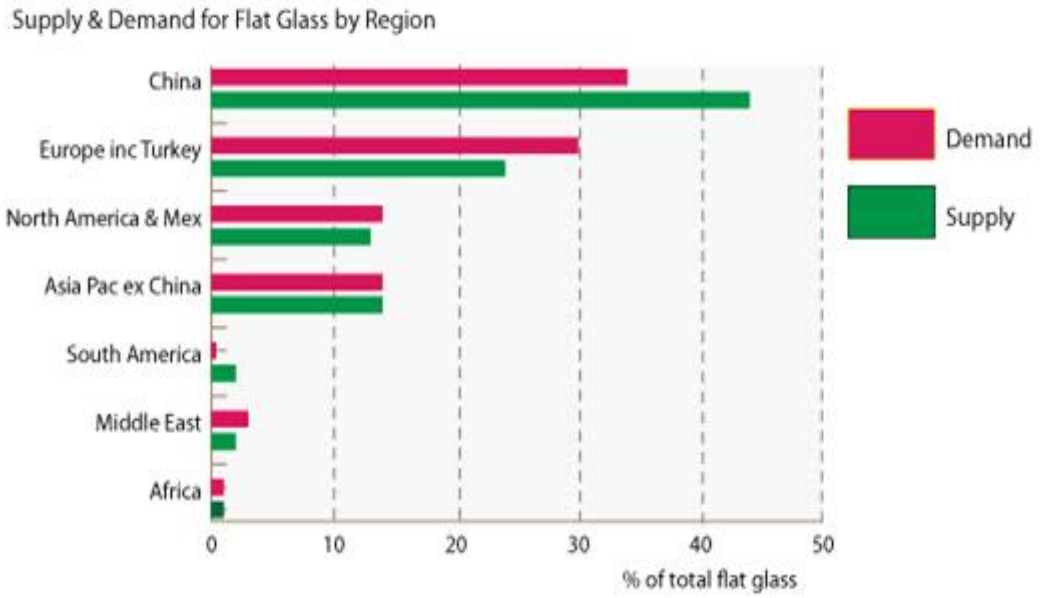


출처: www.greenrhinoenergy.com, "Value Chain Activity: Manufacturing Solar Glass", 2007

[그림 12] 글로벌 유리 시장에서 태양전지용 유리가 차지하는 비중

15) Green Rhino Energy, "Value Chain Activity: Manufacturing Solar Glass", 2007

2007년 Green Rhino Enery에 따르면 평판 유리 시장의 수요와 공급이 가장 많은 곳은 중국이며, 그 다음으로는 유럽, 북미 지역 등인 것으로 조사된 바 있다.

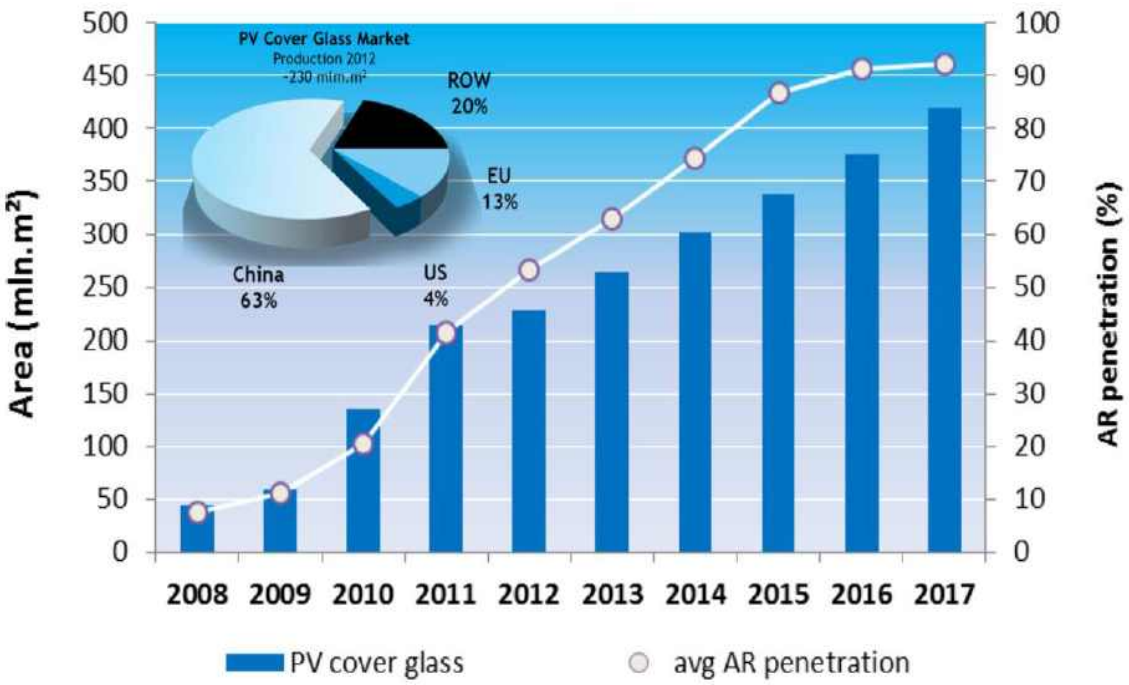


출처: www.greenrhinoenergy.com, "Value Chain Activity: Manufacturing Solar Glass", 2007

[그림 13] 글로벌 지역별 평판 유리 수요 및 공급 규모

DSM(2014)에 따르면 2013년 기준 태양전지 모듈 제조사의 60%가 반사방지 코팅을 적용하고 있으며, 2014년에는 75%로 채택율이 높아질 것으로 보인다[16]. 또한 Transparency Market Research Analysis(2014)에 따르면 반사방지 코팅액 전체 시장규모는 2013년 2,904백만 달러에서 2020년 4,900백만 달러 수준으로 연간 8.2%의 성장이 이루어질 것으로 전망된다[17].

16) DSM, "Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass", 2014.10.
17) Transparency Market Research, "Anti-Reflective Coatings Market-Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2014-2020", 2015.10.



출처: DSM, "Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass", 2014.10.

[그림 14] Global PV cover glass demand

출처: Transparency Market Research, "Anti-Reflective Coatings Market-Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2014-2020", 2015.10.

[그림 15] Global Anti-Reflective Coating Market, 2013-2020 (kilo tons, US $ Mil.)

중소기업청(2013) 자료에 의하면 AR코팅이 포함되는 나노코팅 세계 시장 규모는 2012년 기준으로 7,493억원 규모로 형성되어 있으며, 연간 38.9%의 고성장세를 보일 것으로 전망된다.

[표 5] 세계 나노 융·복합소재 시장현황 및 전망 (단위: 억원)

구분		시장규모					성장률 (%)
		2012	2013	2014	2015	2016	
세계 시장	탄소 나노소재	1,828.5	2,471	3,403	4,667.5	6,380	36.7
	금속/산화물 나노 소재	9,100	12,400	15,500	20,500	63,960	31.2
	나노복합소재	4,040	5,051.5	6,007.5	7,296	8,862	21.8
	나노기공소재	2,483.5	2,909.5	3,276	3,871	4,490	16.0
	나노섬유	1,065	1,596.5	2,110	2,598	3,141	31.3
	나노코팅	7,493.7	9,422	11,309	13,730	16,805	22.4
	나노바이오 소재	450.5	768	1,023	1,297	1,622	38.9
	합계	26,461.2	34,618.5	42,628.5	53,959.5	105,260	28.3

주) Nanoposts 2009 자료를 재구성한 중소기업청 기술로드맵 자료 인용
출처: 중소기업청, “2013년 중소기업 기술로드맵-나노융합”, 2013

□ 국내 시장

국내 태양전지용 저반사 코팅유리 시장규모에 대한 정확한 자료는 찾기 힘들며, 다만 KISTI(2013)에 따르면. 디스플레이용 흠집개선 코팅제(반사방지 기능 포함) 국내시장은 2011년 약 38억 원에서 2015년까지 190억여 원에 달할 것으로 예상된다.

AR 코팅 소재의 상위 범주에 속하는 나노 융·복합소재 시장의 국내 시장 규모는 전자재료 분야와 자동차용 소재 분야의 세계시장 대비 점유율이 평균 10% 이상을 차지하므로, 같은 비율로 예측하면 2010년 933억원에서 2018년까지 1조 1,300억원 규모에 달할 것으로 전망된다[18].

반사방지용 코팅 소재가 속하는 나노코팅소재는 나노복합소재인 경우가 많으며, 자동차 혹은 주방용품 등의 긁힘 방지를 위한 고강도 코팅소재, 태양전지 혹은 광학렌즈에 필요한 반사방지 코팅소재, 전자제품을 정전기나 전자파로부터 보호하기 위한 대전방지 코팅소재 혹은 전자파 차폐코팅소재, 건물 외벽이나 창호를 오염으로부터 보호하기 위한 자기정화 코팅소재 혹은

18) 중소기업청, “2013년 중소기업 기술로드맵-나노융합”, 2013

초친수·초발수 코팅소재 등 다양한 제품이 개발되고 있다.

국내 나노 융복합소재 시장의 세부시장현황에 대한 자료는 입수가 어려운 점을 감안하여, Freedonia(2013)에서 제시된 한국 나노 융복합소재 전체 시장 규모에다가 새계시장의 세부시장비율을 적용하여 국내 나노융복합소재 세부 시장규모를 추정하였다.

이에 따르면 태양전지용 반사방지코팅이 포함되는 나노코팅 시장규모는 2012년 기준으로 401억원 규모로 형성되어 있으며, 2015년에는 408억원으로 시장규모가 거의 증감이 없는 상태인 것으로 추정된다.

[표 6] 국내 나노 융·복합소재 시장현황 및 전망 (단위: 억원)

구분		시장규모			
		2012	2013	2014	2015
국내 시장	탄소 나노소재	98	105	123	139
	금속/산화물 나노 소재	487	528	559	609
	나노복합소재	216	215	217	217
	나노기공소재	133	124	118	115
	나노섬유	57	68	76	77
	나노코팅	401	401	408	408
	나노바이오 소재	24	33	37	39
	합계	1,416	1,475	1,537	1,602

주) Freedonia 보고서(2010) 내용 중 한국의 나노소재 시장 자료에서 국내 나노융복합소재 시장 총액을 바탕으로, 세계시장 총액에서 각 세부시장별 시장규모의 비중을 적용하여 국내 나노 융복합소재 세부시장규모를 추정함

출처: 중소기업청, “2013년 중소기업 기술로드맵-나노융합”, 2013

2.3. 국내외 AR 코팅 시장전망

□ 세계 태양전지용 반사방지 코팅액 시장전망

세계적으로 디스플레이 윈도우 및 태양전지 유리커버에 대한 반사 방지, 내스크래치, 내지문, 초발수에 의한 이물질 부착 방지 등의 기술 니즈가 증가하고 있다.

기존의 디스플레이용 터치스크린의 표면처리 기술을 디스플레이 이외의

자동차 유리 코팅 제품, 건축용 유리 제품, 태양전지 등에 응용하려는 시도가 지속되고 있는 가운데. 자동차 및 건축용 유리 제품 등이 자기세정기능이 오래 지속되지 못하는 문제에 부각에 따른 자기세정 기술의 보강에 대한 니즈가 매우 큰 실정이다.

앞서 살펴본 바와 같이 Transparency Market Research Analysis(2014)에 따르면 반사방지 코팅액 전체 시장규모는 2013년 2,904백만 달러에서 연간 8.2%의 성장을 통해 2020년에는 4,900백만 달러 수준에 이를 것으로 전망된 바 있다[19].

상기의 값은 반사방지 코팅이 활용되는 전체 분야에 대한 것인데, 앞서 살펴본 바에 의하면 2014년 평판유리 시장 중 태양전지 유리 시장규모가 5%로 제시되었고[20], 이를 감안하여 전체 반사방지 코팅액 시장 중에서 태양전지용 반사방지 코팅액 시장도 약 5%에 달할 것으로 가정하였다.

결론적으로 태양전지용 반사방지 코팅액 시장규모는 2013년 145백만달러에서 연평균 8.2%의 성장을 통해 2020년에는 252백만달러에 이를 것으로 전망된다.

[표 7] 세계 태양전지용 반사방지 코팅액 시장전망

(단위 : 백만달러)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
세계 AR 코팅 시장전망	145	157	170	184	199	215	233	252	8.2%

산출근거 : Transparency Market Research(2015)에서 제시된 글로벌 반사방지 코팅액 시장규모 및 성장률과, AGC(2013)에서 전체 평판유리 중 태양전지용 유리 시장 점유율이 5%인 점을 감안하여 각 연도별로 산출

□ 국내 태양전지용 반사방지 코팅액 시장전망

국내 기업은 주로 저반사 코팅에 의한 반사율 저감 위주로 기술개발이 진행 중인 가운데, 자기세정 기능을 갖춘 기업들도 점차 늘어나고 있다. 국내 디스플레이 기능성 코팅업체가 태양전지용 저반사 코팅 사업을 추진할 가능성이 높고, 이에 따른 기술경쟁력 및 가격경쟁력을 갖추어 경쟁에 대비할 필요가 있다. 나노코팅 소재 및 유리 점착용 소재 부문에서 국내 기업의 기술

19) Transparency Market Research, “Anti-reflective Coatings Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2014 - 2020”, 2015.10.06
20) AGC, “Overview of Flat Glass Industry Supply & Demand”, 2013

력은 상당한 수준이며, 추후 자기세정 기술의 확보가 시장점유 상승을 위한 핵심요인이 될 것으로 보인다.

국내 AR 코팅 시장규모는 나노코팅소재 글로벌 시장에서 국내 시장이 차지하는 비중을 통해 간접적으로 추정하였다. 참고로 태양광 시장의 비중을 비교해서 산출할 수도 있으며, 다만 이 경우에는 2010년 이후 2015년까지 국내 태양광 시장의 침체 상황은 글로벌 동향과는 다소 차이가 있기 때문체 추가적인 보정이 필요한 점, 반사방지 코팅은 태양전지 이외의 분야에서도 활용이 되고 있는 점 등을 감안하면 직접적인 산출에는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

이에 따라 2013년 기준 국내 나노코팅소재 시장규모는 글로벌 시장의 약 5.35%에 해당하므로 국내 반사방지 코팅 시장규모는 약 124억 원 수준으로 추정되며 연평균 2.8% 성장을 통해 2020년에는 150억 원 규모의 시장을 형성할 것으로 전망된다.

[표 8] 국내 태양전지용 반사방지 코팅액 시장전망

(단위 : 백만달러)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
국내 AR 코팅 시장전망	6.2	5.7	5.0	5.5	5.9	6.4	6.9	7.5	2.8%

산출근거 : Transparency Market Research(2015)에서 제시된 글로벌 반사방지 코팅액 시장규모 및 성장률과, AGC(2013)에서 전체 평판유리 중 태양전지용 유리 시장 점유율이 5%인 점, 나노소재 글로벌 시장에서 국내시장이 차지하는 비율을 2013~2015년까지 적용한 후 이후 연도로는 2015년 시장규모에 8.2%의 CAGR를 적용하여 각 연도별로 산출함

제 3 장. 제품동향

3.1. Almaden AR코팅 태양전지 Glass

태양전지용 AR 코팅유리 부문에서 두각을 나타내는 업체로는 중국의 Almaden이 있다. Almaden은 AR 코팅 유리 전문기업으로서 기존에 m^2당 8kg 수준이던 3.2mm 두께 유리의 무게를 m^2당 5kg까지 낮춘 2mm 제품을 출시하였다. 동사의 AR 코팅 유리에는 자가세정 기능이 포함되어 있으며, 2006년부터 나노코팅 기술을 개발해 온 것으로 전해진다.

Test	Exp. Cond. Based On	Standard(△T)	Result
Damp Heat	IEC 61215-2005	<1%	Pass
Thermal Cycle	IEC 61215	<1%	Pass
Humidity Freeze	IEC 61215	<1%	Pass
UV Exposure	IEC 61215	<1%	Pass
Salt Spray	EN 1096-2	<1%	Pass
Acid Resistance	ISO 2812-1:2007	<1%	Pass
Washability Test	ISO 11998:2006	<1%	Pass

출처: Almaden, “2mm AR Coating Solar Glass”, 제품 브로슈어, 2014

[그림 16] Almaden AR코팅 태양전지 유리 신뢰성검사 결과

Transmittance gain	≥3%	At normal incidence with AAA light source
Hardness	>4H	
Appearance	Transparent with light blue color	

출처: Almaden, “2mm AR Coating Solar Glass”, 제품 브로슈어, 2014

[그림 17] Almaden AR코팅 태양전지 유리 특성

3.2. AGC Solar SOLITE™

AGC Solar의 태양전지용 AR코팅 유리로서 대표적인 제품은 SOLITE™로서, 다이아몬드 패턴을 가진 유리를 사용한다[21]. 동사 제품은 결정계 실리콘 및 CIGS 태양전지 용도로 적합한 것으로 제시되고 있으며, SOLITE™는 EN572, EN12150 규격을 준수하며, AGC Solar Plus Anti Reflective Coating(SPARC)으로 제공되기도 한다.

[표 9] AGC사 SOLITE™ 주요 사양

Light Transmission (%)	3.2mm - 1/8": 91.6	Illuminant D65 at 2° (acc. +/- 0.2%)
	4mm - 5/32": 91.5	Illuminant D65 at 2° (acc. +/- 0.2%)
Energy Transmission (%)	3.2mm - 1/8": 91.1	ISO 9050
	4mm - 5/32": 90.9	ISO 9050
Typical length	From 950 to 2150mm (from 37" to 85")	
Typical width	From 650 to 1220mm (from 26" to 48")	
Specific weight (kg/m²)	3.2mm - 1/8": 8	
	4mm - 5/32": 10	
Processing conditions	Tempered, C-grinded	EN1863

출처: AGC Solar, http://www.agc-solar.com

AGC사의 AR 코팅 제품인 SPARC의 주요 제품규격은 다음과 같다.

[표 10] AGC사 SPARC 주요 사양

Transmission increase (%)	Up to 3.2%	At normal incidence
Energy output increase (%)	Up to 5%	In actual conditions (kwh)
Aesthetics	Neutral reflectance Hydrophilic	

출처: AGC Solar, http://www.agc-solar.com

21) AGC Solar, http://www.agc-solar.com

[표 11] AGC사 SPARC 내구성 테스트

Damped heat	Passed	IEC 61215
Thermal cycle	Passed	IEC 61215
Climatic SO2	Passed	EN1096-2 (DIN 50018)
Salt spray	Passed	EN1096-2 (DIN 50021)
Mechanical resistance	Passed	EN 1096-2

출처: AGC Glass, http://www.agc-solar.com

3.3. AVIC Glass의 태양전지 AR 코팅 Glass

AVIC Glass는 중국기업이며, 태양전지 AR코팅 유리의 특징은 다음과 같다.

[표 12] AVIC Glass 태양전지 AR코팅 유리 특성

시험항목		성능	비고
일반적 특성	외관	코팅면이 균일하고 얼룩, 반점, 긁힘, 핀홀이 없음	유리를 흰색 광원앞에 평면으로 놓고 1000mm 거리에서 관찰
	필름 경도	≥4H	표준 : GB / T 6739-2006, 페인트와 바니시 - 연필 시험법으로 필름 경도를 측정
	부착	Class 0	-
	두께	100-160nm	-
광학적 특성	철분 함량	≤0.012%	표준: GB/T 1347-2008 “소다-석회 - 실리카 유리의 화학 분석 방법” 표준: GB/T 9723-2007 “화학시약 - 불꽃원자흡수분광법”
	광투과율	투과율 증가: ≥2.0 % in 380-1100 nm	ISO 9050
내구성 시험	기계적 하중시험	통과	IEC 61215
	UV 전처리 시험		IEC 61215
	열순환시험		IEC 61215
	결로 동결 시험		IEC 61215
	고온 고습 시험		IEC 61215
	내마모 시험	통과	EN 1096-2
	내산성 시험		EN 1096-2
	염수 분무 시험		EN 1096-2

출처: AVIC Glass, http://avic-glass.kr

AVIC Glass 제품의 경우 유리의 외부표면에 나노소재를 사용하여 고효율적인 AR층을 형성하기에 투과율을 2.0% 이상 향상되었다. 템퍼링공정을 거쳐 AR코팅층과 유리가 견고하게 결합해 산성비, 덥고 다습한 기후, 춥고 다습한 기후 등 다양한 기후에 견딜수 있으며, 2,000시간 내노화시험을 거쳐 투과율의 감소가 심하지 않았으며 사용수명을 25년 이상 실현할 수 있다.

3.4. LST에너지 AR 코팅 Glass

LST에너지는 태양광 모듈, 인버터, 구조물, 유지보수 등 태양광 발전 시공사업을 하는 업체로서, AR코팅 제조업체는 아니지만, LST에너지의 홈페이지에는 AR코팅 사양이 제시되어 있다. 제시된 사양을 살펴보면, AVIC Glass에서 제시된 AR 사양과 거의 일치하고 있는 점에서 유의할 필요가 있다.

출처: LST에너지, http://www.lstkorea.kr

[그림 18] LST에너지에서 사용되는 태양전지 AR 유리

[표 17] LST에너지에서 사용되는 태양전지 반사방지 코팅 특성

Testing Items		Performance	Remark
General Characteristics	Appearance	Uniform coating, no stains/scratches/ spot/clusters/pinholes, neutral reflection.	Glass is flat laid before a white illuminant, observed a distance of 1000mm.
	Pencil Hardness	≥4H	Standard : GB/T 6739-2006, Pigmented Coating & Varnish: measurement of Pencil Hardness.
	Adhesion	0 Class	—
	Thickness	100-160 nm	—
Optical Characteristics	Iron Content	≥0.012%	Standard:GB/T 1347-2008, "Chemical Analysis Method of Na-Ca-Si Glass" Standard GB/T 9723-2007 "Chemical Reagents:General Rules of Atomic Absorption Spectrometric Method"
	Light Transmission	Transmittance increase=2.0% in 380-1100nm	ISO9050
Durability Test	Mechanical Load Test UV preconditioning Test Thermal Cycling Test Humidity-freeze Test Damp Hear Test	Passed	IEC61215
	Abrasion Resistance Test Acid Resistance Test Neural Salt Spray Test	Passed	EN 1096-2

출처:LST에너지, http://www.lstkorea.kr

3.5. Pilkington Sunplus™

Pilkington은 대표적인 태양전지용 유리공급업체 중 하나로서, Pilkington Sunplus™ SM AR-S1은 3.2mm 유리에 적용되고 있다.

[표 13] Pilkington Sunplus™ SM AR-S1 내구성 시험결과

Durability tests (Pilkington **Sunplus**™ SM AR-S1)	Results
Abrasion Resistance (EN1096-2:2001)	Passed
Acid Resistance (EN1096-2:2001)	Passed
Thermal Cycling (IEC 61215-2005)	Passed
Humidity-Freeze (IEC 61215-2005)	Passed
Damp-Heat (IEC 61215-2005)	Passed
Salt Spray (IEC61701-1995)	Passed
Adhesion (ASTM D3359)	Grade 0 (top grade)

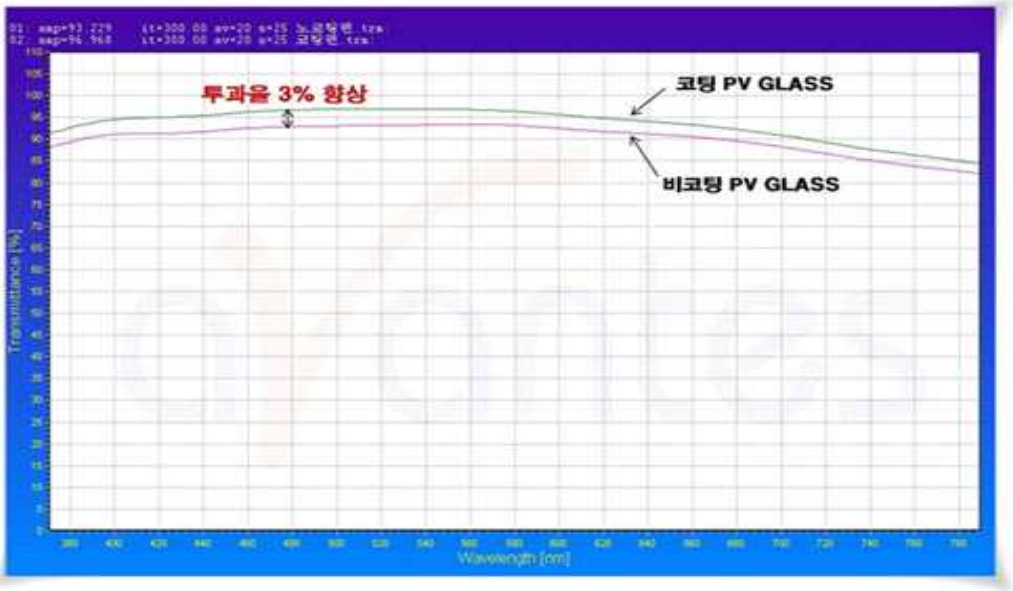
All figures quoted in this datasheet are indicative of typical product properties.
Light Transmittance (T_{D65}) measurements have been carried out by SPF.

출처: Pilkington, "Pilkington Sunplus™", 제품브로슈어, 2015

3.6. 유니티엔씨 AR 코팅 태양전지 Glass

유니티엔씨는 광촉매 기술 전문업체로 사업을 영위해 온 이후 태양전지용 코팅유리에 대한 연구개발을 진행하고 있다. 태양전지용 코팅유리는 태양광 반사방지, 표면 오염원 적층 방지 등의 기능을 가지고 있으며, 유니티엔씨의 주요 제품사양은 다음과 같다[22].

- 투과율 : 최대 단면 코팅시 3%, 양면 코팅시 6% 향상
- 반사율 : 60% 이상 감소
- 코팅비용 : 1㎡당 4달러 이하[23]
- 표면경도 : 8H 이상
- 내구성 : 20년 이상
- Self-cleaning 효과 (평균 4% 이상 효율 향상)
- 고온내습성, 자외선(QUV), 마모저항성 우수



출처: 유니티엔씨 홈페이지, http://www.unitnc.com

[그림 19] 유니티엔씨 AR코팅 태양전지 유리 투과율 특성

22) 유니티엔씨, http://www.unitnc.com
23) Biz@CEO, "(주)유니티엔씨, 코팅유리로 태양전지 고효율 실현", 2010.05.

3.7. AR(Anti-Reflective) 코팅 생산업체 현황

① 태양전지용 반사방지 코팅막[24)]

□ DSM(네덜란드)[25)]

DSM은 태양광 패널 글래스용 빛반사 방지 코팅제 KhepriCoat를 출시하였는데, KhepriCoat는 빛반사율을 최소화하여 패널에 태양광 침투율을 높인 제품으로 코팅제를 사용하지 않은 태양광 발전판에 비해 3~4% 가량의 에너지 축적율을 높일 수 있는 것으로 알려진다.

- DSM사 제품은 크리스탈 실리콘 모듈, 박막 태양광 모듈, CPV 등 태양광 관련 제품에 널리 사용될 수 있음
- KhepriCoat는 특허받은 기술로 코팅 표면을 매끄럽게 하고 오래도록 지속되어 태양광 커버 글래스 코팅에 이상적이고 불순물 흡착을 최소화시켜 청소가 용이한 것으로 전해짐
- DSM은 이 외에도 초고분자량 폴리에틸렌을 통해 의료용 봉합소재 및 관절 대체소재를 공급하고 있으며, 다양한 벤처기업을 통해 인체삽입용 물질 개발에 투자하고 있는 것으로 알려짐

□ Merck(독일)

Merck는 300년 이상의 업력을 가진 독일 화학·제약업체로서, 태양광 반사방지막 코팅 브로드로 솔라퓨어(Solarpur®)라는 광대역의 반사방지막 코팅 제품을 출시하였다.

- 솔라퓨어는 두께가 극도로 얇은 단층 반사방지막 코팅은 일반 조건에서 태양광투과율(AM1.5)이 98%에 달하는 것으로 알려져 있고, 졸-겔(sol-gel) 물질은 굴절률이 1.23 정도로 극히 낮은 나노 다공층을 형성하고 있음
- 하이브리드형 솔라퓨어® 용액은 다양한 습식 코팅 공정을 통해 유리기판의 한쪽 면 또는 양쪽 면 모두에 쉽고 빠르고 효율적인 비용으로 사용할 수 있는 것으로 알려져 있음

24) EP&C, “태양전지 효율향상을 위한 반사 방지막 기술동향”, 2013.02.
25) Aving.Net, “DSM, 코팅제로 빛반사 감소, 태양열 흡수율”, 2015.04.

□ 3M(미국)

3M에서는 태양 전지 패널에 사용될 수 있는 새로운 플라스틱 박막을 개발하였으며, 이 박막은 다층막(multilayer)의 fluoropolymer을 기반으로 한 시트로, 태양 전지 패널에 직접적으로 붙일 수 있는 것이 특징이다.

- 이 박막은 수분이나 기타 대기 중의 오염물질들로부터 태양 전지 패널을 보호해서 전지 패널의 수명을 연장시킬 수 있음
- 이 플라스틱 시트는 CIGS 태양 전지 셀에 적용될 수 있으며, CIGS 태양 전지 셀은 수분에 노출되면 노화가 일어나서 수명이 단축되며, 태양 전지에 사용되는 유리의 일반적인 두께가 3000μm인데 비해서, 3M의 플라스틱 막의 두께는 23μm으로 매우 얇아서 활용가능성이 높음

3M이 개발한 박막은 하루에 50μg의 수분만을 통과시키는데, 이것은 다른 박막들에 비해서 수백 배 적은 것으로서, 박막을 태양 전지 패널에 직접 붙일 수 있기 때문에 제조 단가도 저렴한 것으로 알려졌다.

□ Sixtron Advanced Materials(미국)

Sixtron Advanced Materials은 태양 전지의 태양광에 의한 열화를 방지해주는 Silexium 박막을 개발하였다.

- 다결정 실리콘 태양 전지는 일반적으로 붕소(Boron) 도핑되는데, 이때에 산소도 같이 포함된다. 태양 광선이 실리콘 웨이퍼에 조사될 때에 산소와 붕소는 서로 결합(light induced degradation)되어 셀의 효율을 3-5% 감소시키게 됨
- 카본이 포함되어 있는 Silexium 박막을 코팅하면, 카본이 산소와 먼저 결합하기 때문에 붕소가 산소와 결합하는 것을 막는 것으로 알려짐

□ Suntech(중국)

Suntech는 PERL(Passivated Emitter and Rear Locally diffused) 셀에서 적용되었던 SiO_2/ZnS/MgF_2으로 구성된 이중 반사 방지막 코팅(Double Layer Anti-Reflection coating) PLUTO cell에서는 저가의 공정을 위해 SiNx의 단층 반사 방지막(Single Layer Anti-Reflection coating)으로 변경하여 반사율이 약간 증가한 효과를 나타냈다.

- 기존 PERL 셀은 역피라미드 형태의 조직화(Texturing)를 위해서 마스크를 사용하는 광리소그래피(Photolithography) 공정을 적용하기 때문에 복잡해진 공정으로 인해서 제조비용이 높은 문제점이 있었음
- PLUTO 셀은 전통적인 조직화(Texturing) 공정을 적용하여 수직의 피라미드 형태를 제작함으로써 역피라미드 형태에서 생성된 피라미드 간의 평평한 면을 제거해주어 빛의 반사율을 줄여주었고, 이는 단층 반사방지막으로 인해서 증가된 반사율로 인한 손실률을 감소시켜주는 역할을 해줌

□ Loughborough University(영국)

영국 로프보로 대학(Loughborough University)의 연구진은 태양단지(Solar Farm)에서 발생하는 눈부심을 해결하는 코팅 기술을 개발하였다.

- 이 대학은 태양전지의 유리판 표면에 전지판 표면은 산화 지르코니움과 이산화규소가 서로 교차되어 있는 4개의 층으로 되어 있는 다층 무반사 코팅을 실시하였으며, 이를 통해 효율을 개선하면서 태양전지판 반사로 인한 눈부심을 줄일 수 있었음
- 전체 스택의 두께는 300 nm가 되지 않으며, 연구진은 마그네트론 스퍼터링(Magnetron Sputtering) 기술을 활용하여 코팅 작업을 하였음
- 이 스퍼터링 기술은 영국의 Power Vision사가 안경 렌즈에 AR 코팅을 적용하기 위해 개발한 장치를 통해 이루어는 것으로 알려짐

② 태양전지 이외 용도로 반사방지 기능 코팅 관련업체[26)]

□ 우신산업

우신산업은 나노 기술을 기반으로 멀티레이어 컬러 코팅(Multi Layer Color Coating) 및 기능성 코팅 층을 개발, 생산하는 휴대폰 윈도우 코팅 전문 업체로 내지문 코팅, 반사 방지(Anti-Reflective) 코팅, 초발수 코팅, 내스크래치(Anti-Scratch) 코팅 등을 개발하여 LG전자 핸드폰의 컬러 코팅, 삼성전자 갤럭시탭의 내지문 코팅에 적용하였다.

26) KISTI Market Report, “디스플레이 기능성 소재”, 2013

□ 세화피앤씨

세화피앤씨는 마이크로루버 기술을 이용한 개인 정보 보호 필름 및 지문 방지 필름에 항균 기능을 복합시킨 항균 지문 방지 필름을 개발하여 일본의 탑브랜드사로 OEM 공급하고 있으며, 지문방지와 항균 기능이 복합된 제품 또한 개발하였다.

□ SKC Hass 디스플레이 필름

SKC Hass 디스플레이 필름사는 평판 디스플레이 산업에 사용되는 첨단광학·특수 필름을 개발하여, 양산 체계로 ITO 필름 생산, 국내수요의 30% 이상을 공급하고 있고, 고투명, 고내구의 그레이드를 개발, 휴대 단말용으로 확대 판매하고 있다.

□ CEM TEK(한국)

CEM TEK은 UV 경화형 코팅액, 기능성 코팅액(AF(지문방지) 코팅액, 난반사(Anti-Glare 코팅액) 등을 생산하는 기업으로서 R&D 품목으로 디스플레이용 박막 코팅 소재(고경도, 저반사, AR 코팅액)을 연구개발하고 있으며 그 외 주요 연구개발 품목은 다음과 같다.

- 터치패널용 고투명 점·접착제
- 전극용 바인더 및 페이스트
- Silica 나노 분산졸
- 항균 소재

CEM TEK의 경우, 현재 디스플레이용 코팅액을 생산하고 있으며, 향후 태양전지 AR 코팅액 생산으로 사업전환이 가능할 것으로 보인다.

제 4 장. 수요기업 분석

4.1. (주)럭스코

① 기술소개

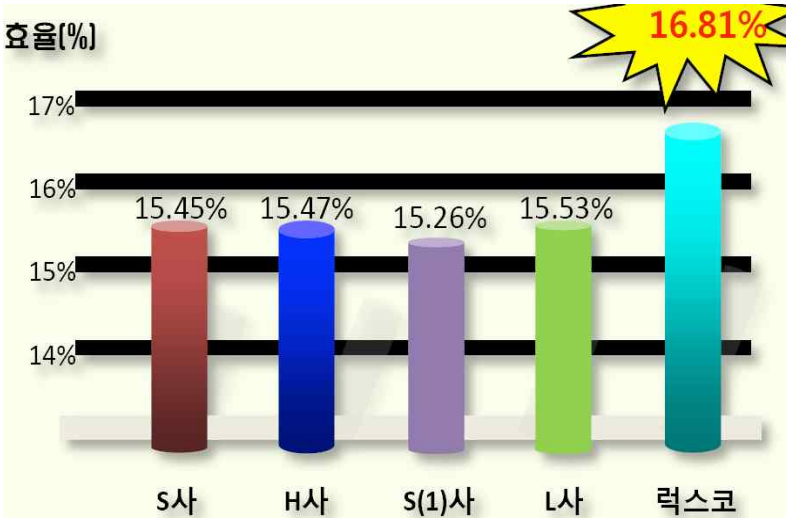
(주)럭스코 태양광 사업에서 주목할 제품 영역은 수상용 태양전지 모듈 및 특수 목적용 태양광 제품이라고 할 수 있다. 동사는 2013년 하반기에는 최소형으로 최대 효율을 실현하는 300Wp급 제품 개발에 성공해 업계의 주목을 받기도 하였다. 수상용 모듈은 (주)럭스코가 약 6개월의 평가기간을 거쳐 개발한 야심작으로 발전 효율 향상을 위해 표면에 특수 코팅이 추가된 강화유리를 적용, 빛에 대한 수면 반사 효과를 극대화시킨 것으로 전해진다. 수상 태양광발전시스템용으로 적합하도록 만들어진 리본제를 사용해 납 성분을 완전히 제거하는 등 친환경 무공해 제품으로 고안되었으며, 특히 최근 태양광 모듈 업계에서 이슈가 되고 있는 기능(PID Free)[27] 적용하였다.

현재 사막 등에 특화한 전용 모듈과 겨울에 눈이 많이 오는 지역에 적합한 제설 기능을 갖춘 모듈을 연구개발 중이며, 이외에도 독립형 태양광 시스템 연구 등 태양광사업에 필요한 다양한 특수 목적용 태양광 제품 개발에 박차를 가하고 있다. 최근에는 동남아, 아프리카, 남미 및 일본 등 전 세계 현지 태양광 우수업체들과 지속적으로 협력 관계를 진행하며 수출 실적을 키워가고 있다. (주)럭스코 보유 주요 설비 및 메이커 현황은 다음과 같다.

[표 14] (주)럭스코 보유 설비 및 메이커 현황

Equipment	FACTORY 1			FACTORY 2		
	Unit(EA)	Total Capa.	Maker	Unit (EA)	Total Capa.	Maker
Cell Tester	1	-	Pasan	-	-	
Tabbing	7	91	NPC, SFA	2	66	Team Technik
Lay up	3	90	Wooil	1	80	Ever Techno
Laminator	6	90	NPC, Wooil	1	60	NPC
Framer	2	120	Shinhwa	1	80	Ever Techno
Simulator	2	96	Spire	1	-	Nisshinbo
EVA Cutter	2	100	Wooil	1	80	Ever Techno
Eff Product Capa.(MW)	90			60		

27) 태양광 모듈에 침투되는 눈·비 등으로 인한 발전효율 감소 현상



출처: (주)럭스코 회사소개, 2014

[그림 20] (주)럭스코 제품과 동일출력대비 업체별 제품효율 비교표(300W급)

② 사업소개

(주)럭스코는 울산을 중심으로 오랫동안 수배전반 전문업체로 성장해 왔으며, 태양광 사업을 위해 문경으로 공장을 이전 확대하였다. 동사는 1998년 선박 및 산업용 배전반을 생산하는 제조업체로 시작한 이후, 2009년 문경 산양산업단지에 태양광 모듈을 생산하는 공장을 건립하면서 태양광 분야에 본격 진출하였다. 2013년에 전자동 생산시스템을 갖춘 2공장을 설립하고 연간 180㎿(1공장 90㎿, 2공장 90㎿) 규모의 태양광 모듈을 생산이 가능하다. 제2공장에는 엑스레이 정밀 촬영으로 불량률을 최소화시키는 EL전수검사시스템, 현존 세계 최고 수준의 스트링 생산 장비인 T&S(Tabber & Stringer) 설비를 갖추고 있어서, 높은 생산 속도를 달성하였다.

(주)럭스코 문경 공장에는 현재 태양광발전 시장에서 가장 일반적으로 적용되는 60셀 태양광 모듈 외에도 54, 60, 66, 72셀 등의 고효율 태양광 모듈을 생산하고 있다.

(주)럭스코의 주요 매출처는 현대중공업으로서 정기 납품하는 제품계열과 함께 자체 개발한 제품계열로 구분되며, 주요 매입처로는 한국전기산업, 현대기전, 금호, 빈코넷솔루션스(제어 및 모니터링 솔루션 공급업체) 등이 있다.

출처: (주)럭스코 회사소개, 2014

[그림 21] (주)럭스코 사업군

[표 15] (주)럭스코 주요 매출처 및 거래비중

(기준 : 2014.12.31., 단위 : 천원)

기업명	거래비중	기업 매출액
현대중공업(주)	74.49%	23,463,461,064
(주)테크로스	5.89%	77,409,623
자일럼워터솔루션코리아(주)	1.03%	17,310,425
에스케이건설(주)	0.44%	8,477,333,506
이수건설(주)	0.43%	344,683,541

출처: Nice평가정보, 2015.

[표 16] (주)럭스코 주요 매입처 및 거래비중

(기준 : 2014.12.31., 단위 : 천원)

기업명	거래비중	매출액
한국전기산업	9.22%	3,462,393
현대기전(주)	5.43%	38,464,005
(주)금호	3.84%	15,602,178
(주)빈코넷마린솔루션스	3.13%	6,614,855
홍덕철강(주)	2.95%	10,475,000

출처: Nice평가정보, 2015.

2014년 (주)럭스코 매출현황은 다음과 같으며, 이를 통해 알 수 있듯이 기존 배전반 사업에서 태양광 모듈 제조업체로의 사업영역 전환을 성공적으로 이룬 것으로 판단된다.

[표 17] (주)럭스코 제품별 매출 구성

기준 : K-GAAP (단위 : 백만 원)

제품명	재무공시 기재금액
선박육상용 배전반	27,760
전기전자부품	9,621
태양광모듈	45,804
합계	83,185

출처: Nice평가정보, 2015

[표 18] (주)럭스코 주요 실적 (2009-2013)

Year	Project	Capacity(KW)	Model
2009	LUXCO HQ(RPS)	3	200Wp
2010	HHI(Hyundai Heavy Industries)	49,000	185~221W
2011	HHI(Hyundai Heavy Industries)	43,000	188~250W
2012	HHI(Hyundai Heavy Industries)	42,000	197~250W
	KWANGMYUNG ELECTRIC	500	250Wp
	ANSAN FACTORY(RPS)		
	HANKOOK STEEL & MILL	1,000	250Wp
	HAMAN FACTORY (RPS)		
	ONE MILLION GREEN HOME PROJECT	143	230Wp
	ILHAN	516	230Wp
	KWANGMYUNG(RPS)	1,000	245/250Wp
2013	HHI(Hyundai Heavy Industries)	40,000	240~250W
	GREEN HOME PROJECT	1,500	250Wp
	ECOS (RPS)	2,000	250Wp
	ETA SOLAR (RPS)	1,500	250Wp
	ND ICOSEP (TENDER)	2,000	250Wp
	DSP ENG	996	300Wp
	KWANGMYUNG (RPS)	700	230~250Wp
	DONGWON	11,000	300Wp
	POSCO	7,500	250Wp
	POWER POINT	4,000	250Wp
	MAST	472	300Wp
	한진중공업	2,400	300Wp
	HK POWER	993	250Wp
	삼화유통	999	260Wp
	WILLINGS	500	250Wp
	TOTAL	76,560KW	

출처: (주)럭스코 기업소개, 2014.

4.2. 신성솔라에너지

① 기술소개

신성솔라에너지는 최근 초고효율 태양전지 제조기술 특허 취득에 이어 이중반사방지막을 적용하는 태양전지 제조기술 특허와 나노팁을 형성하는 제조기술에 대한 특허를 취득하여 기술력 강화를 이룬 것으로 주목받고 있다. 기존 태양전지 제조과정에서는 반사방지막 형성을 위해 실리콘나이트라이드 공정을 단층으로 형성했으나, 동사 기술은 실리콘나이트라이드 대신 복층 구조로 이중반사방지막을 형성해 태양전지 표면에서 빛의 반사율을 떨어뜨리는 효과가 있다.

태양전지 기본 구조인 P-N 접합 형성 시 선택적 에미터 구조를 적용하여 n층의 면저항 영역에서 전극부에 해당하는 면저항을 좀 더 낮게 가져감으로써, 단파장 영역에서 빛 에너지의 흡수율을 높이고, 한편으로는 전극과의 접촉저항을 개선하여 전체적인 태양전지의 변환효율 특성을 개선시킬 수 있는 기술로 전해진다. 이와 더불어 태양전지의 표면 구조 개선을 위해, 기존의 Wet chemical texturing(습식화학식 텍스쳐링) 방식 대신 Deep Reactive Ion Etching(심도반응성 이온식각) 방식을 이용하여 기판 표면상에 나노팁을 형성하여 태양전지 표면 반사율을 낮게 해주는 기술을 확보하였다.

출처: 신성솔라에너지 기업소개, 2015.

[그림 22] 신성솔라에너지 기술개발 현황 및 경쟁력

② 사업소개

신성솔라에너지의 매출실적은 최근에 와서 크게 개선되었으며, 특히 2015년 미국 선에디슨과의 수출 성사(1분기 177억원 규모, 전체 매출에서 42% 차지)가 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 신성솔라에너지는 선에디슨과 태양전지 추가 공급 계약을 맺었으며, 2015-2017 기간 동안 3년간 장기계약이며 총 물량은 1,223MW이다. 그 외에 2014년 중국 르네솔라와 태양전지 공급 계약을 맺었으며, 일본 하야시모토와는 태양광모듈 수출 계약을 맺은 바 있다. 매출은 2015년 글로벌 태양광시장 수요 전망이 47GW 수준으로 상승세를 이어가고 있고, 미국 정부가 중국산 제품에 대해 반덤핑 관세를 부여키로 한 것의 영향이 큰 것으로 분석된다.

4.3. 한화큐셀

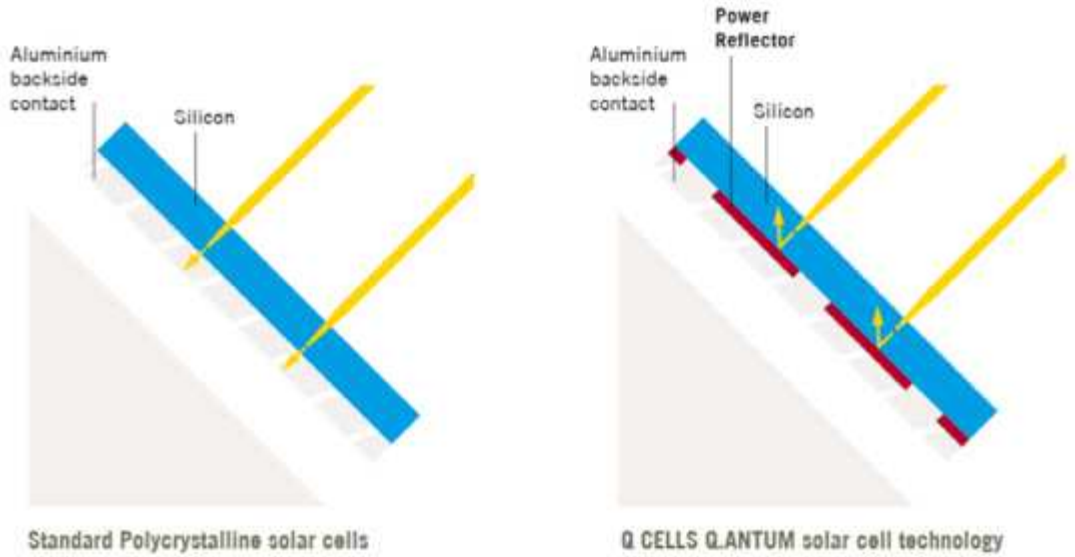
① 기술소개

한화큐셀이 태양전지 발전효율 향상을 위해 확보하고 있는 대표적인 기술은 펄셀(PERC:Passivated Emitter Rear Contact) 기술이다. 한화큐셀이 적용하는 펄셀 기술은 태양전지 효율을 높이는 대표적 방법으로서, 태양전지 후면에 반사방지막·도금전극 등 효율을 높일 수 있는 방법을 총동원하여 일반 웨이퍼를 사용하면서도 고출력 웨이퍼를 사용한 것과 같은 효과를 내는 기술이다.

그 중에서 한화큐셀의 퀀텀셀 기술이 적용된 큐플러스는 뒷면을 무디게 만들고 알루미늄 반사판을 설치해 햇빛을 한번 더 잡아 태양광 발전에 쓰는 구조다. 퀀텀 기술은 셀 뒷면의 표면을 무디게 만들어(부동태화, passivation) 발전유해환경을 차단하고 알루미늄 반사판을 설치해 빛이 통과하지 않고 반사돼 재 발전을 해주는 기술이다.

한화큐셀은 다결정 태양전지 중심 포트폴리오라서 단결정 제품과 경쟁하기 위한 고효율화가 숙제이며[28], 2015년 하반기부터 생산설비에 펄셀 기술을 적용하여 범용제품보다 1% 이상 효율이 향상될 것으로 기대하고 있다. 보편적으로 발전효율을 1% 높이면 시스템 설치비용 4% 감소 효과가 있는 것으로 추산된다.

28) 양산 기준으로 다결정 태양전지 발전효율이 15~16%, 단결정이 18~20% 수준



출처: EKN, “한화큐셀, 국제 태양광산업전 모듈 혁신상”, 2015.09.

[그림 23] 한화큐셀의 퀀텀셀 기술 개념도

② 사업소개

한화그룹은 2012년 한화큐셀 출범으로 한화는 ‘폴리실리콘-셀-모듈-발전 시스템’에 이르는 그룹 내 태양광 수직계열화도 완성하였다.

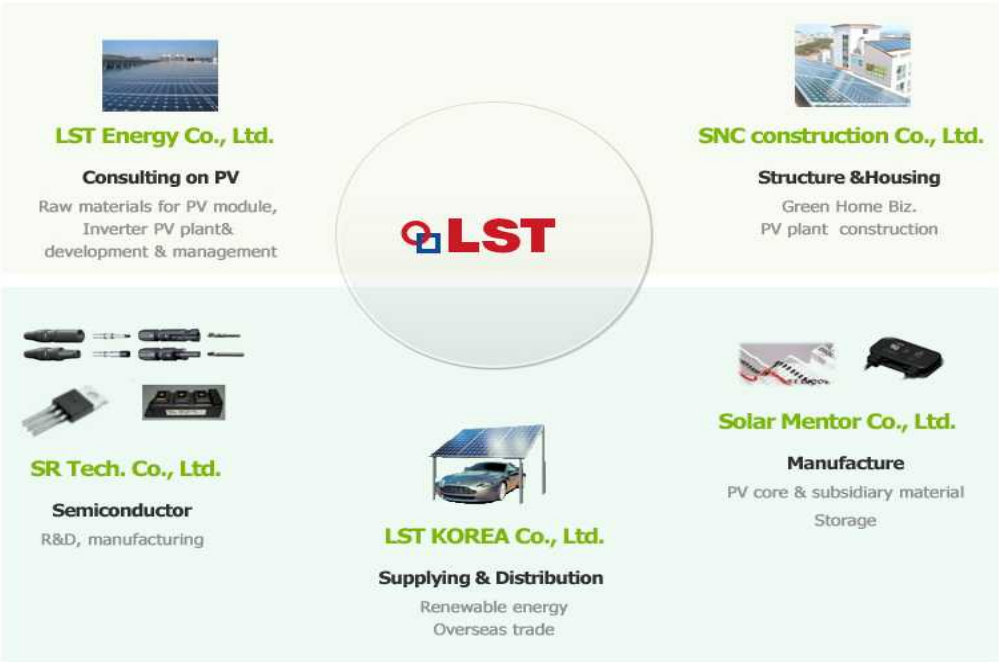
한화큐셀은 2015년 미국 현지 전력회사인 넥스트에라에너지에 올해 4분기부터 2016년 말까지 1년간 총 1.5GW 모듈을 공급하기로 계약하여, 모듈 판매 대금만 약 1조 원에 달하는 매출신장이 기대된다. 1.5GW는 태양광업계 단일 공급계약으로는 사상 최대 규모로서, 250만명이 1년간 사용할 수 있는 전력이며, 한화큐셀 연간 모듈 생산능력 3.23GW 절반에 해당한다.

넥스트에라가 2017년 이후 건설하는 태양광 발전소에 모듈을 공급할 수 있다는 단서를 이번 계약에 포함시켜서 추가계약 여지까지 확보하였다. 최근 중국 태양광기업 진출이 활발했지만 품질과 완성도 면에서 이들을 따돌리고 한국이 따낸 것의 의미가 크며 이후 참여 프로젝트를 늘려가면 한국 태양광 북미 입지도 더 단단해질 전망이다.

[그림 24] 한화 태양광 사업구조

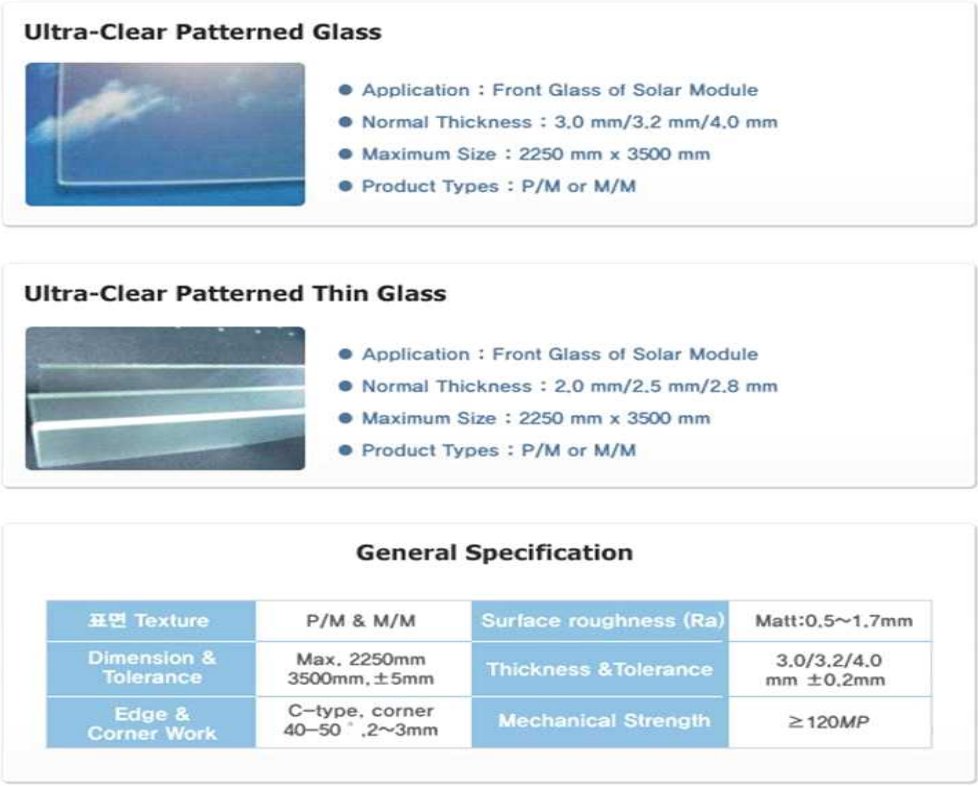
4.4. LST에너지

LST에너지는 태양광 모듈, 인버터, 구조물, 유지보수 등 태양광 발전 시공 사업을 비롯해 모듈원부자재, 구조물, 인버터 등의 유통, 접속반, 다이오드 등 제조에 이르기까지 관련 기술개발과 컨설팅 업무를 수행하였고, 해외 에너지 선진국의 유명 메이커와 제휴를 맺고 내수 및 해외 프로젝트를 추진하고 있다.



[그림 25] LST에너지 사업영역

태양광 모듈에는 태양광 투과율 최대화, 반사율 최소화, 모듈의 내후성 강화를 위해 태양광 Glass를 사용한다. 태양광 Glass는 태양광 모듈을 보호해 주어야 하기 때문에 충격 강도가 일반 유리의 3배 이상인 강화유리와 투과율이 높아 모듈 조립에 따른 효율감소 효과를 최소화하기 위해 저철분 Glass가 쓰이는 경우가 대부분이다.



[그림 26] LST에너지 Solar Module Glass

[표 19] LST에너지 Solar Module Glass 광학적 특성

Thickness (mm)	Texture	Transmittance of Visible Light (380-780nm)	Transmittance of PV Solar Energy (380-1100nm)	Transmittance of Total Solar Energy (380-2500nm)
3.0	M/M	91.9%	91.9%	91.9%
	P/M	91.5%	91.5%	91.5%
3.2	M/M	91.9%	91.8%	91.8%
	P/M	91.5%	91.4%	91.4%
4.0	M/M	91.8%	91.6%	91.6%
	P/M	91.3%	91.2%	91.2%

4.5. Solar Glass 생산업체 현황[29)]

기업명	국가	직원수	원자재 유형	고객수
ACHT	중국	2,400	투명패턴글라스	9 (솔라글라스)
AGCSolar	벨기에		투명패턴글라스,AR코팅글라스,TCO코팅글라스,BIPV글라스	14 (솔라글라스), 14(TCO코팅글라스)
AlliedGlasses	인도	150	투명글라스,투명패턴글라스	
AVICSanxin	중국		투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스,TCO코팅글라스	6 (솔라글라스)
BaodingDongfaTianyingNewEnergyResources	중국	70	투명패턴글라스	
BorosilGlassWorks	인도		투명패턴글라스	14 (솔라글라스)
CangjiaNewEnergy	중국	100	투명글라스,AR코팅글라스	
ChangshuXingfuGlassBuildingMaterial	중국	200	투명글라스	2 (솔라글라스)
ChangzhouAlmaden	중국	1,500	AR 코팅글라스	7 (솔라글라스)
ChangzhouHongxie	중국		AR 코팅글라스	1 (솔라글라스)
ChaohuWeiyeGlass	중국		투명글라스	4 (솔라글라스)
ChinasunpowerGlass	중국	130	투명글라스	1 (솔라글라스)
DongguanCitySanFengGlass	중국		투명글라스,투명패턴글라스	2 (솔라글라스)
DongguanYuxingGlass	중국	110	투명패턴글라스	14 (솔라글라스)
DongxingGlass	중국		투명패턴글라스	
DSMAdvancedSurfaces	네덜란드	22,000	AR 코팅글라스	
Ducatt	벨기에		투명패턴글라스	
Euroglas	독일		투명글라스,TCO코팅글라스	
F|Solar	독일		AR 코팅글라스, TCO코팅글라스	

29) http://kr.enfsolar.com/directory/material/glass

FarEastPhotoelectric	중국		투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스	
FlatSolarGlass	중국	1,500	투명패턴글라스,TCO코팅글라스	19 (솔라글라스)
FuRui	중국		투명글라스	
FujianXinfuxingGlass	중국	600	투명패턴글라스	
GFGlass	중국	300	투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스	3 (솔라글라스)
GlasfabrikLamberts	독일		투명글라스,투명패턴글라스	
GlaswerkeArnold	독일		BIPV글라스	
GSCToughenedGlass	인도		투명패턴글라스	
GuangdongGoldenGlassTechnologies	중국	1,000	투명패턴글라스,BIPV글라스	9 (솔라글라스)
GuardianGlobal	미국		투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스,볼리브덴Mo글라스	
HaidaSafetyGlass	중국	385	투명패턴글라스	7 (솔라글라스)
HainanSpecialGlassMaterials	중국		투명글라스,TCO코팅글라스	
HangzhouJielingMachineryEquipment	중국	50	AR 코팅글라스	
HangzhouPuyangPhotovoltaicGlass	중국	100	AR 코팅글라스	1 (솔라글라스)
HebeiYingxinGlassGroup	중국	3,000	투명글라스	
HEC	중국		투명패턴글라스	
HeckerGlastechnik	독일	200	AR 코팅글라스	
HeheHoldingGroup	중국	3,200	투명글라스,투명패턴글라스	
HMSolarGlass	중국	450	투명글라스,투명패턴글라스	18 (솔라글라스)
HNGFloatGlass	인도		투명글라스	
Honkai	중국	50	TCO 코팅글라스	
HuiYangDalinGlass	중국		투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스	
HuizhouE-FlySolar	중국		TCO 코팅글라스	
ImpactSafetyGlass	인도		투명패턴글라스	1 (솔라글라스)
Interfloat	리히텐슈타인		투명패턴글라스,AR코팅글라스	
IRICOGroup	중국		투명글라스	2 (솔라글라스)

JiangsuJindaNewEnergyDevelopment	중국		투명글라스,AR코팅글라스,TCO코팅글라스	
JiangsuYataiNewEnergyAndTechnology	중국		투명글라스	4 (솔라글라스)
JinXinSolarGlass	중국		투명글라스	1 (솔라글라스)
JinJingScience&Technology	중국	5,000	투명글라스	
JMTGlass	중국		AR 코팅글라스	
KediGlass-ceramicIndustrial	중국		투명글라스	
LanticSuzhouNanotech	중국		투명패턴글라스,AR코팅글라스	
LinyuanShimingGlass	중국	600	투명글라스	
NakajimaGlass	일본	220	투명글라스	1 (솔라글라스)
NanjiingZhongyuSolarGlassTechnology	중국	500	투명패턴글라스,AR코팅글라스	2 (솔라글라스)
NanjingZhaoyangGlass	중국		투명패턴글라스,AR코팅글라스	3 (솔라글라스)
NBSGlass(Suzhou)	중국	500	투명글라스,AR코팅글라스	
NingboYinzhouKunqianGlass	중국		투명패턴글라스	
NipponSheetGlass	일본	2,600	AR코팅글라스, TCO코팅글라스	2 (TCO 코팅글라스)
Pilkington	중국	500	투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스,TCO코팅글라스	1 (솔라글라스)
PilkingtonGroup	영국	3,000	투명패턴글라스	3(솔라글라스), 1(TCO코팅글라스)
Polysolar	영국		BIPV글라스	
PPGIndustries	미국		투명글라스,TCO코팅글라스	
QingdaoCngrowGlass	중국	80	투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스	
QingdaoFloatGlass	중국	1,600	투명패턴글라스	
QingdaoJinjing	중국	3,000	투명패턴글라스	6 (솔라글라스)
QinghuaOpticsLens	중국	60	투명글라스,투명패턴글라스	11 (솔라글라스)
QinhuagdaoJunengPVGlass	중국		투명패턴글라스	
QinhuangdaoBoyeGlass	중국	50	투명글라스	
QinhuangdaoTianruiTemperedTechnicalGlass	중국		투명패턴글라스	

QinhuangdaoZiyuElectronic	중국		투명패턴글라스,AR코팅글라스	
SaintGobainSolar	프랑스		투명패턴글라스,AR코팅글라스	7 (솔라글라스)
Schollglas	독일		투명패턴글라스,AR코팅글라스	
SendaTianjinGlass	중국	200	투명글라스	
ShandongLijingGlass	중국		투명글라스	
ShanghaiChungeGlass	중국		투명글라스	1 (솔라글라스)
StanleyGlass	대만	200	투명글라스,투명패턴글라스	3 (솔라글라스)
SunBearSolar	홍콩		AR 코팅글라스, TCO코팅글라스	
Sunarc	덴마크		투명글라스	
Sunshinesolar	중국	100	투명패턴글라스	
SuzhouLiangshengSpecial Glass	중국		AR 코팅글라스	14 (솔라글라스)
SYPSpecialGlass	중국	501	투명패턴글라스,TCO코팅글라스	10 (솔라글라스)
TaishanHuayueGlass	중국	500	투명패턴글라스	
TaiYueGlass	중국		투명패턴글라스,AR코팅글라스,BIPV글라스	3 (솔라글라스)
TaizhouTaiqiGlass	중국		투명패턴글라스	3 (솔라글라스)
TargrayTechnology	캐나다	100	투명패턴글라스,AR코팅글라스	
TGFujianPhotovoltaicGlass	중국	600	투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스	6 (솔라글라스)
TianjinSeedGlass	중국		투명글라스,투명패턴글라스	18 (솔라글라스)
TianjinYuanyangHongBinPV Glass	중국	500	투명글라스,투명패턴글라스	
TianjinZhongTianLi	중국		투명패턴글라스,AR코팅글라스	6 (솔라글라스)
TianjinZhonghuanPhotovoltaic	중국	1,000	투명글라스	5 (솔라글라스)
TMSolarPower	중국	450	투명글라스	1 (솔라글라스)
TopraySolar	중국	3,000	투명패턴글라스	3 (솔라글라스)
TrakyaCamSanayii	터키		투명글라스,투명패턴글라스,AR코팅글라스	

UnionGlass	이탈리아		BIPV글라스	
VetroSolar	독일		투명글라스,투명패턴 글라스	
Vidur	스페인		BIPV글라스	
VidurSolar	스페인		투명글라스	

제 5 장. 결론

태양전지 반사 방지막의 원리는 상층에서 반사된 빛과 하층에서 반사된 빛이 서로 상쇄간섭을 일으키도록 하는 것이다. 최근 국내에서 주로 사용되고 있는 태양전지 반사 방지막은 반사 방지막의 역할과 실리콘 표면에 생긴 결함을 비활성화시키는 역할을 병행하는 질화 실리콘(SiNx) 막이 주류이며, 심도반응성 이온 에칭, 광결정 반사 방지막 등이 있다.

반사 방지막을 제조할 때에 정확한 굴절률 조절과 반사 방지막의 두께 조절, 그리고 광흡수율을 줄이는 것이 중요하며, 주요 방법으로는 스프레이, 스크린프린팅, 스핀 코팅, 딥핑(dipping), 스퍼터링, CVD(Chemical vapor deposition), PVD(physical vapor deposition), 전기분해법(Anodization), 실리콘의 열 산화(thermal oxidiation)법 등이 있다.

최근 주목받고 있는 초발수성(Superhydrophobic) 또는 내지문(Anti-Finger) 코팅은 고체표면의 젖음성을 제어하여 스스로 디스플레이 표면을 깨끗하게 유지할 수 있도록 하는 기술이다.

2015년 SNE Research에 의하면 2014년 기준으로 전 세계 신규 태양광 시장은 용량 기준으로 약 40.3GW($115.9Mil) 이었으며 2015년의 경우 전년 대비 36% 성장한 약 54.8GW($142.5Mil)가 예상된 바 있다. 2016년 글로벌 태양광 시스템 평균 가격은 $1.2/W로 전년 대비 7% 가량 하락했으며, 2020년 태양광 시스템 가격은 $1/W 미만으로 형성될 전망이다.

PV 분야에서 주목할 만한 기업동향으로서, 글로벌 석유회사 및 전력회사들은 신재생에너지 보급 확산에 따른 위기감이 높아지고 있고 이에 대한 대응 방안으로 신재생에너지 분야 진출을 서두르고 있으며, 특히 글로벌 석유회사들도 “포스트 오일시대”를 맞아 화석연료 사업에서 탈피, 청정에너지 분야로 사업재편을 가속화하고 있는 상황이다. 또한 세계적으로 디스플레이 윈도우 및 태양전지 유리 커버에 대한 반사 방지, 내스크래치, 내지문, 초발수에 의한 이물질 부착 방지 등의 기술 니즈가 증가하고 있다.

AVIC Glass 태양전지 AR코팅 유리의 일반적 특성, 광학적 특성, 내구성 실험 결과 등은 국내 관련기업의 개발목표 설정시 참고할 만한 항목이 다수

존재하는데, 가령 유리의 외부표면에 나노소재를 사용하여 고효율적인 AR층을 형성하기에 투과율을 2.0% 이상 향상시키고, 템퍼링공정을 거쳐 AR코팅층과 유리가 견고하게 결합해 산성비, 덥고 다습한 기후, 춥고 다습한 기후 등 다양한 기후에 견딜 수 있는 점에 주목할 필요가 있다.

국내 기업으로는 신성솔라에너지, 한화큐셀, LST에너지 등이 있지만 그중 (주)럭스코는 태양광 사업 타겟으로서 수상용 모듈, 사막용 모듈 등 틈새분야에 적용 가능한 PV 모듈을 출시 혹은 개발하고 있으며, 주요 요구사항으로서 수면 반사효과 극대화, 제설기능, PID Free 등의 특성을 강조하고 있는 점은 AR 코팅막 개발에 중요한 사항으로 볼 수 있다.

사업화 전략으로서 목표 고객별 판매 전략을 다각화할 필요가 있다. 태양광 모듈 제조업체 대상으로는 자가세정 기능의 부각, 내노화·내구성, 내마모·결로동결 등에 대한 성능제시가 반드시 필요하다. 또한 수상용 태양광 모듈 및 사막용 태양광 모듈과 같은 특수 태양광 모듈에서의 성능 및 품질 보증이 뒤 따라야 할 것이다. AR 코팅유리 납품업체를 대상으로 하는 판매에 있어서는 AR 코팅 관련 인증의 확보 현황 제시를 바탕으로 주요 보증 사항에 대한 제시가 중요할 것으로 판단된다.

<참고문헌>

[1] EP&C, “태양전지 효율향상을 위한 반사 방지막 기술동향, 2013. 02.
[2] 중소기업청, “2013년 중소기업 기술로드맵-나노융합”, 2013
[3] Biz@CEO, “(주)유니티엔씨, 코팅유리로 태양전지 고효율 실현, 2010.05.
[4] 유니티엔씨, “PV Glass 롤코팅시스템 및 태양전지의 성능향상을 위한 분석 장비 개발”, 2012
[5] ㈜럭스코, “태양광 모듈 제조”, 2015. 04.
[6] EKN, “한화큐셀, 국제 태양광산업전 모듈 혁신상”, 2015. 09.
[7] Transparency Market Research, “Anti-Reflective Coatings Market-Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2014-2020”, 2015. 10.
[8] Pilkington, “Pilkington Sunplus™”, 2015
[9] Almaden, “2mm AR Coating Solar Glass”, 2014
[10] DSM, “Anti-Reflective Coating on PV Cover Glass”, 2014. 10.
[11] AGC, “Overview of Flat Glass Industry Supply & Demand”, 2013
[12] Green Rhino Energy, "Value Chain Activity: Manufacturing Solar Glass", 2007
[13] Nice평가정보, 2015
[14] AGC Solar, http://www.agc-solar.com
[15] AVIC Glass, http://avic-glass.kr
[16] AVIC Glass, http://avic-glass.kr/product-3-3-anti-reflective-solar-glass-kr/137908
[17] LST에너지, www.lstkorea.kr
[18] 유니티엔씨, http://www.unitnc.com
[19] Solar Innova, http://www.solarinnova.net/
[20] http://kr.enfsolar.com/directory/material/glass