



III. 태양광

- Part I 태양광 발전 기본 원리 및 제조과정
- Part II 태양전지 기술 방향
- Part III 부품 별 Supply Chain
- Part IV 태양광 발전 글로벌 현황
- Part V 의미있는 관련주 뽑아내기

정유/화학/신소재

Analyst 이안나

02 3779 8936

annalee@ebestsec.co.kr



이베스트투자증권 이안나입니다.

뺏속시리즈의 기본적인 취지는 자세한 기술적 분석 및 이해를 통해 성장산업 속 중요한 소재 및 제품을 제대로 선택하기 위한 일종의 '**기술서**'입니다.

저의 모든 Report에서 강조 드렸듯이 이제 석유화학산업의 Spread Play 시대는 끝났습니다. 점점 원유 베이스 화학 소재에 대한 가동률은 감소할 것이며 성장 산업에 대한 소재 개발 및 M&A가 지속될 것입니다. 이미 석유화학산업의 프리미엄 요인으로 'EV 배터리', '수소경제 관련 소재', '태양광 관련 소재', '친환경 바이오 소재' 등이 시장에 등장하였습니다. 저는 그 동안 수소경제에서 '탄소섬유'를, 그린뉴딜에서 간과했던 '바이오 플라스틱'을 시장에 화두로 던져왔습니다. 그리고 그 기준은 항상 기술의 방향성이었습니다. 기술력 좋은 소재라고 다 성장산업이 되는 것은 아닙니다. 이는 10년이라는 매니저 생활 동안 적어도 성장산업에 대한 투자는 기술적인 정확한 이해 없이는 Risk가 크다는 것을 깨달았기 때문입니다. 이에 대한 리서치 반영을 목표로 애널리스트 세계에 들어온 만큼 앞으로도 '뺏속시리즈'를 통해 의미 있는 성장산업, 그리고 소재를 발굴하고자 합니다.

[뺏속시리즈 III. 태양광]편은 참 많은 생각을 하게 하는 산업이었습니다. 태양전지 제조 관련 제품들은 중국이 장악하고 있는 상황에서 국내 기업에 대한 투자포인트를 찾기가 어려웠기 때문입니다. 특히, 태양광 산업은 아무리 좋은 기술이라도 가격 경쟁력이 없으면 수요로 이어지지 않습니다. 이러한 이유로 태양광 발전 사업에 진입했던 국내 기업들은 중국에 밀려 대부분 철수한 상황입니다. 그렇다면 태양광 산업 안에서 국내 기업에게 의미 있는 분야는 없는 걸까요? 아닙니다. 고부가가치 사업을 중심으로 접근한다면 길이 있습니다.

태양광 산업에서 국내 기업에 의미 있는 분야는 '**3세대 태양전지**', '**VPP**'사업입니다. 특히, 'VPP' 사업은 분명 큰 성장의 기회를 마련해줄 것입니다. 따라서 이번 태양광 편에서의 추천 종목은 '**VPP**를 선택한 **한화솔루션**'입니다. 그리고 제조에서 의미있는 성장성을 보여주고 있는 해외 기업 '**LONGi**', '**First Solar**'도 함께 다루고자 합니다.

감사합니다.

Contents



뱃속시리즈 | Ⅲ. 태양광 |

Part I	04	태양광 발전 기본 원리 및 제조공정
Part II	17	태양전지 기술 방향
Part III	30	부품 별 Supply Chain
Part IV	41	태양광 발전 글로벌 현황
Part V	48	의미있는 관련주 뽑아내기

Part I

태양광 발전 기본 원리 및 제조공정

Key-point

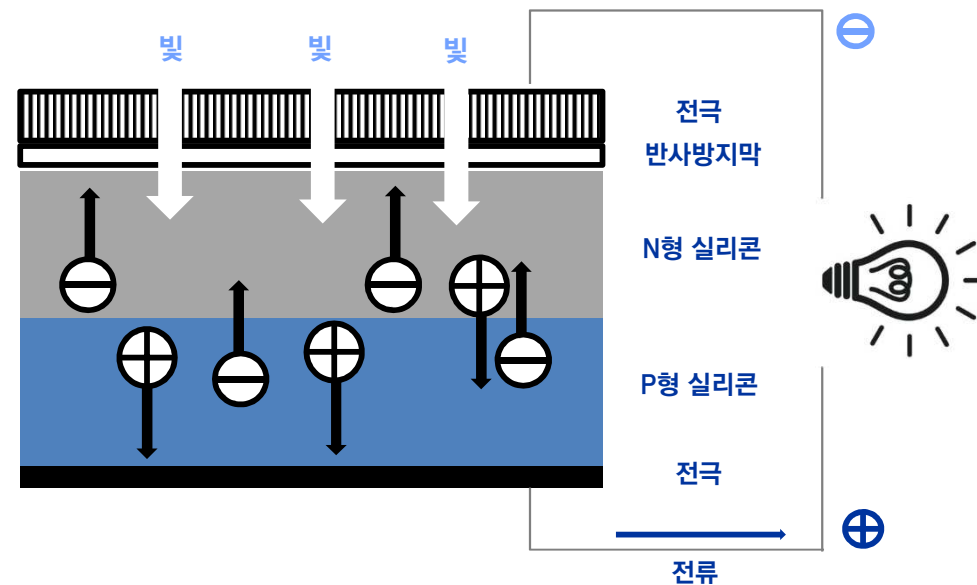
- 터빈 없이 발전 가능한 태양광

태양광 발전 기본 원리

● 태양전지 기본 원리

- 태양으로부터의 빛 에너지를 직접 전기에너지로 바꾸어주는 발전 방식
- PN접합 구조를 가진 태양전지가 핵심
- P형 반도체는 가전자 수가 1개 적은 13족 원소를 불순물로 넣고, N형은 1개 많은 15족 원소를 불순물로 넣음
- PN형 접합이 만들어지면 N형에서 나온 남은 전자가 P형으로 들어가는 이동이 반복되면서 전기 발생
- PN형 접합 상하부 전극: N형으로 이동한 전자, P형으로 이동한 정공을 각각 수집하는 역할
- 다른 발전과 가장 큰 차이점: 빛 자체가 전기 이동을 가능하게 하기 때문에 터빈 없이 에너지 발전이 가능

태양전지 구성

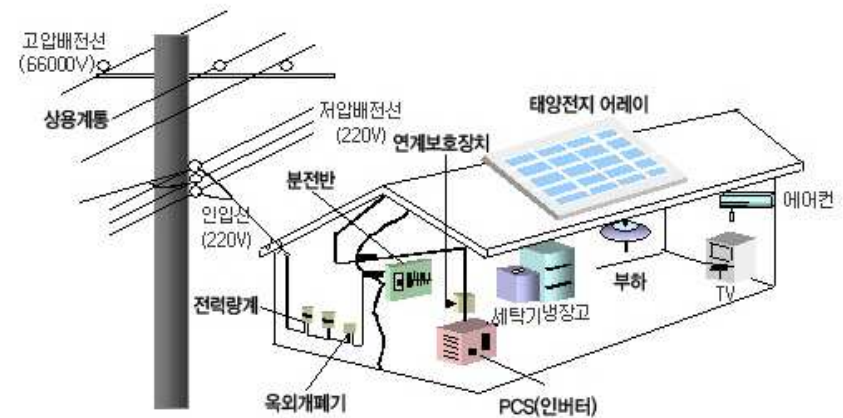
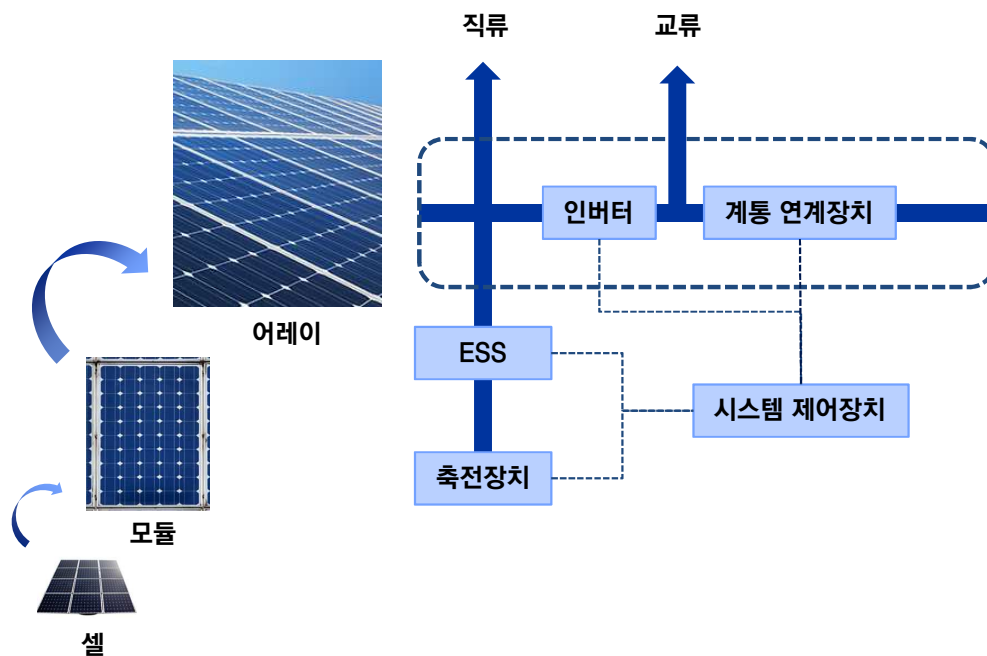


태양광 발전 기본 원리

● 태양광 발전 기본 원리

- 태양전지 각 전극에 저장된 전기는 DC(직류) 전류 형태. 이를 AC(교류)로 바꿔야 함. 이 때 사용되는 것이 태양광 인버터
- 인버터에서 DC를 AC로 변환한 다음 AC 전기가 전기 그리드로 전달됨
- ESS: 전기를 일시적으로 저장할 수 있는 장비. 낮에 생산된 전기를 저장해두었다가 원하는 시간에 필요한 만큼의 전기 사용
- 특히, 태양광 ESS 설치를 통해 전기를 저장한 후 태양광 피크타임(10~16시)을 피해 공급하는 전력량에 대해서는 REC 가중치 4.0배(국내) 부여

태양광 발전 시스템



태양전지 종류

● 태양전지 종류

- 빛을 흡수하는 소재의 종류에 따라 실리콘계, 화합물계, 유기물계로 구분
- 상용화 순서에 따라서는 1세대(결정질 실리콘), 2세대(실리콘 박막, CIGS 및 CdTe 박막), 3세대(염료감응, 유기박막) 및 차세대로 구분
- 2020년 상반기 기준, 여전히 1세대(결정질 실리콘)가 태양광 시장의 90% 이상 차지. 다만, 결정질 중 단결정이 빠르게 증가

태양전지 종류별 효율 및 특징

종류			특징	변화효율	단계
실리콘계	결정계	단결정	200 μ m 정도의 얇은 단결정 Si 기판 이용	~19%	실용화
			장점 : 성능, 신뢰성		
		다결정	과제 : 저가격화	~15%	실용화
			작은 결정이 집합된 다결정 기판 이용		
화합물계	박막계	장점 : 단결정보다 저렴	~9% (비정질)	실용화	
		과제 : 단결정보다 효율 낮음			
		a-Si이나 미세결정 박막을 기판 위에 형성			
	CIGS계	장점 : 대면적으로 양산 가능	~14%	실용화	
		과제 : 효율 낮음			
		Cu, In, Se 등을 원료로 하는 박막형			
	CdTe계	장점 : 자원절약, 양산가능, 저가격	~13%	실용화	
		과제 : In의 자원량			
Cd, Te을 원료로 하는 박막형					
집광계	장점 : 자원절약, 양산가능, 저가격	셀 효율 ~38%	연구단계		
	과제 : Cd의 독성				
	III 족과 V 족 원소로 된 화합물 다접합, 집광기술 적용				
유기계	염료감응	장점 : 초고성능	셀 효율 ~14%	연구단계	
		과제 : 저가격화			
		TiO2에 흡착된 염료가 광을 흡수하여 발전하는 새로운 타입			
	유기박막	장점 : 저가격화 가능성	셀 효율 ~12%	연구단계	
		과제 : 고효율화, 내구성			
		유기반도체를 이용하는 박막형			

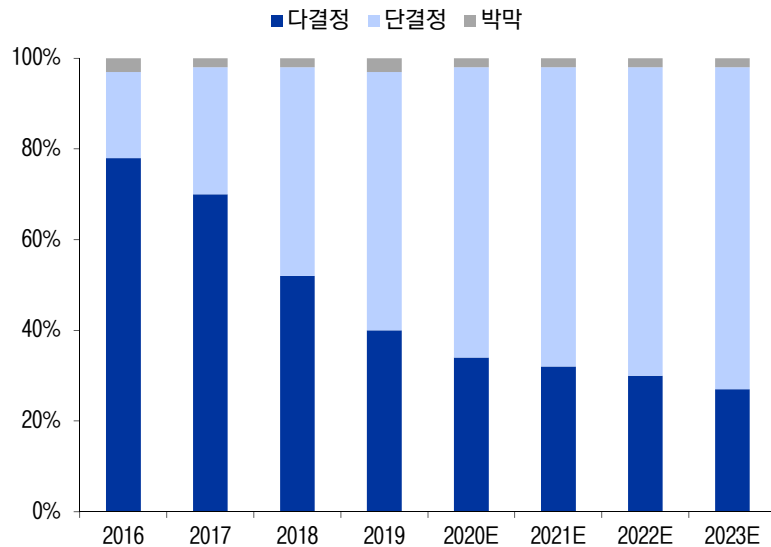
자료: 신재생에너지백서, 이베스트투자증권 리서치센터

태양전지 특성

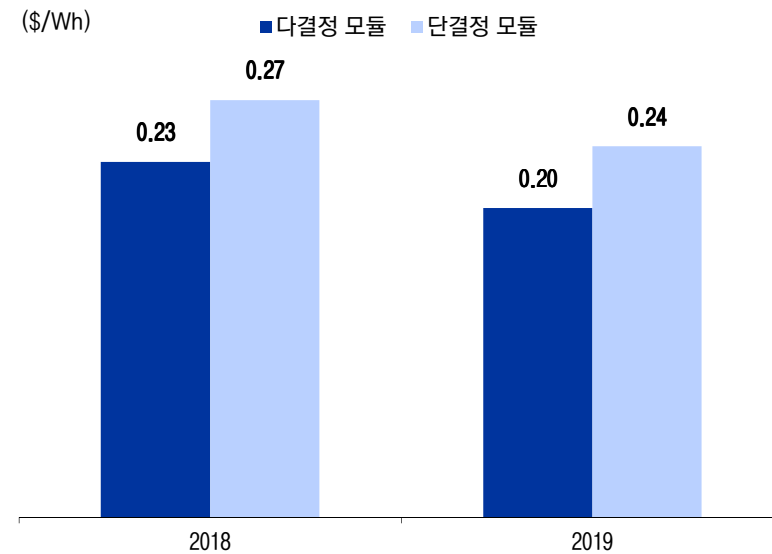
● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- 가장 역사가 오래된 형태. 크게 다결정과 단결정으로 구분
- 단결정과 다결정의 차이는 원자 배열과 방향. 쉽게 말해 단결정은 모든 구간의 원자 배열과 방향이 같은 것을 의미
- 단결정: 다결정에 비해 전자 이동에 걸림이 없어 변환 효율이 높은 것이 특징. 또한 일조량이 적을 때에도 비교적 발전이 양호
- 다만, 단결정으로 제조 시, 생산비용이 높아져 상용화 어려웠음. 그러나 2015년 상반기, 단결정 실리콘 제조 비용도 충분히 낮아지면서 현재는 단결정 수요가 다결정을 넘어서고 있음
- 단결정 생산비 낮아짐의 의미: 태양전지에서는 11N(99.99999999%)급 고순도 사용하지 않아도 됨. 6N~9N급 사용 시, 단위 전력당 전력 생산비가 다결정과 거의 비슷하게 된 것. 가장 많이 사용되는 단결정 Si 순도는 6N급임

단결정, 다결정 생산비율



단결정, 다결정 모듈 가격 차이



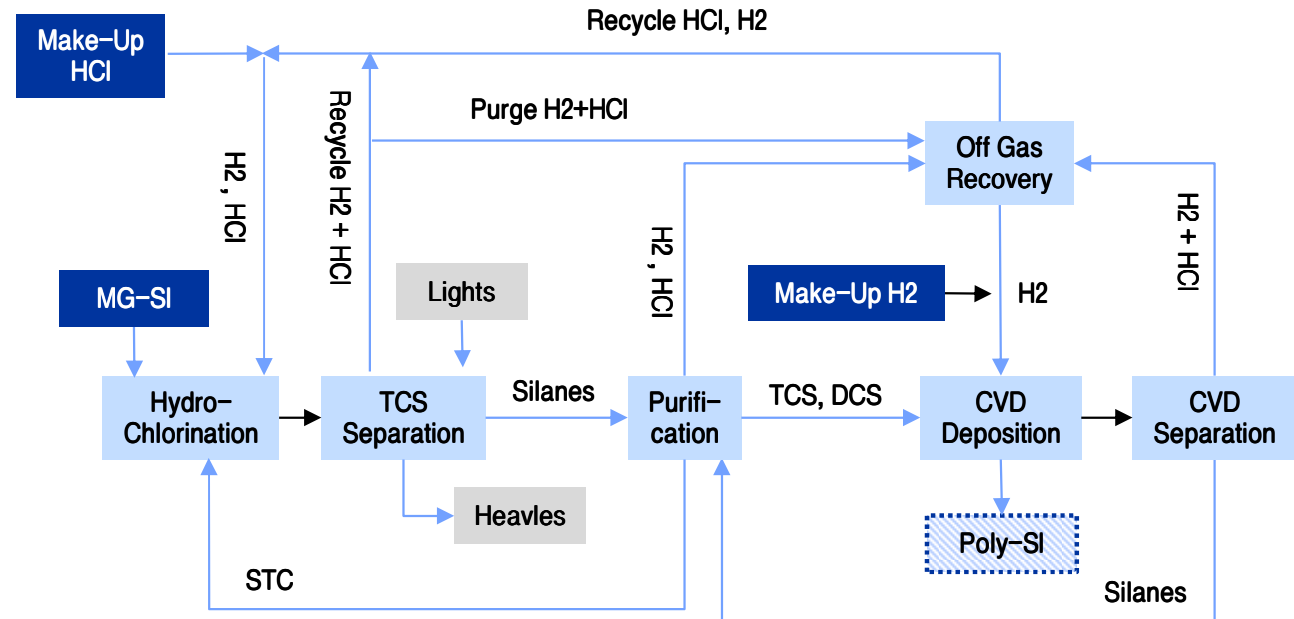
자료: Statista, 이베스트투자증권 리서치센터

태양전지 제조공정

● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- 단결정이든 다결정이든 폴리실리콘 제조를 기반으로 하며, 웨이퍼 제조에 차이가 있음
- **폴리실리콘 제조공정:** 실리콘을 포함하고 있는 광석을 전기로에서 정제시키는 것으로 시작. 태양전지에 쓰이는 실리콘은 기본적으로 순도 5N(99.999%) 이상이 요구됨
- 이산화규소(SiO_2)를 탄소(숯 또는 코크스 등)와 함께 전기로에 넣어 1,800~1,900도씨에서 용융 $\rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$ 화학 반응 발생
이 중, CO는 가스이기 때문에 날아가고 Si만 남음 $\rightarrow$ 금속급 약 98% 순도 실리콘 생성
- 금속급 실리콘(MG-Si)을 가용로에 투입 후 실란가스와 화학반응 $\rightarrow$ chunk 형태의 고순도 폴리실리콘 생산
- chunk 형태의 고순도 폴리실리콘을 주형에 넣고 열과 압력을 가해서 녹였다가 서서히 식히면서 다결정 실리콘 잉곳 생산

폴리실리콘 제조공정



태양전지 제조공정

● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- 단결정 실리콘 제조공정: chunk 형태의 고순도 폴리실리콘까지 생산한 후 공정 달라짐. 폴리실리콘에 불순물인 붕소 또는 인을 함께 넣어 고온으로 용융시키는 것이 단결정 실리콘의 핵심
- CZ법: 전통적인 반도체 웨이퍼 제작 기법. 폴리실리콘을 석영(Quartz)과 흑연(Graphite) 도가니 속에 넣고 고온으로 가열하면 실리콘이 녹아 액체 상태가 됨. 이 액체 속에 종자 결정(seed crystal)을 담가 천천히 상부로 끌어올리며 회전시켜 종자 결정 방향과 일치하도록 하는 것
- 이 때, 폴리실리콘 chunk와 용액이 맞닿는 부분의 형태, 온도 분포를 최적화하여 제어하는 것이 중요
- 결정을 끌어올릴 때 올라오는 단결정은 같은 구조를 띄지만 간혹 다른 구조의 결정이 생성되는 경우 발생. 이를 방지하기 위해 인상 시작 직 후, 결정 지름을 얇게 하는 것이 중요
- 단결정 실리콘의 약 90%가 이 제조방법으로 만들어짐

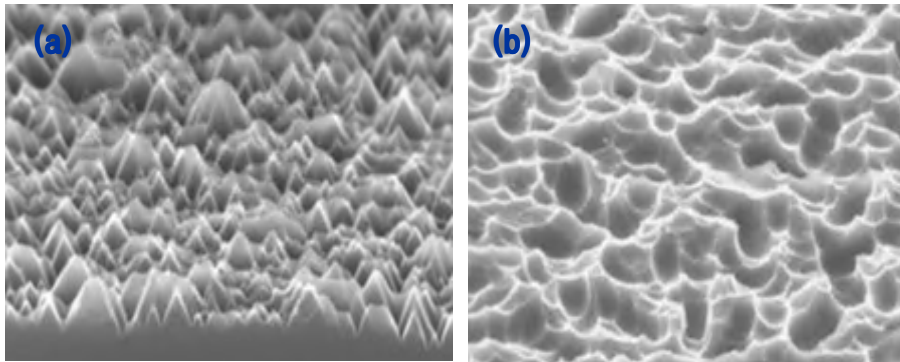
CZ법 잉곳 제조방법



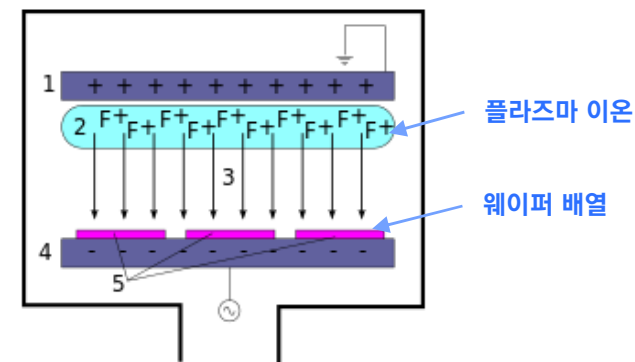
● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- 웨이퍼 절단: CZ법을 통한 잉곳 제작 후, 절단기를 통해 적절한 두께로 자름. 현재 상용화된 실리콘 웨이퍼 두께 평균은 $160\mu\text{m}$. 얇은 두께는 성능보다는 가격 면에서 이득
- 웨이퍼 세정: 웨이퍼의 불필요 불순물들은 태양전지의 성능, 신뢰성, 생산 수율에 영향을 줌
- 표면 조직화: 폴리싱 및 세정 작업 마친 웨이퍼 표면 반사도는 약 30% 정도. 태양전지는 반사가 적을 수록 좋기 때문에 광 흡수율을 높이기 위해 표면 조직화 공정을 거침. 태양전지 표면을 피라미드 구조를 형성하도록 함
- 단결정 표면 식각: 비등방성 방법 사용. 특정 면(더 조밀한 면)을 다른 면에 비해 빨리 용해시키는 방법
 - 1) 2%의 KOH(수산화칼륨) 수용액에 IPA(이소프로필 알코올)를 첨가하여 $85\sim 90^\circ\text{C}$ 에서 20분 동안 처리, 또는 2) 물과 IPA를 9:1로 섞은 용액에 2%의 NaOH(수산화나트륨) 수용액을 첨가하여 80°C 에서 15분간 식각하는 방법 주로 사용
- 다결정 표면 식각: ‘산’ 용액을 이용한 RIE(Reactive Ion Etching) 건식 식각 방법 사용. 플라즈마 상태의 이온들이 웨이퍼에 빠른 속도로 부딪혀 충격을 일으키거나 웨이퍼와 결합 후 떼어지면서 식각하는 방법
- 식각 후 반사율: 단결정 웨이퍼 반사율 12% 이하, 다결정 웨이퍼 반사율 10% 내외

(a) 단결정, (b) 다결정 식각 후 웨이퍼 표면



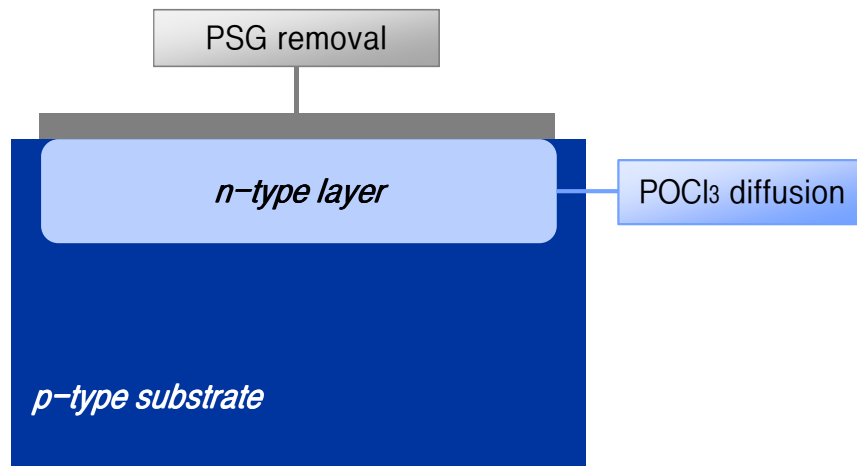
RIE(Reactive Ion Etching) 챔버 내 기본 구조



● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- 불순물 주입(Doping): 전자가 이동하여 전기가 발생할 수 있도록 불순물을 주입하는 작업. 기준 웨이퍼는 n-type보다는 p-type을 주로 사용
- 이유는 p-type 전자 이동도가 양공 이동도보다 좋기 때문 (즉, 전자가 직접 이동하는 것이 더 효율적이라는 의미)
- 앞 서 텍스처링까지 끝낸 두께 160 μm p-type 웨이퍼 위에 n층을 형성시켜 줌. n층은 5족 원소를 포함하는 POCl_3 를 열처리를 통해 P(인)을 Si 속으로 확산하여 형성. n층 두께는 500nm 이하이며 이를 에미터(emitter)층이라고 부름
- PSG(phosphorus silicate glass)층 제거: 불순물 주입 후 웨이퍼 표면에 남아있는 부산물이 PSG 층 제거해야 함. 제거하기 위해 5~10% 희석한 HF(불산) 용액에 15초 동안 넣어서 처리
- 현재, 양산 기준, 면저항 50~60 Ω , 불순물 농도 $1\text{E}20 \sim 3\text{E}30$, 도핑 깊이 50nm 이하로 조절

Doping 후 PSG층 제거 구조



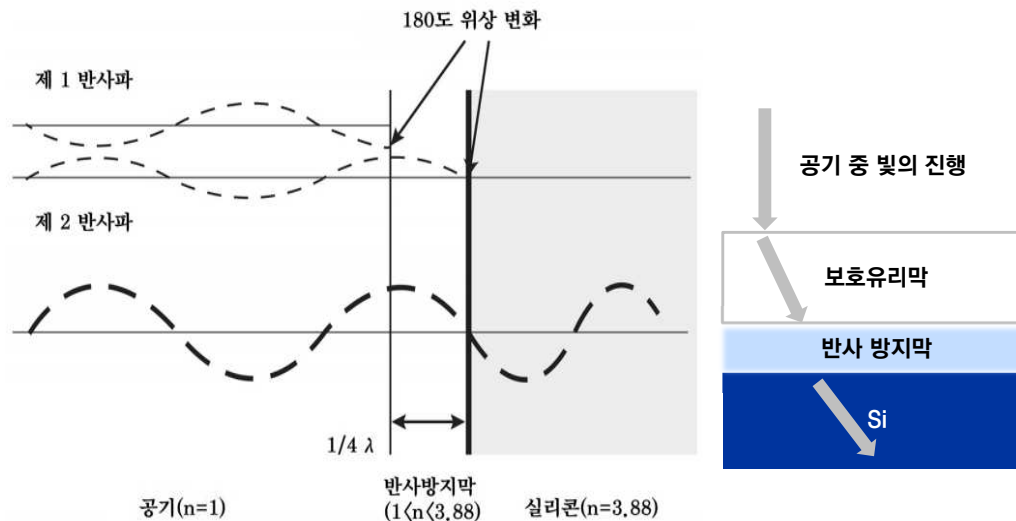
Chemical Reaction



● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- **반사방지막**: 태양광을 굴절률이 다른 두 매체 사이의 경계면에서 반사하지 않고 투과하거나 흡수하도록 함
- 태양광은 전자기파이기 때문에 파동 성질을 지녀 다른 두 매체 사이의 경계면을 통과할 때 일부는 표면에서 반사되어 반대 방향으로 진행
- 이 때, 반사 방지막 두께를 태양광 파장의 $\frac{1}{4}$ 이 되게 조절하면 1계면인 공기+반사방지막과 2계면인 반사방지막+실리콘 에서 반사되는 빛이 180도의 위상차로 인하여 서로 소멸되어 반사율이 '0'에 가깝게 되도록 하는 원리
- 반사방지막 재료: 굴절률 $1.5 < n < 3.8$ 물질. 이는 공기 굴절률 1, 모듈 공정 시 강화유리 및 EVA 굴절률 1.5, 실리콘 굴절률 3.8이기 때문
- SiNx 가 가장 많이 사용됨. 이는 반사방지막이 실리콘 표면과 직접 접촉하기 때문에 실리콘 표면에 끊어진 결합을 채우는 효과가 크기 때문
- SiNx 층은 SiH_4 , NH_3 , N_2 , Ar 가스를 혼합하여 생성. 층 형성 후 금속 전극 소성 공정 시, 수소가 실리콘 내부 결함을 축소하면서 광자의 Life time을 길게 하여 효율을 향상 시킴. 또한 두께에 따라 색상이 변하여 공정 후 육안 검사로 공정상의 문제 여부 판단도 가능

반사 방지막 기술 개념도



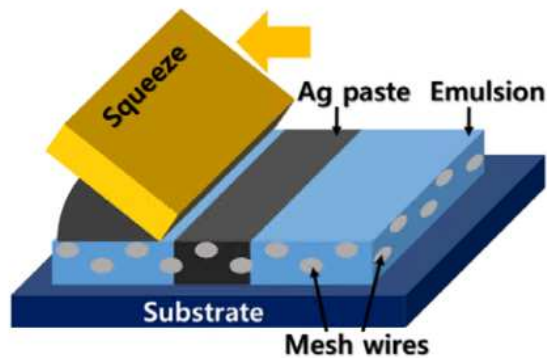
반사 방지막 재료별 굴절률

재료	굴절률
Al_2O_3	1.8~1.9
Glasses	1.5~1.7
MgF_2	~1.38
MgO	~1.74
Si_3N_4	~1.9
SiN	~2.30
SiO	1.8~1.9
SiO_2	~1.46
TiO_2	~2.30
Ta_2O_5	2.1~2.3
ZnS	~2.33
CeO	~1.95
CeO_2	~2.40
Si	~3.85

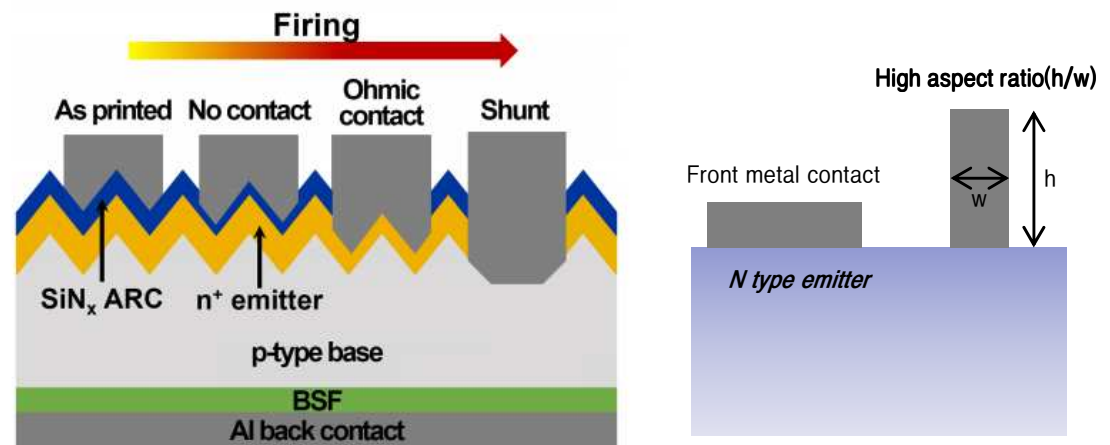
● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- **금속 전극 형성:** 생성된 전하를 수집하기 위해 웨이퍼 전, 후면에 전극 형성
- 3가지 금속 페이스트: 전면 전극 – Ag 페이스트, 후면 전극 – Al 페이스트, 후면 버스바 형성 – Ag 페이스트 + Al 3% 페이스트
- 제조공정: 스크린 프린팅 → 드라이 → Firing 공정 순 => 최소 3회 공정 수행
- 스크린 프린팅: 제조 단가가 낮고 공정 단순성 및 빠른 속도로 가장 많이 사용되는 제조 방법. 스테인리스 mesh에 유제(emulsion)를 이용하여 인쇄될 전극 패턴 형성, Ag 페이스트를 스퀴지로 밀어 전극 패턴을 기판에 인쇄하는 방법
- 단점: 스크린은 얇은 스테인리스 mesh 및 유제를 사용하기 때문에 높은 aspect ratio(전극 면적대비 높이의 비)와 균일한 높이의 전극 형성에 한계가 있음. 또한 접촉식 인쇄이기 때문에 스퀴지 압력이 태양전지 기판에 직접 전달, 향후 기판 두께 얇아짐에 따라 스크린 인쇄 시 기판 파손 위험도 있음
- 드라이: 인쇄된 금속 페이스트는 시간 경과에 따라 선풍이 퍼지고 높이 감소로 결국 빛을 가리게 될 수 있음. 이에 신속하게 건조 필요
- Firing: 전면 Ag 전극과 n층이 Ohmic contact(전기적 접촉)을 이루게 하기 위함. 적절한 온도 컨트롤과 웨이퍼 노출 시간 최적화가 중요 변수

스크린 프린팅 방법



Firing 공정 시, Si 기판과의 반응 정도에 따른 Ag 전면전극 구조

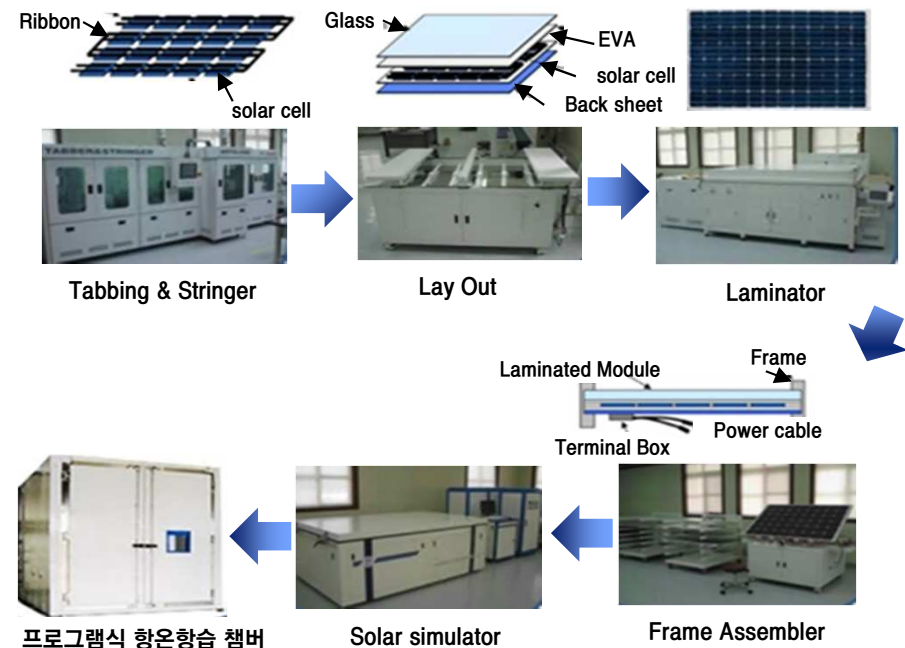
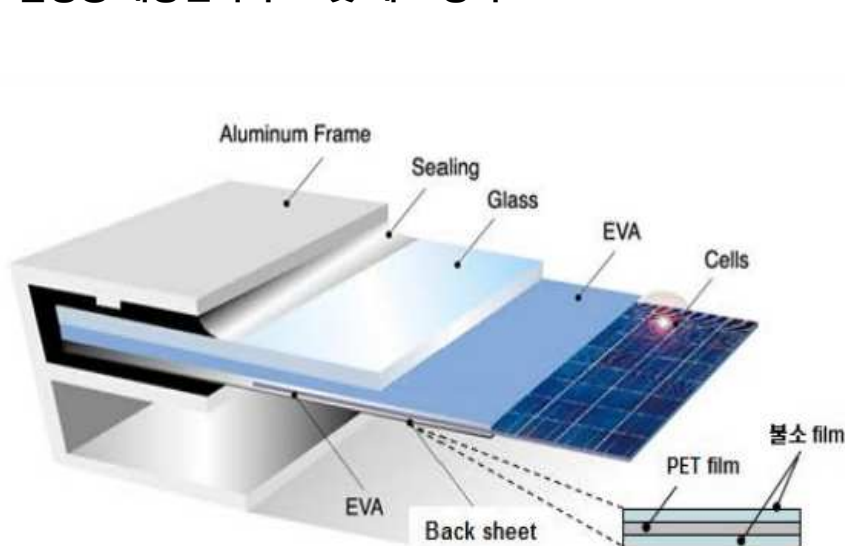


태양전지 제조공정

● 1세대 태양전지 - 결정질 실리콘 태양전지

- **모듈(약22kg):** 프레임(약1kg)-유리(약17~18kg)-밀봉재-태양전지- 밀봉재(EVA) - 백시트- 정션박스로 구성(cell+백시트=약3.3kg)
- **프레임:** 모듈 보호 및 발열 기능. 모듈의 둘레를 감싸고 있는 알루미늄
- **유리:** 특수 저철분 강화 유리로 제작. 모듈의 물리적 손상으로 부터 보호. 태양광 투과될 때 빛 투과율 높여줌
- **밀봉재:** EVA(Ethylene Vinyl Acetate) 기반. 깨지기 쉬운 태양전지 및 회로를 충격으로부터 보호하고 태양광이 투과되도록 하는 역할
- **백시트:** 열, 습도, 자외선과 같은 외부환경으로부터 셀을 보호하는 역할. 또한 셀을 통과하여 유입된 태양광 재반사를 통해 모듈 효율 추가 향상
- **정션박스:** 후면에 위치하여 모듈에서 발생한 전기를 인버터로 전달하는 전기선을 보호하는 역할

결정형 태양전지 구조 및 제조 장비



● 1세대 태양전지 – 결정질 실리콘 태양전지

- **백시트**: 태양전지 셀 방수, 절연 및 자외선 차단, 태양전지 모듈 수명 연장 역할. 총 3개 층으로 필름이 적층된 구조
- 최외층은 내후성 높은 필름이나 시트, 중앙부는 높은 수증기 차단성, 반대면에는 내열, 내습, 전기적, 기계적 특성이 좋은 필름이나 재료 사용
- 중앙부는 PET film, PET film의 양면은 불소수지 및 불소코팅 필름으로 라미네이팅하여 사용
- 중앙부의 내습 기능층은 알루미늄(Al_2O_3), 실리콘(SiO_2)을 증착한 PET film 사용
- PET film의 양면에 주로 사용되어 온 불소계 필름 PVF는 수증기 차단성과 기계적 강도에 문제가 있을 뿐 아니라 가격도 높아(백시트 제조공정 비용의 80% 차지) 최근에는 저분자량 올리고머 PET film으로 대체 진행되고 있음
- **EVA**: VA 함량에 따라 응용분야 달라짐. 태양전지 용(VA 함량 30 wt% 이상)은 산란광을 제거하는 반사방지막과 가장 외부에 존재하는 유리판 사이 절연체로 사용. 다만, 태양전지 가동 및 자외선, 열 노출로 인한 탈아세틸화 가능성 존재. 이에 노화방지제나 자외선 흡수제(카본블랙) 등의 첨가물 같이 사용

백시트 종류

TPT	TPE	PET
PVF/PVdF	PVF/PVdF	PE
PET	PET	PET
PVF/PVdF	PE	ETC

VA 함량에 따른 특성 및 응용분야

VA content (wt%)	Properties	Application Fields
≤ 14	High melting temperature, Chemical resistance, Brittleness	Film, Asphalt modification
15-28	Medium transparency, Low gas permeation, Char production, High softness	Food packaging, Agricultural industry, Intumescent systems
30-33	High transparency, Good insulation	Photovoltaic modules
≥ 33	Low melting point, Good solubility in organic solvent, Biocompatibility, Good flexibility, Adhesion property	Cable sector adhesives, Drug delivery system

Part II

태양전지 기술 방향

Key-point

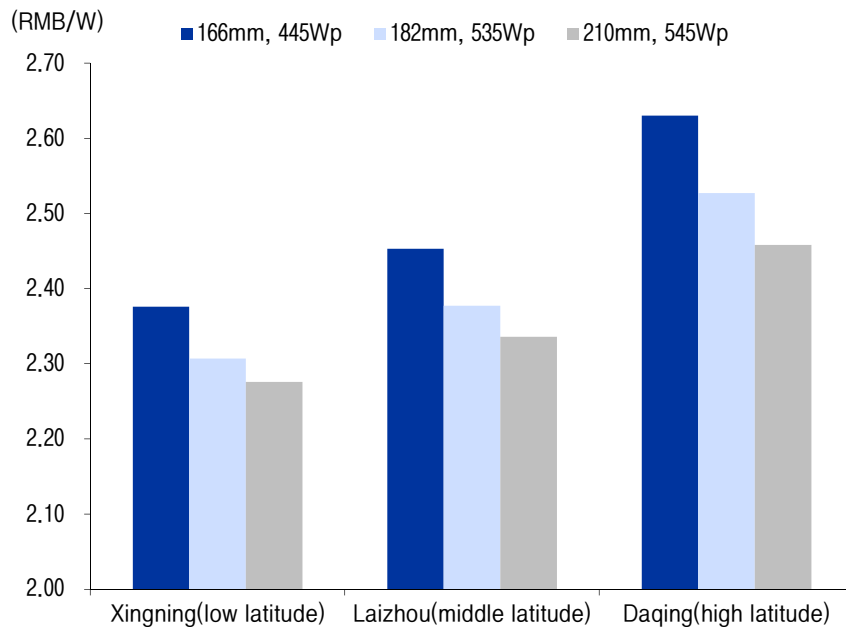
- 웨이퍼 대형화
- p-type → n-type
- PERC → TOPCon
- Monofacial c-Si → Bifacial c-Si
- 페로브스카이트

태양전지 기술 방향 – 1) 웨이퍼 대형화

● 셀 효율 향상 병목 현상 → 웨이퍼 크기 중요

- 2018년 셀 효율 향상 병목 현상으로 웨이퍼 크기가 제조업체들 사이에 뜨거운 화제
- 웨이퍼 사이즈가 커지면 셀, 모듈 제조비용 절감 및 더 높은 전력 가능
- 특히, 발전소 시스템 비용 측면에서 동일한 효율성으로 큰 웨이퍼 사이즈로 인하여 더 높은 전력을 얻으면서도 문자열의 모듈 수 변화는 없음
- 이에 따라 단일 Bracket의 모듈 효율이 증가하고 Wp1)당 Bracket 및 pile foundation 비용은 절감됨
- 또한 Combiner box와 String inverter 사용을 줄일 수 있으며 Bracket 사용을 줄이면 array 공간을 줄일 수 있음

위치에 따른 3 type 모듈 별 비용 차이



웨이퍼 사이즈에 따른 전지 및 모듈 전력 비교

웨이퍼 기반	셀 전력 (와트) (효율=22.5 %)	모듈 (와트) 50 개 셀로 구성	모듈 (와트) 100 개 반절단 셀로 구성	모듈 (와트) 60 개 셀로 구성	모듈 (와트) 120 개 반절단 셀로 구성
셀					
M12	9.92	486	501	583	601
M10	9.00	441	454	529	545
M9	8.29	406	419	488	502
M6	6.17	302	311	363	374
G1	5.67	278	286	333	343
M4	5.81	285	293	342	352
M2	5.50	269	277	323	333

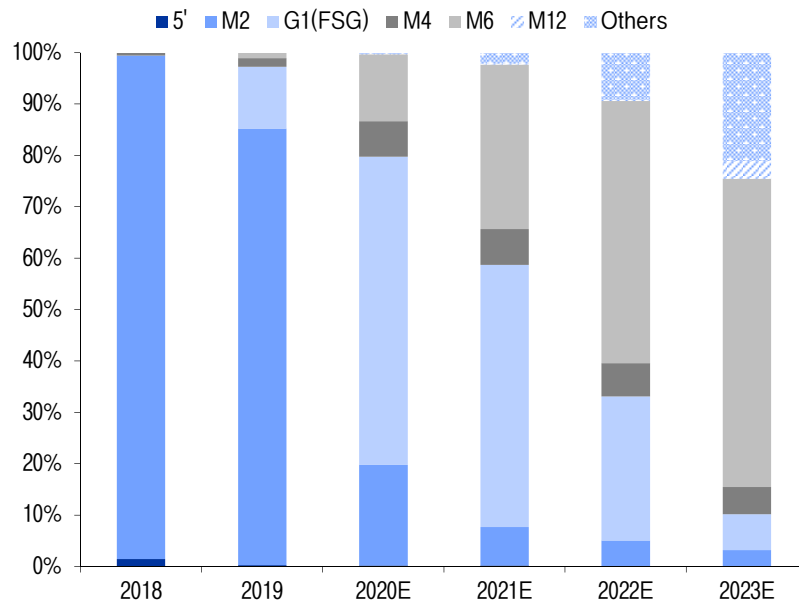
주1. 와트 피크: 모든 조건이 최적화되었을 때, 모듈이 최대로 낼 수 있는 발전 능력
 자료: Infolink, 이베스트투자증권 리서치센터

태양전지 기술 방향 – 1) 웨이퍼 대형화

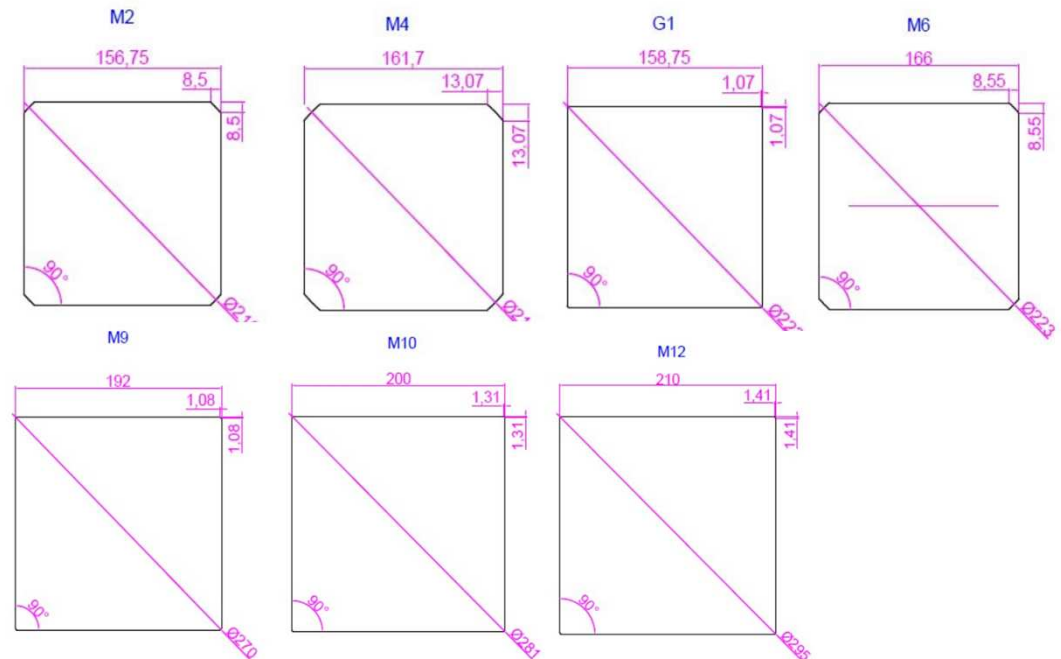
● 대면적 웨이퍼 사이즈 대거 등장

- 2010~2013년 말: M2 (156.75mm x 156.75mm) p 형 모노 웨이퍼(직경 205mm 및 직경 210mm 실리콘 잉곳) 공동 표준 발표
- 계속 M2가 주류를 이루다 2018년 말~2019년 G1 (사각 웨이퍼 158.75mmx158.75mm)이 시장에 출시. 이는 Jinko solar를 선두로 JA Solar, Trina가 그 뒤를 이음
- 셀 제조업체 Tongwei, Aiko solar가 G1 크기의 셀 출하량 발표 후 매달 비중 늘려가고 있음
- 2019년 하반기, Longi solar는 M6 (166mm x 166mm) p 형 모노 웨이퍼 (직경 223mm 실리콘 잉곳) 출시. M12(Zhonghuan Solar), M10, M9도 출시되어 2020년부터 상업화 중 → 다만, 2021년까지는 G1이 주류가 될 것

웨이퍼 사이즈 전환 추이 및 전망



웨이퍼 사이즈에 따른 전지 및 모듈 전력 비교

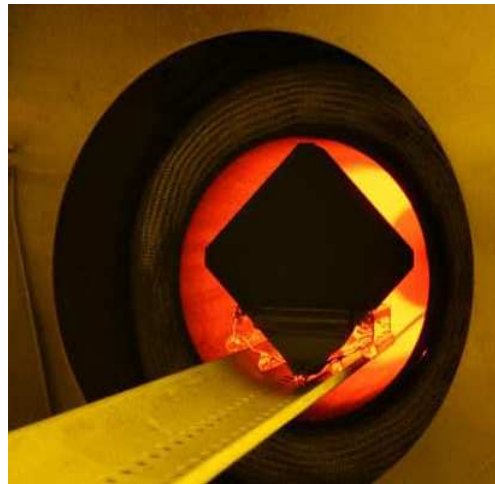
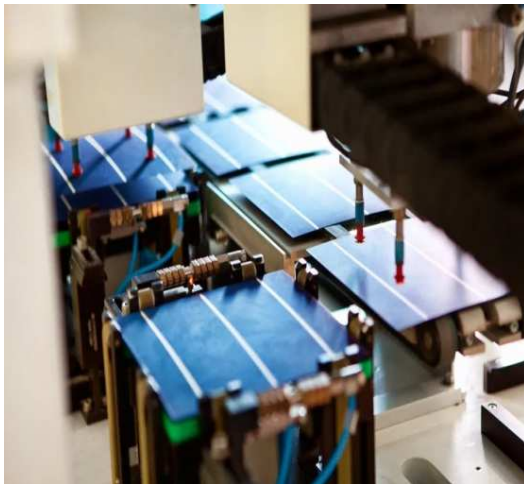


태양전지 기술 방향 – 1) 웨이퍼 대형화

● 셀 기업들 관망 중 → 웨이퍼 사이즈에 대한 표준화 중요

- 셀 기업들 대부분 mono-Si 웨이퍼에 G1 사이즈를 채택하고 2019년 하반기부터 생산 시작
- 셀 제조업체들은 웨이퍼 사이즈 전환에 보수적. 이는 생산라인의 전환 때문. 이에 표준화 중요
- 아직 표준화가 되지 않았음에도 G1, M6로의 전환이 긍정적인 이유는 모든 생산라인과 호환되는 최대 크기가 166mm 이기 때문
- 다만, 호환 가능성에도 불구하고, 대규모 셀, 모듈 장비 수정 필요. 셀 제조 공정에서 텍스처링, 코팅 공정 시 표면이 고르지 않아 셀 효율 저하 있을 수 있음. 또한 대형 PV Glass를 위한 용광로가 부족할 수 있어 이를 업그레이드하는데 6~9개월 정도의 시간이 필요
- 이에 전 제조 부문에 대한 수직계열화가 되어 있는 기업의 경우, 새로운 생산라인이 최대 210mm 크기와 호환되도록 장비를 조정하는 추이
- 결국, 대형 웨이퍼 사이즈가 수요로 연결되기 위해서는 표준화 작업 필요

웨이퍼 대형화에 따라 변경될 여러 생산 장비들 (핸들링, 확산로, 폴리셔 등)

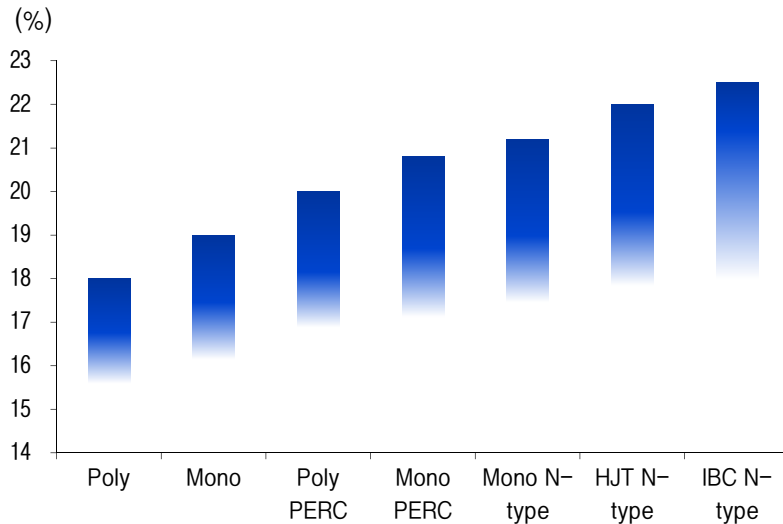


태양전지 기술 방향 – 2) p-type → n-type

● p-type → n-type

- **n-type 실리콘 태양전지**: n형 웨이퍼 위에 p형 도핑층 형성하는 구조
- n-type을 개발하려는 이유: 1) **품질이 좋아 벌크 수명이 p-type에 비해 높음**. p-type은 n-type 벌크 수명의 20% 수준밖에 되지 않음. 웨이퍼 벌크 수명이 클수록 더 높은 효율의 태양전지 제작 가능. 22% 이상의 고효율 태양전지 제작을 위해서 n-type 실리콘 웨이퍼 사용 필요
- 2) **LID(Light Induced Degradation) 현상에 강함**: LID 현상은 p-type에 주로 일어나는데 태양전지에 빛을 비출수록 실리콘 내 존재하는 산소가 빛에 의해 떨어져 나와 붕소(B)와 결합하여 B-O complex 형성하여 전자 재결합을 일으키게 됨. 이로 인해 p-type은 0.5~1.5%p 효율 감소 효과 있음. 이 현상은 n-type에는 거의 일어나지 않음
- 3) **p-type에 적합한 PERC 구조보다 고효율 구조 적용 가능**: 310W 이상의 고효율 모듈 대응을 위해서는 n-type 웨이퍼를 이용한 22% 이상의 고효율 태양전지 필요

PV module 효율 비교



PV module 효율 기준 기업 순위 (2020년 상반기 기준)

Manufacturer	Model	Power(W)	Cell Type	Efficiency(%)
Sunpower	Maxeon3	400	N-type IBC	22.6
LG	Neon R	375	N-type IBC	21.7
REC Solar	Alpha	380	HJC N-type Half-cut	21.7
LG	Neon 2	355	N-type Mono	20.7
Sunpower	Maxeon2	360	N-type IBC	20.4
Longi Solar	Hi-MoX	355	P-Type Mono PERC shingled	20.3
Q cell	Q.Peak Duo G6	350	P-Type Mono PERC Half-cut	20.1
REC Solar	N-Peak	330	N-Type Mono PERC Half-cut	19.8
Jinko Solar	Cheetah HC	330	P-Type Mono PERC Half-cut	19.6
Trina Solar	Honey Splitmax	330	P-Type Mono PERC Half-cut	19.6
JA Solar	JAM60S10	330	P-Type Mono PERC Half-cut	19.6

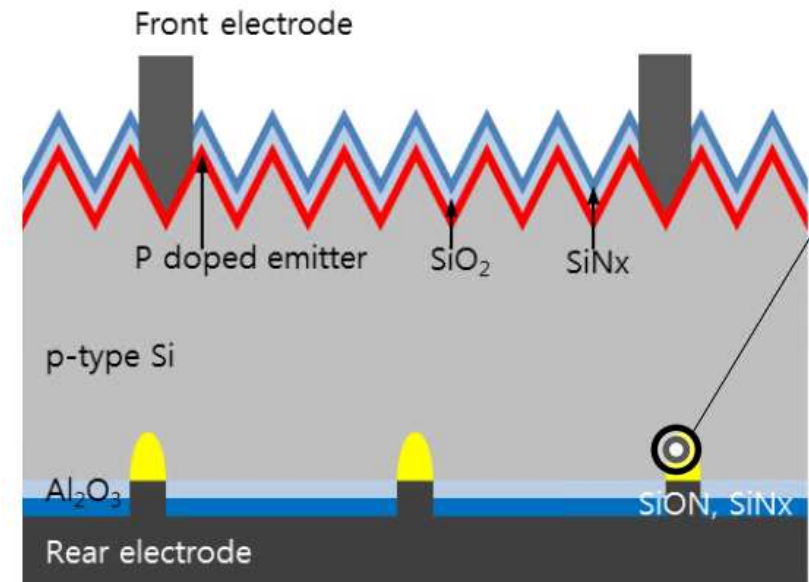
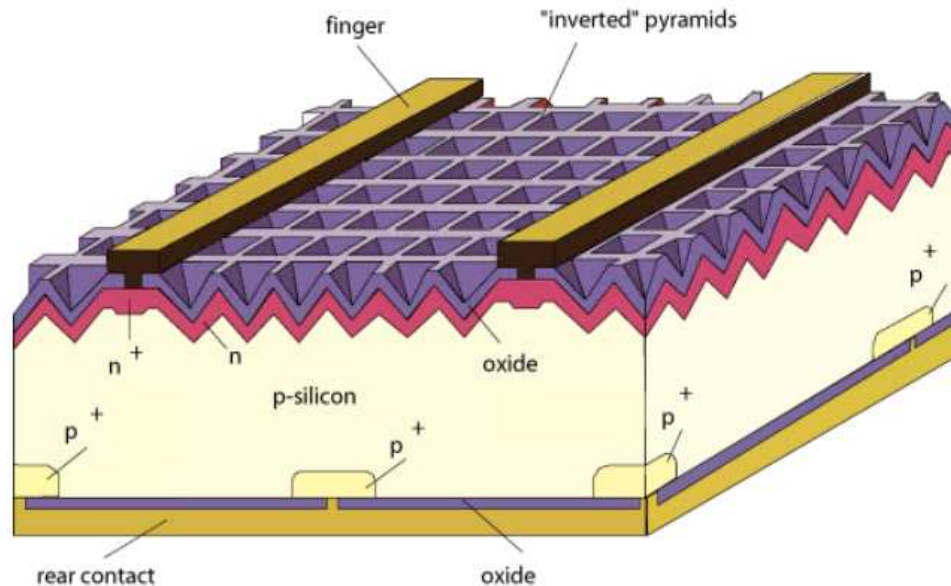
자료: Cleanenergyreviews, 이베스트투자증권 리서치센터

태양전지 기술 방향 – 3) PERC → TOPCon

● PV cell 표준인 PERC가 당분간 주류

- PERC: 태양전지 뒷면전극에도 새로운 반사층을 만드는 기술. 장파장의 태양광을 전지 안으로 반사시켜 태양전지 효율을 높이고 뒷면으로 빠져나가는 태양광으로 인한 태양전지 온도 상승에 따른 효율 저하를 낮추는 기술
- 또한 뒷면의 알루미늄 코팅면과 태양전지 내에 생성된 전공의 접촉면을 줄여서 정공 손실을 줄이는 기술
- 다결정 뿐 아니라 단결정에도 적용되고 있으며 현재 표준 cell
- 기존 태양전지 셀 구조(BSF)에서 Al_2O_3 증착 공정과 레이저 공정 추가만으로 제조 가능

PERC(Passivated emitter and rear contact) 구조

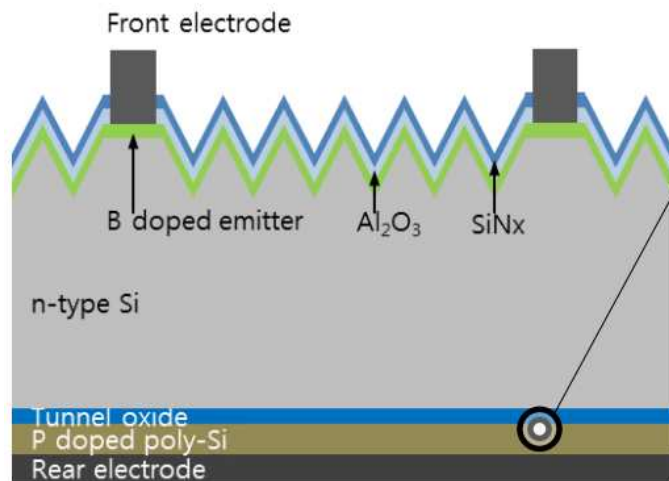


태양전지 기술 방향 – 3) PERC → TOPCon

• 다음은 TOPCon

- TOPCon(Tunnel Oxide Passivated Contact) 기술: 금속 Contact와 Si 표면으로부터의 재결합 손실을 줄이기 위해 사이에 다량 Doping된 다결정 실리콘을 넣어 얇은 산화물 층을 형성한 것
- 동시에 각광받고 있는 HJT(Heterojunction Technology)보다 PERC에서 개조해야 할 생산라인 적음
- Gen1 TOPCon: 외부전극 Ti, Pd, Ag 전극 사용. Lab 단계 효율 21.8%
- Gen2 TOPCon: 후면에 Ag 전극을 단일 층으로 형성. Lab 단계 효율 23.0%
- Gen3 TOPCon: Ti, Pd, Ag 전극으로 형성된 전면전극을 Pd, Ag 전극으로 대체. Lab 단계 효율 24.0% + 추가공정 최적화를 통해 24.4% 달성
- n-type으로 채택할 때 효율성이 더 좋음
- 연구기관 및 기업: ISFH(독일), SERIS(싱가포르) 등의 연구기관, Trina Solar, Jinko Solar, Jolywood, Yingli 등 중국기업이 개발 중
- 현재, Trina Solar가 N형 Cast-Mono i-TOPCon 변환 효율 신기록 달성

TOPCon(Tunnel Oxide Passivated Contact) 구조 및 효율 개선 현황



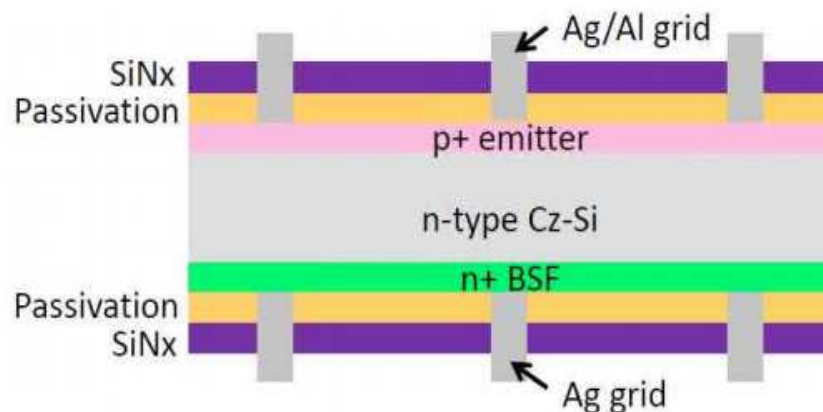
	Voc(mV)	Jsc(mA/cm ²)	FF(%)	η (%)
Gen1	690.8	38.4	82.1	21.8
Gen2	698.1	40.6	81.1	23.0
Gen3	703.2	41.4	82.5	24.0
Gen4	715.1	41.5	82.1	24.4

태양전지 기술 방향 – 4) Monofacial c-Si → Bifacial c-Si

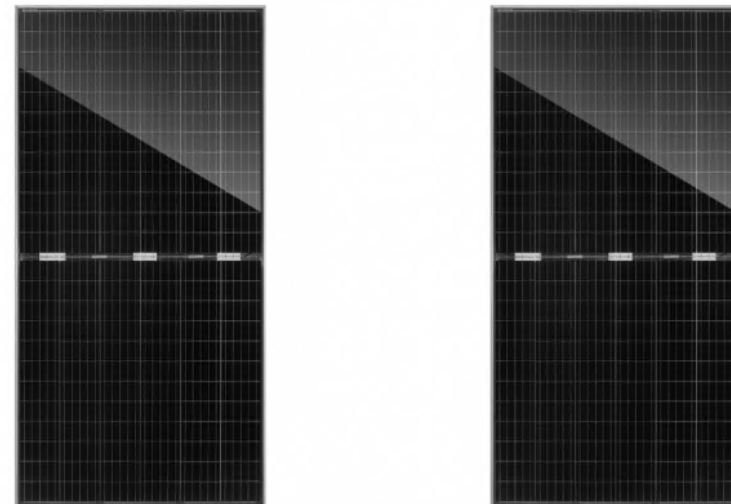
● Bifacial c-Si 적용으로 효율 Up!

- **Bifacial c-Si (양면형)**: 태양광 모듈 전후면 모두 전력 생산이 가능하게 하는 것. 즉, 하늘에서 들어오는 태양광과 땅에 반사되는 빛 모두를 사용하여 전력을 생산하는 기술. 이를 적용 시, 일반 태양광 발전소에 비해 평균 10~15%, 지형 여건에 따라 최대 30%까지 발전량 높일 수 있음
- 양면형은 모듈화 작업 시, 백시트 대신에 투명한 유리기판을 사용하고 바닥에 빛의 반사를 돕는 재료를 도포하여 제작. 이를 통해 모듈을 통과 하거나 바닥에서 조사된 빛이 반사를 일으켜 모듈 뒷면에도 흡수 되면서 출력을 높일 수 있도록 함
- 대표적으로 **Jinko Solar의 'SWAN'** 모듈: 'SWAN'의 경우, 유리가 아닌 투명막을 사용하여 모듈 무게(약25% 감소)를 줄임. 가벼워진 만큼 현장에서의 모듈 이동, 설치 용이성 등으로 설치에 따른 인건비 약 20% 절감 효과. 전면 415W, 후면에서 5~25% 추가 발전 가능. 따라서 모듈 장당 400Wp 기준으로 500W 발전량 가능. 백시트는 Tedlar PVF 필름 사용. 오염에 강한 불소코팅 필름 사용으로 유지보수 비용 감소
- LG전자, Neon 양면형 패널 개발. 앞면 약 20~21% 효율, 뒷면 15~16% 효율 가능. 모듈 장당 72개 태양전지 사용하여 375W 출력 가능

Bifacial c-Si 기본 구조



Jinko Solar 'SWAN' -(좌)60cell, (우)72cell

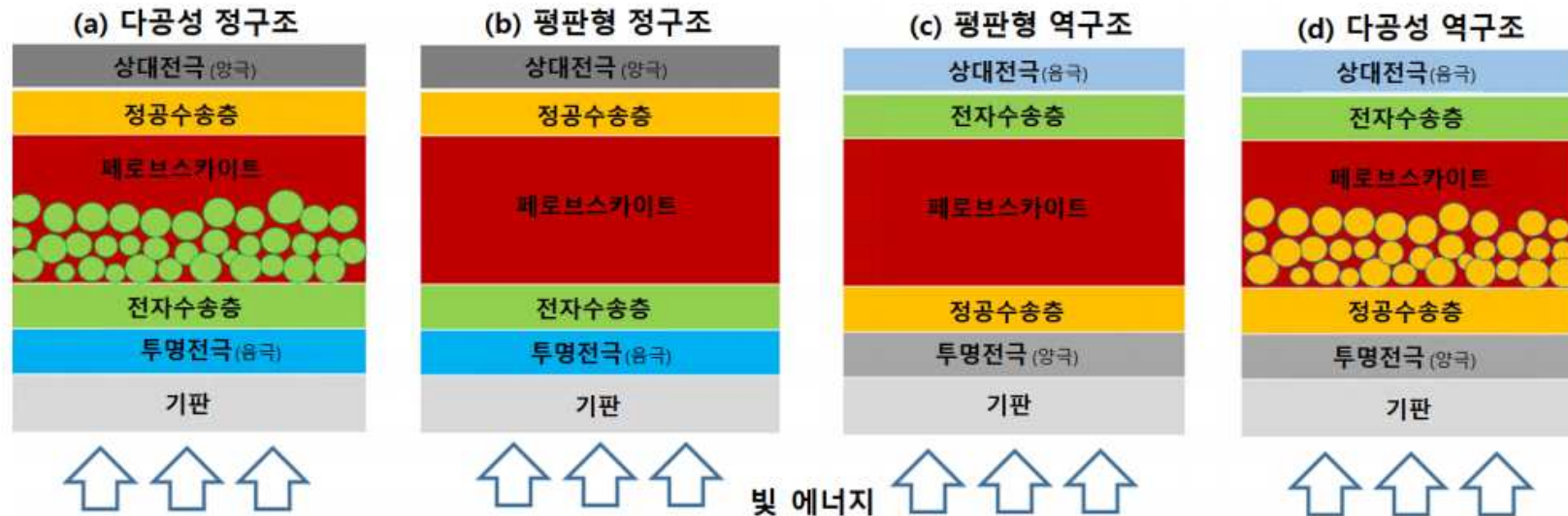


태양전지 기술 방향 – 5) 페로브스카이트

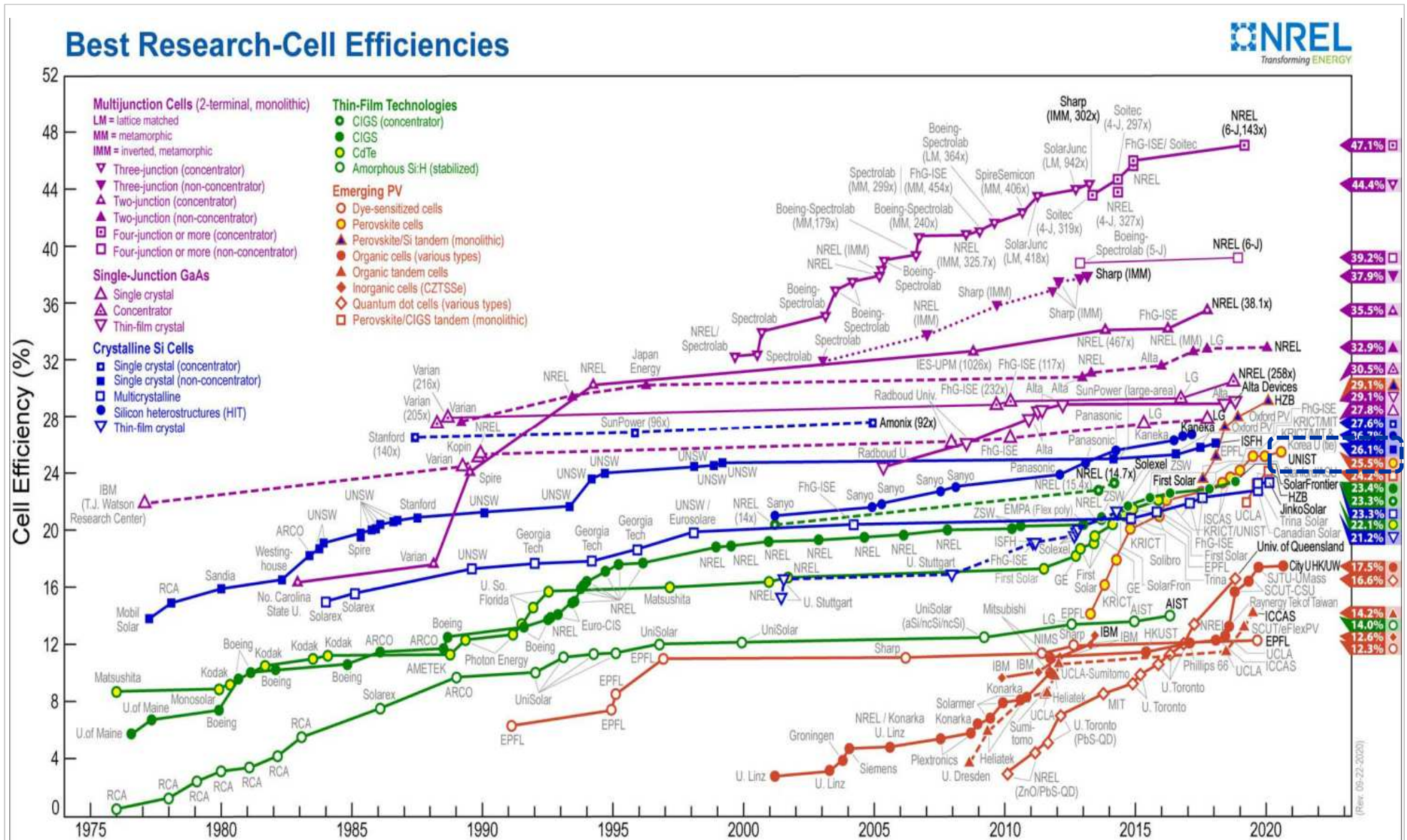
● 페로브스카이트

- 페로브스카이트는 결정구조의 일종, 양 · 음이온이 동시에 있는 구조
- 이에 반도체처럼 불순물을 첨가할 필요없이 빛을 받아서 전자를 바로 주고 받게 할 수 있음
- 그렇다면 실리콘 대체재일까? 아직은 아니다. 다만, 가능성이 있다는 것
- 실리콘을 통한 태양전지 개발은 약 40년, 페로브스카이트 연구는 약 10년 정도 진행
- 그럼에도 불구하고 페로브스카이트는 실리콘만큼 효율(25%)이 올라왔다는 점에 주목
- 즉, 실리콘은 이론적 한계에 도달했는데 페로브스카이트는 이제 시작이라는 것
- 투자포인트로 시기상조인 이유 1) Lab 단계에서도 셀 효율과 모듈 효율 차이 큼, 2) 텐덤형이 각광받지만 안정적 적층 소재 여전히 개발 중

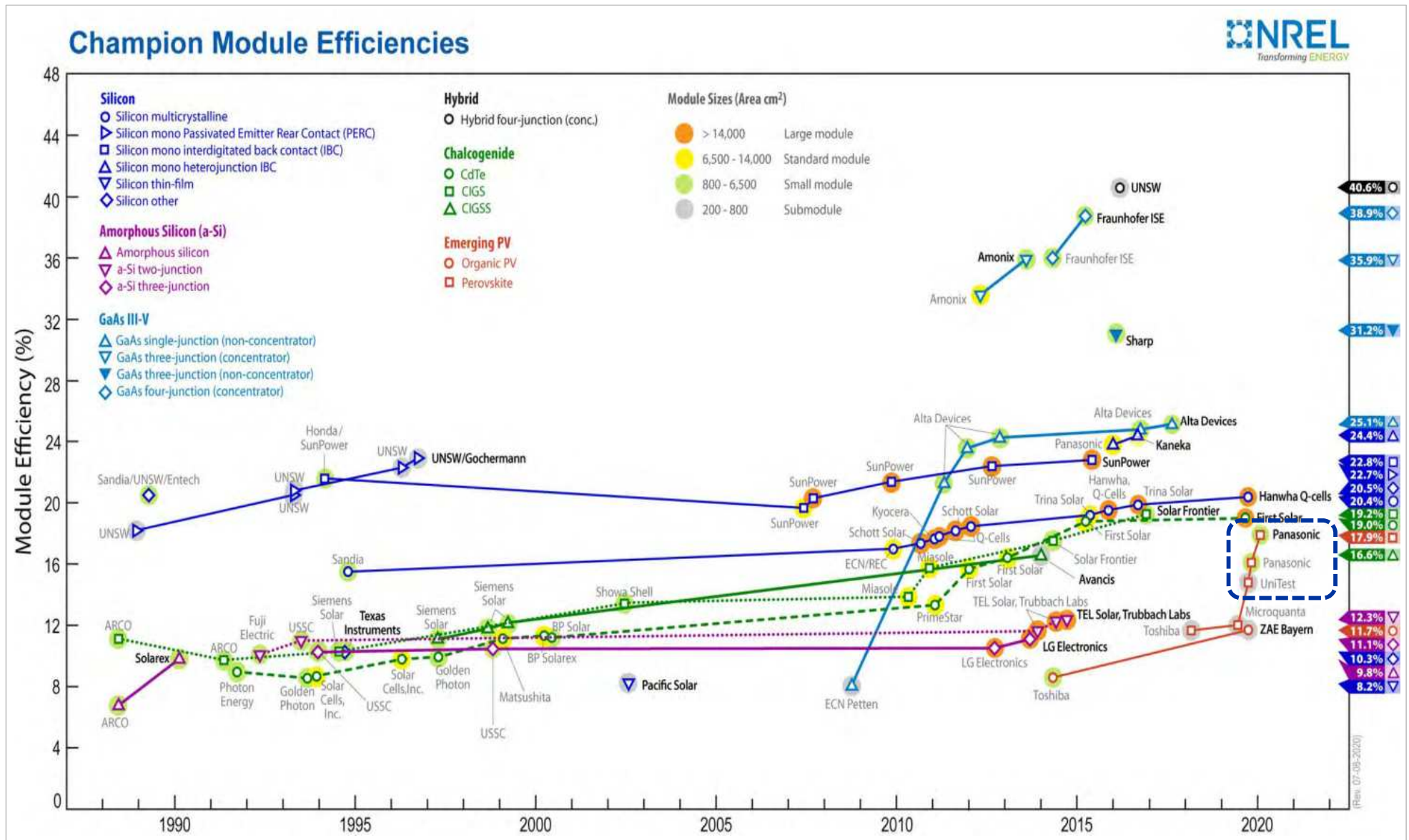
페로브스카이트 태양전지 구조



태양전지 기술 방향 – 5) 페로브스카이트: PV 셀 효율



태양전지 기술 방향 – 5) 페로브스카이트: PV 모듈 효율



자료: NREL, 이베스트투자증권 리서치센터

태양전지 기술 방향 – 5) 페로브스카이트

● 페로브스카이트/결정질 실리콘 텐덤 태양전지

- 결정질 실리콘 태양전지는 입사광의 반사율을 줄이기 위해 표면에 텍스처 구조를 형성. 이 위에 형성되는 페로브스카이트 층은 일반적으로 액체 상태의 용액 공정을 사용
- 문제는 용액이라는 물질적 특성으로 인하여 시간이 지나면서 도포된 용액은 낮은 점성으로 인하여 레벨링(울퉁불퉁해지는 현상) 현상 발생. 이에 기판의 텍스처 구조가 페로브스카이트 흡수층 상부로는 투영되지 못하게 됨 → 태양전지 광흡수율 저하되는 문제 발생
- 아직 Lab 단계에서도 실리콘 표면 텍스처를 평탄화 시킴과 동시에 페로브스카이트 필름의 장기간 안정성 부여하는 기술이 자리잡지 못함
- 상용화까지 적어도 5년 이상 걸릴 것으로 보이며, 현재 기술적으로 뛰어나다고 단정지을 기업도 없는 상황

페로브스카이트 적층형 태양전지 이론효율

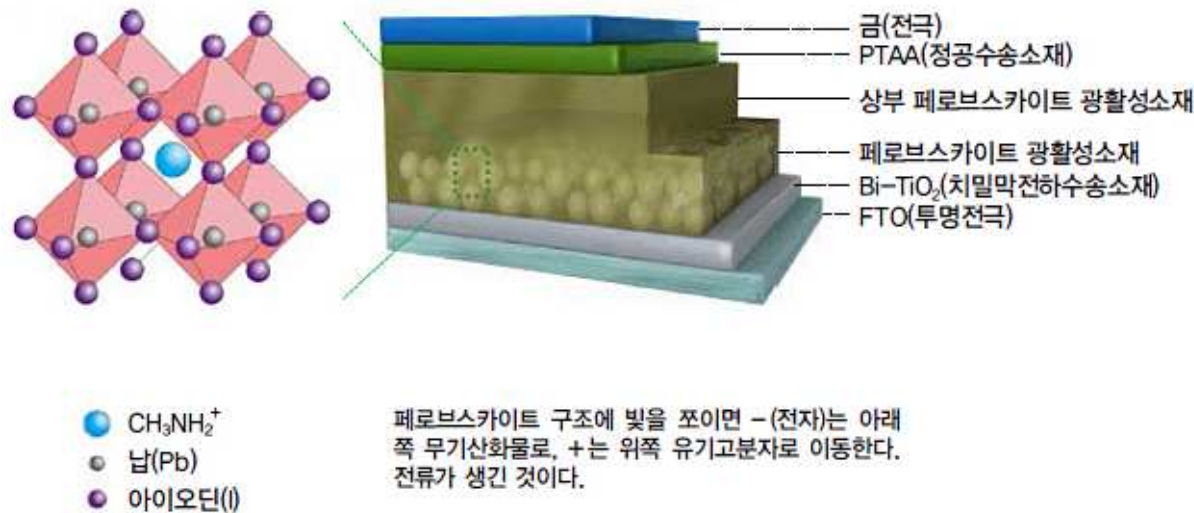
결합 형태	하부 소자 (Si, CIGS, 페로브스카이트)	상부 소자 (페로브스카이트)	효율(%)
4-T	IBC c-Si	FA _{0.75} MA _{0.15} CS _{0.10} Rb _{0.05} (I _{0.66} Br _{0.33}) ₃ (1.63 eV)	26.4
4-T	SHJ c-Si	MAPbI ₃ (1.55 eV)	25.2
4-T	SHJ c-Si	FA _{0.83} CS _{0.17} Pb(I _{0.6} Br _{0.4}) ₃ (1.74 eV)	19.8
4-T	TI mc-Si	MAPbI ₃ (1.55 eV)	17.0
4-T	CIGS	PEA _{0.02} CS _{0.15} MA _{0.2} FA _{0.65} PbI _{2.4} Br _{0.6} (1.68 eV)	25.9
2-T	c-Si	Perovskite (– eV)	28.0
2-T	SHJ c-Si	FA _{0.83} MA _{0.17} PbI _{2.5} Br _{0.5} (1.66 eV)	25.5
2-T	SHJ c-Si	FA _{0.83} CS _{0.17} Pb(I _{0.83} Br _{0.17}) ₃ (1.63 eV)	23.6
2-T	n-형 HJ c-Si	CS _{0.07} Rb _{0.03} FA _{0.765} MA _{0.135} Pb(I _{0.85} Br _{0.15}) ₃ (1.62eV)	22.5
2-T	SHJ c-Si	CS _{0.19} MA _{0.81} PbI ₃ (1.58 eV)	22.0
2-T	SHJ c-Si	MAPbI ₃ (1.55 eV)	21.2
2-T	SHJ c-Si	MAPbI ₃ (1.55 eV)	18.1
2-T	n-형 HJ c-Si	MAPbI ₃ (1.55 eV)	13.7

태양전지 기술 방향 – 5) 페로브스카이트

● 페로브스카이트 가격 및 활용도

- 페로브스카이트는 값싼 유/무기 소재로 제조되며 결정구조 상 불순물 등 필요 소재가 제거되며 제조공정도 간단. 이에 기존 실리콘 태양전지보다 평균 5배 가량 저렴
- 다만, 페로브스카이트 소재에서 빛을 받아 발생한 정공(+)을 전극으로 이동시키는 정공수송층으로 사용되는 소재가 비쌈
- 가장 대표적인 정공수송물질은 spiro-OMeTAD로 20% 이상 높은 효율을 보여줌. 다만, 합성 과정 및 정제과정 어려우며 정공수송 능력 높이기 위해 친수성 첨가제 필수
- 활용도 측면: 불순물이 필요없어 투명한 것이 특징. 따라서 자동차, 건물 등 유리 대신 페로브스카이트 적용하여 사용 가능

태양전지용 페로브스카이트 구조 및 활용



Part III

부품 별 Supply Chain

Key-point

- 중국이 짊 잡고 있는 시장

I. 태양광 원자재 및 Supply chain

● 잉곳, 웨이퍼 원자재

- 잉곳 원재료: 폴리실리콘, 도가니, 절연재, 종자(Seed) 등
- 웨이퍼 원재료: 잉곳/블록, 밴드톱, 슬러리(현탁액), 와이어톱, 잉곳 설치 접착제, 산 등
- 웨이퍼 사이즈 대형화 진행 중: Longi solar 중심 대형 웨이퍼 사이즈 출시 움직임 활발

솔라 웨이퍼 기업 판매량 기준 순위

솔라 웨이퍼 기업		
순위	2019	2018
1	Longi solar	GCL Poly energy
2	GCL Poly energy	Longi solar
3	Zhonghuan	Jinko
4	Jinko	Zhonghuan
5	LDK	LDK
6	JA Solar	Sornid
7	Sornid	JA Solar
8	ReneSolar	ReneSolar
9	Green energy	Green energy
10	Yingli green	Yingli green

태양광 잉곳 Supply chain

폴리실리콘	단결정 잉곳	다결정 잉곳
중국 (20개 기업)	중국 (35개 기업)	중국 (32개 기업)
LDK	Jinko	Jinko
Dago Group	LDK	LDK
	Longi silicon	JA Solar
	한국(5개 기업)	한국(6개 기업)
	웅진에너지	OCI
	OCI Specialty	성진세미텍
	SKC Solmics	파인엔코
	파인엔코	등
	등	
	일본(6개 기업)	일본(2개 기업)
	Global wafers	산요(파나소닉 코퍼레이션)
	SUMCO	Nitta Haas
	등	

자료: Infolink, 이베스트투자증권 리서치센터

I. 태양광 원자재 및 Supply chain

● 솔라셀, 결정질 패널 생산용 원자재

- 솔라셀 원재료: 웨이퍼, 금속화 페이스트, 스크린, 암모니아, 이소프로필알코올, 옥시염화인, 모노실란, 산, 수산화물 등
- 결정질 패널 생산용 원자재: 솔라셀, 솔라글라스, 백시트, 케이블, 정션박스, 커넥터, 프레임 등
- 암모니아, 이소프로필알코올, 옥시염화인, 모노실란, 산, 수산화물은 중국 기업이 대부분. 국내 업체는 모노실란 제조 기업만 있음. (OCI 머티리얼즈, TM테크)

전극, 백시트 Supply chain

금속화 페이스트
국내(7곳)
LG이노텍
나노신소재
대주전자재료
한화첨단소재
삼성SDI 등

중국(25곳)
DKEM
Soltrium 등
US(8곳)
Dupont 등
러시아(1곳)
Monocrystal
독일(1곳)
Heraeus

백시트			
순위	기업명	국가	종류
1	Jollywood	중국	TPT
2	Coveme	이탈리아	PET
3	Luckyfilm	중국	TPT , TPE
4	Taiflex	대만	TPT , TPE
5	Toppan	일본	PET

국내(5곳)	종류
롯데알미늄	PET
한화첨단소재	PET, 폴리올레핀 백시트
NFC	PET
SFC	TPT , TPE
SKC	PET

I. 태양광 원자재 및 Supply chain

솔라셀 기업 2020년 상반기 기준 순위

순위	2020 상반기	2019
1	Jinko	Jinko
2	Longi solar	JA Solar
3	Trina solar	Trina solar
4	JA Solar	Longi solar
5	Canadian Solar	Canadian Solar
6	Q cell	Q cell
7	Risen	Risen
8	First Solar	Suntech
9	CHNT	CHNT
10	Suntech	TALESUN

솔라 모듈(패널) 기업 2020년 상반기 기준 순위

순위	2020 상반기	2019
1	Tongwei	Tongwei
2	Aiko	Aiko
3	Runergy	Solar space
4	ShanXi Lu'An	Uniex
5	Solar space	Runergy

태양광 패널 순위 기준 각 사 제품들

순위	기업	국가	패널	솔라 부품	솔라원자재
1	Jinko	중국	단결정, 다결정, PERC	지지대	단결정잉곳, 다결정잉곳, 단결정웨이퍼, 다결정웨이퍼, 솔라셀, 실리콘 접속 배선함, 스마트 모듈 접속 배선함
2	Longi solar	중국	단결정, PERC, 양면형		솔라셀
3	Trina solar	중국	단결정, 다결정, 양면형	배터리(LFP), 태양열시스템(지지대)	
4	JA Solar	중국	단결정, 다결정, PERC, 양면형		다결정잉곳, 다결정 웨이퍼, 솔라셀
5	Canadian Solar	캐나다	단결정, 다결정, PERC, 양면형	인버터(계통 연계형), 태양열시스템	커넥터
6	Q cell	한국	단결정, 다결정		
7	Risen	중국	단결정, 다결정, PERC, 양면형		솔라셀
8	First Solar	미국	CdTe		
9	CHNT(ASTRONERGY)	중국	단결정, 다결정, 양면형, 퍼크		솔라셀
10	Suntech	중국	단결정, 다결정, PERC, 양면형		

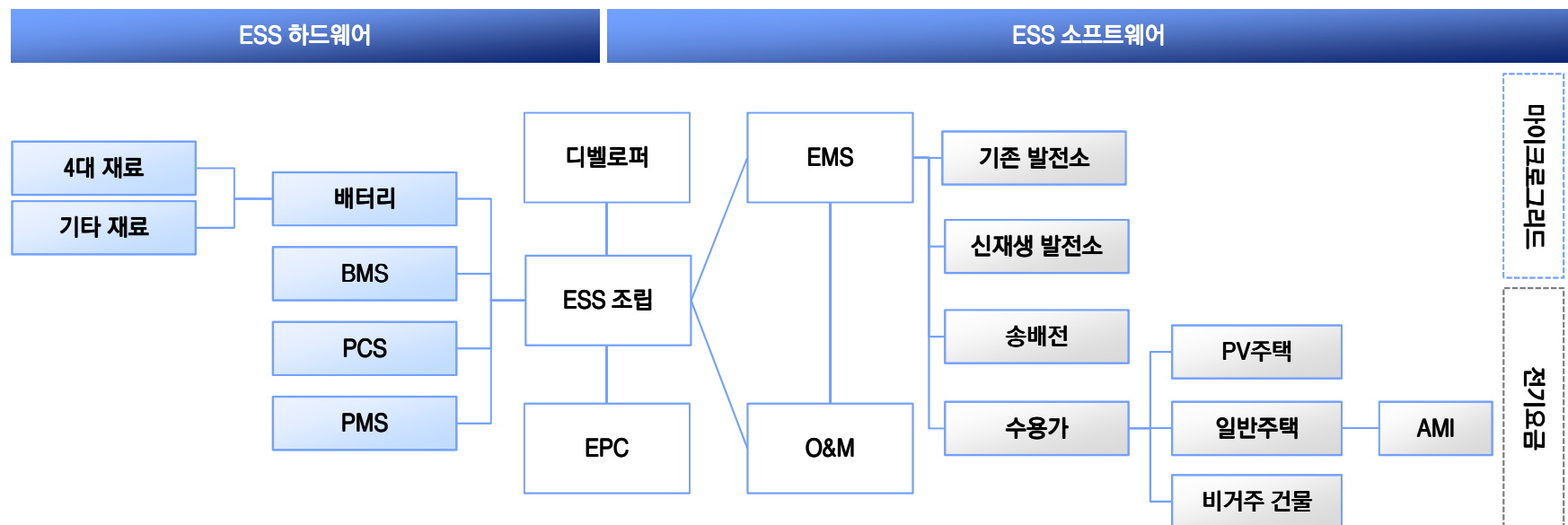
자료: PV insight, 각 사 홈페이지, 이베스트투자증권 리서치센터

I. 태양광 원자재 및 Supply chain

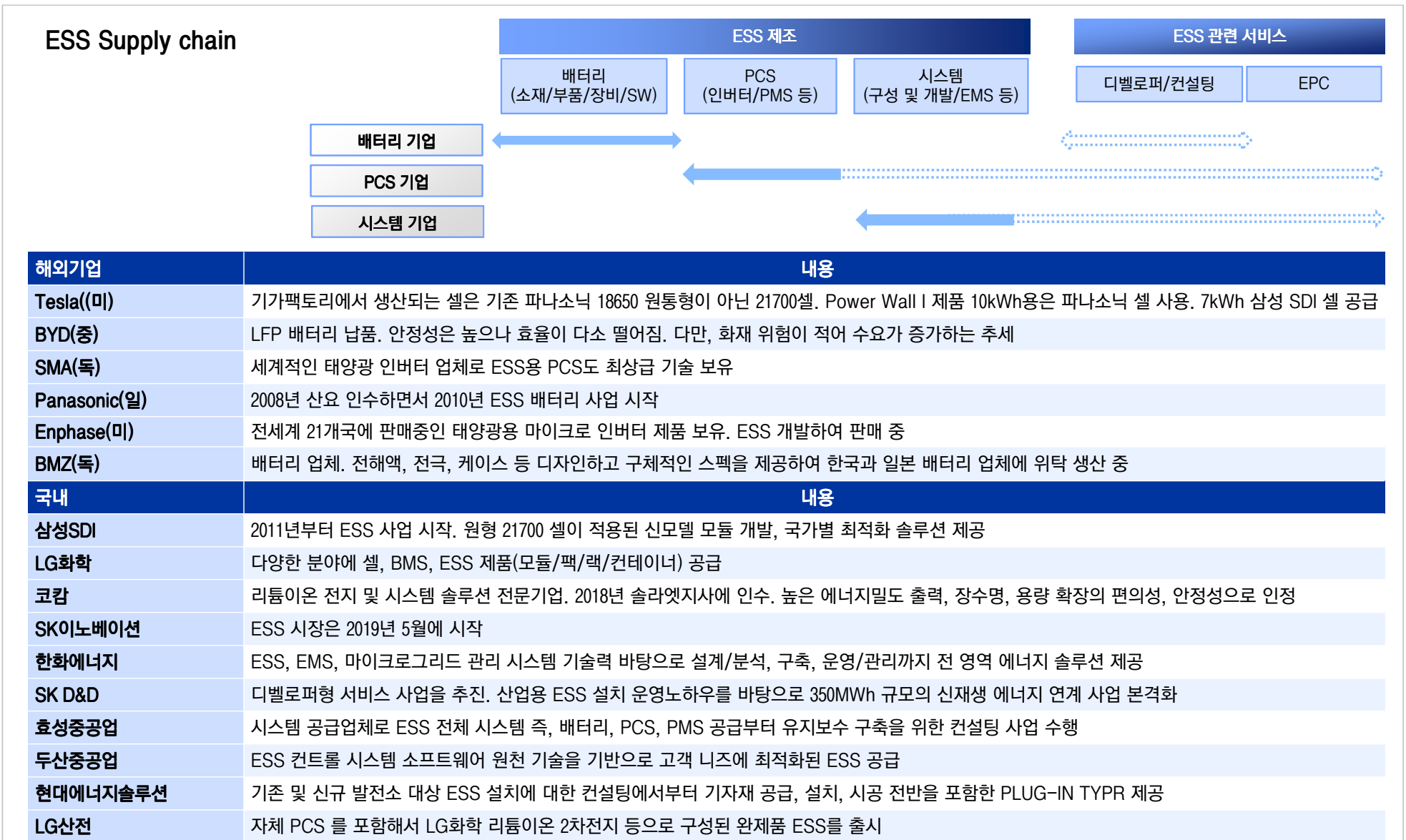
● ESS

- 하드웨어 쪽 컴포넌트 관련 플레이어와 소프트웨어 관련 플레이어로 구분
- 하드웨어: 전기 보관 장소인 배터리 업체, 전기 충 방전 제어 PCS 업체, ESS와 EMS 간 연결 담당 PMS 업체로 구성
- 배터리 관리하는 BMS는 배터리 업체들이 대부분 주도적으로 공급
- 소프트웨어: ESS 컴포넌트 조립하는 SI, 프로젝트 기획하는 디벨로퍼 및 엔지니어링, 조달/건설 담당 EPC, ESS 운영 O&M 업체로 구성

ESS 산업 생태계



I. 태양광 원자재 및 Supply chain



자료: 이베스트투자증권 리서치센터

II. 태양광 장비 및 Supply chain

● 태양광 장비 기업 특성

- 태양광 장비는 반도체나 LCD와 같이 소수의 한정된 고객을 대상으로 판매하는 제품이 아닌 전세계 대상 비즈니스가 가능
- 비교적 공정이 단순하고 투자 규모가 작기 때문
- 반도체 핵심기술을 응용하는 장비인 만큼 반도체 장비업체들의 진입이 용이
- 특히 LCD 제조공정과 유사하기 때문에 LCD 장비로 응용이 가능
- 과거 미국, 유럽 국가들이 과점하던 시장에서 Upstream(폴리실리콘, 웨이퍼)는 중국기업, Downstream(셀, 모듈)은 인도, 중동 등 신흥시장이 주도

솔라 웨이퍼 기업 판매량 기준 순위

후방산업	태양광 공정장비 분야	전방산업
태양광 부품, 소재 기업	잉곳, 유/무기 태양전지, 태양전지/모듈	태양광 제조 산업, 태양광 발전시스템 설치 산업, 전력 변환 기기 산업

솔라 모듈 제조장비



솔라 셀 제조장비



웨이퍼 제조장비



잉곳 제조장비



II. 태양광 장비 및 Supply chain

● 잉곳, 웨이퍼 제조장비

- 잉곳제조장비: 잉곳성장장치, 검사/테스트 장치, 절단/연마 장치
- 웨이퍼 제조장비: 절단장치, 세정장치, 검사/테스트 장치, 폴리싱/연마 장치
- 잉곳제조장비는 단결정, 다결정에 따라 DSS(일방향성 응고시스템), CZ시스템, FZ시스템으로 분류
다결정은 DSS를, 단결정은 CZ를 주로 사용
- 웨이퍼 제조장비 중 메인인 절단장치는 Band Saw(띠톱)과 Wire Saw(줄톱)이 있음
- Wire Saw(줄톱)가 레이저를 이용하여 절단하는 장비로 가장 많이 사용

솔라 웨이퍼 제조장비 Supply chain

턴키라인		검사/테스트 장치	
중국	스위스	국내	
CETC48	Staubli	인텍플러스	포텍스테크놀로지
절단장치		존테크	한미반도체
국내		중국	
다이섹	Band, Wire	CETC48	웨이퍼분류기
오성엘에스티	Wire	미국	
위솔루션	Wire	Giga Mat	웨이퍼분류기
일본		일본	
Disco	레이저 발생기	Horiba	재료성분분석기
중국		폴리싱&연마	
Han's Laser	레이저 발생기	일본	미국
		Disco	Giga Mat

솔라 잉곳 제조장비 Supply chain

턴키라인		검사/테스트 장치	
중국	스위스	국내	일본
CETC48	Staubli	존테크	JEOL
잉곳 성장 장치		한미반도체	
중국		절단 연마 장치	
CETC48	CZ법	일본	스위스
미국		Noritake	Staubli
Giga Mat	CZ법	국내	
일본		에스에스아이	
Mitsubishi Materials Techno	CZ법	오성엘에스티	
국내			
에스테크	CZ법		
오성엘에스티	CZ법		
와이에썸텍	CZ법		
SG Networks	CZ법, DSS법		

II. 태양광 장비 및 Supply chain

● 슬라셀 제조장비

- 결정형 실리콘 태양전지 장비와 박막 태양전지 장비로 구분
- 결정형 실리콘 태양전지 장비는 반도체 공정과 비슷하나 회로가 없어 포토 등 장비는 필요하지 않음. 따라서 막을 증착시키는 CVD, sputter 장비 등이 핵심. 그리고 대부분 전체 공정을 한번에 완성할 수 있는 Turn-key 형태가 매출비중 큼
- 표면 에칭 → 텍스처링(에칭 후 태양광 면적 확대 위한 줄무늬 작업) → P-I-N 접합 형성(불순물 주입 및 고온 처리) → 에칭공정 → 반사방지막 형성 → 실크스크린 인쇄과정(푸른색) → 소성공정(실크스크린 표면을 소재 내부로 접합)을 통해 생산

슬라셀 제조장비 Supply chain - 1) 결정형 실리콘 태양전지 장비

턴키라인		확산로	코팅/증착		스크린 인쇄 장치		검사/테스트 장치	
중국	국내	일본	일본		미국		중국	
CETC48	테스	Ebara	Ebara		Applied Materials		CETC48	
	디티엑스	Screen	국내		Aremco Products		일본	
에칭 장치		국내	엔씨디	에스에프에이	일본		Hitachi Power solution	
국내		성진세미텍	디엠에스	인포비온	Micro-tec		국내	
디엠에스	Ultech	한화테크엠	디티엑스	주성엔지니어링	중국		디엠에스	태크녹스
주성엔지니어링	원익IPS	Ultech	성진세미텍	한화테크엠	Exact S.C		토폅텍	토폅텍
창성		중국	네덜란드		45th Institute of CETC		에스에프에이	포텍스테크놀로지
중국		CETC48	ASM International		Maxwell Technologies		와이에섬텍	한미반도체
NAURA Microelectronics		미국	중국		국내		인텍플러스	한화테크엠
		Coherent	CETC48		제우스	라인시스템	한미반도체	
			NAURA Microelectronics		한화테크엠	KPS	한화테크엠	
					디엠에스	Unijet		

II. 태양광 장비 및 Supply chain

● 솔라셀 제조장비

- 박막 태양전지는 실리콘 웨이퍼를 사용하지 않기 때문에 제조공정이 간단
- 비정질 실리콘 막을 형성함과 동시에 P-I-N 접합이 형성되며 하나의 Chamber 안에서 대부분의 공정이 완성됨
- 핵심장비는 실리콘 막을 증착하는 PECVD 장비
- 유리세정 → TCO증착(전면 전극 증착) → Laser Scribing(전극 패턴화) → 세정 → PIN 접합 형성 → Laser Scribing(전후면 연결통로 확보) → 후면 전극 증착(Sputter) → Laser Scribing(실리콘 막의 cell 간, cell 외곽 절연) → 세정 → 성능측정

솔라셀 제조장비 Supply chain - 2) 박막 태양전지 장비

턴키라인		절단/스크라이빙 장치	코팅/증착장치
일본	독일	일본	일본
Toray engineering	Grenzebach	Hitachi Zosen	Tokyo Electron
ULVAC		중국	ULVAC
국내		Han's Laser	국내
주성엔지니어링		독일	아바코
		Rofin	에스엔유프리시전
검사장치		국내	에스엔텍
일본		이오테크닉스	인포비온
Horiba	박막두께 측정기	제우스	
Nisshinbo	박막솔라 시뮬레이션	코셈사이언스	
Screen	박막두께 측정기	H&J	
국내			
나노-뷰 주식회사	박막광학검사시스템		

II. 태양광 장비 및 Supply chain

● 솔라모듈 제조장비

- 솔라모듈은 패널에 단위 Solar Cell을 집단화하여 직렬로 연결한 것
- 검사 합격된 Cell과 Cell을 연결하는 Tabbing & String작업을 한 후 Laying up하여 샌드위치 구조 형성
- 모듈 공정의 핵심은 Tabbing & String 공정. 리본을 이용하여 전지와 전지를 원하는 수만큼 연결하는 공정으로 불량 발생 확률이 가장 높음
- 다음으로 자외선과 누수 등으로부터 보호하기 위해 라미네이팅하고 알루미늄 프레임 등을 이용해 봉합한 후 테스트 공정으로 마무리
- 정리하면, Tabbing & String → Laying up → Vacuum Laminating → Framing → Testing

솔라모듈 제조장비 Supply chain

턴키라인	Tabbing & String 장치	라미네이터	프레임	검사/테스트 장치
중국	중국	일본	중국	일본
Jinchen	Han's Laser	Nisshinbo	Jinchen	Nisshinbo
SC-Colar	Wuxi Lead intelligent Equipment	국내	SC-Colar	세정장치
CETC48	스위스	에스에프에이	국내	일본
국내	Staubli	와이에섬텍	세종산업	Screen
에스에프에이	국내	진우엔지니어링	SeenBnTek	
위솔루션	에스에프에이	툼텍		
제우스	와이에섬텍	한화테크엠		
캐나다	진우엔지니어링			
ATS Automation	툼텍			
	한화테크엠			

Part IV

태양광 발전 글로벌 현황

Key-point

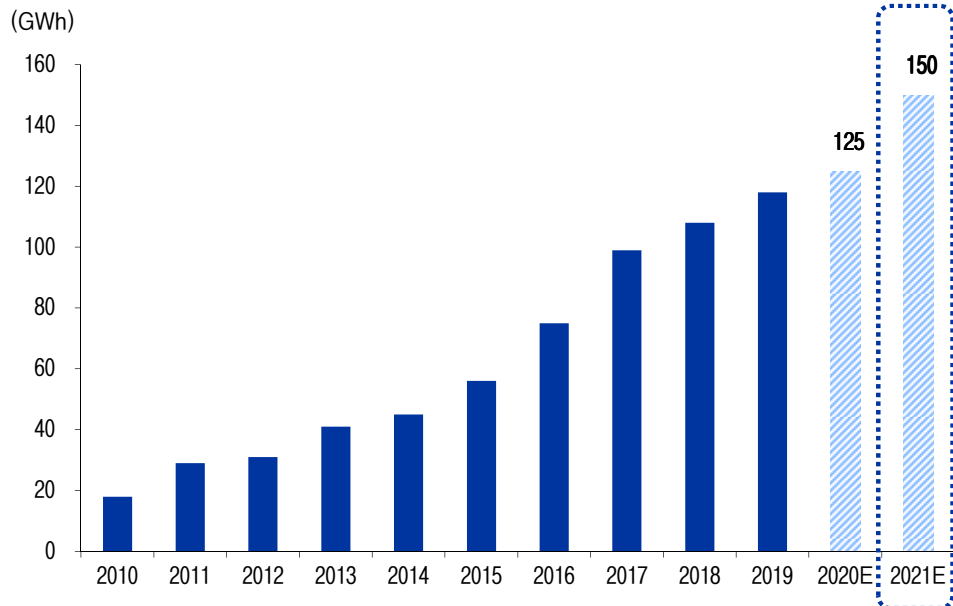
- 지연 프로젝트로 인한 2021년 수요 증가
- 다만, 현물가격 상승 우려 여전
- 국내의 경우, 높은 간접비로 인하여 수요 증가 어려움

태양광 발전 글로벌 현황

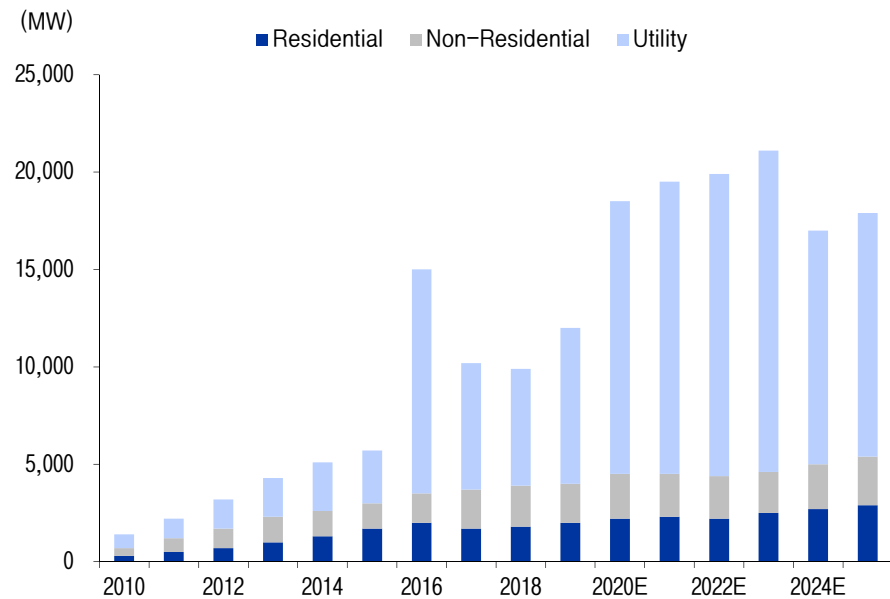
● 태양광 발전 시장 동향

- 2020년 1분기, 전년 대비 설치량 75% 감소로 2020년 수요 역성장 예상
- 그러나 2분기, 중국 설치량 증가 및 미국 대형 태양광 수요 회복으로 빠르게 반등. 2020년 수요 125GWh 전망(2019년 118GWh)
- 2021년에는 경기부양, 기후변화 이슈 및 지연 프로젝트 재개 등으로 BNEF 기준, 150GWh 수요 전망
- 특히, 미국은 코로나19 영향을 받지 않고 있음. 2020년 1분기 800MW → 2분기 617MW 설치
- 2분기 전분기 대비 코로나19 봉쇄조치로 인허가가 지연되면서 감소. 다만, 전년동기 대비 52% 증가
- 대형 태양광 프로젝트 건설은 코로나19 영향 거의 받고 있지 않음

글로벌 PV 수요 현황 및 전망



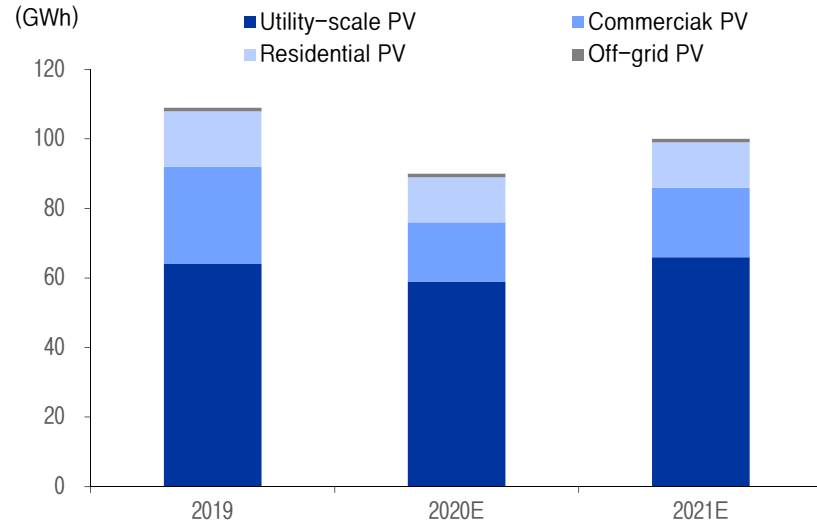
미국 태양광 설치 현황 및 전망



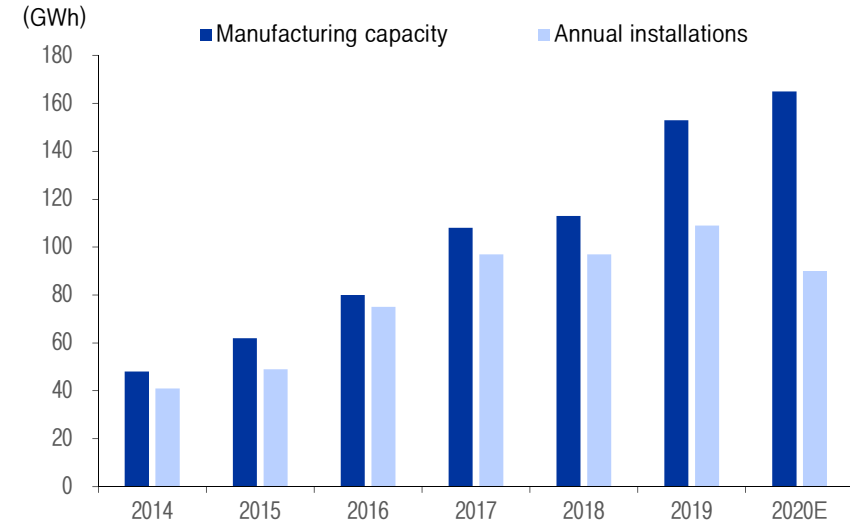
자료: BNEF, 이베스트투자증권 리서치센터

태양광 발전 글로벌 현황

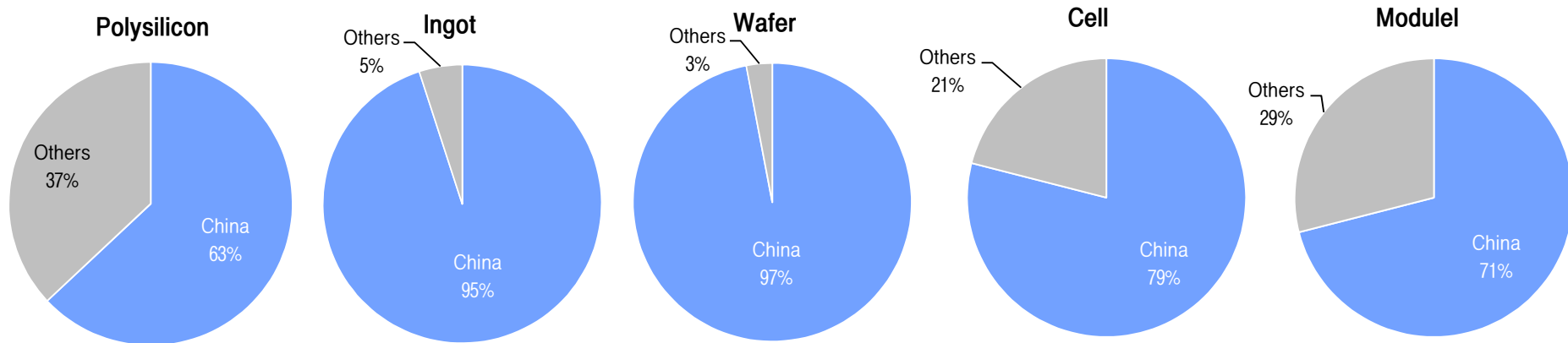
수요처 별 추이 및 전망



모듈 기준 초과 공급 추이 및 전망



태양광 Value chain 별 중국 점유율



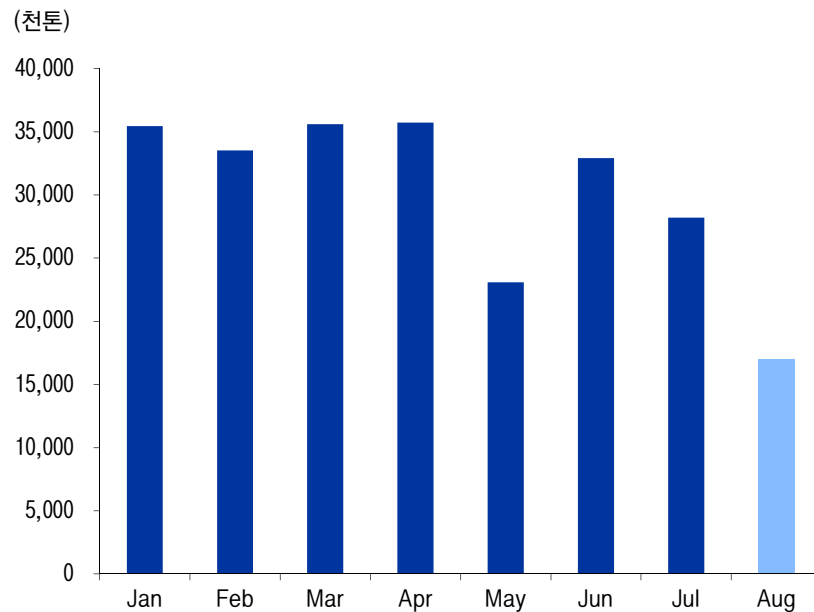
자료: PV insight, 이베스트투자증권 리서치센터

태양광 발전 글로벌 현황

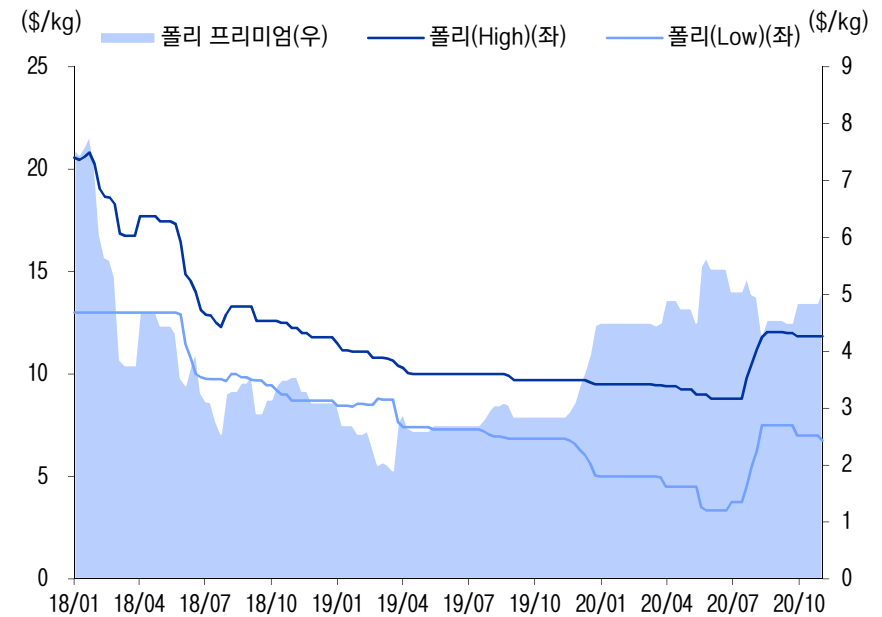
● 태양광 제품가격 동향

- 폴리실리콘 가격: 2020년 6월까지 최저점을 기록하였으나 8월 이후 중국 홍수 및 일부 공장 가동 중단으로 9월 2배 가까이 상승
- 특히, 중국 폴리실리콘 생산의 11%를 담당하는 GCL-Poly 공장 폭발사고로 가동 중단 및 재가동 지연으로 계속 상승 중
- 사안지역 대규모 홍수로 Tongwei사 20,000톤 규모의 공장도 가동 중단
- 이에 6월 최저치 대비, 다결정은 58%, 단결정은 90% 급등
- 공장 가동이 지연되고 있지만, 8월을 저점으로 공급 증가 중 → 폴리실리콘 가격 안정화될 것

중국 폴리실리콘 생산 현황(2020년)



폴리실리콘 가격 동향



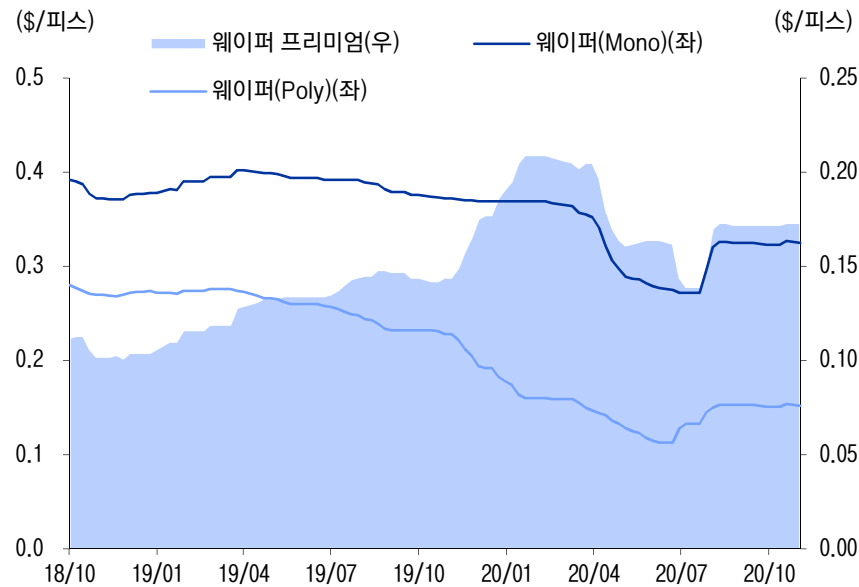
자료: Bloomberg, 이베스트투자증권 리서치센터

태양광 발전 글로벌 현황

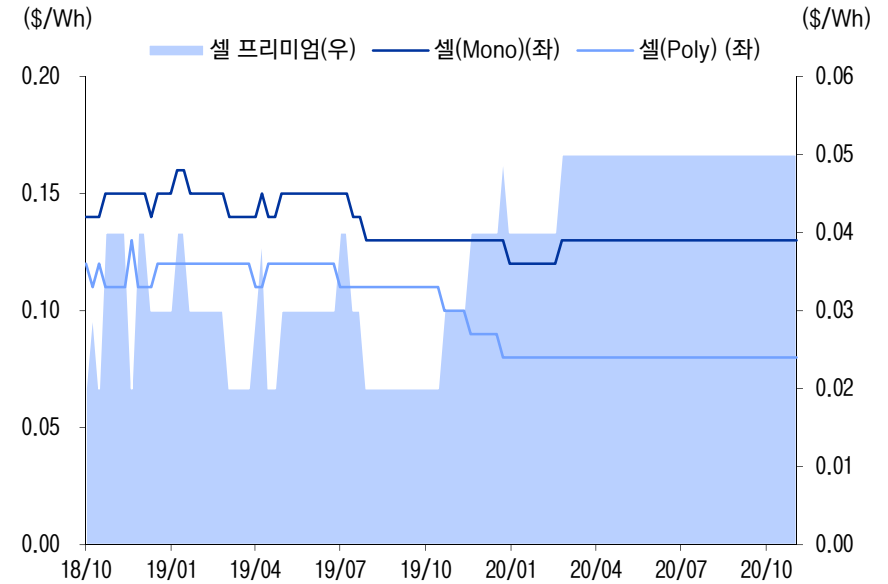
● 태양광 제품가격 동향

- 웨이퍼 가격 동향: 4분기 들어 글로벌 수요 안정화로 Mono-Si 웨이퍼 가격은 일정하게 유지. 다만, G1, M6 웨이퍼는 공급 부족
- 셀 가격 동향: 셀 가격 역시, 일정하게 유지 중. 다만, M6 셀은 공급이 부족하여 가격이 상승하고 있음
- 모듈 기업은 BOM 가격 인상 및 M6 사이즈용 PV Glass 부족이 지속되면서 내년까지 일부 주문을 미루고 있는 상황
- M6의 셀 및 PV Glass 부족으로 모듈 기업의 G1 셀로의 전환이 이루어지고 있음. 이에 G1 또한 공급 부족으로 가능성이 높아진 상황
- 모듈 가격 동향: 모듈 가격 중 M6 기반 모듈만 단독 상승 중. 이는 PV Glass 가격 상승 때문. 중국 이외의 시장은 코로나19로 인한 PV 프로젝트 지연으로 모듈 가격 협상이 이루어지지 않고 있음. 여기에 현물 가격은 계속 상승하면서 평균 모듈 가격 상승으로 이어지고 있음

PV 웨이퍼 가격 동향



PV 셀 가격 동향



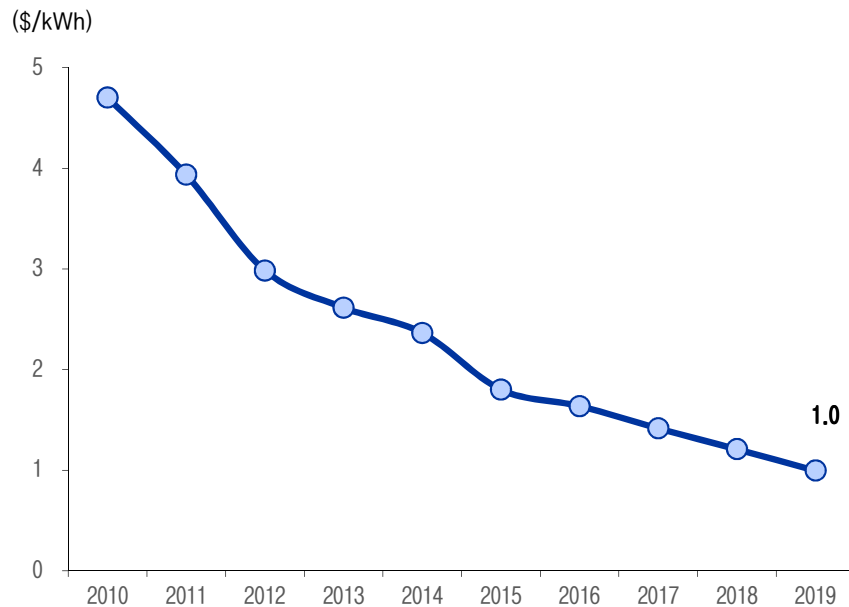
자료: Bloomberg, 이베스트투자증권 리서치센터

태양광 발전 글로벌 현황

● 태양광 LCOE 동향

- LCOE: 전 주기 동안의 발전량 대비 전 주기 동안의 비용
- 발전소 짓는 원가, 운영비, 발전소 해체 비용을 다 더한 다음, 발전소가 평생 동안 발전할 수 있는 전기량을 나누어 계산
- IEA, 2030년 태양광 발전 LCOE \$0.07/kwh로 전망
- 태양광 그리드 패리티는 태양광 시스템 기준 \$1/kWh로 이미 도달
- 중국 기준으로 발전원 별 단가를 보면, 석탄 54~74, 가스 80~101, 풍력 49~72, 태양광 44~84로 태양광이 가스발전보다 저렴해지고 석탄발전과는 대등한 수준으로 하락

Global LCOE in solar PV systems – 평균

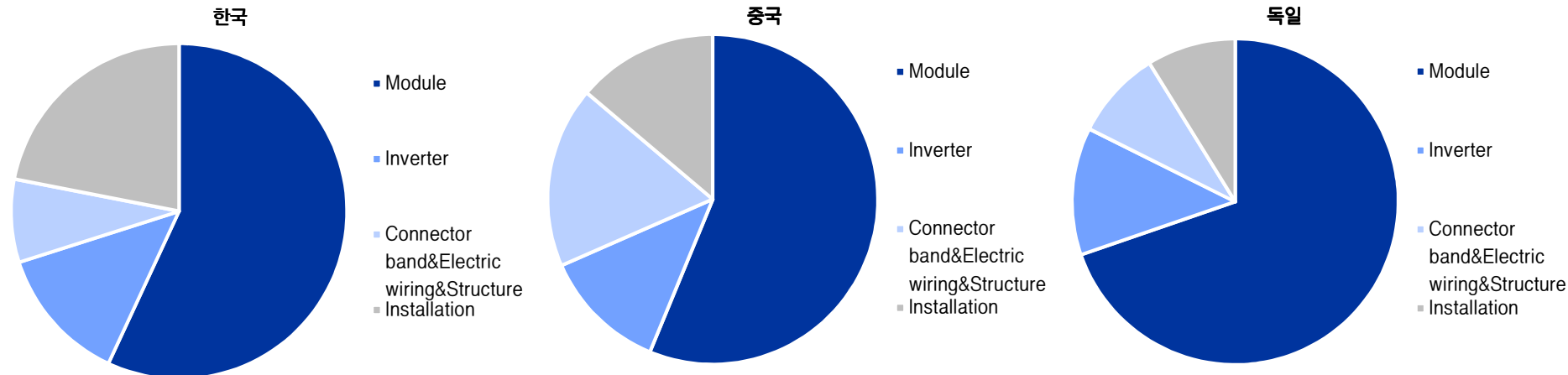


Global LCOE in solar PV systems – 국가별

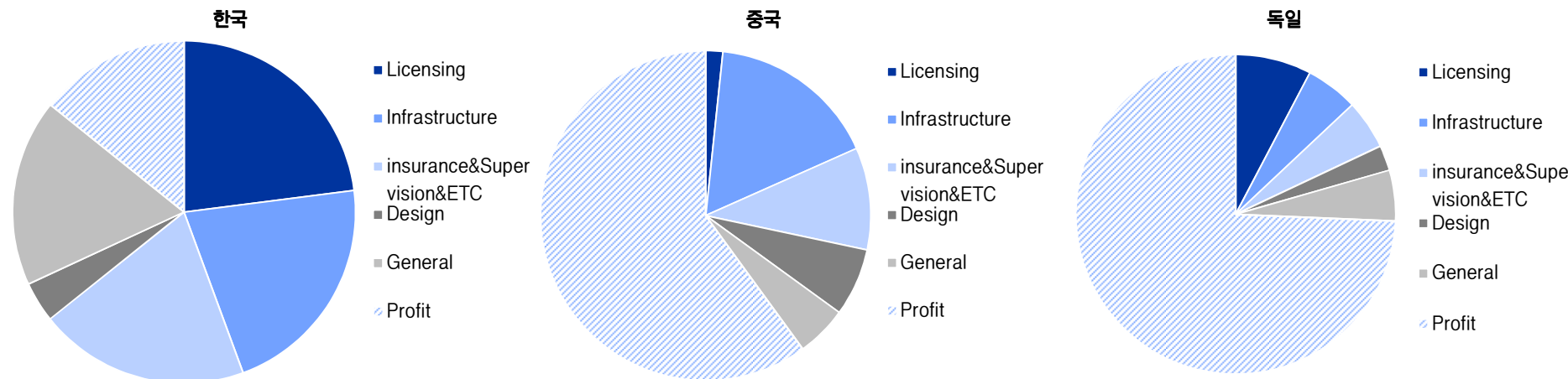
(\$/MWh)	Minimum	Maximum
Global average	36	154
Australia	33	102
Brazil	47	135
India	61	168
Japan	42	131
Europe	53	179
South Africa	50	141
United States	31	111

태양광 발전 글로벌 현황

국가별 태양광 직접비 비교



국가별 태양광 간접비 비교



자료: statista, 이베스트투자증권 리서치센터

Part V

의미있는 관련주 뽑아내기

Recommendations

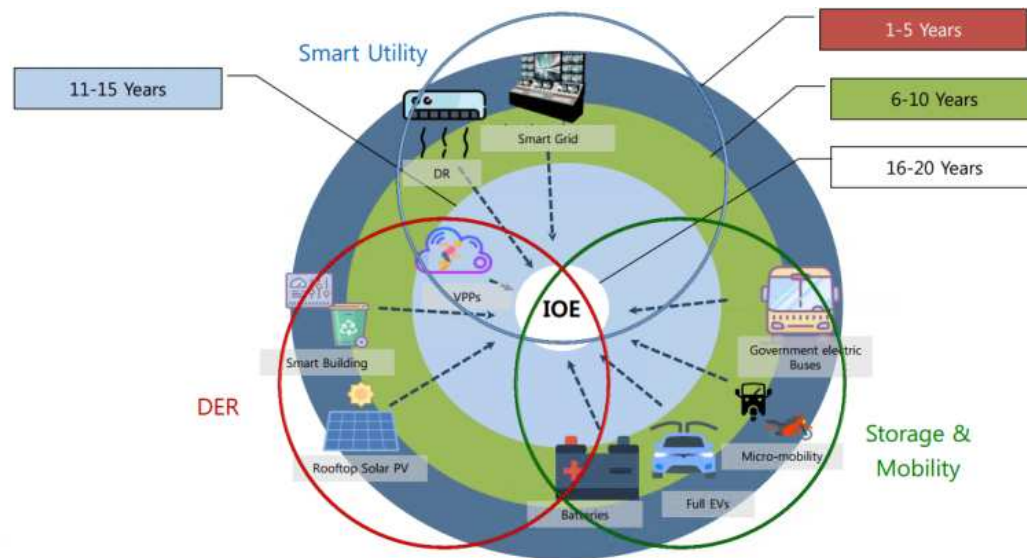
- 국내 기업, PV 제조보단 ‘VPP’ 에 프리미엄
- 국내 추천종목: 한화솔루션
- 해외 관심종목: Longi Solar, First Solar

국내 기업, PV 제조보단 'VPP'

● 제조보단 고부가가치 관리 사업자로

- VPP(가상 발전소): 태양광 발전에서 가장 중요한 부분은 'ESS'가 메인이며 다양한 시스템을 통해 실시간으로 관리하는 방식
- 크게 3가지 종류: 1) 수요기반, 2) 공급기반, 3) 혼합형
- 1) 수요기반: 공장, 마트, 빌딩 등 다양한 기관 및 일반 소비자로부터 기존 사용량보다 전기를 적게 쓰기로 계약한 후, 남은 전기를 모아 전력시장에 판매하는 방식
- 2) 공급기반: 신재생 발전, ESS, EV 등 분산형 발전 자원을 모아 발전소를 운영하는 형태로 소규모 전력 중개(1MW 이하 전력 모아 거래)방식
- 3) 혼합형: 수요와 공급 기반 혼합 형태로 궁극적으로 추구하고자 하는 VPP 형태
- 결국, 분산에너지자원을 클라우드 기반 플랫폼으로 통합하여 운영시스템과 연계, 센서를 활용하여 원격 제어하는 방식으로 가상 발전소 운영
- 따라서, 가장 중요한 ESS와의 연계, 최대한 많은 기업 및 연구소 등 고객 database 구축 및 네트워크 등이 핵심

VPP 구성도

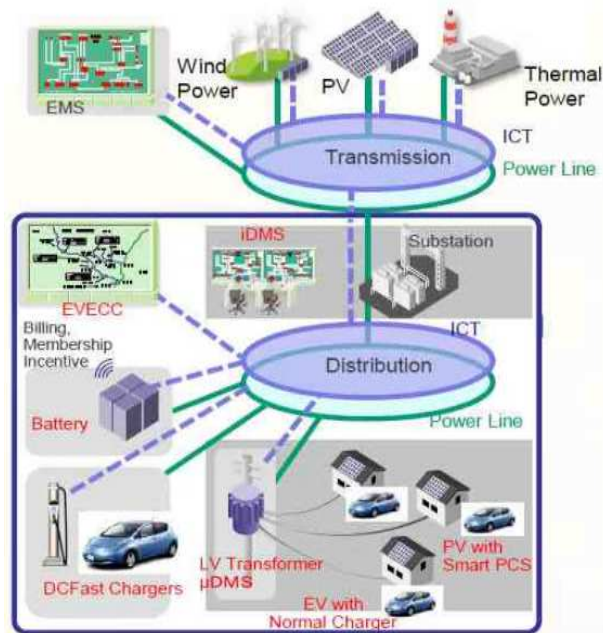


국내 기업, PV 제조보단 'VPP'

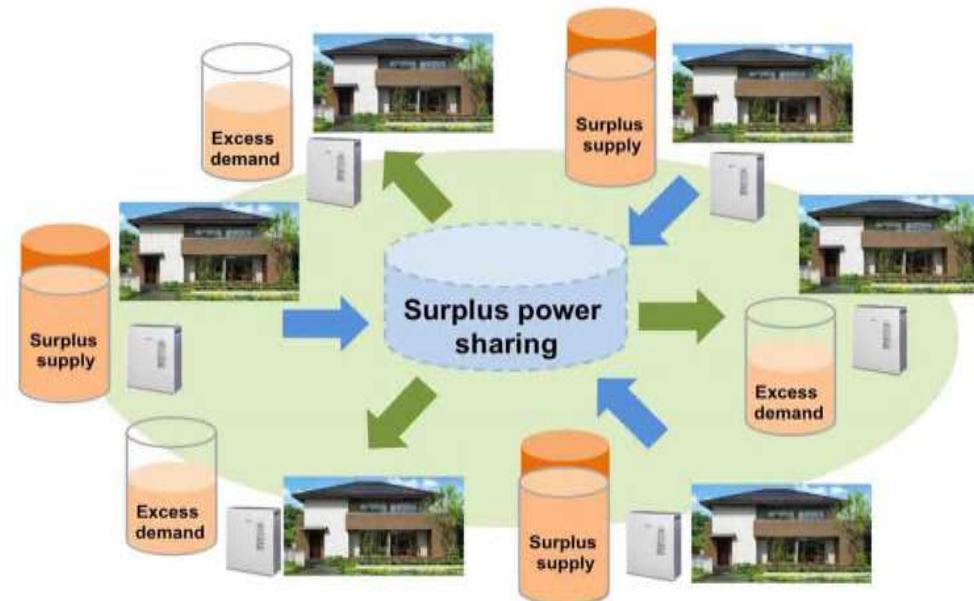
● 테슬라도 꿈꾸는 'VPP'

- 테슬라는 세계 최대 규모 VPP를 호준에 조성하겠다고 밝힘. 최소 5만 개의 가정용 태양광 배터리 시스템을 구축. 각 가정 태양광 패널 설치 비용은 무료로 하되, 발전을 통해 얻은 수익의 일부를 공유받게 되는 것
- 총 설비용량 목표: 태양광 250MW, 배터리 650MWh
- 프로그램이 성공적으로 진행될 경우, 전력 수용의 20%를 충당 가능해져 가정은 전기요금의 30% 절감, 정전 대비 등 이점 높음
- 프로젝트를 위해 총 8억 달러가 소요되며 주정부가 200만달러 보조금, 3천만 달러 대출 제공하며 전력판매대금으로 나머지 비용 충당할 계획
- 테슬라 이외에도 일본, 미국, 유럽 등 VPP 시장 선점을 위한 움직임들이 보이고 있음

하와이 VPP 구성도



일본 VPP 구성도



한화솔루션 (009830) : 태양광 프리미엄 요인은 VPP가 될 것

Buy(initiate)

목표주가 64,000원

현재주가 48,650원

KOSPI(11/23)	2,602.59 pt
시가총액	77,774 억원
발행주식수	159,864 천주
52주 최고가 / 최저가	52,200 / 9,410 원
90일 일평균거래대금	3,188.69 억원
외국인 지분율	19.1%
배당수익률(20.12E)	-0.9%
BPS(20.12E)	38,729원
KOSPI대비 상대수익률	1개월 -0.9%
	6개월 172.9%
	12개월 142.8%
주주구성	한화 (외 6인) 37.4%
	국민연금공단 (외 1인) 11.2%



■ 태양광 프리미엄 요인은 'VPP'

- 2020년 코로나19로 인한 지연 PV 프로젝트 및 미국 태양광 정책 확대로 2021년 태양광 수요 확대 예상
- 다만, 중국 외 기업의 경우, 태양광 제조에 프리미엄을 주기 어려움
- 태양전지 소재로 각광받는 페로브스카이트는 기업간 경쟁 우위를 가리기에는 셀-모듈간 효율 차이가 너무 큼
- 결국, 가격 경쟁력이 중요한 제조부문보다는 고부가가치 서비스 사업인 'VPP'가 동사의 성장을 주도할 것

■ 케미칼 부문, 2021년 PVC, LDPE 중심 스프레드 확대 기대

- 동사는 3분기 석유화학 영업이익 큰 폭 개선에도 불구하고, 4분기에는 정기보수로 인하여 전분기 대비 감익 전망
- LDPE/EVA 35일, LLDPE 15일, PVC 17일, TDI 15일 정기보수 진행
- 다만, PVC, LDPE를 중심으로 견조한 수요 및 코로나19 지속으로 인한 공급 타이트로 2021년 스프레드 확대 기대

■ 동사에 대한 목표주가 64,000원, 투자 의견 BUY 제시

- 동사에 대한 목표주가 64,000원, 투자 의견 BUY를 제시하며 커버리지 개시
- SOTP 방식을 통한 목표주가 산정으로 특히, 태양광 부문은 2021년 글로벌 태양광 수요 증가와 더불어 'VPP'라는 성장성을 고려, Jinko Solar 기준 3개년 평균 Multiple 적용

Financial Data

(십억원)	매출액	영업이익	세전이익	순이익	EPS (원)	증감률 (%)	EBITDA	PER (배)	EV/EBITDA (배)	PBR (배)	ROE (%)
2018	9,046	354	288	160	1,138	-77.5	794	17.7	9.8	0.5	3.1
2019	9,503	378	-217	-249	-1,468	적전	940	-12.8	8.7	0.5	-4.0
2020E	8,828	724	477	553	3,294	흑전	1,324	14.8	9.4	1.3	8.8
2021E	9,596	864	766	843	5,070	53.9	1,483	9.6	8.1	1.1	12.1
2022E	10,556	993	1,017	971	5,838	15.2	1,634	8.3	7.1	1.0	12.2

한화솔루션 (009830)



실적 추이 및 전망

(십억원)	1Q19	2Q19	3Q19	4Q19	1Q20	2Q20	3Q20	4Q20E	2019	2020E	2021E
매출액	2,236	2,374	2,441	2,452	2,248	1,956	2,428	2,196	9,503	8,828	9,596
케미칼	843	901	908	829	830	781	883	705	3,481	3,199	3,503
태양광	795	789	922	1,049	906	743	891	910	3,555	3,450	3,968
첨단소재	192	212	204	200	191	149	207	210	808	757	855
리테일	162	166	128	138	96	110	109	139	594	454	472
기타	244	306	279	236	225	173	338	232	1,065	968	798
영업이익	98	98	152	30	167	129	233	195	378	724	864
케미칼	79	72	95	12	64	93	159	132	258	448	539
태양광	30	31	68	53	105	52	36	44	182	237	254
첨단소재	-8	-2	-1	-19	-4	-8	8	8	-30	4	33
리테일	7	-7	-1	8	-5	-4	1	8	7	0	4
기타	-10	4	-9	-24	7	-4	29	5	-39	37	33
영업이익률	4.4%	4.1%	6.2%	1.2%	7.4%	6.6%	9.6%	8.9%	4.0%	8.2%	9.0%
매출비중	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
케미칼	37.7%	38.0%	37.2%	33.8%	36.9%	39.9%	36.4%	32.1%	36.6%	36.2%	36.5%
태양광	35.6%	33.2%	37.8%	42.8%	40.3%	38.0%	36.7%	41.4%	37.4%	39.1%	41.3%
첨단소재	8.6%	8.9%	8.4%	8.2%	8.5%	7.6%	8.5%	9.6%	8.5%	8.6%	8.9%
리테일	7.2%	7.0%	5.2%	5.6%	4.3%	5.6%	4.5%	6.3%	6.3%	5.1%	4.9%
기타	10.9%	12.9%	11.4%	9.6%	10.0%	8.8%	13.9%	10.6%	11.2%	11.0%	8.3%

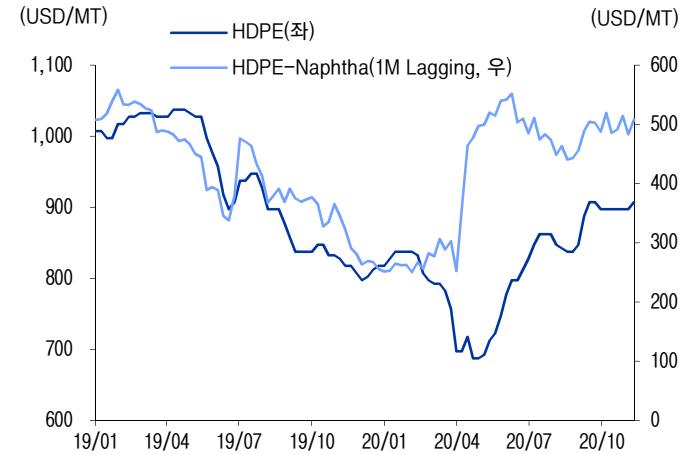
자료: 이베스트투자증권 리서치센터

한화솔루션 (009830)

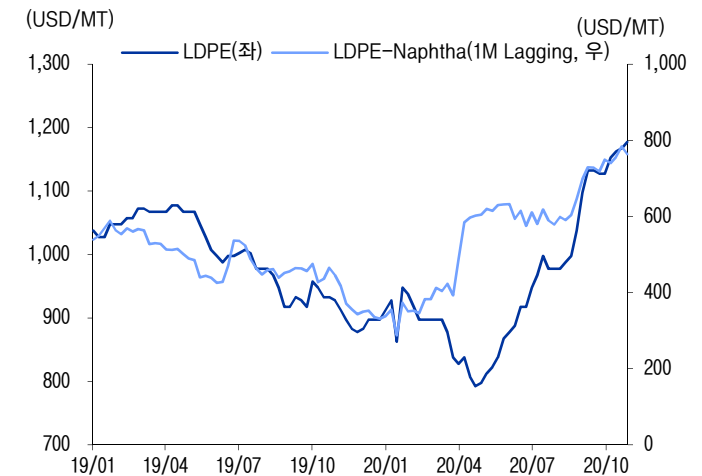
실적 추이 및 전망

사업부문		(십억원)	% of EV
케미칼	EV/EBITDA of 7X	5,522	38%
태양광	EV/EBITDA of 14X	8	49%
리테일	EV/EBITDA of 8X	432	3%
첨단소재	BV	600	4%
기타(YNCC 등)	P/E of 6X	848	6%
Total EV(1)		14,455	100%
순차입금(2)		4,171	
순 기업가치 (1)-(2) (₩)		10,284	
보통주 발행 주식수 (3) (원)		159,864,497	
주당 기업가치 [(1)-(2)]/(3) (원)		64,329	
목표주가 (원)		64,000	
현재주가 (원) (11/23)		48,650	
Upside (%)		32%	

HDPE Spread 추이



LDPE Spread 추이



한화솔루션 (009830): 재무제표 및 투자지표

재무상태표

(단위: 십억원)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
유동자산	5,012	5,323	5,558	6,265	7,099
현금 및 현금성자산	1,024	1,085	1,580	1,984	2,511
매출채권 및 기타채권	1,759	1,573	1,594	1,751	1,894
비유동자산	10,219	10,358	10,096	10,395	10,890
관계기업투자등	2,703	2,767	2,571	2,794	3,074
유형자산	6,684	6,594	6,684	6,854	7,160
자산총계	15,231	15,681	15,654	16,660	17,989
유동부채	5,133	5,831	5,238	5,329	5,465
비유동부채	3,872	4,044	4,041	4,065	4,206
부채총계	9,004	9,875	9,279	9,394	9,670
자본금	821	821	821	821	821
자본잉여금	857	805	805	805	805
이익잉여금	4,497	4,176	4,675	5,566	6,618
자본총계	6,227	5,806	6,375	7,266	8,319

현금흐름표

(단위: 십억원)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
영업활동 현금흐름	759	1,208	938	1,093	1,302
당기순이익(손실)	288	-217	553	843	971
비현금수익비용가감	670	1,348	273	447	485
영업활동 자산부채변동	426	529	578	593	620
매출채권의감소(증가)	14	32	22	25	21
매입채무의증가(감소)	-303	-151	-327	-171	-156
투자활동 현금	-114	287	111	-198	-154
유형자산처분(취득)	667	147	-21	-157	-143
무형자산 감소(증가)	-171	38	195	-138	-156
기타투자활동	-550	0	-60	99	147
재무활동 현금	-60	102	-2	-2	-2
차입금의 증가(감소)	-434	-1,114	-408	-754	-875
배당금의 지급	-664	-1,136	-673	-764	-931
기타재무활동	1	-1	7	4	2
현금의 증가	7	-3	257	6	54
기초현금	222	26	0	0	0
기말현금	-102	-41	-35	66	100

손익계산서

(단위: 십억원)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
매출액	9,046	9,503	8,828	9,596	10,556
매출총이익	7,459	7,732	6,798	7,293	7,980
영업이익	1,587	1,771	2,030	2,303	2,576
EBITDA	1,233	1,393	1,307	1,439	1,582
금융손익	354	378	724	864	993
이자비용	794	940	1,324	1,483	1,634
세전계속사업손익	-213	-224	-168	-191	-188
법인세비용	160	226	177	178	185
당기순이익	358	175	65	235	340
영업이익률 (%)	-211	-547	-144	-142	-129
EBITDA마진률 (%)	288	-217	477	766	1,017
당기순이익률 (%)	128	31	-76	-77	46
ROA (%)	160	-249	553	843	971
ROE (%)	0	0	0	0	0

주요투자지표

	2018	2019	2020E	2021E	2022E
투자지표 (x)					
P/E	17.7	-12.8	14.8	9.6	8.3
P/B	0.5	0.5	1.3	1.1	1.0
EV/EBITDA	9.8	8.7	9.4	8.1	7.1
P/CF	3.5	2.7	9.6	6.1	5.4
배당수익률 (%)	1.0	1.1	0.0	0.0	0.0
성장성 (%)					
매출액	-3.2	5.1	-7.1	8.7	10.0
영업이익	-53.2	6.8	91.3	19.5	14.9
EPS	-72.9	적전	흑전	60.6	32.7
안정성 (%)					
부채비율	144.6	170.1	145.5	129.3	116.3
주당지표(원)					
EPS	1,138	-1,468	3,294	5,070	5,838
BPS	37,081	35,228	38,729	44,208	50,681
CFPS	5,812	6,928	5,085	7,935	8,954
DPS	200	200	n/a	n/a	n/a

자료: 한화솔루션, 이베스트투자증권 리서치센터

LONGi (601012.SS) : PV 기술 트렌드에 앞장서다

Not Rated

목표주가 Not Rated
현재주가 67.7CNY

SSE(11/23)	3,578.71 pt
시가총액	255,348.8 백만 ¥
발행주식수	3,771.8 백만 ¥
52주 최고가 / 최저가	83.27 / 21.75 ¥
90일 일평균거래대금	4,382.02 백만 ¥
외국인 지분율	N/A
배당수익률(20.12E)	N/A
BPS(20.12E)	N/A
SSE대비 상대수익률	1개월 4.35%
	6개월 80.15%
	12개월 149.29%
주주구성	Li Zhengguo 14.44%
	Li Chunan 10.55%



■ PV 기술 트렌드는 웨이퍼 사이즈 대형화

- 최근 PV 기술 트렌드는 3세대 태양전지 소재로 가지 않는 한, 웨이퍼 사이즈 대형화 및 양면형 모듈 채택임
- 동사의 경우, G1 다음으로 대세가 될 M6 (166mm x 166mm) p 형 모노 웨이퍼를 출시. 셀 업체들의 채택 증가
- 동사는 M6 이후 182mm 사이즈 웨이퍼도 출시하며 사이즈 대형화에 앞장서고 있음

■ 실적으로 보여준다

- 동사는 3분기, 5.93GW(+25% QoQ) 모듈 및 15억 7천만장(+80% QoQ)의 웨이퍼 출하량 기록
- 동사는 출하량 증가뿐 아니라 웨이퍼 가격 상승으로 인하여 매출액은 137억위안(+60% YoY), 영업이익 27.2억 위안(+41% YoY)을 기록하며 외형 및 이익 성장 지속
- 기존 M2 웨이퍼 뿐 아니라 M6 웨이퍼 매출도 증가하였으며 2021년에는 동사의 전체 웨이퍼 출하량의 2/3를 M6 (166mm x 166mm)가 차지할 것으로 기대
- 특히, 대형 웨이퍼는 셀 및 모듈 생산 비용을 줄일 수 있으며, 기존 M2 웨이퍼보다 마진이 높아 향후 외형 뿐 아니라 이익률 증가도 기대

■ 2021년, PV Glass ASP 상승에 따른 마진 훼손 가능성은?

- PV Glass ASP 상승은 1) 일부 공장 가동 중단, 2) 양면형 모듈 채택 증가에 따른 것
- 동사는 장기 공급계약이 체결되어 있어 마진 훼손 가능성 제한적

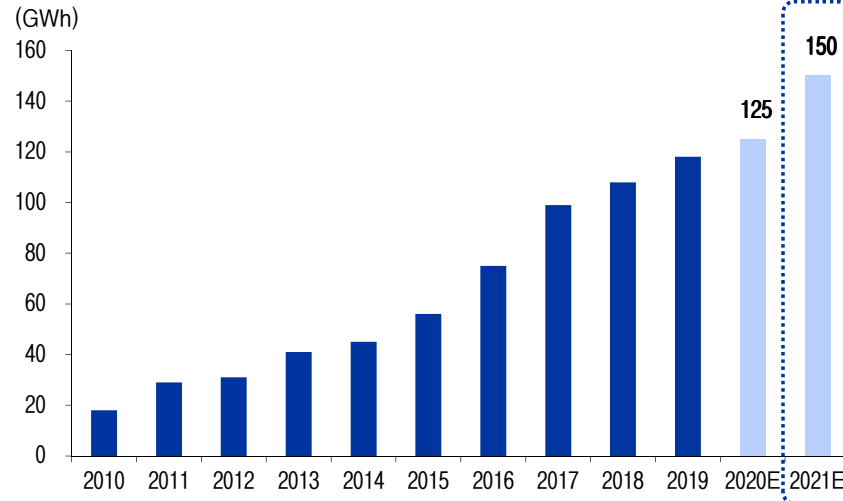
Financial Data

(백만 ¥)	매출액	영업이익	세전이익	순이익	EPS (CNY)	증감률 (%)	EBITDA	PER (배)	EV/EBITDA (배)	PBR (배)	ROE (%)
2015	5,937	658	593	520	0.18	69.1	940	44.0	25.7	4.2	11.8
2016	11,531	1,820	1,793	1,547	0.50	177.4	2,218	15.6	11.7	2.6	19.7
2017	16,362	3,612	4,018	3,565	1.03	107.7	4,277	20.4	17.9	5.1	29.4
2018	21,988	2,343	2,867	2,558	0.75	-27.1	3,409	18.8	16.9	3.0	16.7
2019	32,897	6,307	6,247	5,280	1.47	95.4	7,661	16.9	12.1	3.4	24.0

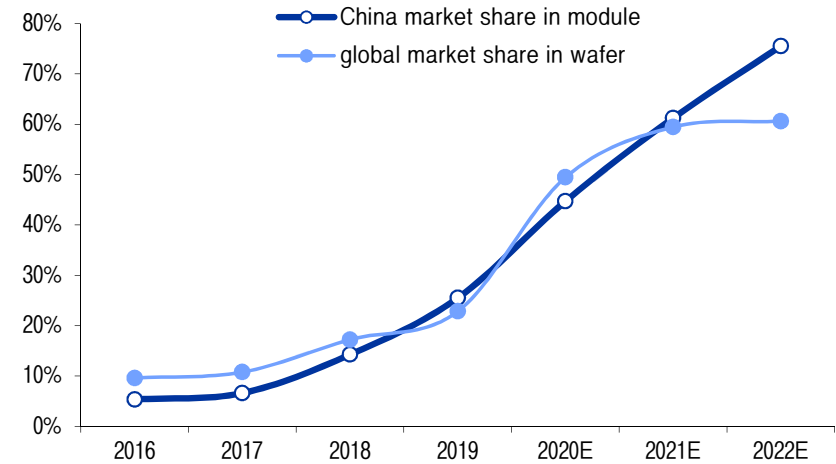
자료: LONGi, 이베스트투자증권 리서치센터

LONGi (601012.SS)

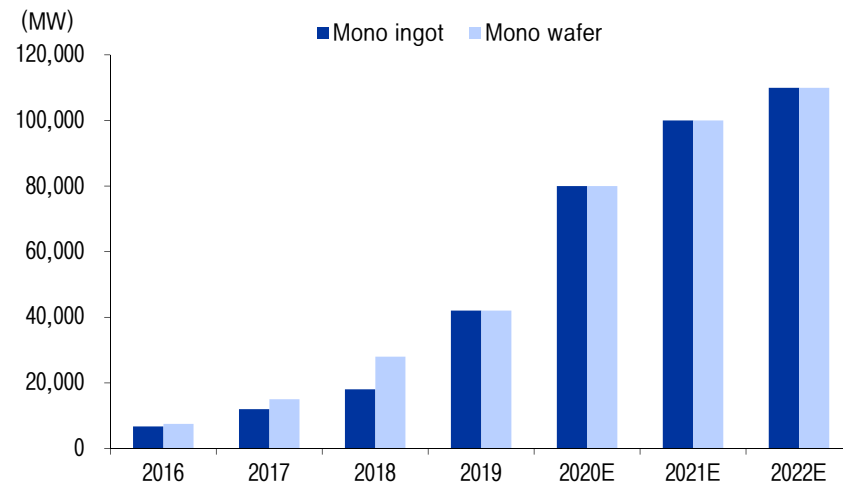
글로벌 PV 설치 수요 추이 및 전망



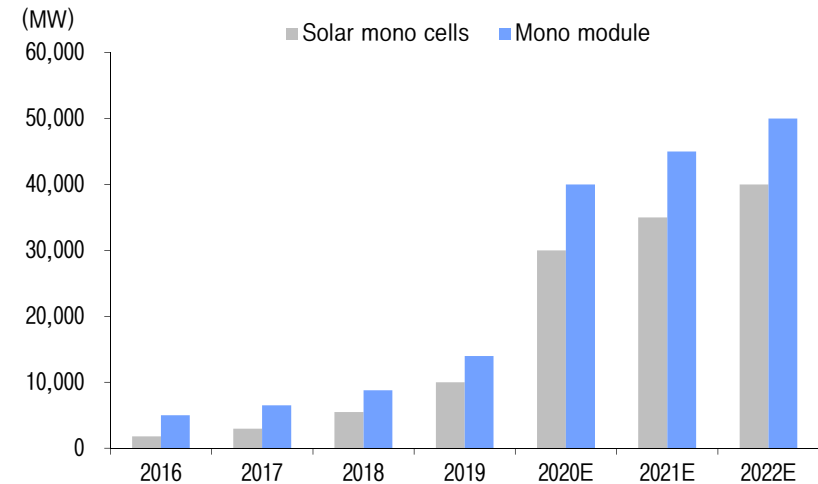
웨이퍼(글로벌), 모듈(중국내) MS 추이



Capacity 현황 및 Plan(잉곳, 웨이퍼)



Capacity 현황 및 Plan(셀, 모듈)



자료: BNEF, LONGi, 이베스트투자증권 리서치센터

LONGi (601012.SS): 재무제표 및 투자지표

재무상태표

(단위: 백만 CNY)	2015	2016	2017	2018	2019
유동자산	6,439	12,042	18,927	22,901	37,367
현금 및 현금성자산	1,764	5,220	7,356	5,665	15,660
매출채권 및 기타채권	2,081	3,833	6,131	8,453	9,208
비유동자산	1,534	1,213	2,380	4,283	6,356
관계기업투자등	785	691	1,548	2,769	4,103
유형자산	3,769	7,130	13,956	16,758	21,937
자산총계	152	152	60	78	22
유동부채	3,325	6,180	12,379	14,302	18,535
비유동부채	292	798	1,517	2,378	3,381
부채총계	4,555	9,079	18,640	22,834	31,009
자본금	184	188	188	188	188
자본금 및 주식발행초과금	4,301	7,344	7,356	7,365	14,193
이익잉여금	1,406	2,874	6,239	8,438	13,384
비지배주주지분(연결)	19	1	49	373	666

현금흐름표

(단위: 백만 CNY)	2015	2016	2017	2018	2019
영업활동 현금흐름	309	505	1,149	1,073	7,961
당기순이익(손실)	520	1,547	3,565	2,558	5,280
감가상각&무형자산상각	282	398	665	1,067	1,354
기타비현금항목조정	111	229	-946	-905	-215
운전자본 변동	-605	-1,670	-2,134	-1,646	1,542
투자활동 현금	-1,230	-2,161	-3,826	-3,380	-2,914
고정&무형자산 변동	-963	-2,077	-3,945	-3,823	-2,684
장기투자수변동	-171	N/A	N/A	-80	N/A
인수 등으로 인한 순현금	8	31	60	514	259
기타투자활동	-104	-114	60	9	-489
재무활동 현금	1,829	5,041	4,903	578	4,919
배당금의 지급	-64	-86	-200	-359	-362
차입금의 증가(감소)	-7	2,164	4,962	766	-198
자본의 증가(감소)	1,979	3,032	0	0	3,830
기타재무활동	-80	-69	141	171	1,648

손익계산서

(단위: 백만 CNY)	2015	2016	2017	2018	2019
매출액	5,947	11,531	16,362	21,988	32,897
매출원가	4,736	8,361	11,082	17,096	23,389
매출총이익	1,201	3,169	5,280	4,892	9,508
판매비 및 관리비	298	781	1,148	1,621	2,266
영업이익	569	1,768	3,996	2,869	6,298
(EBITDA)	940	2,218	4,277	3,409	7,661
세전계속사업이익	593	1,793	4,018	2,867	6,247
당기순이익	520	1,547	3,565	2,558	5,280
매출총이익률 (%)	20.24	27.48	32	22	29
영업이익률 (%)	11.08	15.78	22	11	19
EBITDA마진률 (%)	15.84	19.23	26	16	23
당기순이익률 (%)	9.24	13.64	19	9	16
ROA (%)	6.25	10.53	14	7	11
ROE (%)	11.76	19.68	29	17	24

주요투자지표

	2015	2016	2017	2018	2019
투자지표 (x)					
P/E	44.03	15.57	20.40	18.75	16.89
P/B	4.24	2.65	5.12	2.96	3.39
EV/EBITDA	25.74	11.72	17.95	16.91	12.09
배당수익률 (%)	0.33	0.34	0.28	0.75	0.41
성장성 (%)					
매출액	61.65	94.21	41.90	34.38	49.62
영업이익	78.12	176.51	98.51	-35.14	169.25
세전이익	85.63	202.53	124.11	-28.63	117.86
당기순이익	86.96	186.77	99.22	-36.98	171.38
EPS	69.09	177.42	107.69	-27.11	95.42
주당지표 (CNY)					
EPS	0.18	0.50	1.03	0.75	1.47
BPS	1.86	2.92	4.11	4.77	7.33
DPS	0.03	0.06	0.10	0.08	0.20

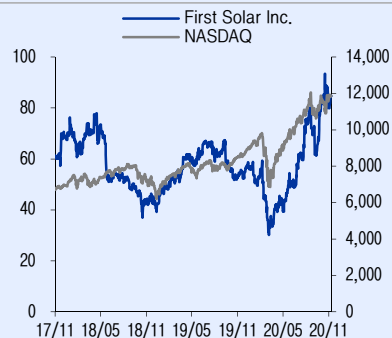
First Solar Inc. (FSLR) : 박막 태양전지 독점 기업

Not Rated

목표주가 Not Rated
현재주가 84.69USD

NASDAQ(11/20)	11,854.97 pt
시가총액	8,975.1 백만\$
발행주식수	106.0 백만\$
52주 최고가 / 최저가	97.93 / 28.47 \$
90일 일평균거래대금	238.97 백만\$
외국인 지분율	N/A
배당수익률(20.12E)	N/A
BPS(20.12E)	N/A
NASDAQ대비 상대수익률	1개월 3.37%
	6개월 61.85%
	12개월 36.16%

주주구성	BLACKROCK 9.92%
	WELLINGTON
	MANAGEMENT 9.27%
	GROUP LLP



■ 글로벌 박막 시장을 독점하고 있는 기업

- 글로벌 박막 태양전지 수요는 1% 내외. 이는 실리콘 태양전지에 비해 가격이 저렴함에도 불구하고, 효율이 나오지 않기 때문
- 특히, CdTe는 짧은 공정 스텝과 빠른 공정시간으로 셀 제조 비용을 획기적으로 낮춤
- 동사는 박막 태양전지 중에서도 CdTe만 제조하며 제조 비용을 낮추면서 효율을 끌어올린 유일한 기업
- 동사는 고유기술(VTD)와 자체 scale up 방식을 채용하여 자본비용을 획기적으로 줄임. 즉, 자체 공정기술을 가지고 이를 토대로 외부 장비제조업체를 활용하였다는 점이 차별화된 요소

■ 미국 내 매출 비중만 높다? → 미국 내 중요 프로젝트 뿐 아니라 지역 다변화까지!

- 사실, PV 제조에 있어서는 중국이 꼭 잡고 있는 시장. 이는 국내 기업도 마찬가지. 다만, 동사가 다른 점은 박막이라는 틈새 시장을 독점하고 있으며 제조비용이 낮아 마진도 22% 이상을 유지하고 있음
- 마이크로소프트와의 제휴: 2019년 Sun Streams 150MW PV Project 건설 중. 데이터 센터에 전력 공급하는 최초 태양광 발전 기업. 2021년 가동 시작
- 태양광 프로젝트 자산매각 진행: 원래 2개의 일본 자산과 Sun Streams가 포함. 다만, 2020년 내 매각 가능성으로 보면 일본 자산이 될 것. Sun Streams는 아직 보류 중
- 말레이시아, 베트남에도 6개 공장 설립하며 지역 다변화를 위한 노력도 진행 중. 특히, 베트남 공장은달성 및 비용 40% 감소 목표까지 도달한 상태로 앞으로가 더 기대되는 기업 5~7월 사이 100% 이상의 가동률

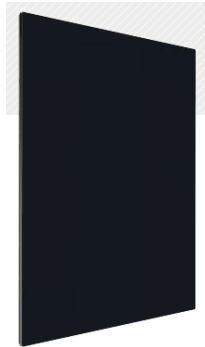
Financial Data

(백만 \$)	매출액	영업이익	세전이익	순이익	EPS (USD)	증감률 (%)	EBITDA	PER (배)	EV/EBITDA (배)	PBR (배)	ROE (%)
2015	4,113	730	733	593	6	48.5	988	11.9	5.2	1.2	11.3
2016	2,905	-568	-537	-416	-4	N/A	-337	8.9	N/A	0.6	-7.7
2017	2,941	178	202	-166	-2	60.7	293	22.9	13.8	1.4	-3.2
2018	2,244	40	113	144	1	N/A	171	20.9	14.0	0.9	2.8
2019	3,063	-162	-120	-115	-1	N/A	66	37.9	96.3	1.2	-2.2

자료: First Solar, 이베스트투자증권 리서치센터

First Solar Inc. (FSLR)

First Solar (좌) Series 6™, (우) Series 4™

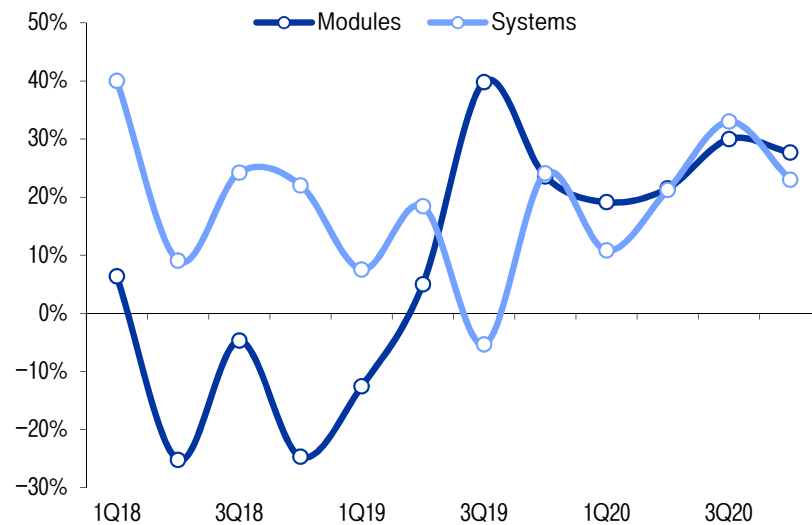


420-450 Watts
Up to 18.2% Efficiency

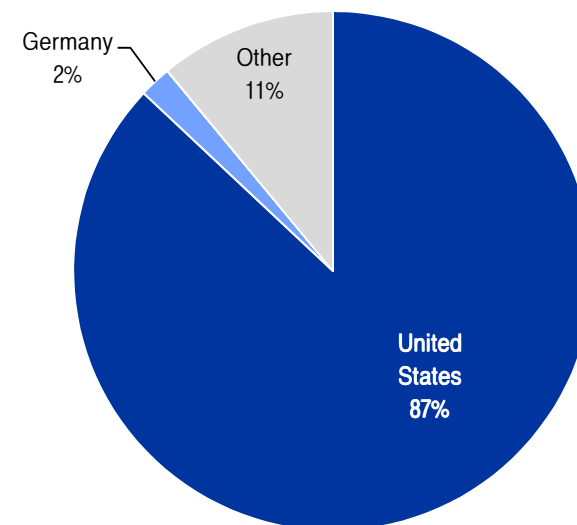


122.5 WATT MODULE
EFFICIENCY OF 17.0%

사업부문 별 Gross Margin



지역별 매출 비중



First Solar Inc. (FSLR): 재무제표 및 투자지표



재무상태표

(단위: 백만 USD)	2015	2016	2017	2018	2019
유동자산	3,346	3,788	3,833	3,860	3,600
현금 및 현금성자산	1,830	1,955	2,989	2,547	2,164
매출채권 및 기타채권	501	267	212	128	475
비유동자산	3,971	3,037	3,032	3,262	3,916
관계기업투자등	18	55	48	31	8
유형자산	1,378	1,078	1,572	2,065	2,804
자산총계	7,316	6,824	6,865	7,121	7,516
유동부채	961	908	650	845	1,318
비유동부채	807	698	1,116	1,064	1,101
부채총계	1,768	1,606	1,766	1,909	2,419
지배주주지분	5,548	5,218	5,099	5,212	5,097
자본잉여금	24	195	195	195	195
이익잉여금	2,790	2,463	2,297	2,442	2,327
자본총계	5,548	5,218	5,099	5,212	5,097

손익계산서

(단위: 백만 USD)	2015	2016	2017	2018	2019
매출액	4,113	2,905	2,941	2,244	3,063
매출원가	2,980	2,266	2,392	1,852	2,514
매출총이익	1,133	638	549	392	549
판매비 및 관리비	255	262	203	177	205
영업이익	730	-568	178	40	-162
(EBITDA)	988	-337	293	171	66
세전계속사업이익	733	-537	202	113	-120
당기순이익	593	-416	-166	144	-115
매출총이익률 (%)	27.54	22	19	17	18
영업이익률 (%)	17.75	-20	6	2	-5
EBITDA마진률 (%)	24.02	-12	10	8	2
당기순이익률 (%)	13.67	13	10	10	5
ROA (%)	8.45	-6	-2	2	-2
ROE (%)	11.26	-8	-3	3	-2

현금흐름표

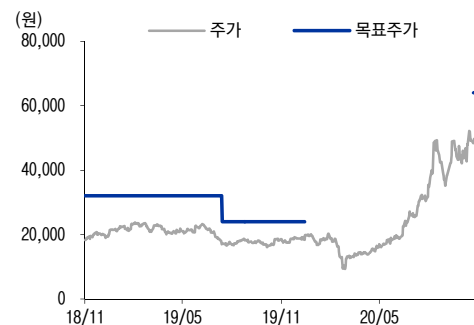
(단위: 백만 USD)	2015	2016	2017	2018	2019
영업활동 현금흐름	-325	207	1,341	-327	174
당기순이익(손실)	593	-416	-166	144	-115
감가상각&무형자산상각	258	231	115	131	205
기타비현금항목조정	-815	199	1,205	-238	-138
운전자본 변동	-361	193	186	-364	222
투자활동 현금	-156	145	-627	-683	-362
고정&무형자산 변동	-166	-229	-514	-740	-669
장기투자순변동	-203	394	-115	15	309
인수 등으로 인한 순현금	0	0	0	0	0
기타투자활동	213	-20	2	43	-3
재무활동 현금	101	-136	192	255	75
배당금의 지급	0	0	0	0	0
차입금의 증가(감소)	110	-116	234	272	90
자본의 증가(감소)	0	0	0	0	0
기타재무활동	-9	-21	-42	-17	-15

주요투자지표

	2015	2016	2017	2018	2019
투자지표 (x)					
P/E	11.94	8.87	22.90	20.86	37.93
P/B	1.21	0.64	1.38	0.86	1.16
EV/EBITDA	5.24	N/A	13.76	14.03	96.32
배당수익률 (%)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
성장성 (%)					
매출액	21.27	-29.37	1.27	-23.71	36.50
영업이익	73.02	N/A	N/A	-77.45	N/A
세전이익	69.71	N/A	N/A	-44.02	N/A
당기순이익	50.77	-33.70	-17.42	-29.84	-28.07
EPS	48.48	N/A	60.74	N/A	N/A
주당지표 (달러)					
EPS	5.88	-4.05	-1.59	1.38	-1.09
BPS	54.52	50.16	48.81	49.43	48.33
DPS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

자료: First Solar, 이베스트투자증권 리서치센터

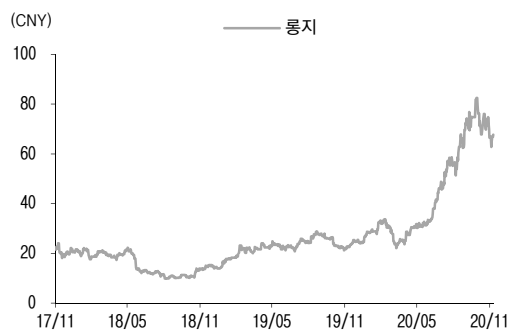
한화솔루션 목표주가 추이



투자 의견 변동내역

일시	투자 의견	목표가격	과리율(%)			일시	투자 의견	목표가격	과리율(%)		
			최고대비	최저대비	평균대비				최고대비	최저대비	평균대비
2019.02.21	Buy	32,000	-25.6		-32.5						
2019.08.08	Buy	24,000	25.2		-25.5						
2020.01.09		커버리지제외									
2020.11.24	변경	이안나									
2020.11.24	Buy	64,000									

LONGi 목표주가 추이



투자 의견 변동내역

일시	투자 의견	목표가격	과리율(%)			일시	투자 의견	목표가격	과리율(%)		
			최고대비	최저대비	평균대비				최고대비	최저대비	평균대비
2020.11.24	신규	이안나									
2020.11.24	NR	NR									

First Solar Inc. 목표주가 추이



투자 의견 변동내역

일시	투자 의견	목표가격	과리율(%)			일시	투자 의견	목표가격	과리율(%)		
			최고대비	최저대비	평균대비				최고대비	최저대비	평균대비
2020.11.24	신규	이안나									
2020.11.24	NR	NR									

Compliance Notice

본 자료에 기재된 내용들은 작성자 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성되었음을 확인합니다(작성자: 이안나)

본 자료는 고객의 증권투자를 돕기 위한 정보제공을 목적으로 제작되었습니다. 본 자료에 수록된 내용은 당사 리서치본부가 신뢰할 만한 자료 및 정보를 바탕으로 작성한 것이나, 당사가 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 참고자료로만 활용하시기 바라며 유가증권 투자 시 투자자 자신의 판단과 책임하에 최종결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 자료는 어떠한 경우에도 고객의 증권투자 결과에 대한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다.

본 자료는 당사의 저작물로서 모든 저작권은 당사에게 있으며 어떠한 경우에도 당사의 동의 없이 복제, 배포, 전송, 변형될 수 없습니다.

- _ 동 자료는 제공시점 현재 기관투자가 또는 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
- _ 동 자료의 추천종목은 전일 기준 현재당사에서 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.
- _ 동 자료의 추천종목은 전일 기준 현재 당사의 조사분석 담당자 및 그 배우자 등 관련자가 보유하고 있지 않습니다.
- _ 동 자료의 추천종목에 해당하는 회사는 당사와 계열회사 관계에 있지 않습니다.

투자등급 및 적용 기준

구분	투자등급 guide line (투자기간 6~12개월)	투자등급	적용기준 (향후12개월)	투자의견 비율	비고
Sector (업종)	시가총액 대비	Overweight (비중확대)			
	업종 비중 기준	Neutral (중립)			
	투자등급 3단계	Underweight (비중축소)			
Company (기업)	절대수익률 기준	Buy (매수)	+15% 이상 기대	86.9%	2018년 10월 25일부터 당사 투자등급 적용기준이 기준 $\pm 20\%$ 에서 $\pm 15\%$ 로 변경
	투자등급 3단계	Hold (보유)	-15% ~ +15% 기대	13.1%	
		Sell (매도)	-15% 이하 기대		
		합계		100.0%	투자의견 비율은 2019. 10. 1 ~ 2020. 9. 30 당사 리서치센터의 의견공표 종목들의 맨마지막 공표의견을 기준으로 한 투자등급별 비중임 (최근 1년간 누적 기준, 분기별 갱신)