



# 페로브스카이트 소재의 산업 및 응용 기술 분석 보고서

Senior Analyst **Noh Changho**

[chnoh@ubiresearch.com](mailto:chnoh@ubiresearch.com)

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. 핵심 요약</b> .....                     | <b>4</b>  |
| <b>2. 페로브스카이트 소재 기술 및 산업 기반</b> .....     | <b>8</b>  |
| 2.1 페로브스카이트 소재 개요 및 분류                    |           |
| 2.2 응용 분야에 따른 핵심 물성: 디스플레이 응용             |           |
| 2.3 응용 분야에 따른 핵심 물성: 태양 전지 응용             |           |
| 2.4 신뢰성,안정성 이슈와 기술적 과제                    |           |
| 2.5 박막 형성 공정 및 제조 기술 개요                   |           |
| 2.6 글로벌 R&D 및 산업 생태계 구조                   |           |
| <b>3. 디스플레이용 페로브스카이트 기술 및 산업 동향</b> ..... | <b>23</b> |
| 3.1 Mini LED 디스플레이(LCD) 응용                |           |
| 3.2 페로브스카이트 자발광 소자 응용                     |           |
| 3.3 화소 내 색 변환 (In Pixel Color Conversion) |           |
| 3.4 Perovskite QD (Pe-QD) 소재의 고정세화 연구 동향  |           |
| 3.5 QD 소재 적용 디스플레이 기술 로드맵                 |           |
| 3.6 QD 디스플레이 산업 동향 및 시장 전망                |           |
| 3.7 Summary                               |           |

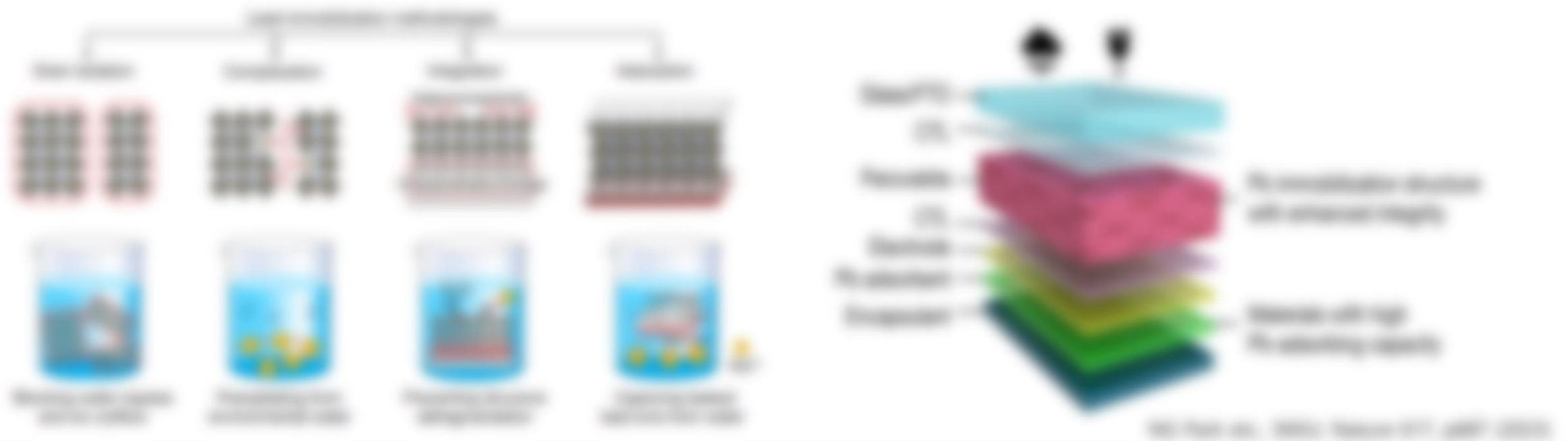
|   |            |
|---|------------|
| <b>4. 페로브스카이트 태양전지 기술 및 산업 동향</b> ..... | <b>74</b>  |
| 4.1 페로브스카이트 태양전지 기술 개요                  |            |
| 4.2 셀 구조 및 핵심 소재 기술                     |            |
| 4.3 대면적, 양산 공정 개발 동향                    |            |
| 4.4 주요 공정별 Supply Chain 분석              |            |
| 4.5 주요 제조사의 기술 특성 및 특허 현황               |            |
| 4.6 수명, 내구성 및 효율 인증 관점의 기술 동향           |            |
| 4.7 주요 기업의 파일럿 라인 개발 동향                 |            |
| 4.8 Tandem 태양전지 기술 개발 로드맵               |            |
| 4.9 태양전지 시장 전망 및 상용화 시나리오               |            |
| 4.10 Summary                            |            |
| <b>5. 향후 기술 개발 방향 및 산업 전망</b> .....     | <b>127</b> |

### ❖ 환경 Issue 해결을 위한 최신 기술 트렌드 (Solutions)

#### ■ Lead-immobilization methodologies

- Perovskite 소자로부터 납 성분 유출을 차단하기 위한 기술은 하기 그림과 같이 4가지 방법이 보고되어 있다.
- 성균관 대 박남규 교수팀은 Nature지에 기존의 4가지 납 성분 차단 기술을 4단계로 한 소자 내에서 구현하여 납 성분을 원천 차단하는 방법을 제시하였다.
- Perovskite 태양 전지는 최근 빠른 속도로 소자 효율과 신뢰성이 개선되고 있어 환경 문제와 소자 수명 개선에 의한 실용화 연구가 많이 진행되고 있으며 향후 디스플레이 등 가전 및 기타 분야에도 실용화를 위한 소자 성능 개선 및 법률 개정 등의 활동이 기대된다.

Lead-immobilization methodologies in perovskite solar cells



## ❖ 페로브스카이트 색변환 소재 도입에 의한 효과

- 페로브스카이트 색변환 소재는 디스플레이 기술의 새로운 지평을 열 수 있는 잠재력을 지닌 소재이다. 마이크로 LED 디스플레이는 뛰어난 화질과 긴 수명으로 차세대 디스플레이 기술로 주목받고 있으며, 여기에 페로브스카이트 색변환 소재를 도입하면 그 효과는 더욱 극대화될 수 있다.
  - 뛰어난 색 재현율 : 페로브스카이트 마이크로 LED는 일반 마이크로 LED보다 더 넓은 색 영역과 더 선명한 색상을 표현할 수 있음.
  - 낮은 전력 소비: 페로브스카이트 적용 마이크로 LED는 일반 마이크로 LED보다 더 높은 에너지 효율을 가질 수 있음.
  - 일반 마이크로 LED의 생산 비용이 매우 높은 반면, 페로브스카이트 적용 기술은 생산 비용을 낮출 수 있음.

자발광 디스플레이별 특성 비교



### ❖ PSTSC의 module 제조 공정의 예

- 모놀리식 탠덤 구조가 기계적 적층 방식 대비 구조가 단순하고 재료비가 적으며, 더 높은 효율을 달성하기에 유리한 구조를 가지고 있다.



# 4.7 주요 기업의 파일럿 라인 개발 동향

## ❖ PSTSC의 상업화 동향

- PSTSC 상업화는 현재 L2가 주류이며, 주요 기업들은 이 구간에서 수율과 재현성, 장기 실외 데이터 축적 경쟁을 벌이고 있다. Oxford PV가 상업 생산의 대표 업체이며, 향후 확대의 핵심은 수율/원가 안정화와 워런티를 충족시키는지 여부이다.

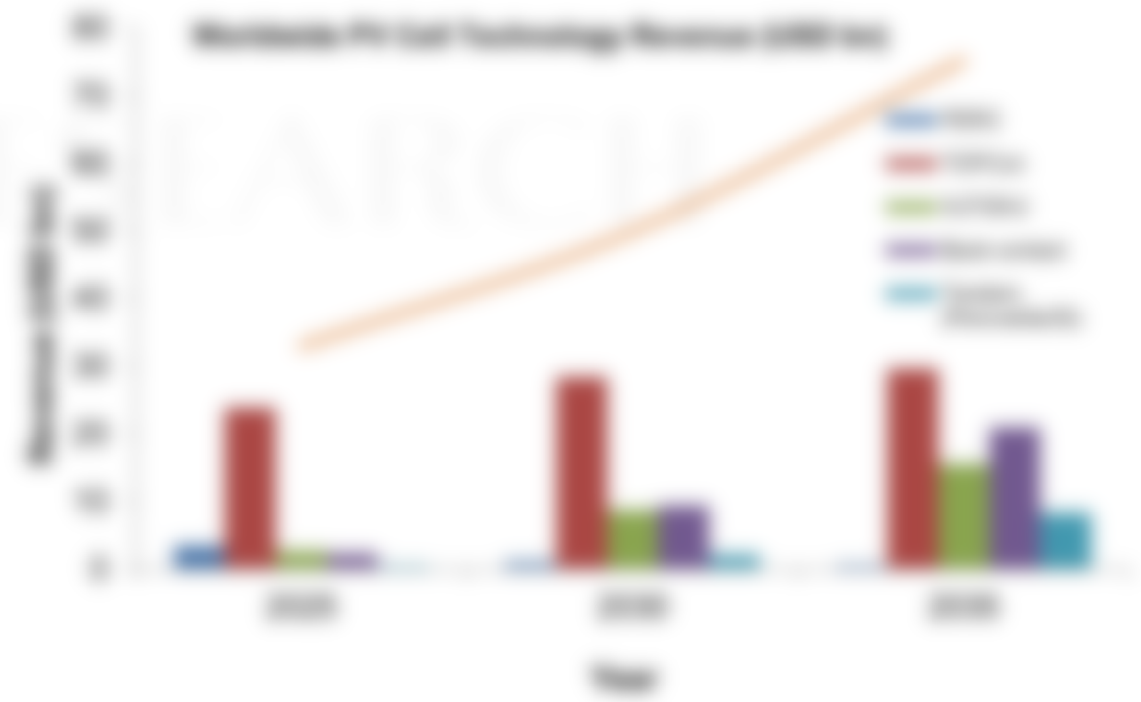
L0: 연구·랩 단계, L1: 셀 또는 공정 파일럿, L2: 파일럿 라인 모듈/제품 생산, L3: 초기 상업 물량 L4: 양산(GW급) 안정 운영

| 지역 | 기업             | 주력 구조                | 파일럿/초기 생산 형태              | 성숙도 | 비고          |
|----|----------------|----------------------|---------------------------|-----|-------------|
| 유럽 | First Solar    | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | REC Group      | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
| 미국 | Oxford PV      | Heterojunction       | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | First Solar    | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
| 한국 | SK SolarTech   | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | Hyundai Energy | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
| 중국 | Trina Solar    | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | JA Solar       | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | Longi Solar    | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | Qingshan Solar | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
| 일본 | Sharp          | Heterojunction       | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |
|    | First Solar    | PERC, Heterojunction | 1000m <sup>2</sup> 파일럿 라인 | 상   | 2024년 양산 예정 |

## ❖ 태양 전지 기술별 시장 매출액 전망

- 2025년 글로벌 PV 셀 매출은 약 \*\*\*\*\*으로 추정되며, TOPCon 셀이 \*\*\*\*\*을 차지해 시장의 주류임을 보여준다. 2030년에는 총매출이 \*\*\*\*\*수준으로 확대되면서, TOPCon이 여전히 주류이지만 HJT/SHJ(\*\*\*\*\*)와 Back-contact(\*\*\*\*\*)의 기여도가 커져 고효율 기술로의 전환이 진행된다.
- Perovskite/Si 탠덤은 2025년 \$0.5bn 수준의 초기 시장에서 출발해 2030년 \*\*\*\*\*, 2035년 \*\*\*\*\*로 확대되며, 출하 비중 대비 높은 단가를 기반으로 매출 기여 기술로 자리잡을 것으로 전망된다.

| 기술                      | 2025년 | 2030년 | 2035년 |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| Monocrystalline Silicon | ***** | ***** | ***** |
| Polycrystalline Silicon | ***** | ***** | ***** |
| TOPCon                  | ***** | ***** | ***** |
| Heterojunction (HJT)    | ***** | ***** | ***** |
| Thin-Film (CdTe)        | ***** | ***** | ***** |
| Perovskite/Si Tandem    | ***** | ***** | ***** |
| Back-contact            | ***** | ***** | ***** |



## ❖ Perovskite: 개발 로드맵

- Perovskite 소재의 각 응용 분야별 개발 로드맵을 하기와 같이 정리하였다.
- 확산 속도는 공통적으로 (1) 열화율/수명 데이터 (2) 대면적 수율·재현성 (3) 인증/규제(Pb) 대응 등 3개 인자에 좌우될 것이다.

| Application |           | 2026-2027 | 2028-2030 | 2031-2033 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Display     | AMOLED    | ...       | ...       | ...       |
|             | Micro-LED | ...       | ...       | ...       |
|             | ...       | ...       | ...       | ...       |
| PV          | ...       | ...       | ...       | ...       |
|             | ...       | ...       | ...       | ...       |
| Detector    | ...       | ...       | ...       | ...       |
|             | ...       | ...       | ...       | ...       |