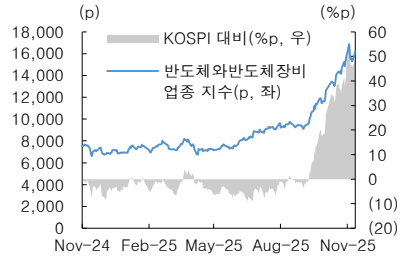
반도체

미생(未生)

비중확대(유지)

종목	투자의견	목표주가
주성엔지니어링	매수	38,000원
필옵틱스	중립(신규)	-
피에스케이홀딩스	매수(신규)	69,000원(신규)

12개월 업종 수익률



자료: FnGuide - WICS

유리 기판은 시대적 요구

AI 반도체의 확산으로 인해 패키징 공정의 복잡성과 기술적 요구 수준이 빠르게 높아지고 있다. 이에 기존 유기기판(Organic Substrate)을 대체할 차세대 플랫폼으로 유리기판(Glass Core Substrate)이 대두되고 있다. 유리기판은 기존 소재 대비 우수한 평탄도와 강도, 낮은 유전율, 미세배선 구현 용이성 등 기술적 장점을 지니고 있어 고성능 반도체 패키징에 적합하다.

아직 상용화까지는 시간이 필요

그러나 다양한 이점들에도 불구하고 아직 해결되지 않은 기술적 난제들로 인해 유리기판의 상용화 시점까지는 다소 시간이 필요할 전망이다. 디스플레이 밸류체인을 중심으로 다양한 기업들이 유리기판 사업 참여를 선언하고 있으나, 실질적으로 시장에서 성과를 거둘 수 있는 기업은 제한적일 것이다. 유리기판은 기존 기판 대비 기술적 난이도가 높고, 아직 공정 기술 표준이 확립되지 않았기 때문이다. 이에 따라 기술 검증과 고객사 인증을 모두 통과한 기업만이 최종적으로 유리기판 밸류체인에 포함될 가능성이 높다.

가능성 높은 기업에 선별적으로 대응하자

TSMC, 인텔, 삼성전기 등 주요 유리기판 선도 기업들의 로드맵에 따르면 본격적인 유리기판 양산 시점은 2027년 말에서 2028년경으로 예상된다. 투자 시점으로 본다면 유리기판은 아직 초기 단계라고 말할 수 있다. 전술하였듯이 밸류체인도 아직 명확히 확정되지 않은 상태다. 따라서 현 시점에서의 유리기판 투자는 산업 전체에 대한 베팅보다는 기술 완성도와 고객 신뢰 확보 가능성에 근거한 선별적 접근이 필요하다. 유리기판 산업은 기술적 진입장벽이 높고 고객 인증에 소요되는 시간이 길다. 단기적인 실적 가시성은 제한적이지만, 향후 기술 검증과 양산 경험을 축적한 기업들은 2027년 이후 산업 변화의 핵심 수혜주로 부상할 것이다.

채민숙
minsook@koreainvestment.com

황준태
jt.hwang@koreainvestment.com

한국투자증권은 당사 고객 및 별도의 서비스 계약을 맺은 법인에게만 리서치 리포트를 공개하고 있습니다. 한국투자증권의 사전 승인 없이 리포트를 어떤 형태로든 복제, 배포, 전송, 변형 및 판매하는 행위는 저작권법 위반으로 법적 처벌의 대상이 될 수 있음을 알려드립니다.

Contents

I. Executive Summary 2

II. 왜 유리기판인가 3

1. 패키징의 새로운 기술적 요구
2. 유리기판의 기술적 장점

III. 유리기판 적용의 주요 요구사항과 과제 7

1. 유리기판 구조와 공정 흐름
2. 유리기판의 기술적 난제들

IV. 주요 밸류체인 및 기술 포지셔닝 20

1. 밸류체인 정리
2. 경쟁 구도 및 주요 업체별 현황

V. 시장 전망 및 투자 포인트 28

1. 유리 기판 시장 전망
2. 커버리지 기업 핵심 투자 포인트 요약

기업분석 31

피에스케이홀딩스(031980) 매수(신규)/TP: 69,000원
주성엔지니어링(036930) 매수(유지)/TP: 38,000원(유지)
필옵틱스(161580) 중립(신규)

리포트 작성 목적

- 첨단 패키징 시장의 변화와 유리기판이 요구되는 배경 분석
- 유리기판의 기술적 요구사항과 주요 난제를 분석
- 밸류체인 분석을 통해 주목해야 할 유리기판 관련 종목을 선정

I. Executive Summary

AI 발전으로 플라스틱 기판 대체 가능한 유리기판에 대한 시장 요구가 높아짐

AI 반도체의 발전으로 패키징에서 여러 가지 도전 과제가 발생함에 따라, 시장은 첨단 패키징 목적의 유리기판 도입을 앞당기고자 노력하고 있다. 유리는 기존 플라스틱 기판 대비 기술적 장점을 가지고 있어 첨단 패키징의 기술적 요구에 부합하기 때문이다. 그러나 동시에 유리기판은 아직 해결되지 않은 기술적 난제들이 있고, 이를 해결해 양산성을 확보하기까지 추가적인 시간이 요구될 것이다. 공정 기술 표준 역시 확정되지 않아 관련 밸류체인이 아직 확립되었다고 보기 어렵다. TSMC와 인텔, 삼성전기 등 유리기판 주요 플레이어들의 계획에 따르면 본격적인 유리기판의 양산은 2027년 말~2028년경 시작될 것으로 예상된다.

유리기판 수혜주로 피에스케이홀딩스, 주성엔지니어링, 필옵틱스를 추천

한국 내 디스플레이 관련 기업 중 다수가 유리기판 사업 진출을 선언한 바 있다. 디스플레이 원장이 유리이기 때문에, 오랜 기간 유리 소재를 다룬 국내 디스플레이 밸류체인 기업들이 유리기판으로의 영역 확장을 꾀하고 있다. 그러나 유리기판은 디스플레이와는 유리의 특성과 공정이 상이하고, AI칩 등 첨단 반도체와 결합해야 하는 특성 상 디스플레이보다 높은 품질과 신뢰성을 요구한다. 따라서 유리기판 공급망 내 기여도가 확실한 기업에 선별적으로 투자해야 할 것이다. 우리는 향후 유리기판 양산 투자 확대 시 직접적인 수혜가 기대되는 기업을 피에스케이홀딩스, 주성엔지니어링, 필옵틱스로 선정하고 주목할 것을 추천한다.

피에스케이홀딩스에 대해 목표주가 69,000원으로 분석 개시

피에스케이홀딩스에 대해 목표주가 69,000원으로 분석을 개시한다. CoWoS Capa 확장으로 인한 매출 증가는 3분기부터 지속될 것이다. 향후 유리기판 양산 투자 시 TGV 디스컴 장비의 대만 첨단 패키징향 고객 매출이 증가할 것이다.

주성엔지니어링은 유리기판 메탈 증착용 ALD 장비 공급

주성엔지니어링은 유리기판의 메탈 증착을 위한 ALD 장비를 개발 중이다. 유리기판 비아 홀의 종횡비가 낮은 1세대 유리기판보다는 고부가가치의 차세대 유리기판 시장 개화시 수혜를 예상한다.

필옵틱스에 대해 중립 의견으로 분석 개시 주목해야 할 기업이나 밸류에이션 부담되는 구간

필옵틱스에 대해 중립 의견으로 분석을 개시한다. 레이저 TGV에서 가장 앞선 기술을 보유하고 있어 향후 유리 기판 양산 투자 시 수혜가 클 것이다. 다만 유리기판의 양산 투자 확대 시점을 고려해 투자 시기를 조율해야 한다는 판단이다. 지금의 본업은 디스플레이 장비와 2차전지 장비로, 단기 실적 부진과 주가 급등에 따른 높은 밸류에이션이 부담이다.

II. 왜 유리기판인가

1. 패키징의 새로운 기술적 요구

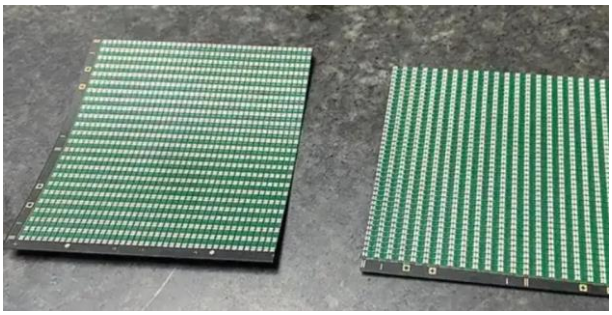
AI 칩 고도화로 기존 구조의 한계가 가시화

AI 반도체의 발전은 기존 반도체 패키징 기술이 감당할 수 없는 새로운 수준의 기술적 요구를 만들어내고 있다. AI 칩은 연산 밀도가 급격히 높아지면서 칩의 크기가 커지는 동시에 I/O(입출력 단자)의 수가 폭발적으로 증가하고 있다. AI 연산 과정에서 발생하는 발열량은 일반 서버용 프로세서 대비 수 배 이상 높아졌으며, 이로 인한 열 응력(thermal stress) 문제 또한 패키징 설계의 핵심 과제로 부상하고 있다.

현재 주류 패키징 구조인 유기기판은 기술적 요구 충족 어려움

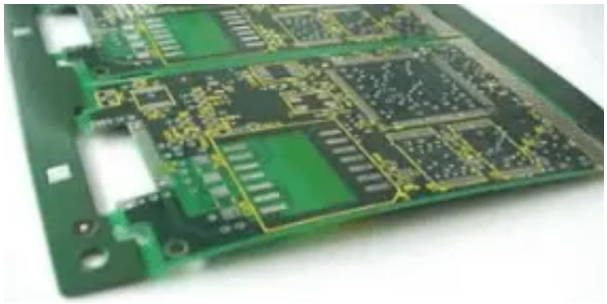
PCB 등에 주로 사용되는 플라스틱 기반 유기기판은 이러한 기술적 요구를 충족시키기 어렵다. 유기기판은 표면 거칠기가 크고, 실리콘 칩과의 열팽창계수(CTE) 차이가 커서 온도 변화에 따라 심한 휨(warpage)과 변형이 발생한다. 특히 대면적 칩이나 고집적 칩을 탑재할 경우, 기판의 변형은 신호 지연, 미세배선 단선, 접합부 크랙 등 전체 칩의 심각한 신뢰성 문제로 이어질 수 있다. 또한 플라스틱 소재는 대면적화를 구현하기 어려워, 칩의 크기가 커질수록 기판도 함께 커져야 하는 최신 AI 패키징 요구를 만족시키기 힘들다.

[그림 1] 플라스틱 유기기판 Warpage 현상



자료: LST, 한국투자증권

[그림 2] 플라스틱 기반 PCB Warpage 현상

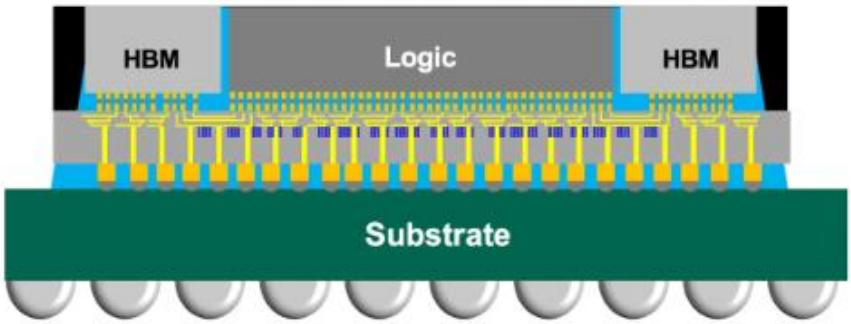


자료: andwinpcb, 한국투자증권

한계 보완을 위해 코어층과 인터포저를 유리로 대체하려는 움직임

TSMC는 이러한 한계를 보완하기 위해 실리콘 인터포저를 유기기판 위에 적층한 CoWoS 구조를 적용하고 있으나, 이 역시 면적 확장성과 열 안정성 측면에서 완전한 해답이 되지 못하고 있다. 실리콘 인터포저는 공정 비용이 높고, reticle size(리소그래피 한계 면적)를 확장하기 어려우며, 대면적 설계로 갈수록 제조 수율이 급격히 떨어진다는 단점이 있다. 이러한 기술적 제약 속에서 업계는 기판의 코어(core)와 인터포저(interposer) 모두를 유리로 대체하려는 움직임을 강화하고 있다.

[그림 3] TSMC의 CoWoS 구조 이미지

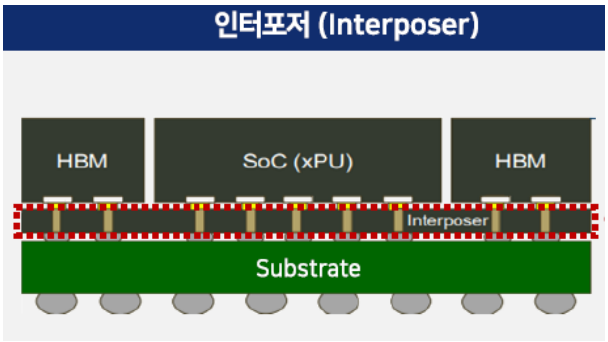


자료: TSMC, 한국투자증권

유리는 패키징 구조상 여러가지 기술적 장점 존재

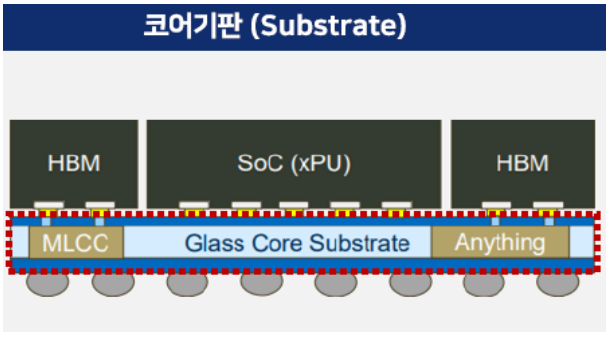
플라스틱 대비 유리는 패키징 구조상 여러 가지 기술적 장점을 지닌다. 유리는 플라스틱과 달리 휘어지지 않으며, 높은 강도와 낮은 열팽창계수를 가지고 있어 칩과 기판 간 열응력 차이를 최소화할 수 있다. 또 표면 거칠기가 매우 낮아 미세 배선 패턴을 정밀하게 구현할 수 있다. 플라스틱 기판은 표면이 거칠어 세밀한 패턴 형성이 어렵지만, 유리기판은 실리콘과 유사한 수준의 평탄도를 제공하여 훨씬 더 많은 I/O 라인을 형성할 수 있다. 유리는 절연성이 높고, 전기적 손실이 적으며, 미세 가공이 용이해 고주파 신호 전송에도 유리하다.

[그림 4] Glass 인터포저 구조



자료: 켐트로닉스, 한국투자증권

[그림 5] Glass 코어기판 구조



자료: 켐트로닉스, 한국투자증권

2. 유리 기판의 기술적 장점

유리기판,
차세대 패키징 소재로 주목

유리기판은 기존의 유기기판이나 실리콘 인터포저가 갖고 있던 여러 기술적 한계를 동시에 보완할 수 있는 차세대 패키징 소재로 주목받고 있다. 특히 AI 반도체와 같이 고성능, 고전력, 대면적 패키지를 요구하는 응용 분야에서는 유리의 물리적, 전기적 특성이 결정적인 이점을 제공한다.

<표 1> 유리기판 특성 우위 비교

	유리기판 (Glass Core Substrate)	유기기판 (Organic Substrate)	실리콘 인터포저 (Silicon Interposer)
열팽창계수 (CTE)	매우 낮음 (5-8 ppm/℃ 수준) → 칩과 유사하여 열응력 최소화	높음 (15-20 ppm/℃) → 칩과 열응력 불일치로 변형 가능	칩과 유사하나, 두께와 면적 제약 존재
대면적화 가능성	매우 우수 (50×50 mm 이상 가능) → AI 칩 대형화 대응	CTE 차이로 대면적화에 부적합	웨이퍼 크기(≈300 mm)에 한정됨
열전도성 / 발열 관리	열 분산 우수 (균일한 열 확산)	국부 발열 시 뒤틀림 위험	우수하나 두께 및 비용 문제
I/O 밀도 및 신호 무결성 (Signal Integrity)	높은 절연성·낮은 손실 → 초고속 I/O 대응	유전 손실 커서 고주파 신호 왜곡	매우 우수하나 TSV 공정 복잡
TGV / TSV 적용성	TGV(Through Glass Via)로 저비용 고밀도 배선 가능	불가능	TSV(Through Silicon Via) 가능하나 고비용
공정 정밀도 / 회로 미세화	유리의 평탄도 우수 → 미세 회로 형성 용이	표면 거칠음 → 미세 패턴 구현 한계	우수하나 가공 난이도 높음
비용 (Cost)	대면적·저비용화 가능	저비용이지만 고성능 대응 어려움	매우 고비용 (웨이퍼 기반 가공)
열·기계적 안정성	높음	낮음	중간 수준

자료: 한국투자증권

유리는 발열 관리에 용이

유리기판은 상대적으로 발열 관리가 용이하다. 유리의 열팽창계수(CTE, Coefficient of Thermal Expansion)는 3~5 ppm/℃ 수준으로, 실리콘의 CTE 2.6 ppm/℃와 매우 유사하다. 반면 유기기판은 약 15~20 ppm/℃로 차이가 크다. 이 때문에 온도 변화 시 실리콘 칩과 기판 사이 심한 열응력(thermal stress)이 발생한다. 유리는 실리콘과의 팽창률 차이가 작기 때문에 온도 변화에 따른 패키지 휨(warpage)이나 접합부 크랙(delamination) 현상이 크게 줄어든다. 이로 인해 구동 중 발열이 심한 AI 칩에서도 구조적 안정성을 유지할 수 있는 장점이 있다.

대면적화 구현 용이

유리기판은 대면적 구현이 용이하다. 유리는 높은 강도와 강성을 지니고 있어, 크기가 커져도 형태가 쉽게 변형되지 않는다. 플라스틱 유기기판은 대면적화 시 중력과 열에 의한 휨 현상이 심해 기판 평탄도를 유지하기 어렵지만, 유리기판은 변형이 거의 없어 대형 패키지 설계에 적합하다. 이러한 특성 덕분에 다수의 칩렛(chiplet)과 메모리를 하나의 인터포저에 집적하는 '멀티 다이(Multi-Die)' 구조 구현이 용이하며, 차세대 GPU 및 AI 가속기 패키징에서 중요한 경쟁 우위를 제공한다.

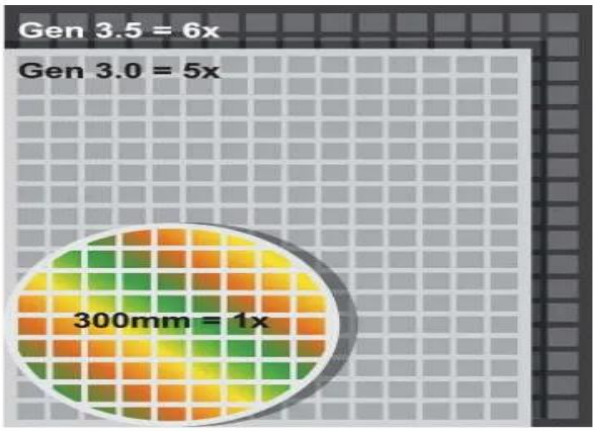
고속 신호 전송에 유리

저유전손실(Low Dielectric Loss) 특성으로 고속 신호 전송에 유리하다는 장점도 있다. 유리는 유전율이 낮고, 전기 절연성이 뛰어나며, 고주파 영역에서도 손실이 적다. 반면 유기기판은 유전 손실이 크고 신호 간섭이 발생하기 쉬워, 초고속 I/O가 필요한 AI 칩에서 신호 전송 효율이 급격히 떨어진다. 유리기판을 적용하면 신호 지연과 전력 손실을 줄이면서, 더 많은 I/O 라인을 안정적으로 확보할 수 있다. 이러한 특성은 AI 칩 간 고속 통신 및 메모리 인터페이스 효율을 극대화하는 핵심 요인으로 작용한다.

비용 효율적인 구조

비용 효율 측면에서도 유리기판은 경쟁력이 높다. 실리콘 웨이퍼는 포토 리소그래피 한계와 높은 제조비용으로 인해 대면적화의 구현이 어렵지만, 유리는 디스플레이 산업에서 이미 대형 원장(Glass Mother Substrate) 생산 기술이 상용화되어 있다. 이를 패키징 기판 제조에 적용하면 한 번의 가공으로 더 많은 칩을 생산할 수 있어, 단위당 제조 원가를 크게 낮출 수 있다. 유리 원재료의 단가 역시 실리콘에 비해 저렴하고, 대면적 생산 시 규모의 경제가 가능하다는 점도 중요한 장점이다. 지금의 유리기판은 디스플레이 3.5세대 수준의 크기인 510 x 515 mm 원장을 표준으로 기술 개발이 이루어지고 있으며, TSMC만 이보다 작은 310 x 310 mm 크기의 원장으로 유리 인터포저를 개발 중이다.

[그림 6] 글라스 코어 기판은 3.5세대 수준의 크기를 사용



자료: Onto Innovation, 한국투자증권

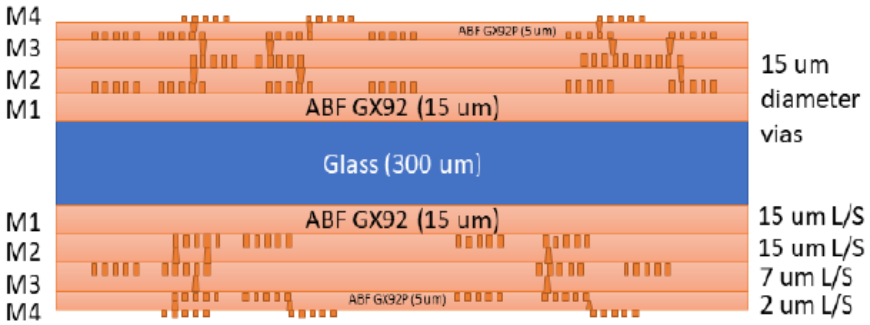
III. 유리기판 적용의 주요 요구사항과 과제

1. 유리기판 구조와 공정 흐름

유리기판은 유기기판과 다른 새로운 공정적용 필요

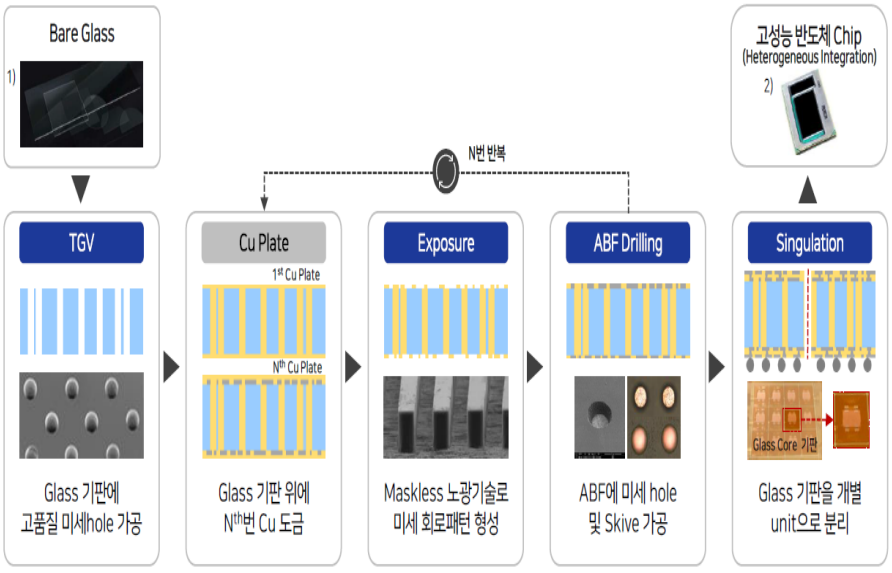
유리기판은 전통적인 유기기판과 달리 소재의 특성, 가공 방식, 후공정 조건 등이 모두 다르기 때문에 완전히 새로운 공정이 요구된다. 특히 AI 반도체용 대면적 패키지에서는 TGV(Through-Glass Via) 형성, 금속 증착, 도금, RDL(Redistribution Layer) 형성, 그리고 최종 절단(Singulation, 싱귤레이션)까지 모든 단계에서 기존과 다른 새로운 공정 적용이 필요하다. 유리는 가공 과정에서 미세 균열(micro-crack)이나 파티클(Particle)이 발생하기 쉽기 때문에 양품 수율 관리가 까다롭다. 따라서 유리기판 공정은 기존의 실리콘 웨이퍼나 유기기판 대비 훨씬 높은 수준의 정밀도와 표면 제어 능력이 요구된다.

[그림 7] Glass에 ABF를 증착한 유리 기판 구조



자료: ECTC, 한국투자증권

[그림 8] 유리 기판 공정 프로세스



자료: 필옵틱스, 한국투자증권

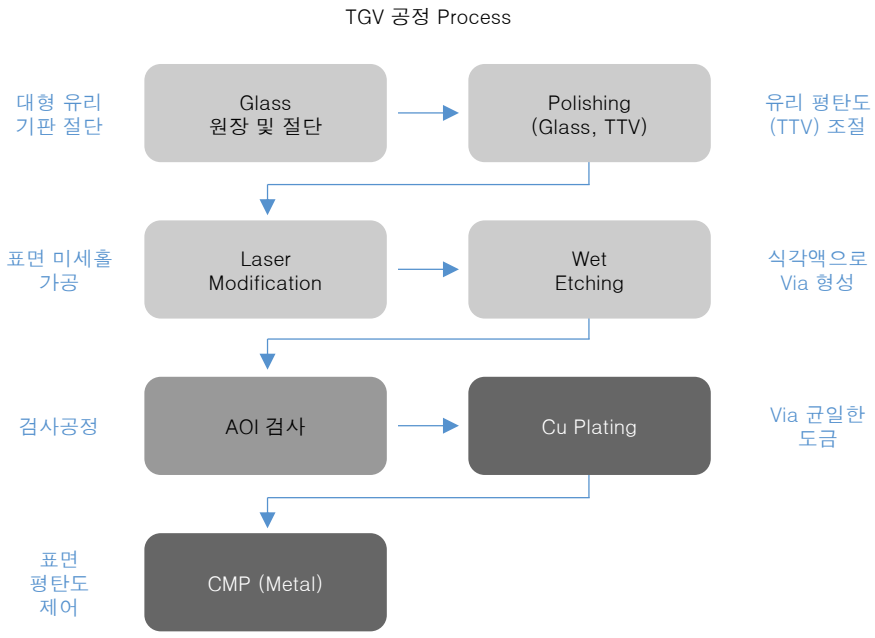
유리기판 제조는 크게 다섯 단계로 구성

유리기판 제조는 크게 원판 가공, TGV 비아(Via) 형성, 금속화(Metallization), 배선 형성(RDL), 절단 및 검사(Singulation & Inspection)의 다섯 단계로 구성된다. 먼저 유리 원장을 절단하고 세정한 후, 레이저 혹은 플라즈마를 이용해 수천 개 이상의 TGV 홀을 미세 가공한다. 이후 각 홀과 표면에 배리어 레이어와 시드 레이어를 증착해 전도 경로를 확보하고, 전해 도금이나 ALD 공정을 통해 구리를 충진한다. 금속 충진이 완료된 후에는 CMP(Chemical Mechanical Polishing)로 표면을 평탄화하고, 그 위에 RDL층을 형성해 신호를 재분배한다. 마지막으로 패널을 개별 칩 단위로 절단하고, 전기적, 기계적 신뢰성을 검증하는 검사 공정을 거쳐 최종 기판이 완성된다.

각 공정별 기술적 난제 명확

각 공정 단계마다 해결해야 할 기술적 난제도 명확하다. 비아 형성 단계에서는 고속 레이저 가공 시 발생하는 열충격과 미세 균열을 억제해야 하며, 금속화 단계에서는 유리 표면에 금속이 균일하게 부착되지 않는 문제를 해결해야 한다. 또한 유리는 평탄도와 강도는 우수하지만, CMP 과정에서 쉽게 깨질 수 있어 공정 중 응력 제어가 중요하다. RDL 형성 단계에서는 표면 거칠기와 금속간 접착력 문제를 동시에 해결해야 하며, 싱귤레이션 단계에서도 미세 크랙이 확산되지 않도록 정밀 제어가 필요하다. 유리 기판에서 아직 해결되지 않은 문제점들은 다음 단락에서 보다 자세히 다루고자 한다.

[그림 9] TGV 공정 프로세스



자료: 켐트로닉스, 한국투자증권

2. 유리기판의 기술적 난제들

Seed/Barrier Metal 증착

Seed Layer 증착 과정 필수

유리기판의 TGV내부 및 표면에 구리를 충진하여 금속 배선을 형성하기 위해서는, 구리 도금(Electro-Copper Plating, ECP) 공정에 앞서 배리어 레이어(Barrier Layer)와 시드 레이어(Seed Layer)를 균일하게 증착하는 과정이 필수적이다. 배리어 레이어는 구리 확산을 방지하기 위한 차단막으로, 일반적으로 Ti, TiN, Ta, TaN 등의 재료가 사용된다. 시드 레이어는 전해도금 과정에서 전류를 흐르게 하는 전도 경로를 확보하기 위한 금속 박막으로, 주로 Cu 또는 Ti-Cu 조합이 적용된다.

레이어 증착에는 일반적으로 PVD 방식 사용

시드 레이어와 배리어 레이어 증착에는 일반적으로 PVD(Physical Vapor Deposition) 방식을 사용하고 있다. 그러나 유리기판은 유기기판 대비 TGV의 종횡비(Aspect Ratio)가 높고, 표면이 절연성의 SiO_2 기반으로 이루어져 있어, PVD 공정만으로는 TGV의 비아 내부 측벽까지 균일한 금속 피복(conformal coverage)을 확보하기 어렵다.

PVD 방식은 깊은 비아의 측벽에는 금속 증착이 잘 되지 않음

PVD는 고체 금속 타깃(target)을 진공 상태에서 증발시켜 그 금속 원자나 이온을 표면에 직접적으로 증착하는 방식이다. 이때 금속 입자는 기체 중에서 거의 직선으로 이동해 기판에 도달하므로, 입자가 이동하는 경로는 타깃에서 기판까지 '직선(line-of-sight)'으로 제한된다. 다시 말해, 타깃과 기판 사이에 시야가 트인 부분에만 금속이 도달할 수 있고, 구조적으로 그림자가 생기는 영역이나 깊이가 깊은 비아의 측벽에는 금속이 거의 증착되지 않는다.

비아 내부 금속 증착 두께 균일하지 않다면 오픈 불량 유발 가능성 상승

이러한 특성 때문에, PVD는 평면 구조나 개구부가 얕은 공정에는 적합하지만, 유리기판 TGV와 같이 종횡비가 높은 구조에서는 금속이 내벽까지 고르게 덮이지 못해 균일한 피복을 확보하기 어렵다. 비아 내부 금속 증착 두께가 균일하지 않으면 이후 구리 도금 과정에서 전류 경로가 끊기거나 금속이 채워지지 않는 오픈 불량(open failure)을 유발할 가능성이 높다.

고종횡비 TGV 구조에서 수율과 비용 측면 모두에서 한계가 드러남

또한 PVD로 TGV 내벽까지 충분한 피복을 확보하기 위해서는 상단부에 과도한 증착이 필요하다. 일반적으로 120Å 이상의 두께로 상부를 덮어야만 비아 하부까지 금속이 도달할 수 있는데, 이 경우 공정 시간이 길어지고 비용이 증가하게 된다. 또한 상부의 과도한 금속 두께로 인해 이후 CMP로 평탄화하는 과정에서 유리 손상 및 파티클 발생 위험이 높아진다. 이러한 이유로 기존의 PVD 기반 시드, 배리어 증착 방식은 유리기판의 고종횡비 TGV 구조에서는 수율과 비용 측면 모두에서 한계가 드러나고 있다.

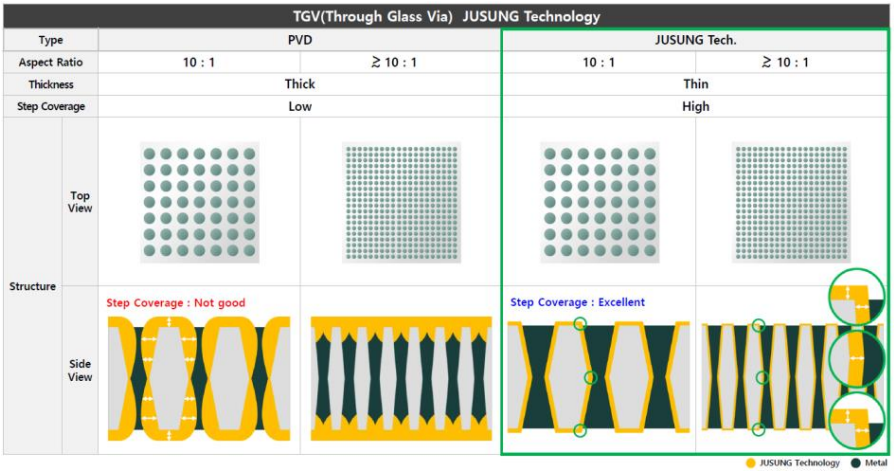
주성엔지니어링은 ALD로 시드 레이어를 증착하는 기술을 개발

주성엔지니어링은 이를 극복하기 위해 ALD(Atomic Layer Deposition) 장비로 시드 레이어를 증착하는 기술을 개발하고 있다. ALD는 PVD와 달리 반응 전구체를 순차적으로 기상 반응시켜 원자 단위로 박막을 형성하는 공정으로, 깊은 비아 내부 측벽까지도 균일한 피복이 가능하다. 이를 통해 통해 TGV의 고종횡비 구조에서도 균일한 금속 증착을 확보할 수 있다.

고종횡비 구조에서 ALD는 PVD보다 오히려 높은 처리 효율을 가질 수 있음

단순 비교 시 ALD는 PVD 대비 단위 시간 당 공정 처리량, 즉 쓰루풋이 낮지만, 10:1 이상의 고종횡비 구조에서는 오히려 ALD가 유리해질 수 있다. PVD는 비아 내부까지 금속을 도달시키기 위해 과도한 두께를 증착해야 하므로 실제 공정 시간이 급격히 증가한다. 반면 ALD는 원자 단위로 균일한 피복을 형성하기 때문에 증착 두께와 상관없이 비아 내부 측벽까지 균일하게 금속을 도포할 수 있다. 따라서 고종횡비 구조에서는 PVD보다 ALD의 처리 효율이 오히려 높아지고, 증착 두께 대비 시간 효율성에서도 경쟁력을 확보할 수 있게 된다.

[그림 10] PVD, ALD에 따른 표면 증착 결과물 차이



자료: 주성엔지니어링, 한국투자증권

주성엔지니어링은 Ti-Cu를 대체할 신물질로 Metal Adhesion 문제를 해결하고자 함

한편 주성엔지니어링은 기존의 Ti-Cu 계열 재료 대신 새로운 금속 조합을 적용하는 방안을 병행 검토하고 있다. Ti-Cu 시스템은 유리와의 계면 접착력이 낮고, 고온 공정 중 상호 확산 및 산화에 취약하다. 이에 따라 주성엔지니어링은 Cu 확산을 억제하면서도 유리 표면과의 화학적 결합력을 높일 수 있는 대체 물질을 도입하는 연구를 진행 중이다. 이러한 신물질은 유리기판과의 계면에서 열적, 기계적 안정성이 높고, 낮은 CTE 차이로 인해 열사이클링에 따른 응력 집중을 완화할 수 있는 것으로 알려져 있다. 주성엔지니어링은 ALD 공정과 이들 신물질을 결합해 최종적으로는 CMP 공정을 생략할 수 있는 선택적 증착(selective deposition) 기술을 구현함으로써, 공정 단순화와 수율 향상을 동시에 달성하는 것을 목표로 하고 있다.

Cu 증착의 문제

ECP를 통해 구리를 충진 가능한 종횡비는 최대 10:1 수준

현재 유리기판의 구리 증착에는 ECP(Electro-Copper Plating), 즉 전해 도금 방식이 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 이 방식은 TGV의 종횡비가 높아질수록 도금이 어려워지는 근본적인 한계를 가진다. 일반적으로 ECP를 통해 구리를 안정적으로 충진할 수 있는 종횡비는 최대 약 10:1 수준으로 알려져 있다.

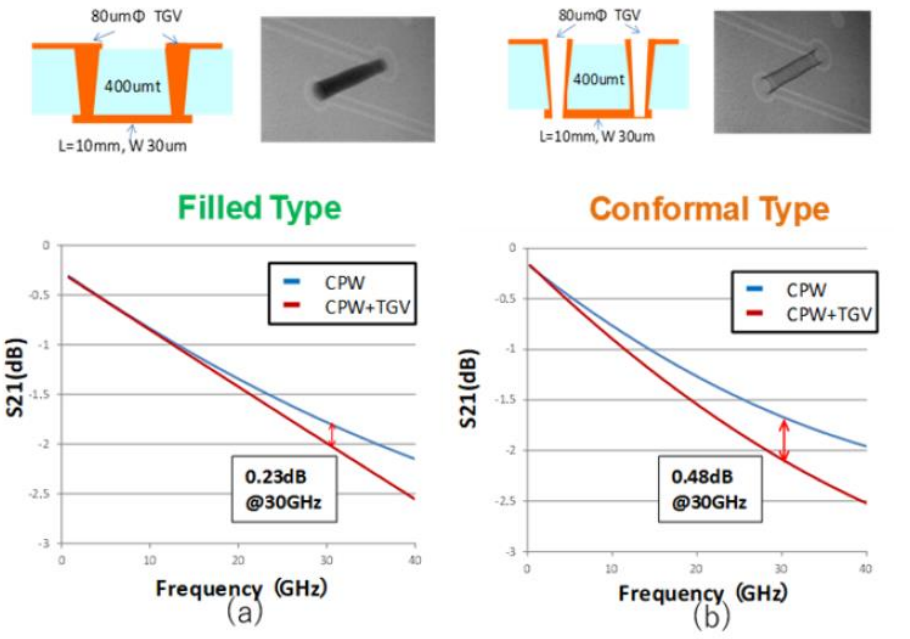
유리기판 종횡비는 이미 20:1의 구조도 등장 ECP로는 도금이 어려움

그러나 최근 유리기판의 두께가 증가하고, TGV 홀의 깊이가 깊어지는 동시에 홀의 개수가 급격히 늘어나면서, 각 홀의 직경은 계속해서 작아지고 있다. AI 반도체용 유리기판의 경우에는 종횡비가 20:1에 달하는 구조도 존재하며, 이러한 조건에서는 전통적인 전해 도금 방식으로는 홀 내부까지 구리를 균일하게 증착하는 것이 사실상 불가능하다. 따라서 홀 전체를 충진하기 위해서는 ECP 외의 새로운 증착 기술이 요구되고 있다.

앱솔릭스는 풀충진 대신 일부에만 구리 증착

앱솔릭스(AppSolix)는 고종횡비 구조에서의 ECP 방식의 한계를 극복하기 위해 TGV 내부에 구리를 완전히 채우는 대신, 내부에 일부 구리를 증착한 후 그 위를 전도성이 있는 conformal 물질로 메우는 방식을 사용하고 있는 것으로 알려졌다. 이 방법은 도금 속도를 높이고 공정 부담을 줄이는 장점이 있지만, 구리 전체를 충진하는 방식에 비해 전도도가 낮아질 수 있다는 한계를 갖는다.

[그림 11] Fulfill Type, Conformal Type 전도성 비교



자료: 한국투자증권

ECP는 다량의 전기와 물을 소모해 도금하는 방식 환경오염 문제 발생

ECP 방식의 두 번째 문제는 환경오염이다. ECP는 황산(Sulfuric acid) 기반의 전해액을 사용하여 구리 이온을 금속 상태로 환원시키는 방식이므로, 공정 중 다량의 전력과 물을 소모한다. 구리 증착을 위해서는 일정 수준 이상의 전류를 인가해야 하며, 전류를 낮출 경우 금속 결합이 이루어지지 않기 때문에 전력 소비를 줄이기 어렵다. 또한 도금 후 세정 및 순환 공정에서 상당량의 물이 필요하므로, 산업 용수가 부족한 지역에서는 대규모 도금 공정을 운영하기 어렵다.

주성엔지니어링은 건식 ALD 증착 개발 중

주성엔지니어링은 ECP 방식의 한계를 근본적으로 해소하기 위해 ECP 대신 건식(Dry) 공정 기반의 ALD(Atomic Layer Deposition)를 활용한 구리 증착 기술을 연구 중이다. ALD 공정은 용액 기반의 전해조(bath)를 사용하지 않고, 기상 반응을 통해 원자 단위의 균일한 금속 박막을 형성하기 때문에, 고종횡비 TGV 내부에서도 균일한 구리 피복이 가능하다. 또한 이 방식은 수세 공정이 필요 없고, Wet 공정 대비 물과 화학물질 사용량이 크게 줄어들어 환경적 이점이 크다.

ECP 생태계는 장비공급사와 화학약품 공급사로 구분 차세대 기판에서는 건식 증착 도입 가능성 높음

ECP 관련 산업 생태계는 장비 공급사와 화학약품 공급사로 구분할 수 있다. 램리서치(Lam Research), 어플라이드 머티어리얼즈(Applied Materials), 스위스의 레나(RENA Technologies), 삼성전자 자회사 세메스 등은 ECP용 장비를 공급하며, 일본의 다나까(Tanaka Kikinzoku)와 DNP(Dai Nippon Printing)는 도금용 구리 전해액과 첨가제를 제공하는 화학소재 기업이다. 다나까와 DNP는 추후 유리기판 임가공 비즈니스에 진출할 계획을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 종횡비 10:1 이하의 유리기판에서는 ECP 도금이 사용될 수 있겠지만, ECP의 기술적, 환경적 한계를 고려하면 차세대 유리기판에서는 건식 증착과 같은 새로운 기술로 대체될 가능성이 높다.

Metal의 adhesion 문제

금속층의 접착력 문제가 또 하나의 중요한 과제

유리기판 공정에서 또 하나의 중요한 기술적 과제는 금속층의 접착력(Adhesion) 문제이다. 유리 기판 상에 시드 레이어 혹은 구리 등의 금속 박막을 증착하는 공정 이후 박막의 접착 강도를 평가하는 과정에서 심각한 박리(Delamination) 현상이 발생하고 있다. 특히 인장력 테스트(Tensile Test) 또는 테이프 테스트(Tape Test)와 같은 접착력 측정 시, 금속 박막층이 유리기판으로부터 쉽게 분리돼 탈락하는 현상이 빈번히 발생하고 있다.

메탈과 유리의 박리는 회로의 신뢰성과 내구성을 심각하게 저해하는 불량

이러한 현상은 배선 형성 후 후속 공정(도금, 식각 등) 및 최종 패키지 사용 환경에서 회로의 신뢰성 및 내구성을 심각하게 저해하는 주요 원인으로 작용한다. 유리 표면은 실리콘 산화물(SiO_2)로 구성되어 있어 화학적으로 매우 안정하며, 금속 원자와 강한 결합을 형성하기 어렵다. 이로 인해 금속이 유리 표면에 고르게 달라붙지 못하고, 시간이 지나거나 열이 반복적으로 가해지면 금속층이 들뜨거나 박리되는 현상이 나타난다.

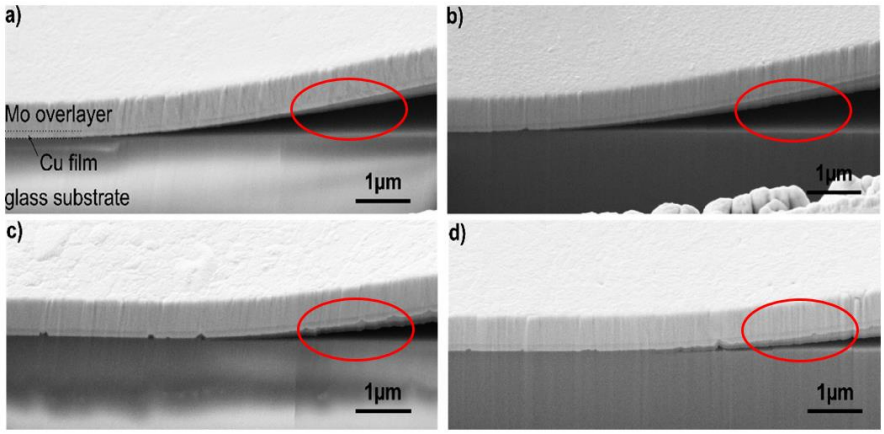
유리 표면의 수분으로 인해 금속 증착시 산화 반응이 나타나는 경우도 있음

또한 유리 표면에는 수분이나 수산기(-OH)가 남아 있는 경우가 많아, 금속을 증착할 때 산화 반응이 일어나거나 초기 금속층이 고르게 성장하지 못하는 문제가 발생한다. 이러한 불균일한 금속층은 전기적 저항을 높이고, 후속 공정에서 구리 도금이 제대로 이루어지지 않는 원인이 된다.

온도 변화에 따른 열팽창 차이도 큰 문제

온도 변화에 따른 재료 간 열팽창 차이도 큰 문제다. 구리는 온도가 오르면 빠르게 팽창하고 식으면 수축하지만, 유리는 열 변화에 거의 반응하지 않는다. 구리의 열팽창계수는 약 17ppm/℃인 반면, 유리는 약 3~5ppm/℃에 불과하다. 이런 차이 때문에 패키지가 구동 중 반복적인 온도 변화를 겪을 경우, 두 소재의 경계면에 응력이 집중되어 미세한 균열이나 계면 박리가 발생할 수 있다. 이 때문에 최초 구리 증착시에는 불량이 발생하지 않다가, 실제 기판에 전기를 흘려 주었을 때 구리의 온도가 올라가면서 불량률이 높아지는 신뢰성 불량 형태로 불량이 발생하고 있다.

[그림 12] Cu와 유리 계면 사이 박리가 일어난 모습



자료: Applied Nano Materials, 한국투자증권

문제 해결을 위해 일본의 주요 소재 업체들은 기존 유리보다 강한 특성을 가진 글라스를 개발 중

이러한 문제를 해결하기 위해 산업계는 두 가지 방향으로 접근하고 있다. 첫째는 충격과 응력에 강한 유리 소재의 개발이다. 일본의 주요 소재 업체들은 기존의 유리보다 높은 기계적 강도와 열충격 저항성을 지닌 세라믹형 글라스를 개발하고 있다. 이 유리는 미세 결정화 공정을 통해 열팽창률을 낮추고 인성을 높인 복합 소재로, 반복적인 열팽창·수축에도 균열이 쉽게 확산되지 않는다. 또한 표면 경도가 높고 파괴 인성이 커 CMP나 절단(Singulation) 과정에서도 파손 위험을 줄일 수 있다.

중간층을 형성하여 금속층이 안정적으로 달라붙도록 하는 방안 개발 중

둘째는 유리 표면에 중간층(buffer layer)을 형성해 금속층이 안정적으로 달라붙도록 하는 방법이다. 주성엔지니어링은 ALD 공정을 활용해 버퍼 레이어를 추가하는 방안을 연구 개발 중에 있다. 시드 레이어를 증착 하기 전 나노미터 두께의 버퍼층을 형성해 구리와 유리 사이의 물리적, 열적 응력을 완화하는 방식이다. 이를 통해 금속층의 접착력을 높이고, 온도 변화나 장기 구동 환경에서도 금속층이 박리되지 않는 구조를 구현하는 것이 목표다.

접착력을 높이기 위해서는 TGV 내부의 불순물을 완전히 제거하는 전처리 공정이 중요

유리기판 공정에서 금속층의 접착력을 높이기 위해서는 재료 간 계면 결합력 향상뿐 아니라, 유리 표면과 TGV 내부의 불순물을 완전히 제거하는 전처리 공정이 매우 중요하다. 유리기판은 제조 과정에서 미세 파티클, 유기 잔류물 등이 남아 있을 수 있으며, 이러한 오염물은 금속 증착 시 계면 결합을 방해하고, 시드 레이어과 유리 사이의 접착력을 약화시킬 수 있다. 또한 TGV 내부 벽면에는 미세한 보이드나 산화막이 형성되어 있어, 금속층이 균일하게 성장하지 못하고 부분적으로 박리되는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 유리기판의 금속화(metallization) 공정 전에는 건식 세정(Dry Cleaning) 과 표면 활성화(Surface Activation) 공정이 반드시 필요하다.

피에스케이홀딩스는 유리기판 TGV용 디스컴 장비를 개발 중

피에스케이홀딩스는 TSV용 디스컴(Descum) 장비를 대만 및 국내 반도체 고객사에 공급한 경험을 바탕으로 최근에는 유리기판 TGV용 디스컴 장비를 개발하고 있다. 플라즈마를 이용한 세정은 고종횡비의 비아 내부까지 플라즈마가 균일하게 침투해 오염물을 제거할 수 있다. 이를 통해 금속층 증착 전 표면의 에너지를 높이고, 시드층이 유리 표면에 보다 안정적으로 결합할 수 있는 조건을 구현하고 있다. 이미 대만 고객사용 310 x 310mm 기판을 대상으로 TGV 디스컴 장비의 연구 개발을 시작했다. HBM Capa 확장 시 TSV용 디스컴 장비 사용량이 크게 늘어난 점을 감안하면, 향후 유리기판 양산 투자가 본격화될 경우 TGV용 디스컴 장비 매출이 유의미하게 증가할 수 있을 것이다.

유리의 파손 문제

CMP 과정에서 기판이 깨지는 현상도 문제

유리기판 공정에서 또 하나의 주요 문제는 CMP(Chemical Mechanical Polishing) 과정에서 기판이 깨지는 현상이다. CMP는 일반적으로 CVD(Chemical Vapor Deposition) 또는 PVD(Physical Vapor Deposition) 공정 이후 표면을 평탄화하기 위해 수행되는 단계이다. 그러나 유리는 금속이나 실리콘보다 훨씬 취성이 높고, 표면 강도가 약하기 때문에 CMP 장비의 기계적 압력이나 슬러리 입자에 의해 쉽게 균열이 발생한다. 특히 TGV 구조가 포함된 유리기판의 경우, 내부에 형성된 비아홀 주변이 이미 물리적으로 약해져 있어, CMP 연마 중 미세 균열이 급속히 확산되면서 기판 전체가 파손되는 사례가 빈번하다. 이러한 이유로 CMP는 유리기판 금속화 공정에서 수율 저하의 주요 원인 중 하나로 지적되고 있다.

주성엔지니어링은 CMP 공정을 제거하는 방향으로 연구를 진행

주성엔지니어링은 이러한 문제를 해결하기 위해 궁극적으로 CMP 공정을 제거하는 방향으로 연구를 진행하고 있다. 기존에는 CVD 또는 PVD 증착 후 불필요한 금속층을 제거하기 위해 CMP를 수행했지만, 주성엔지니어링은 ALD(Atomic Layer Deposition) 기반의 선택적 증착(Selective Deposition) 기술을 적용해 CMP를 대체하고자 한다. 선택적 증착 방식은 금속이 필요한 부위에만 균일하게 증착되도록 제어함으로써, 별도의 연마 없이도 원하는 패턴을 형성할 수 있다. 이 기술이 상용화될 경우, CMP 과정에서 발생하는 유리 파손과 입자(Particle) 오염 문제를 근본적으로 해소할 수 있으며, 동시에 공정 단순화와 생산 효율 개선 효과도 기대된다.

CMP 공정을 완전히 제거하는 것은 현실적으로 어렵다는 견해도 존재

다만 CMP 공정을 완전히 제거하는 것은 현실적으로 어렵다는 견해도 존재한다. CMP는 단순히 표면을 평탄화하는 기능을 넘어, 증착 두께의 균일성을 보정하고, 패턴 간 높이 차를 조정하며, 금속층 간의 전기적 단락(short)을 방지하는 중요한 역할을 수행한다. 특히 다층 금속 배선 구조나 RDL 공정에서는 미세한 두께 오차가 전체 회로 특성에 영향을 미치기 때문에, CMP를 완전히 대체할 수 있는 대안 기술은 아직 검증되지 않았다는 점이 업계의 공통된 의견이다. 일부 전문가들은 CMP를 완전히 배제하기보다는, ALD 기반의 정밀 증착 기술과 저압, 저응력 CMP를 결합한 공정으로 진화하는 것이 보다 현실적인 방향이라고 보고 있다. 이 방식은 CMP의 빈도를 최소화하면서도 표면 평탄도와 전기적 신뢰성을 유지할 수 있어, 유리기판의 대면적화와 고밀도 패키징이 동시에 가능한 절충안이 될 수 있을 것이다.

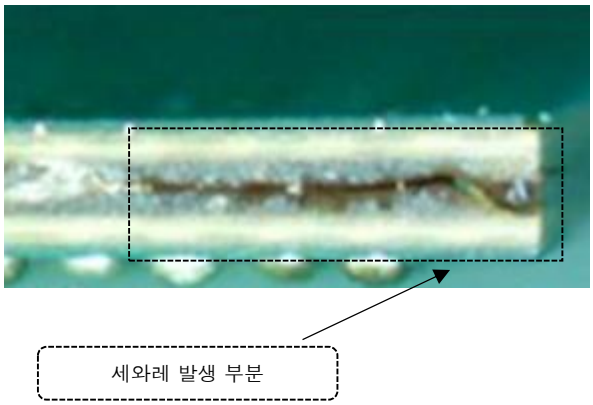
싱귤레이션

싱귤레이션 단계에서 유리 파손 및 세와레 불량 발생

유리기판은 유리의 취성*으로 인해 제조 공정 전반에서 기판의 파손 위험이 상존한다. 특히 제조가 완료된 대형 유리기판 패널을 칩 단위로 분리하는 싱귤레이션(Singulation) 공정은 기판에 기계적 충격과 응력을 집중시키기 때문에, 이 단계에서 유리 파손 및 세와레(SeWaRe) 불량이 발생하고 있다.

*취성: 외부에서 힘을 받았을 때 물체가 소성 변형을 거의 보이지 않고 파괴되는 현상

[그림 13] 세와레 발생 이미지

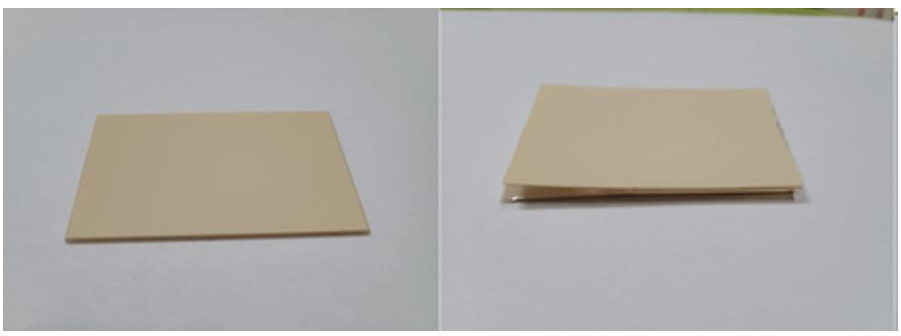


자료: 삼성전기, 한국투자증권

세와레 현상은 유리 기판의 균열 파손을 일컫는 용어

세와레 현상은 유리기판의 싱귤레이션 과정에서 발생하는 특정 형태의 균열 파손을 일컫는 용어다. 유리기판에서는 이 현상이 다이(Die)의 측면이나 모서리에서 시작되어 유리가 길게 찢어지는 듯한 심각한 균열 형태로 나타난다. 이는 제품의 전기적 신뢰성과 기계적 강도를 치명적으로 저해하는 현상이다. 세와레는 공정 중 발생하는 잔류 응력(residual stress)과, 다이싱(dicing) 공정에서 유발되는 미세 결함(defects)의 복합적 상호 작용으로 인해 촉발된다.

[그림 14] 정상 기판(왼쪽)과 세와레가 발생한 불량 유리 기판(오른쪽)



자료: 전자신문, 한국투자증권

유리 기판 내 소재 간의 팽창률 차이로 축적된 응력이 세와레 촉발

먼저, 공정 유발 잔류 응력은 유리기판과 상부 재배선층(RDL) 및 절연 고분자 물질(Polymer Dielectric, ABF 등)의 열팽창계수(CTE) 차이에서 비롯된다. 유리는 CTE가 낮은 반면, 구리(Cu)와 폴리머는 상대적으로 높은 CTE를 가진다. 유리기판은 TGV 형성, 증착, 도금, 절연층 빌드업 등의 고온 공정을 거치며 반복적인 열사이클을 경험하는데, 이 과정에서 두 소재 간의 팽창률 차이로 계면에 인장 응력(tensile stress)이 축적된다. 이 응력은 기판 내부에 잠재되어 있다가 싱귤레이션 시 응력이 집중되면, 다이의 모서리나 절단선(edge) 부위에서 균열이 빠르게 전파되어 전체 유리가 파손되는 원인이 된다.

다이싱 공정 시 기계적 결함이 필연적으로 발생

두 번째 요인은 다이싱 공정 결함이다. 유리기판 절단에는 주로 블레이드 다이싱(blade dicing)이나 레이저 가공(laser ablation)이 사용되는데, 이 과정에서 절단면(die edge)에 미세한 균열(micro-crack), 칩핑(chipping) 등의 기계적 결함이 필연적으로 발생한다.

싱귤레이션은 유리기판 위에 형성된 RDL이나 ABF 층을 제거하는 단계

싱귤레이션은 유리기판 위에 형성된 RDL이나 ABF 층을 제거하는 단계로, 유리의 기계적 분리를 용이하게 하기 위한 레이저 퍼포레이션(Laser Perforation), 레이저 그루빙(Laser Grooving), 마지막으로 기계적 분리 등 크게 세 단계로 구분할 수 있다.

싱귤레이션 첫 단계는 폴리머를 UV레이저로 제거하는 단계

먼저 싱귤레이션을 시작하기 전 유리기판 표면 위에 형성된 재배선층(RDL)과 절연 폴리머(예: ABF) 층을 제거하여 유리 본체를 레이저 가공에 노출시킨다. 이 작업의 목적은 유리기판 위에 형성된 유기물 및 금속층을 깨끗하게 제거하여, 후속 레이저가 유리에만 정확하게 작용할 수 있도록 준비하는 데 있다. 폴리머 층은 레이저 열에 의해 타거나 벗겨질 수 있으므로, 먼저 제거하는데 일반적으로 UV (UltraViolet) 레이저가 사용된다. UV 레이저는 유기물질(폴리머)에 대한 흡수율이 높고, 빔 에너지를 집중시켜 열 손상(Thermal Damage) 없이 얇은 유기막을 정밀하게 분해(Ablation)하는 데 유리하기 때문이다.

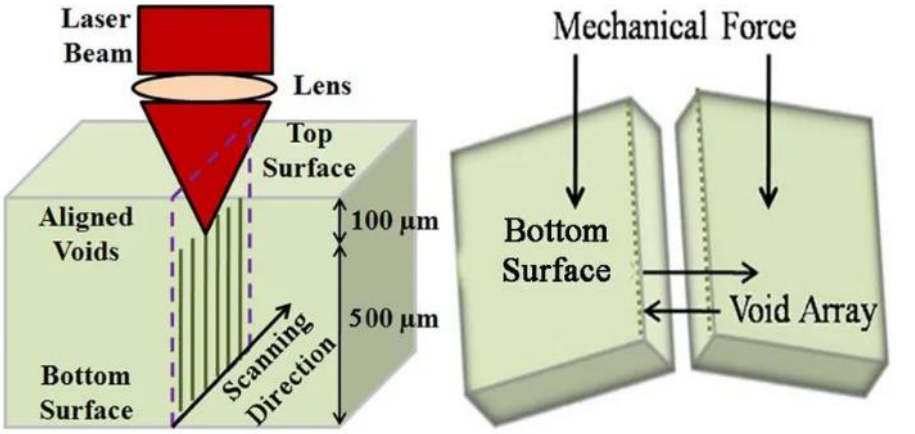
레이저 퍼포레이션과 레이저 그루빙 모두 불량률이 높아질 수 있는 공정단계

두번째로 유리 본체에 균열을 유도하거나 기계적 분리를 용이하게 하기 위한 미세한 가이드 라인을 형성하는 레이저 퍼포레이션(Laser Perforation) 및 레이저 그루빙(Laser Grooving)을 진행한다. 먼저 유리 기판에 최초의 관통 가능한 미세한 구멍이나 깊은 홈(Groove)을 형성해 후속 공정(Breaking)에서 응력 집중점을 만든다. 이 때 주로 IR 레이저(Infrared Laser, CO2 레이저 또는 고출력 고체 레이저)가 사용되는데, IR 레이저는 유리에 대한 흡수율이 높고 특정 조건에서 유리 내부까지 에너지를 전달할 수 있어 유리 가공에 효과적이다. 레이저 퍼포레이션 단계는 싱귤레이션 과정 중 불량률에 가장 크게 영향을 미치는 단계로 알려져 있다. 여기서 생성되는 미세 균열이나 홀의 정밀도가 세와레 현상 발생 여부를 결정짓는 주요 요인이 될 수 있다. 레이저 그루빙은 레이저를 기반으로 유리의 균열을 유도할 수 있는 정교한 홈(Groove)을 절단 라인을 따라 형성하는 단계다. 레이저 퍼포레이션 다음으로 불량률에 크게 영향을 미치는 단계로, 정밀하게 그루브를 제어하여 잔류 응력으로 인한 균열 전파를 방지해야 한다.

기계적 분리 단계 역시 싱귤레이션에서 불량률이 높아질 수 있는 단계

기계적 분리(Breaking) 단계는 앞서 레이저로 형성된 그루브 또는 관통된 구멍을 따라 외부의 기계적 힘을 가해 유리 기판을 최종 개별 칩 단위로 분리하는 과정이다. 이 단계에서 Breaking 시 기판끼리 부딪혀 발생하는 물리적 충격에 의해 불량이 발생한다. 유리는 디스플레이용 얇은 패널보다 두껍고 구조적 응력이 집중되기 쉬워, 동일한 재료임에도 싱귤레이션의 난이도가 훨씬 높다. 따라서 유리 기판 공정에서는 단일 단계의 개선만으로는 충분하지 않으며, 공정 전반에 걸친 응력 제어 및 절단 품질 향상이 필수적이다.

[그림 15] 싱귤레이션의 기계적 분리(Breaking) 단계



자료: ICEEICT, 한국투자증권

세와레 현상을 피하기 위해 다양한 노력 진행 중이나 아직 완전히 피하지 못함

삼성전기와 소니는 싱귤레이션에서의 세와레 현상을 피하기 위해 ABF 필름을 기판에 부착하기 이전 싱귤레이션을 먼저 수행하고, 이후 ABF 필름을 부착하는 공정 순서의 변경을 연구하고 있다. 즉, 먼저 패널을 칩 단위로 분리한 뒤에 필름을 붙이는 방식으로, 필름 부착 이후 절단할 경우 발생할 수 있는 응력 집중 및 필름 손상에 따른 미세 크랙 형성을 사전 차단하고자 하였다. 다만 이와 같은 순서 변경이 완전한 세와레 제거를 의미하지는 않는다. 필름 탈락이나 절단 공정 중 발생하는 입자 및 파티클 문제, 소재 결합부의 미세 응력 집중 등은 여전히 잔존 리스크로 남아 있다.

기판 검사 문제

유리기판 기술적 난관 중 기판 검사 역시 해결해야 할 난제

유리기판의 가장 큰 기술적 난제 중 하나는 검사(Inspection) 공정의 어려움이다. 유리는 투명하고 다층 구조로 구성되어 있어, 공정의 어느 단계에서 불량이 발생했는지 정확히 파악하기가 쉽지 않다. 특히 TGV(Through Glass Via) 형성 이후에는 기판 내부의 결함을 외관상 식별하기 어렵기 때문에, 비파괴 검사 기술이 핵심적이다.

비파괴방식의 엑스레이 검사 3D 스캔 가능한 CT검사 모두 쓰루풋이 낮아 문제

현재 가장 널리 적용되는 비파괴 검사 방식은 엑스레이(X-ray) 검사다. 그러나 기판 상부에서 촬영하는 2D 방식으로는 유리기판을 검사하기 어렵다. 때문에 사선 방향으로 촬영하는 2.5D 방식으로 검사를 진행하고 있다. 그러나 TGV의 개수가 수십만, 수백만 개 단위로 늘어날 경우, 홀 간 중첩이 발생해 불량을 찾아내는 것이 불가능하다. 홀 내부 보이드나 미세 크랙, 도금 불량 등을 정밀하게 판별하기 위해서는 CT기반의 3차원 검사로 전환이 필요하다. 하지만 CT 방식은 쓰루풋이 현저히 낮다는 한계가 있다. 예를 들어, 510 x 515mm 유리 원장을 X-ray로 전체 촬영하는 데는 약 9시간이, CT로는 최대 한 달이 걸릴 것으로 추정된다. 이로 인해 양산 단계에서 CT 검사를 그대로 적용하기에는 현실적 제약이 크다.

검사 대상과 단계가 복잡, 다양하나 여러 구조의 결함을 검사할 수 있는 장비는 아직 부재

검사 대상 또한 복잡하다. 유리 원장 자체의 미세 크랙뿐만 아니라, 메탈 증착 이후 발생할 수 있는 보이드나 박리 여부도 검출해야 한다. 그러나 현재 이러한 다층 구조의 결함을 한 번에 검사할 수 있는 상용 장비는 존재하지 않는다. 일부 기업들은 이 문제 해결을 위해 비전(Vision) 기반의 검사 장비를 개발하고 있다. 필옵틱스는 유리기판 표면 결함을 감지하기 위한 비전 검사 장비를 개발 완료했다. 다만 금속층이 상부에 증착된 상태에서는 광학 검사가 불가능하므로, CMP 공정을 거쳐 금속층을 제거한 후 유리층만 남긴 상태에서만 검사가 가능하다.

검사 공정 역시 표준화되지 않았음. 향후 양산 위해 검사 기준 확립 반드시 필요

유리기판의 검사 공정은 아직 표준화되지 않았으며, 비파괴 검사 기술의 한계로 인해 불량 검출이 완전하게 이루어지지 않는다는 점이 산업 전반의 신뢰성 확보를 가로막는 핵심 과제로 남아 있다. 고해상도, 고속 검사 기술의 확보 없이는 유리기판의 대량 양산 체제로의 전환이 어렵다는 점에서, 검사 공정의 기술 완성도는 향후 산업 경쟁력의 핵심 변수가 될 것이다.

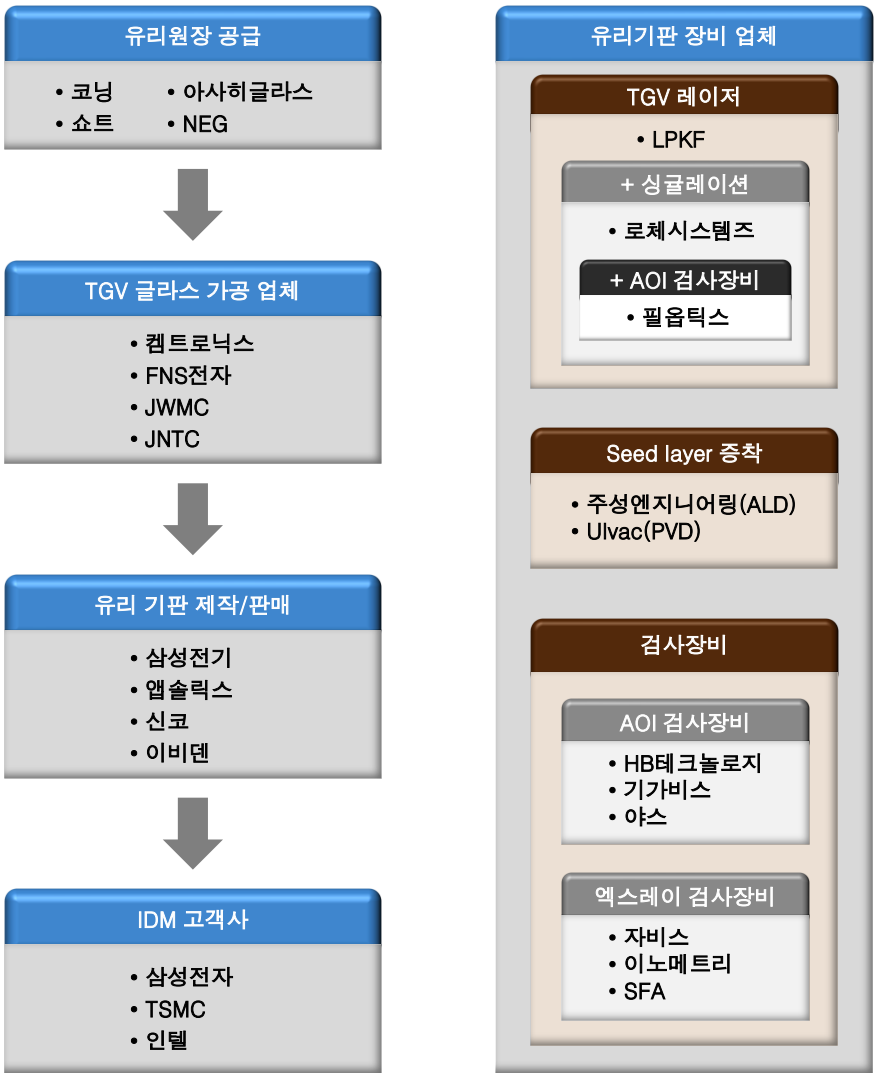
IV. 주요 밸류체인 및 기술 포지셔닝

1. 밸류체인 정리

유리기판 밸류체인은 기능별로 구분 가능

유리기판(Glass Core Substrate)의 제조 및 공급망은 기능별로 명확하게 분화되어 있으며, 크게 유리 원장 제공 기업, 유리기판 임가공 기업(TGV 공정 담당), 유리기판 장비 공급 기업, 유리기판 제조 기업, IDM 및 최종 고객사(OSAT 포함) 등으로 구성된다.

[그림 16] 유리기판 플레이어 분류



자료: 한국투자증권

유리 원장 제공 기업은 대형 유리 원장을 생산해 기판 가공용 소재로 공급

유리 원장 제공 기업(Glass Substrate Supplier) 은 대형 유리 원장을 생산해 기판 가공용 소재로 공급한다. 대표적으로 일본의 아사히글라스(Asahi Glass), 코닝(Corning), NEG(Nippon Electric Glass), 쇼트(SCHOTT) 등이 이 분야의 주요 공급사로 꼽힌다. 현재 유리기판의 표준 원장 사이즈는 510 x 515mm이며, 디스플레이 패널처럼 추후 세대를 거듭하며 원장 크기를 키워 비용 효율을 달성하고자 한다.

유리기판 임가공 기업은 유리 원장에 TGV를 형성하는 공정을 수행

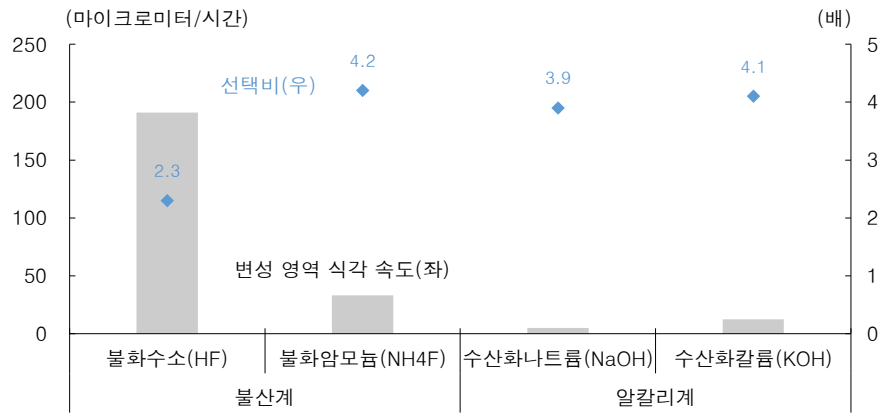
유리기판 임가공 기업(Glass Via Processing Vendor) 은 유리 원장에 TGV(Through-Glass Via)를 형성하는 공정을 수행한다. 현재 업계 표준으로 자리 잡은 방식은 레이저 가공 후 Wet Etching(습식 식각)을 통해 비아홀을 완성하는 형태이다. 초기에는 레이저만으로 직접 관통홀을 형성하려는 시도가 있었으나, 고종횡비 비아에서 균열(crack)과 비균일 홀 형상이 발생하면서, 레이저로 유리 내부를 변성(modification)시킨 뒤 불산(HF) 기반 식각액으로 홀을 완성하는 복합 공정이 사실상 산업 표준으로 굳어졌다. 불산은 고위험 화학물질로 분류되기 때문에, 불산 사용 허가를 보유한 임가공 전문기업에서만 이 공정을 수행할 수 있다.

<표 2> 식각액에 따른 식각 속도

계열	식각액	변성 영역 식각 속도 (마이크로미터/시간)	비변성 영역 식각 속도 (마이크로미터/시간)	선택비
불산계	불화수소(HF)	191.0	143.9	2.3
	불화암모늄(NH4F)	33.3	10.5	4.2
알칼리계	수산화나트륨(NaOH)	5.0	1.7	3.9
	수산화칼륨(KOH)	12.5	4.1	4.1

자료: MDPI, 한국투자증권

[그림 17] 식각액에 따른 식각 속도 비교



자료: MDPI, 한국투자증권

필옵틱스, 독일 LPKF 등이 레이저 장비 공급사

유리기판 장비 공급 기업은 유리기판 공정의 각 단계를 지원하는 핵심 장비를 제공한다. TGV 형성에는 필옵틱스, 독일 LPKF 등이 주요 레이저 장비 공급사로 활동하고 있으며, ALD, PVD 증착 장비는 주성엔지니어링, 플라즈마 세정 및 건식 식각 장비는 피에스케이홀딩스(PSK Holdings)가 대표적이다. 이들은 Glass Core Substrate의 물리적 특성(두께, CTE, 투명도)에 대응하는 맞춤형 장비 개발에 집중하고 있다. 구리 도금 장비의 경우 램 리서치, AMAT, Rena, 세메스 등이 제공하고 있다.

유리기판 제조 기업은 TGV 공정이 완료된 반 가공 유리 패널을 받아 기판을 완성

유리기판 제조 기업은 TGV 공정이 완료된 반 가공 유리 패널을 수주 받아 기판을 완성하고 외부에 판매한다. 이 단계에서는 싱귤레이션(Singulation), ABF 필름 부착(Build-Up Dielectric Lamination), RDL 배선 형성, 전기적 검사 등이 순차적으로 진행된다. 삼성전기, 앱솔릭스(Absolics, SKC 계열), 일본 Ibiden 등이 대표적인 플레이어로, 각 사는 절연층 적층과 RDL 미세 패터닝 기술을 통해 차별화된 공정 경쟁력을 확보하고 있다.

최종 고객사는 완성된 유리기판을 실제 반도체 패키징에 적용

IDM 및 최종 고객사(End Customer) 단계에서는 완성된 유리기판을 실제 반도체 패키징에 적용한다. 이 단계에서 인텔(Intel), TSMC, 삼성전자가 서로 다른 전략적 접근 방식을 취하고 있다.

인텔은 대규모 양산 단계에서는 위탁 생산 진행할 계획

인텔은 TGV 형성, 금속화, RDL 적층 등 유리기판의 모든 공정 단계를 직접 연구, 개발(R&D)하면서 설계와 제조 간 통합 최적화를 추진하고 있다. 그러나 대량 양산 단계에서는 패키징 전문 OSAT 기업에 위탁해 생산을 진행할 계획이다. 이는 인텔이 유리기판 기술을 차세대 표준으로 내재화하되, 대규모 생산 인프라는 외부 파트너와 협력해 구축하겠다는 전략이다.

TSMC와 삼성전자는 인하우스로 직접 생산하는 전략을 채택

반면 TSMC와 삼성전자는 유리기판을 인하우스(in-house) 로 직접 생산하는 전략을 채택하고 있다. 두 회사 모두 자체 패키징 사업부(CoWoS, SoIC, I-Cube 등)를 보유하고 있으며, 유리기판을 차세대 인터포저 및 기판 솔루션으로 내재화하여 공정 통합 효율을 극대화하려 하고 있다. 특히 TSMC는 기존 실리콘 인터포저 공정 라인을 활용해 유리기판 생산라인을 병행 구축 중이며, 삼성전자는 기판 계열사인 삼성전기를 중심으로 ABF, RDL, 레이저 싱귤레이션 등 핵심 공정을 내재화하는 방향으로 기술 개발을 진행하고 있다.

2. 경쟁 구도 및 주요 업체별 현황

유리기판 공정에서 TGV 형성이 가장 핵심

유리기판 공정에서 TGV(Through-Glass Via) 형성은 전체 제조 공정 중 가장 핵심이자 병목에 해당하는 단계이다. TGV는 수천 개에서 수백만 개의 비아홀을 수십 마이크로 단위로 유리기판에 정밀하게 형성해야 하므로, 가공 품질과 수율은 전체 공정 안정성에 직결된다. 이 과정에서 레이저 기술은 절대적인 역할을 담당하며, 현재 독일의 LPKF와 한국의 필옵틱스(Philoptics) 가 글로벌 시장에서 가장 앞선 기술 경쟁력을 보유하고 있다.

LPKF – Filamentation
필옵틱스 – Bessel Beam

두 회사의 가장 큰 차이는 레이저 빔 제어 방식에 있다. LPKF는 필라멘테이션(Filamentation) 기술을, 필옵틱스는 베셀 빔(Bessel Beam) 기술을 각각 채택하고 있는 것으로 알려져 있다. 두 방식은 모두 유리의 투명 특성을 활용해 내부 가공을 수행하지만, 레이저가 물질에 작용하는 방식과 가공 깊이 확보 능력에서 근본적인 차이가 존재한다.

LPKF 방식
장점: 매끄러운 표면
단점: 반복 가공 필요

LPKF의 필라멘테이션 방식은 레이저가 유리 내부를 통과하면서 Self-focusing을 형성해 미세한 변성 경로를 만든 뒤, 후속 에칭 공정을 통해 비아를 형성하는 구조이다. 이 방식은 유리 내부의 구조 변화를 국부적으로 유도해 비교적 매끄러운 벽면(낮은 표면 거칠기, low roughness)을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 에너지 집중이 제한적이어서, 유리 두께가 1 mm를 초과할 경우 한 번의 조사로 전체 두께를 관통하기 어렵다. 결국 다단(多段) 조사 또는 반복 가공이 필요하며, 그 과정에서 홀의 수직 정렬 오차가 누적될 가능성이 있다. 이로 인해 홀 형상이 균일하게 유지되지 못하고, 후속 구리 충진(Cu Filling) 단계에서 보이드(Void) 발생 위험이 높아지는 문제가 발생할 수 있다.

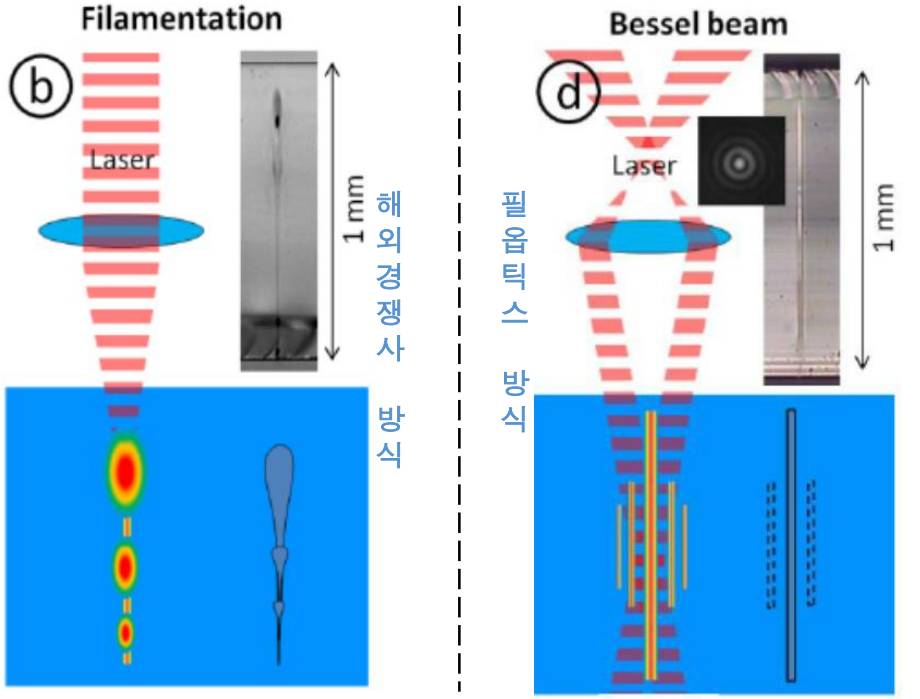
필옵틱스 방식은 단일 조사만으로 균일한 홀을 형성 가능

반면 필옵틱스의 베셀 빔 방식은 하나의 펄스로도 긴 초점 심도 유지하며 유리 전체 두께를 한 번에 가공할 수 있다는 점이 핵심 장점이다. 베셀 빔은 레이저의 중심 에너지를 좁은 영역에 집중시키면서, 주변 영역으로 퍼지는 회절광을 이용해 일정한 빔 형태를 유지한다. 이로 인해 1 mm 이상의 두꺼운 유리에서도 단일 조사만으로 균일한 홀을 형성할 수 있으며, 홀 직진도와 원형도(roundness)가 우수하다. 필라멘테이션이 재료의 일부를 변성시켜 이후 에칭으로 비아를 완성하는 간접 방식이라면, 베셀 빔은 물리적으로 유리를 직접 제거하여 비아를 완전 관통시키는 직접 가공 방식이다.

적정 수준의 표면 거칠기는 오히려 접착력 향상에 도움이 됨

LPKF는 필라멘테이션 방식의 장점으로 '홀 벽면의 낮은 거칠기(roughness)'를 강조하고 있다. 실제로 표면이 너무 거칠면 시드층(Seed Layer)이나 구리 전해도금(Cu Plating) 단계에서 보이드가 생길 가능성이 커지기 때문이다. 그러나 반대로 필옵틱스의 고객사 피드백에 따르면, 유리는 금속과의 계면 접착력이 낮기 때문에 적정 수준의 표면 거칠기는 오히려 접착력 향상에 도움이 된다는 점이 확인된 바 있다. 필옵틱스는 레이저 조건을 미세 조정해 이러한 '적정 거칠기(Controlled Roughness)' 수준을 확보했으며, 최근에는 LPKF가 제시하는 수준의 표면 품질까지 구현이 가능해졌다고 언급했다.

[그림 18] 해외 경쟁사와 TGV 공정 방식 비교



자료: ICALEO, 한국투자증권

필옵틱스 장비는 랜덤 패턴 구조에서도 높은 수준의 정밀도 확보

가공 속도와 정밀도 측면에서도 양사의 공정 방식은 차이가 뚜렷하다. LPKF는 고정된 빔을 유지한 채 무거운 스테이션을 이동시키며 비아를 가공하는 구조이기 때문에, 비아 개수가 늘어날수록 가공 시간이 선형적으로 증가한다. 반면 필옵틱스는 스캐너 기반 빔 제어 방식을 적용하여, 스테이션 이동 없이 레이저 빔 자체를 고속으로 이동시킨다. 이로 인해 가공 밀도가 높을수록 생산성 격차가 커지며, 100만 개 이상의 홀을 기준으로 할 때 불량률을 이미 ppm수준으로 낮춘 것으로 알려져 있다. 스캐너 방식은 고객사가 요구하는 홀 가공 패턴이 랜덤할 때 더욱 장점을 발휘하는데, 스테이지만 움직이는 경우 랜덤 패턴은 수율과 생산 속도를 확보하기 쉽지 않기 때문이다. 필옵틱스 장비는 랜덤 패턴 구조에서도 ±5 μm 이내, 4 Sigma 수준의 위치 정밀도를 확보하고 있다.

필옵틱스는 기존의 Dot 가공 방식에서 Contour 가공 방식으로 기술 확장

마지막으로, 필옵틱스는 기존의 Dot 가공 방식에서 Contour 가공 방식으로 기술을 확장하여, 동일한 에칭 조건에서도 높은 관통홀 수율과 균일도를 달성하고 있다. 이러한 베셀 빔 기반의 유연한 가공 기술은 두꺼운 유리기판(1.1T 이상)에서도 테이퍼 각(Taper Angle)을 제어할 수 있어, 차세대 AI 반도체용 대면적 Glass Core Substrate 가공에 가장 적합한 솔루션으로 평가받고 있다. 필옵틱스는 유리 원장 공급사인 쇼트는 물론 미국 IDM 고객사와 유리기판 공급사 등 다양한 고객사에 TGV 장비를 이미 납품했다.

유리기판을 둘러싼 글로벌 반도체 3사의 접근법 상이

유리기판을 둘러싼 글로벌 반도체 3사의 접근법은 매우 상이하며, 이는 각사의 패키징 기술 경쟁력과 사업 구조에 따른 전략적 차별화에서 비롯된다. 인텔은 유리기판을 기존 유기기판(Organic Substrate)을 대체할 차세대 주력 플랫폼으로 인식하고 있다. 인텔은 유리기판 개발 초기부터 공격적인 대형화 전략을 채택하여, 기존 300mm 직경 실리콘 웨이퍼보다 훨씬 큰 510 x 515mm 크기의 대형 패널 기반으로 기술을 개발 중이다. 이 접근은 단순히 대면적화를 위한 기술 시도에 그치지 않고, 원가 절감과 고집적 패키징의 동시 실현을 목표로 한다. 인텔은 장기적으로 디스플레이 산업처럼 원장 크기를 점차 확대하여 생산 단가를 낮추는 패널 레벨 제조로의 전환도 고려하고 있다.

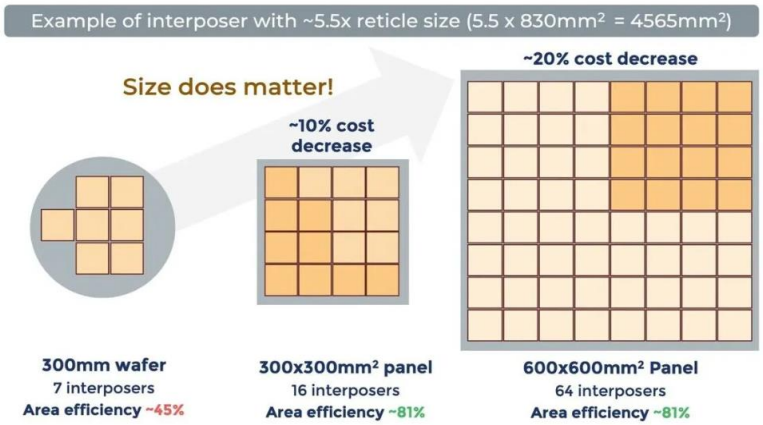
인텔은 시장의 기술 표준을 선점하려는 구상

인텔은 자사가 직접 장비, 소재 파트너를 선정하고 공정 기술을 주도하여 시장의 기술 표준을 선점하려는 구상을 갖고 있으며, 이를 IDM 2.0 전략의 일환으로 추진하고 있다. 즉, 자사 CPU, GPU뿐 아니라 외부 고객의 패키징 및 파운드리 수요까지 흡수하는 통합 플랫폼으로 유리기판 기술을 확장하려는 것이다.

실리콘 웨이퍼는 CoWoS 공정의 운영 효율과 수율이 제한적

반면 TSMC는 이미 실리콘 인터포저 기반 CoWoS 기술을 통해 첨단 패키징 시장에서 독점적 지위를 확보하고 있다. 그러나 최근 AI 칩이 점점 대형화됨에 따라, 기존 300mm 실리콘 웨이퍼에서 생산할 수 있는 인터포저의 개수가 1~4개로 제한된다. 또한 실리콘 웨이퍼는 원형이므로 사각형의 인터포저를 생산할 때 유효 면적 대비 폐기 면적이 커진다. 이로 인해 생산 효율성이 떨어지고 CoWoS 공정의 운영 효율과 수율 확보에도 제약이 발생한다.

[그림 19] 인터포저 산출 가능 개수 차이

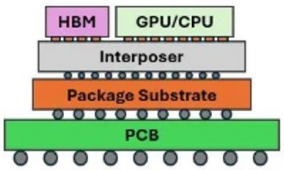
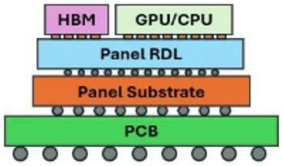
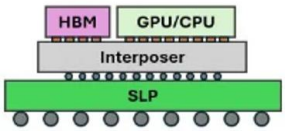


자료: Yole, 한국투자증권

TSMC는 실리콘 인터포저의 한계를 극복하려는 목적

이러한 한계를 극복하기 위해 TSMC는 CoWoS의 실리콘 인터포저를 글라스 인터포저(Glass Interposer)로 대체하는 CoPoS(Chip on Panel on Substrate) 기술을 개발하고 있다. 다만 인텔처럼 대형 510 x 515mm 패널을 초기부터 적용할 경우 수율 확보가 어렵다고 판단해 300mm 실리콘 웨이퍼와 유사한 크기의 310×310mm 중형 패널 기반으로 기술 검증을 진행 중이다. 이 방식은 기존 실리콘 인터포저 공정에서 사용되던 RDL 및 TSV(Through-Silicon Via) 기술을 유리 재질로 이전하는 데 유리하며, 장비 및 소재 인프라의 호환성이 높다는 장점을 가진다. 궁극적으로는 510×515mm 및 750 x 620mm의 대형 패널로 확장할 계획이다.

<표 3> 패키징 구조 비교

	CoWoS	CoPoS	CoWoP
구조 (Structure)			
핵심 개념 (Core Concept)	칩과 실리콘 인터포저를 먼저 통합한 뒤 ABF 기판 위에 실장	칩 모듈을 사각/패널 레벨 기판 위에 패키징해 생산 효율 향상 및 비용 절감	ABF 기판을 제거하고, 칩+인터포저 모듈을 고정밀 SLP 위에 직접 실장
기판 종류 (Substrate Type)	ABF 기판 (전통적 패키징 기판)	패널 레벨 ABF 기판	고정밀 SLP(서브스트레이트 유사 PCB)
선폭/선간 (L/S)	5–8 μm (CoWoS-L) 8–12 μm (CoWoS-R) 10–15 μm (CoWoS-S)	8–15 μm (패널 레벨)	15–20 μm *(대량 양산에는 10 μm 이하 필요)*
장점 (Advantages)	성숙한 기술, HBM 적층 지원, 고속 인터커넥트 지원	생산 효율 높음, 단가 절감, 대면적 설계에 유리	구조 단순화, 신호 경로 최단화, 열 설계 유연성 우수, 잠재적 최소 비용
도전 과제 (Challenges)	기판 크기 한계 존재, 뒤틀림(warpage) 리스크	패널 레벨 장비 개발 중, 생산라인 전환 필요	매우 높은 PCB 정밀도 요구, 열-기계적 신뢰성 문제, 높은 수율 리스크
양산 시점 (Mass Production Timeline)	이미 양산 중 (Nvidia H100/H200, AI/HPC)	초기 R&D 단계, Nvidia에서 채택 계획	초기 R&D 단계, Nvidia에서 채택 계획
주요 응용 (Primary Applications)	AI 가속기, HPC, HBM 적층 모듈	차세대 GPU, AI 서버, 패널 레벨 SoC	향후 Rubin Ultra 또는 차세대 GPU/AI 시스템
공급망 영향 (Supply Chain Impact)	ABF 기판 의존도 높음, TSMC CoWoS 캐파가 주요 병목	패널 레벨 패키징 장비 및 소재 업그레이드 수요 증가	초정밀 PCB, 초박막 동박, SLP, mSAP이 핵심 기술 요소

자료: Semivision Taiwan, 한국투자증권

삼성전자는 유리 인터포저 개발을 직접 담당
삼성전기는 스미토모 화학과 JV를 설립

삼성전자는 유리 인터포저 개발을 직접 담당하고 있으며, 자사 패키징 플랫폼(I-Cube, X-Cube 등)에 유리 인터포저를 적용하는 방향으로 연구를 확대하고 있다. 현재 삼성전기는 유리코어기판(Glass Core Substrate)에 집중하여 관련 공정 기술과 생산 설비를 내재화하고 있으며, ABF 필름 적층, RDL 형성, 레이저 싱귤레이션 등 기술 개발을 주도하고 있다. 최근 언론 보도를 통해 일본의 스미토모 화학과 그 자회사인 동우화인켐과 JV를 설립해 2027년 최초 양산을 목표로 유리기판 기술 개발과 양산 투자를 본격화할 것임을 언급했다.

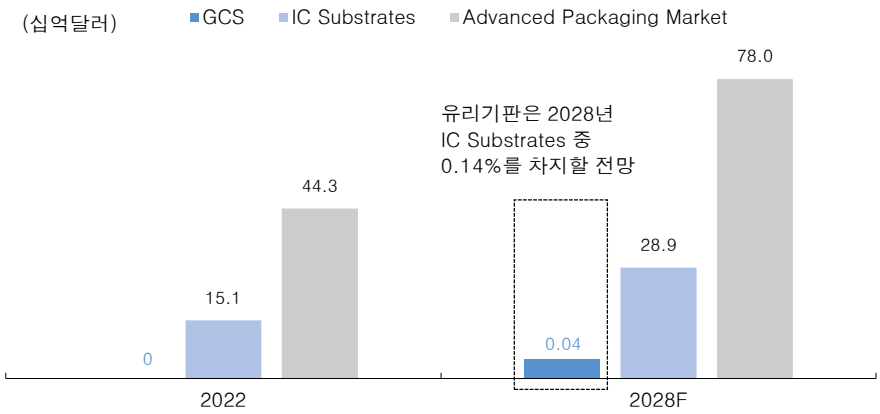
V. 시장 전망 및 투자 포인트

1. 유리 기판 시장 전망

유리 기판은 특정 고사양 패키징 영역에서 적용 범위 확대할 것

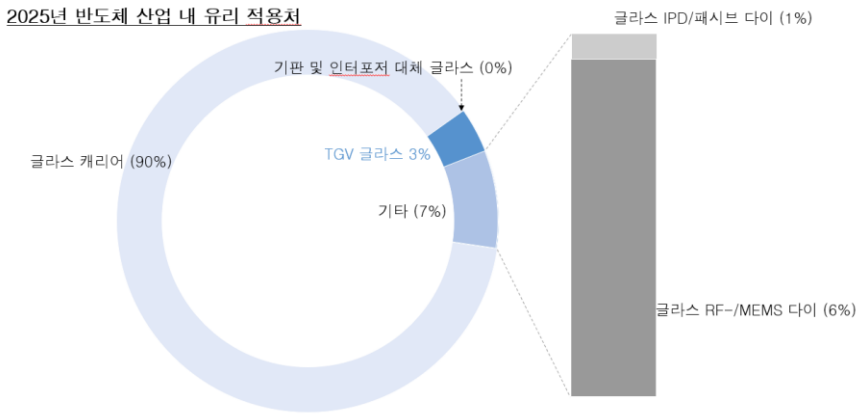
시장조사기관 Yole Group에 따르면, 고성능 AI 및 HPC 패키징을 위한 '고도화 IC 기판(Advanced IC Substrates)' 시장은 2030년 약 310억 달러(US$ 31 billion) 규모에 이를 것으로 전망된다. 이 중 유리코어기판(Glass Core Substrates)의 비중은 아직 초기단계이지만, 추후 고밀도 I/O, 저유전손실, 대면적 패널화 등의 트렌드를 고려할 때 시장 전체 기판 수요의 상당 부분을 차지할 잠재력이 있다. 다만 보고서에서는 유리기판이 기존 유기기판을 전부 대체하지는 않을 것이라는 점을 명시하고 있다. 유리기판이 기존 기판을 완전히 대체하기보다는 고사양, 고밀도의 고부가가치 패키징 영역에서 유기기판 및 실리콘 인터포저와 공존하며 적용 범위를 확대할 가능성이 크다.

[그림 20] 유리기판은 유기기판 시장과 공존



자료: Yole, 한국투자증권

[그림 21] 반도체 산업 내 유리 적용처



자료: IDTechEx, 한국투자증권

TSMC는 2026년에 CoPoS 파일럿 라인을 구축할 예정

TSMC는 2026년 자회사 Visionchip을 통해 CoPoS 파일럿 라인을 구축할 계획이다. 양산은 2028년 말에서 2029년 초 사이 TSMC의 Chiayi AP7 캠퍼스에서 시작될 것으로 예상되며, 이후 미국 애리조나 캠퍼스로 확장할 전망이다. NVIDIA가 CoPoS의 첫 번째 양산 고객이 될 것으로 예상된다. CoPoS는 단순히 인터포저의 크기를 늘리는 것을 넘어 실리콘 포토닉스와 같은 차세대 패키징 기술 통합이 가능한 장점이 있다.

인텔은 2029년을 목표로 유리기판 적용한 패키지 제품의 양산 추진

인텔은 2029년을 목표로 유리기판을 적용한 데이터센터용 고성능 패키지 제품의 양산을 추진 중이다. 2023년 9월 유리기판 시제품 출시를 완료했으며, 유리기판 전용 생산 밸류체인과 인프라를 구축하고 있다. 삼성전기는 2027년 양산을 목표로 유리기판 상용화를 위한 파일럿 라인 구축을 추진 중이다.

2. 커버리지 기업 핵심 투자 포인트 요약

유리기판 도입까지는 현실적으로 추가 시간이 필요

AI의 발전으로 유리 기판에 대한 시장의 요구는 계속해서 앞당겨지고 있다. 그러나 유리기판은 아직 해결해야 할 기술적 난제들이 남아 있기 때문에, 유의미한 양산까지는 추가적인 시간이 필요할 것이다. 본격적인 양산은 2027년 말~2028년부터 시작되어 시장이 성장해 갈 것으로 추정한다.

유리기판 밸류체인은 아직 미확정되었기 때문에 관련 밸류체인 선별적 투자 필요

유리기판은 기술적으로 공정 표준이 확립되지 않았기 때문에, 공정 단계별 밸류체인도 아직 확정되었다고 보기 어렵다. 한국은 디스플레이 관련 기업들이 많고, 디스플레이에서 유리를 다루어 본 경험이 있기 때문에 이 중 다수의 기업들이 유리기판 사업 진출을 언급하고 있다. 그러나 유리기판은 디스플레이용 유리와 달리 훨씬 높은 평탄도와 미세한 홀 가공, 금속 증착 등이 요구돼 기술 장벽이 높다. 현재 유리기판을 주도하고 있는 인텔과 앱솔릭스가 일부 장비, 소재 기업과 협업해 파일럿 라인을 구축해 기술 검증을 진행 중이다. 산업 전반의 공정 표준화가 이루어지는 시점에 맞춰 밸류체인이 점차 확립될 것이다.

유리기판 관련 피에스케이홀딩스, 주성엔지니어링, 필옵틱스 추천

우리는 유리기판 관련 주목해야 할 장비 기업으로 피에스케이홀딩스, 주성엔지니어링, 필옵틱스를 선정했다. 실제 고객과 기술 개발을 진행하고 있거나 파일럿 장비를 공급한 경험이 있는 기업이 향후 유리기판 양산 투자시 수혜가 클 것이라고 판단한다.

피에스케이홀딩스는 TGV 디스컴 장비로 응용처 확장 추진할 것

피에스케이홀딩스는 첨단 패키징 분야에서 주도적 역할을 담당하고 있는 대만 밸류체인에 이미 TSV용 디스컴 장비를 공급하고 있다. 추후 TGV로 패키징 생태계가 확장될 경우, 응용처 확대로 인한 유의미한 매출 성장이 예상된다. 대만 TSMC는 310 x 310 mm 원장 기반 CoPoS를 2028년부터 양산할 것이라고 언급했다. 이러한 타임라인을 고려하면 2027년부터 피에스케이홀딩스의 TGV용 디스컴 장비 매출이 유의미하게 증가할 것이다.

주성엔지니어링은 차세대 유리기판 TGV용 ALD 장비 공급할 것

주성엔지니어링은 디스플레이용 ALD 장비를 개발하고 공급한 경험을 바탕으로 유리기판 메탈 레이어 증착을 ALD로 구현할 계획이다. Top2 파운드리 업체와 이미 기술 협업을 진행 중에 있으며, 유리기판 관련 기판 공급사와 소재 기업 등 다양한 밸류체인과 함께 차세대 유리기판 공정 기술 표준을 논의 중이다. 1세대 유리기판은 CVD 기반의 증착 기술이 대부분 사용되겠지만, TGV 홀의 크기가 줄어들고 기판 두께가 두꺼워짐에 따라 비아 홀의 종횡비가 높아져, 차세대 유리기판은 ALD 증착의 필요성이 높아질 것이다.

필옵틱스는 TGV 레이저를 비롯해 다양한 유리기판 레이저 장비 공급할 것

필옵틱스는 유리기판에서 기술적으로 가장 앞선 고객사 두 곳에 이미 장비를 공급했다. TGV 레이저 장비를 비롯해 레이저 싱귤레이션, 레이저 검사 장비 등 유리기판용 장비 포트폴리오를 지속 확장해 나가고 있다. 유리기판 공정 중 레이저 TGV 공정은 타 공정 대비 양산성을 이미 상당 수준 확보했기 때문에, 유리기판 투자가 확대될 경우 TGV 레이저 장비를 공급하는 필옵틱스가 가장 먼저 주요 공급망 내 위치를 강화할 것으로 예상한다.

기업분석

피에스케이홀딩스(031980)

주성엔지니어링(036930)

필옵틱스(161580)

피에스케이홀딩스(031980)

매수(신규) / TP: 69,000원

주가(11/12, 원)	46,000
시가총액(십억원)	992
발행주식수(백만)	22
52주 최고/최저가(원)	60,800/27,900
일평균 거래대금(6개월, 백만원)	7,911
유동주식비율(%)	32.9
외국인지분율(%)	4.4
주요주주(%) 박경수 외 20 인	67.1

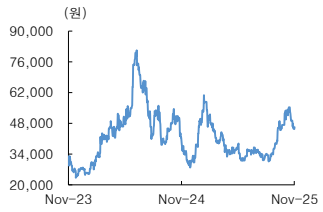
	매출액 (십억원)	영업이익 (십억원)	순이익 (십억원)	EPS (원)	증감률 (%)	EBITDA (십억원)	PER (배)	EV/EBITDA (배)	PBR (배)	ROE (%)	DY (%)
2023A	95	27	43	2,055	3.7	32	13.1	14.9	1.7	13.7	0.0
2024A	216	88	96	4,444	116.3	95	8.6	7.0	1.9	24.8	0.0
2025F	203	64	87	4,028	(9.4)	76	11.6	10.7	1.9	18.2	0.0
2026F	224	68	94	4,346	7.9	87	10.7	8.9	1.6	16.3	0.0
2027F	258	80	105	4,874	12.1	104	9.6	7.1	1.4	15.4	0.0

주: 순이익, EPS 등은 지배주주지분 기준

주가상승률

	1개월	6개월	12개월
절대주가(%)	1.2	33.9	11.6
상대주가(%p)	(4.0)	9.5	(9.3)

주가추이



TGV로 확장되는 세계관

CoWoS 투자 확대 수혜: 동사의 주력 장비는 리플로우 장비와 디스컴 장비다. 리플로우 장비는 반도체 패키징과 인터포저, 기판의 접합 단계에서 열을 이용해 솔더볼이나 마이크로범프를 녹여 부품을 접착(soldering) 하는 장비다. 디스컴 장비는 패터닝 후 남은 PR과 각종 불순물을 제거해주는 장비다. HBM 투자가 증가하는 기간 중 두 장비 모두 주요 반도체 기업향 매출이 크게 늘었다. HBM 투자 수혜는 CoWoS 수혜로 이어지며 실적 공백 없이 2025년에도 호실적을 기록할 전망이다. 대만 주력 고객사는 물론 CoWoS 생태계 확장으로 대만 OSAT향 리플로우 장비 매출이 크게 늘고 있는 것으로 파악된다.

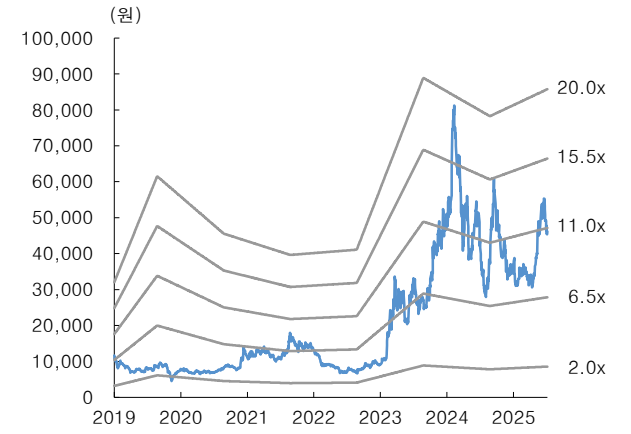
디스컴 장비, TGV에서도 쓴다: 동사는 600x600mm Panel 및 FOWLP향 세정 및 디스컴 솔루션을 개발, 공급한 이력이 있다. 이를 기반으로 310x310mm 유리 기판 TGV용 디스컴 장비를 개발 중이다. 유리 기판은 공정 과정에서 파티클 발생이 많기 때문에 이러한 불순물을 제거하고 메탈 증착 전 충분한 접착 강도를 확보하기 위한 TGV 비하 홀 내부 세정 공정이 필수적이다. 동사는 CoWoS 및 TSV용 디스컴 장비 공급 경험을 보유하고 있어, TGV 공정에서도 주요 공급사로 선정될 가능성이 높다. TGV 양산 투자가 본격화되고 디스컴 장비의 적용 범위가 TGV로 확대될 경우 동사에 직접적인 수혜가 예상된다.

첨단 패키징 후공정 장비 대표주자: 투자의견 매수, 목표주가 69,000원으로 피에스케이홀딩스에 대한 커버리지를 개시한다. 목표주가는 SOTP 방식을 적용해 구했다. 2024년 HBM 투자 확대시의 PER 상단인 19배를 적용하고, 자회사인 피에스케이의 가치는 60% 할인율을 반영했다. 전년대비 HBM 비중은 줄고 CoWoS 비중이 증가하면서 이익률 감소가 불가피하다. 그러나 HBM4로의 세대교체로 2026년부터는 다시 HBM용 장비 투자 모멘텀이 더해질 전망이다. 또한 대만 첨단 패키징 선도 기업을 고객사로 확보하고 있어, CoWoS는 물론 CoPoS(Chip on Panel on Substrate)로 첨단 패키징 시장이 확장되는 데 따른 탑라인 성장이 가능할 것이다.

채민숙
minsook@koreainvestment.com

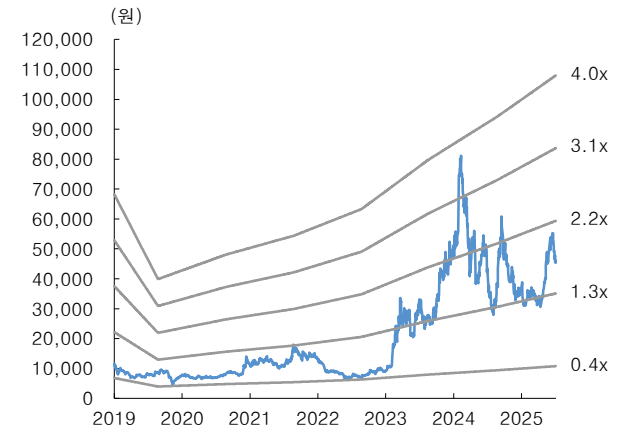
황준태
jt.hwang@koreainvestment.com

[그림 22] 피에스케이홀딩스 12MF PER



자료: Quantiwise, 한국투자증권

[그림 23] 피에스케이홀딩스 12MF PBR



자료: Quantiwise, 한국투자증권

<표 4> 피에스케이홀딩스 분기 및 연간 실적 추정

(단위: 십억원, %)

	1Q25	2Q25	3Q25F	4Q25F	1Q26F	2Q26F	3Q26F	4Q26F	2024A	2025F	2026F
매출액	**31.2**	**34.7**	**76.2**	**61.0**	**61.0**	**62.2**	**49.8**	**51.3**	**215.5**	**203.1**	**224.3**
매출총이익	**20.3**	**20.7**	**45.7**	**36.6**	**37.8**	**39.8**	**29.4**	**33.3**	**135.8**	**123.3**	**140.3**
매출총이익률	*65.1*	*59.7*	*60.0*	*60.0*	*62.0*	*64.0*	*59.0*	*65.0*	*63.0*	*60.7*	*62.6*
영업이익	**9.5**	**8.5**	**28.2**	**18.3**	**19.5**	**19.9**	**13.4**	**15.4**	**88.5**	**64.5**	**68.2**
영업이익률	*30.6*	*24.4*	*37.0*	*30.0*	*32.0*	*32.0*	*27.0*	*30.0*	*41.1*	*31.8*	*30.4*
세전이익	**17.8**	**19.2**	**44.2**	**20.7**	**33.7**	**32.5**	**24.7**	**19.4**	**116.9**	**101.9**	**110.2**
세전이익률	*57.0*	*55.4*	*58.0*	*33.9*	*55.2*	*52.2*	*49.6*	*37.8*	*54.2*	*50.2*	*49.2*
연결당기순이익	**15.6**	**17.4**	**36.3**	**17.6**	**28.6**	**27.6**	**21.0**	**16.5**	**95.8**	**86.9**	**93.7**
순이익률	*50.2*	*50.2*	*47.6*	*28.8*	*46.9*	*44.4*	*42.2*	*32.1*	*44.5*	*42.8*	*41.8*

자료: 피에스케이홀딩스, 한국투자증권

<표 5> 피에스케이홀딩스 목표주가 산출

	2026F	비고
순이익(십억원)	62.5	2026F 관계회사 제외 별도 순이익 (A)
Target multiple	19	2024년 멀티플 상단 (B)
주식수(천주)	21,562	
EPS(원)	2,899	
적정 시가총액(십억원)	1,187	(A)x(B)=(C)
관계회사 시가총액(십억원)	1,506	(D)
지분율	32%	(E)
할인율	60%	(F)
관계회사 적정 시가총액 (십억원)	289.2	(D)x(E)x(F)=(G)
목표 시가총액 (십억원)	1,477	(C)+(G)
적정 주가 (원)	68,482	
목표 주가 (원)	69,000	
전일 종가 (원)	46,000	
상승 여력 (%)	50%	

자료: 피에스케이홀딩스, 한국투자증권

손익계산서

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
매출액	**95**	**216**	**203**	**224**	**258**
매출원가	37	80	80	84	95
매출총이익	58	136	123	140	162
판매관리비	31	47	59	72	83
영업이익	**27**	**88**	**64**	**68**	**80**
영업이익률(%)	*28.5*	*41.1*	*31.8*	*30.4*	*30.9*
EBITDA	32	95	76	87	104
EBITDA Margin(%)	*33.4*	*43.8*	*37.7*	*38.6*	*40.5*
영업외수익	22	29	38	42	47
금융수익	7	12	13	14	15
금융비용	2	9	9	9	9
기타영업외손익	0	0	0	0	0
관계기업관련손익	17	26	33	37	40
세전계속사업이익	**49**	**117**	**102**	**110**	**127**
법인세비용	6	21	15	17	22
연결당기순이익	43	96	87	94	105
지배주주지분순이익	**43**	**96**	**87**	**94**	**105**
지배주주순이익률(%)	*45.1*	*44.5*	*42.8*	*41.8*	*40.7*
성장성(%, YoY)					
매출 증가율	30.1	127.5	(5.8)	10.4	15.0
영업이익 증가율	59.6	228.1	(27.1)	5.8	16.6
지배주주순이익 증가율	4.8	124.4	(9.4)	7.9	12.1
EPS 증가율	3.7	116.3	(9.4)	7.9	12.1
EBITDA 증가율	46.6	198.9	(19.1)	13.2	20.6

재무상태표

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
자산총계	**401**	**514**	**560**	**654**	**758**
유동자산	165	241	276	327	376
현금성자산	88	121	142	179	206
매출채권및기타채권	15	38	41	45	52
재고자산	18	29	30	34	39
비유동자산	236	272	284	327	382
투자자산	154	177	166	184	211
유형자산	49	72	96	119	142
무형자산	11	11	10	11	13
부채총계	**60**	**82**	**34**	**28**	**19**
유동부채	35	52	5	(4)	(15)
매입채무및기타채무	14	26	20	22	26
단기차입금및단기사채	0	0	0	0	0
유동성장기부채	6	2	0	0	0
비유동부채	25	30	30	32	34
사채	0	0	0	0	0
장기차입금및금융부채	14	14	14	15	15
자본총계	**341**	**431**	**526**	**627**	**739**
지배주주지분	341	431	526	627	739
자본금	11	11	11	11	11
자본잉여금	65	65	65	65	65
기타자본	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)
이익잉여금	273	353	440	533	638
비지배주주지분	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
순차입금	(111)	(157)	(189)	(232)	(268)

현금흐름표

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
영업활동현금흐름	**32**	**67**	**15**	**60**	**68**
당기순이익	43	96	87	94	105
유형자산감가상각비	2	4	10	16	22
무형자산상각비	3	2	2	2	3
자산부채변동	(5)	(20)	(50)	(15)	(21)
기타	(11)	(15)	(34)	(37)	(41)
투자활동현금흐름	**(15)**	**(24)**	**7**	**(24)**	**(41)**
유형자산투자	(18)	(17)	(33)	(39)	(46)
유형자산매각	0	0	0	0	0
투자자산순증	3	(6)	51	27	20
무형자산순증	(1)	(0)	(1)	(3)	(4)
기타	1	(1)	(10)	(9)	(11)
재무활동현금흐름	**23**	**(17)**	**(2)**	**0**	**0**
자본의증가	32	0	0	0	0
차입금의순증	2	(4)	(2)	0	0
배당금지급	(10)	(13)	0	0	0
기타	(1)	0	0	0	0
기타현금흐름	0	8	0	0	0
현금의증가	**41**	**34**	**21**	**37**	**27**
FCF	18	62	(15)	20	21

주: K-IFRS (연결) 기준

주요 투자지표

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
주당지표(원)					
EPS	2,055	4,444	4,028	4,346	4,874
BPS	15,829	20,010	24,375	29,058	34,269
DPS	0	0	0	0	0
수익성(%)					
ROA	11.7	20.9	16.2	15.4	14.9
ROE	13.7	24.8	18.2	16.3	15.4
배당수익률	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
배당성향	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
안정성					
부채비율(x)	17.6	19.0	6.5	4.4	2.6
차입금/자본총계비율(%)	5.8	3.8	2.8	2.4	2.1
이자보상배율(x)	1,010.0	250.6	214.0	238.3	271.5
순차입금/EBITDA(x)	(3.5)	(1.7)	(2.5)	(2.7)	(2.6)
Valuation(x)					
PER	13.1	8.6	11.6	10.7	9.6
최고	17.4	19.2	15.3	14.2	12.6
최저	3.1	5.4	7.5	6.9	6.2
PBR	1.7	1.9	1.9	1.6	1.4
최고	2.3	4.3	2.5	2.1	1.8
최저	0.4	1.2	1.2	1.0	0.9
PSR	6.1	3.8	4.9	4.5	3.9
EV/EBITDA	14.9	7.0	10.7	8.9	7.1

주성엔지니어링(036930)

매수(유지) / TP: 38,000원(유지)

주가(11/12, 원)	30,450
시가총액(십억원)	1,439
발행주식수(백만)	47
52주 최고/최저가(원)	42,450/26,000
일평균 거래대금(6개월, 백만원)	11,851
유동주식비율(%)	66.8
외국인지분율(%)	17.0
주요주주(%) 황철주 외 8 인	29.9
최규옥 외 2 인	10.0

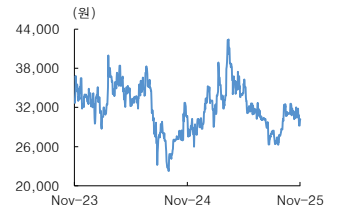
	매출액 (십억원)	영업이익 (십억원)	순이익 (십억원)	EPS (원)	증감률 (%)	EBITDA (십억원)	PER (배)	EV/EBITDA (배)	PBR (배)	ROE (%)	DY (%)
2023A	285	29	34	716	(67.6)	48	47.8	32.5	3.1	6.8	0.1
2024A	409	97	107	2,272	217.3	116	13.0	9.8	2.3	19.8	1.0
2025F	308	45	54	1,176	(48.3)	64	25.9	19.6	2.2	9.2	0.9
2026F	403	115	103	2,257	91.9	136	13.5	8.9	1.9	15.9	0.9
2027F	484	134	121	2,652	17.5	158	11.5	7.5	1.7	16.3	0.9

주: 순이익, EPS 등은 지배주주지분 기준

주가상승률

	1개월	6개월	12개월
절대주가(%)	(0.6)	(9.4)	0.3
상대주가(%p)	(5.8)	(33.8)	(20.5)

주가추이



이유 있는 R&D 비용 증가

25년 하반기 바닥 다지기: 2025년은 매출과 영업이익 모두 전년대비 감소할 것이다. 반도체 매출은 2024년과 유사한 수준을 유지하고 있으나, 디스플레이와 태양광 장비 매출이 사실상 전혀 발생하지 않았던 것이 매출 하락의 주 원인이다. 매출 감소로 영업 레버리지 효과가 감소한 데다, R&D 지출이 증가하면서 이익률 하락 역시 불가피하다. 그러나 R&D 비용 증가는 신규 고객과 미래 기술을 위한 투자다. 2026년에는 디스플레이와 태양광 장비 매출 인식 및 SK하이닉스 M15x 증설 투자가 예정돼 있다. 수주 잔고를 늘려갈수록 실적 우려는 축소될 것이다.

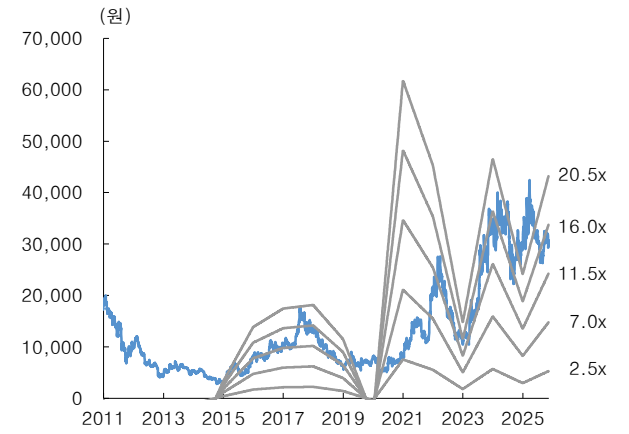
ALD는 반드시 도래할 미래: 동사는 유리 기판용 ALD 장비를 개발하고 있다. 유리 기판과 구리의 접착력을 높이기 위한 Seed layer와 Buffer layer 증착용 ALD 장비는 물론 구리 증착용 ALD 장비 역시 개발 중이다. 지금까지 개발된 유리 기판 TGV 홀의 종횡비는 약 4:1로 아직은 ALD가 아닌 CVD나 PVD를 통해 메탈 증착을 진행한다. 그러나 고성능 반도체 지원을 위한 유리 기판 TGV 홀의 종횡비는 10:1 이상으로, 이 경우 CVD나 PVD 증착은 증착의 품질이 떨어지거나 공정 시간이 크게 증가해 양산성을 확보하기 어렵다. 동사는 유리와 메탈의 접착력을 높이기 위한 신물질을 개발하는 한편 다양한 메탈 공정을 ALD로 수행하기 위한 장비 개발을 진행 중이다. 미국 반도체 IDM 기업에 장비를 납품한 이력을 바탕으로 다양한 유리 기판 밸류체인과 파트너십을 확장하고 있다.

2026년부터 다시 달린다: 투자의견 매수와 목표주가 38,000원(12MF EPS, 목표 PER 20배)을 유지한다. 단기 실적 모멘텀은 부족하지만 2026년부터 주 고객사의 Capex 증가와 신규 Fab 투자 재개로 인한 실적 개선이 본격화될 것이다. 유리 기판 장비 및 로직향 장비 등 신제품 개발과 인증에 따른 R&D 비용 증가는 당분간 이익에 부담 요인으로 작용할 것이다. 그러나 R&D 지출은 이후 성장을 위한 투자로 평가해야 한다. 2026년 이후 고객사 인증이 완료되고 양산 투자가 시작되면 R&D의 결과가 수익 성장의 기반이 될 것이다.

채민숙
minsook@koreainvestment.com

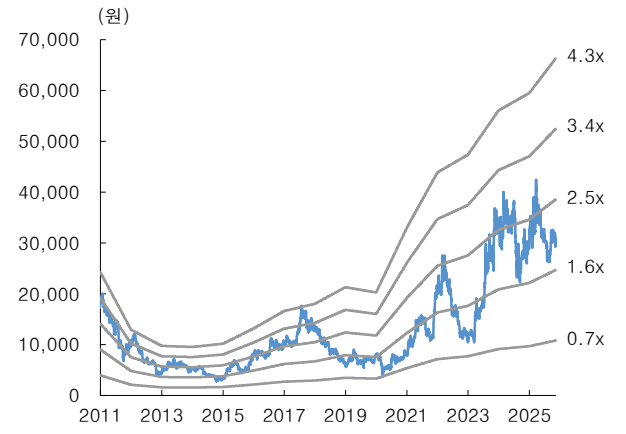
황준태
jt.hwang@koreainvestment.com

[그림 24] 주성엔지니어링 12MF PER



자료: 주성엔지니어링, 한국투자증권

[그림 25] 주성엔지니어링 12MF PBR



자료: 주성엔지니어링, 한국투자증권

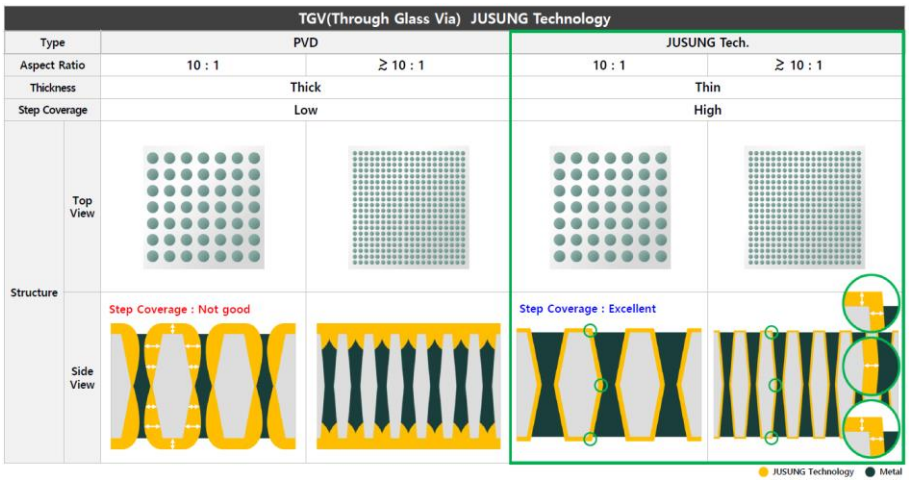
<표 6> 주성엔지니어링 분기 및 연간 실적 추정

(단위: 십억원, %)

	1Q25	2Q25	3Q25	4Q25F	1Q26F	2Q26F	3Q26F	4Q26F	2024A	2025F	2026F
매출액	**120.8**	**78.8**	**59.1**	**50.2**	**57.8**	**92.4**	**110.9**	**144.2**	**409.4**	**309.0**	**405.3**
매출총이익	**72.8**	**42.0**	**32.5**	**27.6**	**32.9**	**55.5**	**66.5**	**86.5**	**249.0**	**174.8**	**241.4**
매출총이익률	*60.2*	*53.3*	*55.0*	*55.0*	*57.0*	*60.0*	*60.0*	*60.0*	*60.8*	*56.6*	*59.6*
영업이익	**33.9**	**6.6**	**3.0**	**1.0**	**6.9**	**29.6**	**35.5**	**43.3**	**97.2**	**44.4**	**115.3**
영업이익률	*28.1*	*8.3*	*5.0*	*2.0*	*12.0*	*32.0*	*32.0*	*30.0*	*23.7*	*14.4*	*28.4*
세전이익	**34.9**	**2.2**	**0.1**	**7.7**	**10.1**	**33.8**	**39.7**	**47.7**	**127.5**	**44.9**	**131.3**
세전이익률	*28.9*	*2.8*	*0.2*	*15.3*	*17.4*	*36.5*	*35.8*	*33.1*	*31.1*	*14.5*	*32.4*
당기순이익	**27.7**	**5.0**	**0.1**	**6.1**	**7.8**	**26.0**	**31.8**	**38.1**	**106.8**	**39.0**	**103.7**
순이익률	*22.9*	*6.4*	*0.2*	*12.2*	*13.4*	*28.1*	*28.7*	*26.5*	*26.1*	*12.6*	*25.6*

주: IFRS 연결기준
자료: 주성엔지니어링, 한국투자증권

[그림 26] PVD, ALD에 따른 표면 증착 결과물 차이



자료: 주성엔지니어링, 한국투자증권

손익계산서

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
매출액	**285**	**409**	**308**	**403**	**484**
매출원가	135	160	134	163	184
매출총이익	150	249	175	240	300
판매관리비	121	152	130	125	166
영업이익	**29**	**97**	**45**	**115**	**134**
영업이익률(%)	*10.2*	*23.7*	*14.5*	*28.4*	*27.7*
EBITDA	48	116	64	136	158
EBITDA Margin(%)	*17.0*	*28.3*	*20.7*	*33.8*	*32.6*
영업외수익	16	30	18	16	19
금융수익	2	4	8	4	5
금융비용	4	4	4	4	4
기타영업외손익	18	30	14	15	18
관계기업관련손익	0	0	0	0	0
세전계속사업이익	**45**	**127**	**63**	**131**	**153**
법인세비용	11	21	9	27	32
연결당기순이익	34	107	54	103	121
지배주주지분순이익	**34**	**107**	**54**	**103**	**121**
지배주주순이익률(%)	*11.9*	*26.1*	*17.4*	*25.6*	*25.1*
성장성(%, YoY)					
매출 증가율	(35.0)	43.8	(24.7)	30.7	20.0
영업이익 증가율	(76.6)	235.9	(53.9)	155.6	16.7
지배주주순이익 증가율	(68.0)	214.2	(49.7)	91.9	17.5
EPS 증가율	(67.6)	217.3	(48.3)	91.9	17.5
EBITDA 증가율	(65.7)	138.7	(44.8)	113.2	15.9

재무상태표

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
자산총계	**805**	**987**	**719**	**826**	**1,025**
유동자산	239	398	305	380	407
현금성자산	111	251	185	222	242
매출채권및기타채권	18	29	31	40	48
재고자산	81	101	76	101	97
비유동자산	566	589	414	446	617
투자자산	11	11	8	10	12
유형자산	290	306	307	307	305
무형자산	7	8	6	8	9
부채총계	**291**	**420**	**115**	**135**	**229**
유동부채	62	192	5	8	86
매입채무및기타채무	27	38	29	37	45
단기차입금및단기사채	0	0	0	0	0
유동성장기부채	0	0	0	0	0
비유동부채	229	229	109	127	142
사채	0	0	0	0	0
장기차입금및금융부채	50	50	49	49	48
자본총계	**515**	**567**	**604**	**691**	**796**
지배주주지분	515	567	604	691	796
자본금	24	24	24	24	24
자본잉여금	109	109	109	109	109
기타자본	(17)	(50)	(50)	(50)	(50)
이익잉여금	335	422	462	552	660
비지배주주지분	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
순차입금	(60)	(205)	(139)	(178)	(199)

현금흐름표

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
영업활동현금흐름	**1**	**225**	**(186)**	**99**	**224**
당기순이익	34	107	54	103	121
유형자산감가상각비	18	17	18	20	22
무형자산상각비	1	1	1	1	2
자산부채변동	(34)	75	(258)	(26)	79
기타	(18)	25	(1)	1	0
투자활동현금흐름	**(1)**	**(40)**	**134**	**(49)**	**(190)**
유형자산투자	(14)	(31)	(20)	(20)	(20)
유형자산매각	1	0	0	0	0
투자자산순증	13	(8)	(1)	(6)	(5)
무형자산순증	(0)	(2)	1	(3)	(3)
기타	(1)	1	154	(20)	(162)
재무활동현금흐름	**(10)**	**(51)**	**(14)**	**(14)**	**(14)**
자본의증가	0	0	0	0	0
차입금의순증	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
배당금지급	0	0	(13)	(13)	(13)
기타	(9)	(50)	0	0	0
기타현금흐름	0	6	0	0	0
현금의증가	**(10)**	**140**	**(66)**	**37**	**20**
FCF	(11)	179	(67)	46	26

주: K-IFRS (연결) 기준

주요 투자지표

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
주당지표(원)					
EPS	716	2,272	1,176	2,257	2,652
BPS	11,017	13,041	13,834	15,672	17,892
DPS	50	287	287	287	287
수익성(%)					
ROA	4.2	11.9	6.3	13.3	13.1
ROE	6.8	19.8	9.2	15.9	16.3
배당수익률	0.1	1.0	0.9	0.9	0.9
배당성향	7.0	12.3	24.4	12.7	10.8
안정성					
부채비율(x)	56.4	74.2	19.0	19.6	28.7
차입금/자본총계비율(%)	9.9	8.9	8.2	7.1	6.1
이자보상배율(x)	7.8	26.7	12.8	32.2	38.0
순차입금/EBITDA(x)	(1.3)	(1.8)	(2.2)	(1.3)	(1.3)
Valuation(x)					
PER	47.8	13.0	25.9	13.5	11.5
최고	53.1	18.2	36.9	19.2	16.4
최저	14.2	9.7	22.2	11.5	9.8
PBR	3.1	2.3	2.2	1.9	1.7
최고	3.4	3.2	3.1	2.8	2.4
최저	0.9	1.7	1.9	1.7	1.5
PSR	5.8	3.4	4.7	3.6	3.0
EV/EBITDA	32.5	9.8	19.6	8.9	7.5

필옵틱스(161580)

중립(신규)

주가(11/12, 원)	48,600
시가총액(십억원)	1,137
발행주식수(백만)	23
52주 최고/최저가(원)	57,300/13,700
일평균 거래대금(6개월, 백만원)	21,634
유동주식비율(%)	71.8
외국인지분율(%)	1.6
주요주주(%) 한기수 외 5 인	25.9
티케이지태광 외 1 인	7.8

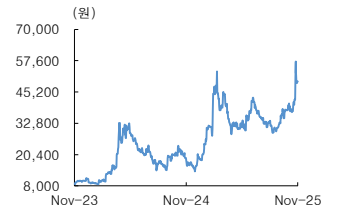
	매출액 (십억원)	영업이익 (십억원)	순이익 (십억원)	EPS (원)	증감률 (%)	EBITDA (십억원)	PER (배)	EV/EBITDA (배)	PBR (배)	ROE (%)	DY (%)
2023A	300	10	(8)	(357)	NM	16	NM	12.5	1.3	(6.2)	3.3
2024A	411	14	6	245	NM	21	74.5	23.1	2.7	3.5	0.0
2025F	130	(15)	(6)	(272)	NM	(7)	NM	NM	8.3	(4.1)	0.0
2026F	257	4	2	85	NM	12	623.2	107.8	8.2	1.3	0.0
2027F	424	33	12	530	524.5	41	99.8	32.0	7.6	7.9	0.0

주: 순이익, EPS 등은 지배주주지분 기준

주가상승률

	1개월	6개월	12개월
절대주가(%)	37.3	70.0	165.1
상대주가(%p)	32.1	45.6	144.3

주가추이



긁지 않은 복권

LPKF의 유일한 경쟁사: 동사는 2019년부터 유리 기판용 레이저 TGV 장비 개발을 시작해, 2024년 업계 최초로 글로벌 반도체 메이커와 유리 기판 선도 기업에 장비 공급을 시작했다. 레이저로 TGV 비아 홀을 가공하는 TGV 레이저 장비를 중심으로, 완성된 유리 기판 원장을 개별 칩으로 분리하는 레이저 싱귤레이션 장비, 유리 기판 위 ABF 필름을 가공하는 마스크리스 노광 장비 및 레이저 드릴링 장비 등 유리 기판용으로 다양한 장비를 개발, 생산하고 있다. 최근에는 유리 기판 검사 장비를 신제품으로 출시하는 등 장비 포트폴리오를 지속 확장 중이다.

반도체 장비 기업으로 변화하는 중: 필옵틱스 별도 매출 내 2025년 유리 기판용 장비의 비중은 20~30%로, 여전히 디스플레이 장비의 매출 비중이 크다. 그러나 2027년부터 유리 기판 양산 투자가 본격화되면서 A사와 I사 등 유리 기판 선도 고객사의 장비 발주가 확대될 것으로 예상된다. 2028년에는 유리 기판 장비의 매출 비중이 필옵틱스 별도 매출의 50% 이상을 차지하며 반도체 장비 기업으로의 사업 구조 재편이 본격화될 것이다. 유리 기판 장비는 IDM, 유리 원장 업체, 기판 업체, 임가공 업체 등 고객 기반이 넓고 장비 포트폴리오가 다양하다. 이익률 또한 디스플레이 장비 대비 높다. 동사는 메모리 반도체 Cutting용 레이저 장비도 개발 중에 있다. 일본 경쟁사를 대체할 가능성을 염두에 두고 국내 고객사와 협의 중인 것으로 파악된다. 반도체 장비 매출이 확대될수록 매출과 이익이 동반 성장하며 수익 구조 개선이 가능할 것이다.

투자의견 중립으로 분석 개시: 투자의견 '중립'을 제시하며 커버리지를 개시한다. 유리 기판 투자의 최대 수혜주로 주목해야 하지만, 아직은 투자 시점이 이르다는 판단이다. 지금의 본업은 디스플레이 장비와 2차전지 장비로, 유리 기판 양산 투자 확대가 본격화되는 2027년 이전까지는 실적의 가시성이 낮다. 중장기 성장 모멘텀은 분명하지만, 매출과 수익구조를 고려할 때 단기에 급등한 주가와 높아진 밸류에이션은 부담스럽다. 유리 기판 장비의 매출 기여도를 관찰하면서 긴 호흡으로 접근해야 한다.

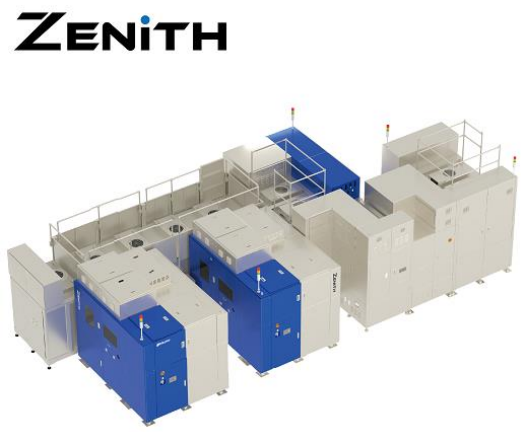
채민숙
minsook@koreainvestment.com

황준태
jt.hwang@koreainvestment.com

[그림 27] 필옵틱스 TGV 장비

자료: 필옵틱스, 한국투자증권

[그림 28] 필옵틱스 싱귤레이션 장비



자료: 필옵틱스, 한국투자증권

[그림 29] 필옵틱스 AOI 장비

자료: 필옵틱스, 한국투자증권

[그림 30] 필옵틱스 DI 노광 장비

자료: 필옵틱스, 한국투자증권

<표 7> 필옵틱스 분기 및 연간 실적 추정

(단위: 십억원, %)

	1Q25	2Q25	3Q25F	4Q25F	1Q26F	2Q26F	3Q26F	4Q26F	2024A	2025F	2026F
매출액	32.7	33.8	30.0	33.6	42.0	56.7	68.1	90.0	410.9	130.0	256.7
매출총이익	8.8	1.6	5.5	4.3	7.5	8.7	13.4	19.0	69.5	20.2	48.6
매출총이익률	*26.9*	*4.7*	*18.3*	*12.8*	*17.8*	*15.4*	*19.7*	*21.2*	*16.9*	*15.5*	*18.9*
영업이익	(3.2)	(8.4)	(3.0)	0.1	(1.3)	(0.2)	1.7	4.1	13.8	(14.6)	4.3
영업이익률	*(9.9)*	*(25.0)*	*(10.0)*	*0.2*	*(3.2)*	*(0.3)*	*2.5*	*4.5*	*3.4*	*(11.2)*	*1.7*
세전이익	(3.4)	(9.4)	(3.5)	2.8	(1.4)	0.3	1.9	4.7	14.3	(13.4)	5.4
세전이익률	*(10.4)*	*(27.7)*	*(11.5)*	*8.3*	*(3.4)*	*0.5*	*2.8*	*5.2*	*3.5*	*(10.3)*	*2.1*
당기순이익	(2.2)	(6.8)	(1.2)	4.0	(0.5)	0.1	0.7	1.7	5.6	(6.3)	2.0
순이익률	*(6.9)*	*(20.0)*	*(4.1)*	*11.8*	*(1.2)*	*0.2*	*1.0*	*1.9*	*1.4*	*(4.8)*	*0.8*

주: IFRS 연결기준
자료: 필옵틱스, 한국투자증권

손익계산서

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
매출액	**300**	**411**	**130**	**257**	**424**
매출원가	256	341	110	208	325
매출총이익	44	70	20	49	99
판매관리비	33	56	35	44	66
영업이익	**10**	**14**	**(15)**	**4**	**33**
영업이익률(%)	*3.4*	*3.4*	*(11.2)*	*1.7*	*7.8*
EBITDA	16	21	(7)	12	41
EBITDA Margin(%)	*5.3*	*5.0*	*(5.4)*	*4.7*	*9.7*
영업외수익	(20)	0	2	1	1
금융수익	6	4	5	5	4
금융비용	24	4	4	4	4
기타영업외손익	(2)	0	0	0	0
관계기업관련손익	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
세전계속사업이익	**(10)**	**14**	**(13)**	**5**	**34**
법인세비용	(2)	1	1	1	5
연결당기순이익	(8)	13	(15)	5	29
지배주주지분순이익	**(8)**	**6**	**(6)**	**2**	**12**
지배주주순이익률(%)	*(2.7)*	*1.4*	*(4.8)*	*0.8*	*2.9*
성장성(%, YoY)					
매출 증가율	(1.3)	37.0	(68.4)	97.4	65.3
영업이익 증가율	(43.2)	34.4	NM	NM	672.4
지배주주순이익 증가율	NM	NM	NM	NM	524.5
EPS 증가율	NM	NM	NM	NM	524.5
EBITDA 증가율	(32.8)	30.3	NM	NM	239.5

재무상태표

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
자산총계	**451**	**383**	**348**	**384**	**475**
유동자산	296	214	201	217	274
현금성자산	148	85	117	77	85
매출채권및기타채권	13	23	20	39	64
재고자산	119	66	52	77	85
비유동자산	155	169	147	167	201
투자자산	6	12	4	7	12
유형자산	129	136	136	146	167
무형자산	8	7	2	5	8
부채총계	**219**	**144**	**123**	**155**	**216**
유동부채	207	137	121	154	215
매입채무및기타채무	76	18	13	26	42
단기차입금및단기사채	50	54	58	62	66
유동성장기부채	6	6	7	7	7
비유동부채	12	7	2	1	1
사채	0	0	0	0	0
장기차입금및금융부채	11	6	1	0	0
자본총계	**232**	**239**	**225**	**230**	**259**
지배주주지분	163	155	149	151	163
자본금	12	12	12	12	12
자본잉여금	108	127	127	127	127
기타자본	(6)	1	1	1	1
이익잉여금	50	15	9	11	23
비지배주주지분	**69**	**84**	**76**	**79**	**95**
순차입금	(82)	(23)	(53)	(11)	(16)

현금흐름표

(단위: 십억원)

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
영업활동현금흐름	**111**	**(39)**	**15**	**(15)**	**59**
당기순이익	(8)	13	(15)	5	29
유형자산감가상각비	4	6	7	7	7
무형자산상각비	1	1	0	0	1
자산부채변동	102	(76)	30	(30)	5
기타	12	17	(7)	3	17
투자활동현금흐름	**(35)**	**(21)**	**10**	**(26)**	**(39)**
유형자산투자	(29)	(12)	(8)	(18)	(28)
유형자산매각	0	0	0	0	0
투자자산순증	(1)	(8)	8	(3)	(5)
무형자산순증	(4)	(0)	5	(3)	(4)
기타	(1)	(1)	5	(2)	(2)
재무활동현금흐름	**54**	**(4)**	**8**	**0**	**(12)**
자본의증가	94	1	0	0	0
차입금의순증	(25)	(2)	(1)	3	4
배당금지급	(4)	(3)	0	0	0
기타	(11)	0	9	(3)	(16)
기타현금흐름	(1)	1	0	0	0
현금의증가	**129**	**(63)**	**32**	**(40)**	**8**
FCF	77	(46)	20	(39)	9

주: K-IFRS (연결) 기준

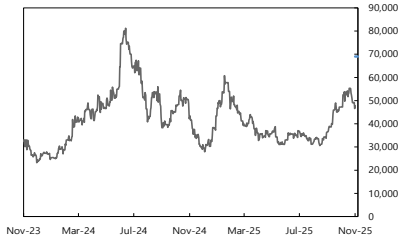
주요 투자지표

	2023A	2024A	2025F	2026F	2027F
주당지표(원)					
EPS	(357)	245	(272)	85	530
BPS	7,277	6,773	6,353	6,447	6,986
DPS	314	0	0	0	0
수익성(%)					
ROA	(2.1)	3.1	(4.0)	1.3	6.7
ROE	(6.2)	3.5	(4.1)	1.3	7.9
배당수익률	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
배당성향	NM	0.0	NM	0.0	0.0
안정성					
부채비율(x)	94.4	60.4	54.8	67.3	83.4
차입금/자본총계비율(%)	29.1	27.8	29.3	29.9	28.1
이자보상배율(x)	2.4	4.6	(5.0)	1.4	10.5
순차입금/EBITDA(x)	(5.1)	(1.1)	7.6	(0.9)	(0.4)
Valuation(x)					
PER	NM	74.5	NM	623.2	99.8
최고	NM	154.1	NM	696.2	111.5
최저	NM	34.9	NM	214.5	34.4
PBR	1.3	2.7	8.3	8.2	7.6
최고	3.2	5.6	9.3	9.2	8.5
최저	0.9	1.3	2.9	2.8	2.6
PSR	0.7	1.0	9.4	4.8	2.9
EV/EBITDA	12.5	23.1	NM	107.8	32.0

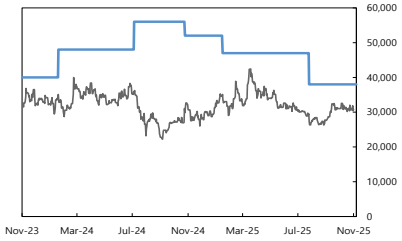
투자의견 및 목표주가 변경내역

종목(코드번호)	제시일자	투자의견	목표주가	괴리율		종목(코드번호)	제시일자	투자의견	목표주가	괴리율	
				평균주가 대비	최고(최저) 주가 대비					평균주가 대비	최고(최저) 주가 대비
피에스케이홀딩스(031980)	2025.11.13	매수	69,000원	-	-		2025.01.21	매수	47,000원	-28.7	-9.7
주성엔지니어링(036930)	2023.07.31	매수	40,000원	-25.1	-7.9		2025.07.31	매수	38,000원	-	-
	2024.01.25	매수	48,000원	-28.3	-16.7	필옵틱스(161580)	2024.07.19	NR	-	-	-
	2024.07.10	매수	56,000원	-50.7	-35.3		2025.07.19	1년경과		-	-
	2024.10.30	매수	52,000원	-42.0	-32.2		2025.11.13	중립	-	-	-

피에스케이홀딩스(031980)



주성엔지니어링(036930)



필옵틱스(161580)

■ Compliance notice

- 당사는 2025년 11월 13일 현재 피에스케이홀딩스, 주성엔지니어링, 필옵틱스 종목의 발행주식을 1%이상 보유하고 있지 않습니다.
- 당사는 동 리포트의 내용 일부를 기관투자가 또는 제3자에게 사전에 제공한 사실이 없습니다.
- 동 리포트의 금융투자분석사와 배우자는 상기 발행주식을 보유하고 있지 않습니다.

■ 기업 투자의견은 향후 12개월간 시장 지수 대비 주가등락 기준임

- 매　　수 : 시장 지수 대비 15%p 이상의 주가 상승 예상
- 중　　립 : 시장 지수 대비 -15~15%p의 주가 등락 예상
- 비중축소 : 시장 지수 대비 15%p 이상의 주가 하락 예상
- 중립 및 비중축소 의견은 목표가 미제시

■ 투자등급 비율 (2025. 9. 30 기준)

매수	중립	비중축소(매도)
81.5%	18.5%	0%

※ 최근 1년간 공표한 유니버스 종목 기준

■ 업종 투자의견은 향후 12개월간 해당 업종의 유가증권시장(코스닥) 시가총액 비중 대비 포트폴리오 구성 비중에 대한 의견임

- 비중확대 : 해당업종의 포트폴리오 구성비중을 유가증권시장(코스닥)시가총액 비중보다 높이 가져갈 것을 권함
- 중　　립 : 해당업종의 포트폴리오 구성비중을 유가증권시장(코스닥)시가총액 비중과 같게 가져갈 것을 권함
- 비중축소 : 해당업종의 포트폴리오 구성비중을 유가증권시장(코스닥)시가총액 비중보다 낮게 가져갈 것을 권함

■ 본 리포트는 고객의 증권투자를 돕기 위하여 작성된 당사의 저작물로서 모든 저작권은 당사에게 있으며, 당사의 동의 없이 어떤 형태로든 복제, 배포, 전송, 변형할 수 없습니다.

■ 본 리포트는 당사 리서치본부에서 수집한 자료 및 정보를 기초로 작성된 것이나 당사가 그 자료 및 정보의 정확성이나 완전성을 보장할 수는 없으므로 당사는 본 리포트로써 고객의 투자 결과에 대한 어떠한 보장도 행하는 것이 아닙니다. 최종적 투자 결정은 고객의 판단에 기초한 것이며 본 리포트는 투자 결과와 관련한 법적 분쟁에서 증거로 사용될 수 없습니다.

■ 본 리포트에 제시된 종목들은 리서치본부에서 수집한 자료 및 정보 또는 계량화된 모델을 기초로 작성된 것이나, 당사의 공식적인 의견과는 다를 수 있습니다.

■ 이 리포트에 게재된 내용들은 작성자의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 작성되었음을 확인합니다.