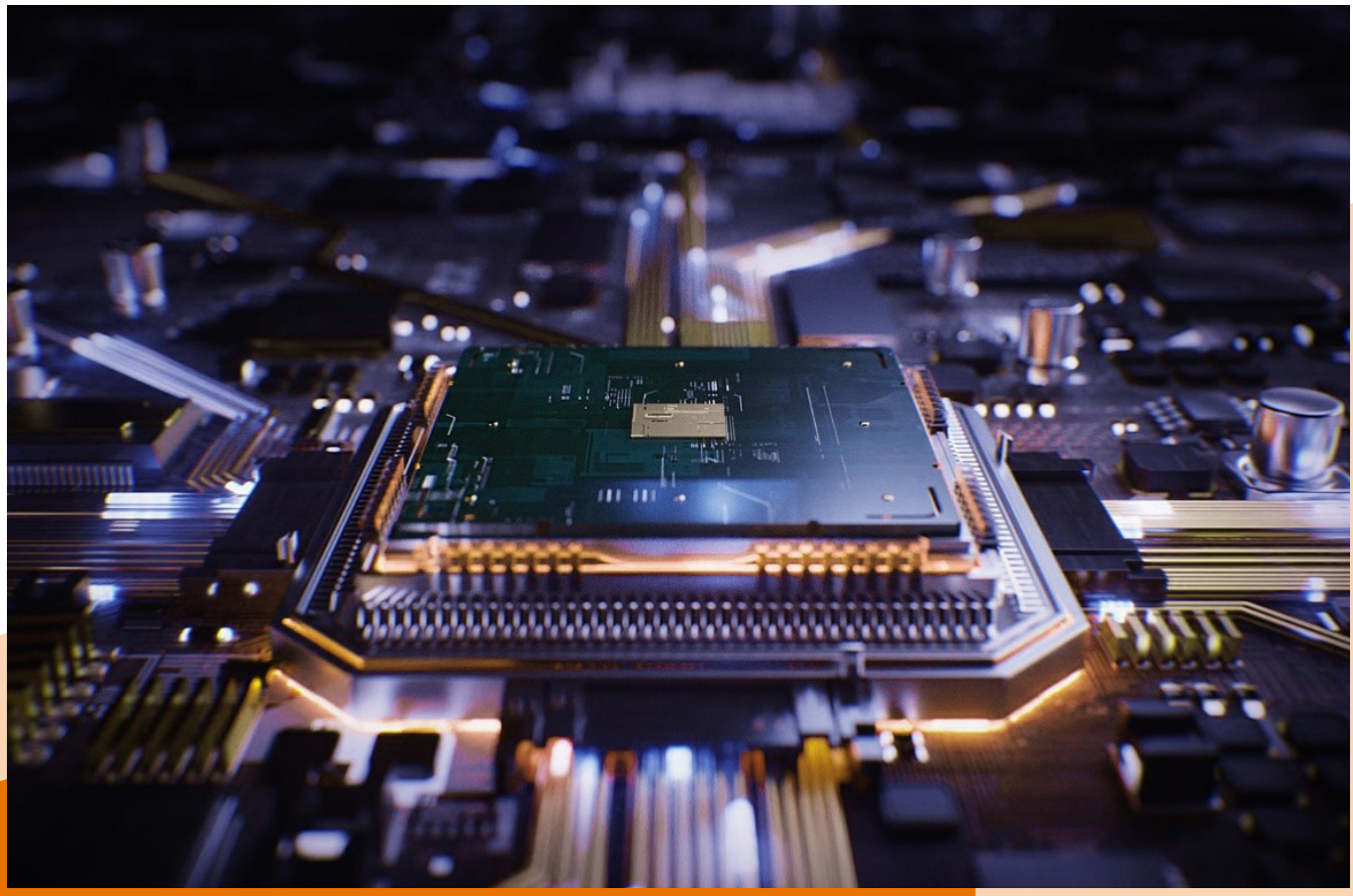
원자재와 공법 혁신으로

차세대 반도체 기판의 기술을 선도하는 하이브리드 FC-BGA

*FC-BGA: Flip Chip-Ball Grid Array



목차

1. Intro
2. 반도체 기판의 종류와 변화 방향
3. 반도체 기판의 혁신을 이끄는 FC-BGA
4. 반도체 제조 업체의 다각화와 FC-BGA 수요 증가
5. 반도체 기판의 강자, LG이노텍
6. LG이노텍의 하이브리드 FC-BGA 기술
7. Outro

LG Innotek

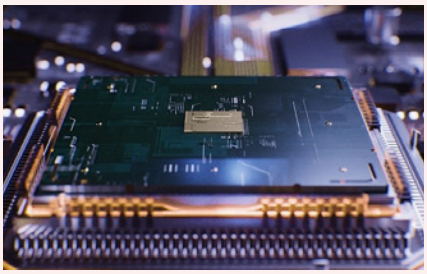
Intro

EXECUTIVE SUMMARY

반도체는 디지털 생활의 핵심이다. 스마트폰, 태블릿과 같은 소형 모바일 기기부터 냉장고, 세탁기와 같은 생활가전, 그리고 전기차와 비행기까지, 우리 삶을 편리하게 해 주는 수많은 전자 기기에 반도체가 들어있다.

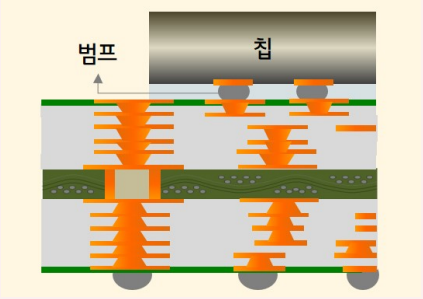
최근 각광받고 있는 클라우드, 빅데이터, IoT(사물인터넷), 자율주행, AR/VR(가상/증강현실), 메타버스, 로봇 산업도 반도체와 밀접하게 연계되어 있다. 특히 인공지능, 서버, 데이터센터, 전기차 등은 고성능 반도체를 필요로 하는데, 미세공정을 통한 반도체의 성능 향상이 한계치에 이르면서 이제 업계는 반도체 후공정 기술인 '패키징' 공정의 정교화에 주목하고 있다.

반도체 패키지 기판은 반도체를 전기적으로 연결하고 기계적으로 지지하는 회로 연결용 부품이다. 반도체를 구성하는 뼈대 역할을 담당하는데, 디지털 기기와 반도체가 더욱 정교화, 첨단화 되면서 기판의 역할도 더 중요해지고 있다. 그 중에서도 서버용 CPU(Central Processing Unit), GPU(Graphics Processing Unit)와 같은 고집적 반도체 칩을 메인보드에 연결하는 고집적 패키지 기판 'FC-BGA'는 미래 신성장 동력으로 여겨지고 있다.



▶ 패키징(Packaging)이란?

반도체 패키징은 완성된 반도체를 외부 환경으로부터 보호하는 공정으로 웨이퍼 칩과 기판을 조립하여 외부와 전기 신호를 주고받을 수 있도록 연결하는 기능을 수행한다.



▶ FC-BGA (Flip Chip-Ball Grid Array)란?

다수의 범프(Bump)가 배치된 반도체 기판 위에 칩을 실장하고, 배치된 볼을 이용하여 애플리케이션의 메인 보드와 반도체를 전기적으로 연결하는 반도체 기판 기술이다. PC, 서버, 자율주행, 클라우드, 데이터센터 등의 애플리케이션에 탑재되는 연산장치용 반도체에서 주로 사용한다.

LG이노텍은 반도체 기판 시장의 기술 혁신을 선도하는 리더다. 이미 무선주파수 시스템 패키지 (RF-SiP)용 기판, 5G 밀리미터파 안테나 패키지(AiP)용 기판 등 통신용 반도체 기판 시장에서 세계 1위를 달리고 있으며, 고성능 모바일 애플리케이션 프로세서(AP)에 사용되는 FC-CSP 분야에서도 기술을 리딩하고 있다.

*RF-SiP (Radio Frequency-System in Package)
*AiP (Antenna in Package)
*FC-CSP (Flip Chip – Chip Scale Package)

반도체 기판의 종류와 변화 방향

반도체 기판은 제품 타입에 따라 크게 연산장치용 기판과 저장장치용 기판으로 나뉜다. 연산장치용 기판은 주문형 반도체로서 컴퓨터와 모바일의 핵심부품인 애플리케이션 프로세서(AP), 중앙처리장치(CPU), 그래픽처리장치(GPU) 등의 시스템 반도체에 사용되며, 저장장치용 기판은 기성품으로서 D램과 낸드플래시 등의 메모리 반도체에 사용된다.

▶ 반도체 기판 종류 및 용도

시스템 반도체			메모리 반도체	
FC-BGA	FC-CSP	SiP/AiP	CSP/MCP	BOC
• 서버/PC CPU • 스마트폰 AP • 통신 칩			• 스마트폰 메모리 • PC/서버 메모리	

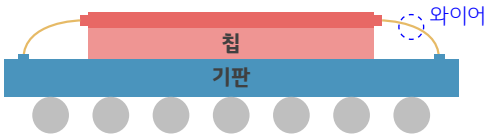
*MCP (Multi Chip Package), BOC (Board on Chip)

과거에 반도체 기판은 메인보드와 반도체를 전기적으로 연결하는 보조적인 역할만 수행했다. 그러나 반도체 성능이 점차 고도화, 차별화 되면서 웨이퍼 칩과 기판을 조립하는 반도체 패키징 작업의 중요성이 커졌다. 미세 공정을 통해 반도체의 성능을 높이는 것이 관건이었던 과거에는 패키징이 회로를 보호하는 포장 역할만을 수행했다. 하지만 성능 개량이 한계점까지 고도화된 지금은 대부분 업체들이 다수의 칩을 함께 사용하는 방식으로 반도체 성능 개선 및 차별화를 모색하고 있다. 결국 패키징 공정이 반도체 성능을 좌우하게 된 것이다. 특히 CPU/GPU 등 전기 신호가 많은 고성능, 고밀도 회로 연결 제품이 늘면서 이에 대응할 수 있는 고집적 반도체 기판에 대한 수요도 증가하고 있다.

반도체 기판의 혁신을 이끄는 FC-BGA

반도체 칩과 기판을 연결하는 기술은 와이어 본딩(Wire Bonding) 방식에서 플립칩(Flip Chip) 방식으로 진화해 왔다. 와이어 본딩은 전도성 있는 얇은 금속선을 사용하는 반면, 플립칩은 칩의 활성 영역을 아래로 뒤집어서 다른 기판이나 칩에 붙인다. 납, 구리, 니켈, 금으로 볼 형태의 범프를 만들어서 칩과 기판을 연결하는 기술이다. 와이어 대신 범프를 사용하여 전기적으로 연결하므로 전기 신호 처리 속도가 빠르고 패키징의 사이즈를 줄일 수 있다.

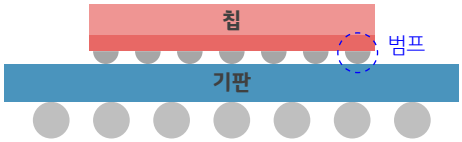
와이어 본딩



와이어로 칩과 기판을 연결하는 방식이다.
기술 난이도가 낮고 연결 가능한 I/O* 수에 제한이 있다
*Input/Output

VS

플립칩



범프로 칩과 기판을 직접 연결하는 방식이다.
속도가 빠르고 많은 I/O연결이 가능하나,
기술 난이도가 높다

이러한 플립칩 기술 기반으로 제작되는 기판은 크게 FC-CSP와 FC-BGA로 나뉜다. FC-CSP는 반도체 칩과 기판의 사이즈가 비슷한 제품으로 주로 스마트폰에 사용된다. FC-BGA는 칩보다 기판 사이즈가 더 큰 제품으로 고성능 컴퓨터 및 클라우드 데이터 서버용 CPU/GPU, 전장용 SoC(System on Chip) 등 다양한 분야에서 적용된다. 최근 비대면 확산과 반도체 성능 향상으로 그 수요가 급격하게 증가하고 있다.

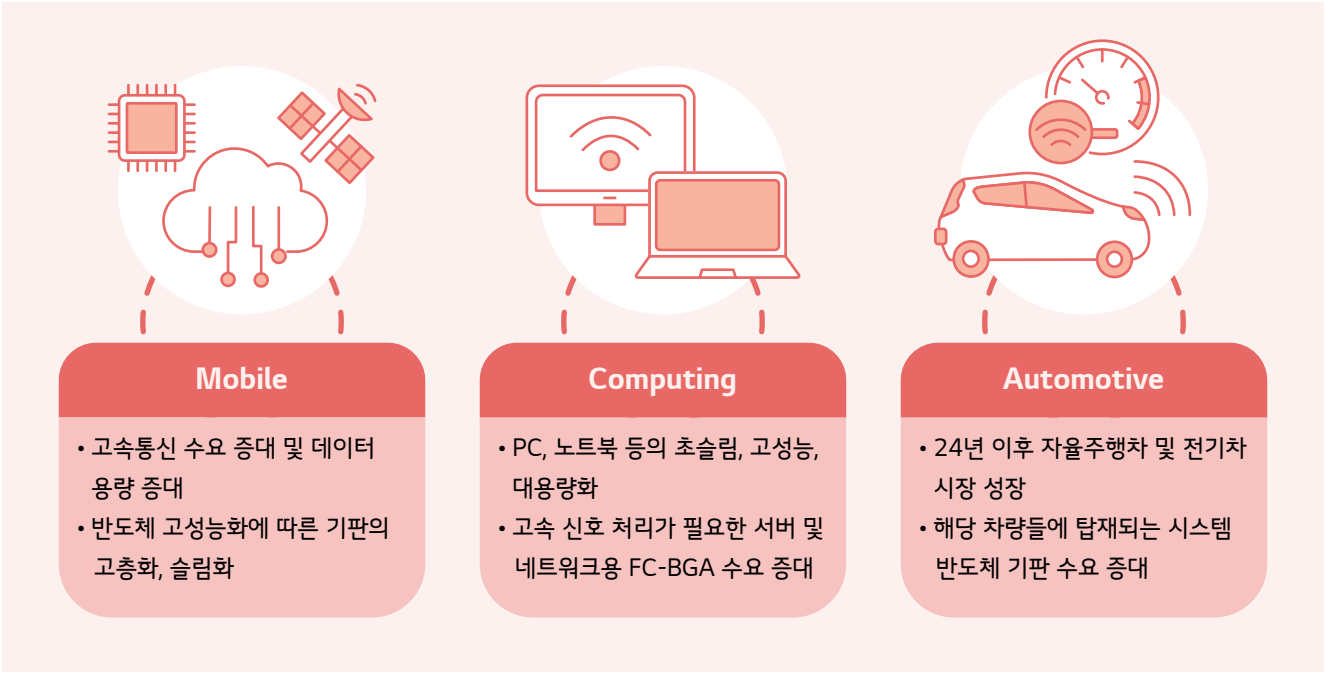
FC-BGA 는 얇은 기판을 여러 겹 쌓고 그 사이의 연결 통로를 만드는 과정을 반복하는 첨단 제품이다. 전기적 신호교환이 많은 반도체에 사용되는 만큼, 제조공정이 복잡하고 높은 기술력을 필요로 한다. 그럼에도 면적, 밀도, 그리고 전기신호 전달 속도 측면에서 기존 방식 대비 기술적 강점이 있어 여러 분야에서 각광받고 있다.

FC-BGA는 고성능 프로세서의 대형화와 대면적화에 대응하는 기술이며, 칩과 기판을 범프로 직접 연결함으로써 전기 신호 전달 경로를 최소화 한다. 또한 칩과 기판 사이의 거리를 단축함으로써 입출력(I/O) 단자 수를 증대시켜 미세화 된 폼팩터 구현도 가능하다.

▶ FC-BGA 특장점

특징	장점
• 반도체 칩보다 기판이 더 크다 • 범프로 칩과 기판을 직접 연결한다. • 미세회로 구현이 가능하다	• 고성능 프로세서의 대형화와 대면적화에 대응 • 전기 신호 전달 경로 최소화로 빠른 속도 구현 • 입출력(I/O) 단자 수를 늘려 미세 폼팩터 구현

▶ FC-BGA 주요 적용 분야 및 시장 수요 전망



이런 특장점으로 인해 2021년에 세계 FC-BGA 시장은 이미 8조원 규모를 기록했다. 또한 점차 고용량의 이미지 및 동영상 데이터 사용이 보편화 되면서 서버 시장은 2022년부터 2026년까지 연평균 7% 성장할 것으로 전망된다.* 이에 LG이노텍은 기존의 RF-SiP, AiP, FC-CSP 외에 FC-BGA 제품을 추가로 공급함으로써 Mobile, Computing, Automotive 산업 분야에서 반도체 기판의 강자로 성장을 지속할 것이다.

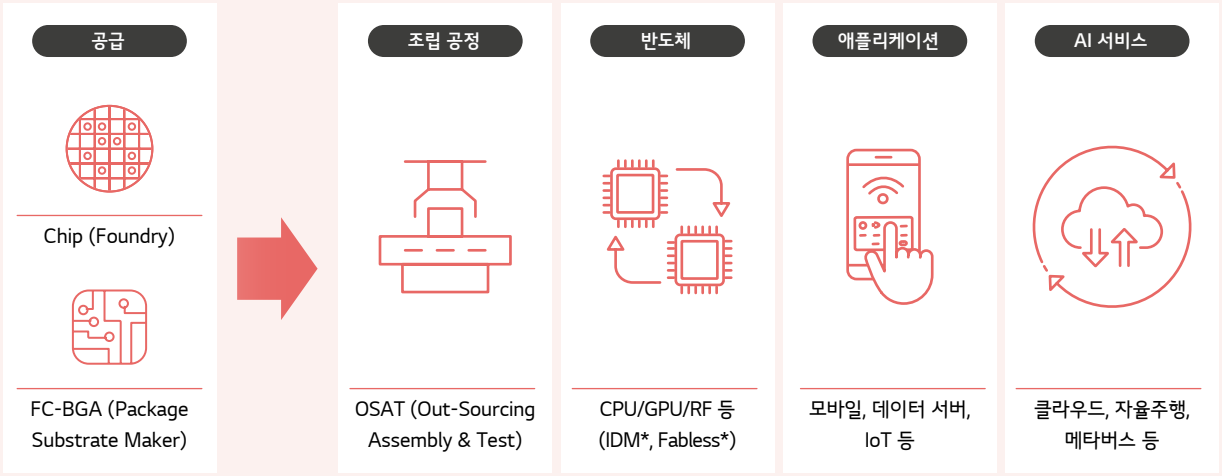
*출처: 후지카메라, 2022

글로벌 시장에서 인정받은 기존의 반도체 기판 기술 경쟁력을 FC-BGA에 접목하면 기술의 시너지 효과를 기대할 수 있다. RF-SiP, FC-CSP의 고다층화 및 미세 패턴 구현을 위한 기반 기술을 FC-BGA에 확대 적용할 수 있고, 소재 및 공법 측면의 다양한 기술 시너지 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

반도체 제조 업체의 다각화와 FC-BGA 수요 증가

FC-BGA 시장에서 핵심 고객은 반도체를 자체적으로 설계할 수 있는 역량을 가진 글로벌 기업들이다. 반도체를 설계하는 최종 고객 뿐만 아니라 이를 조립하는 OSAT(외주 반도체 조립 및 테스트) 업체도 포함한다. 게다가 클라우드와 자율주행 등의 서비스를 제공하는 플랫폼 기업들이 직접 반도체를 설계하고 데이터 서버를 제조하기 시작하면서, 수요층은 더욱 다각화 되고 있다.

▶ **FC-BGA Supply Chain**

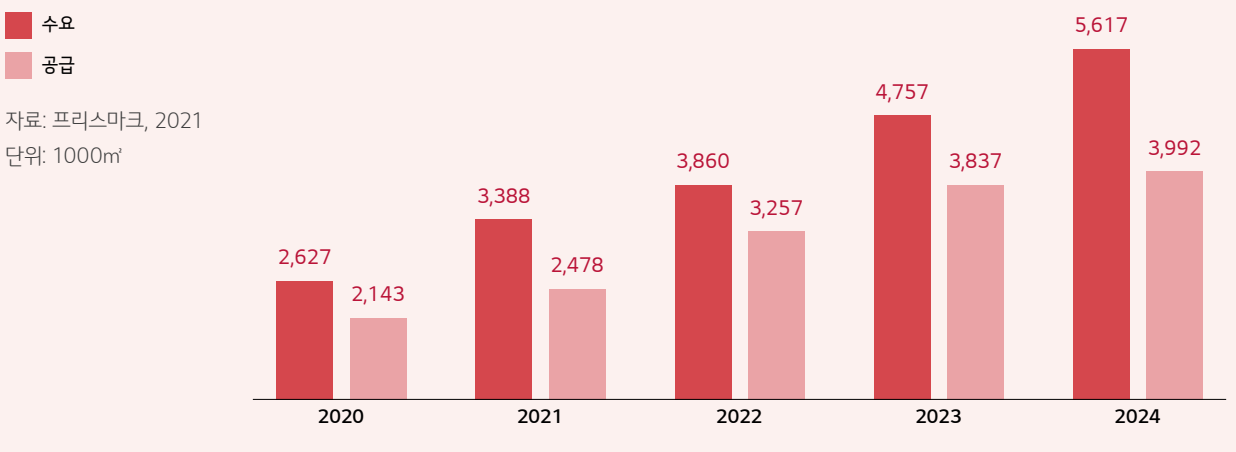


*IDM: Integrated Device Manufacturer (설계와 생산 모두 보유한 종합 반도체 회사)
*Fabless: 생산 설비 없이 칩 설계를 전문으로 하는 회사

반도체 기업들은 고성능/고품질의 반도체 기판인 FC-BGA을 합리적인 가격에 안정적으로 공급받기를 원한다. 하지만 FC-BGA는 다양한 기술적 강점을 갖고 있는 만큼 개발 난이도도 높아 현재는 수요에 비해 공급 가능한 업체의 수가 턱없이 부족하다. 기존 공급사들이 신규설비 투자를 단행했지만, 장비 수급의 지연으로 인해 공급량이 실제로 증가하는데 까지는 상당한 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

FC-BGA 생산에서는 안정된 품질 관리 역량도 필요하다. 다른 반도체 기판 대비 고가의 소재를 사용하기 때문에 FC-BGA는 가격도 비싸다. 더욱이 대량 생산 역량을 갖춘 FC-BGA 공급사는 소수의 업체들로 한정되어 있어, 글로벌 경기동향에 따라 공급 부족이 발생할 수밖에 없는 상황이다. 이에 2024년에는 수요와 공급의 차이가 더욱 커질 것으로 전망된다.

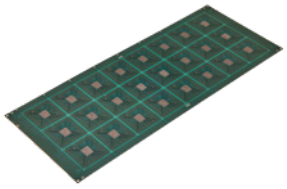
▶ **연간 글로벌 FC-BGA 수요와 공급 예상**



반도체 기판의 강자, LG이노텍

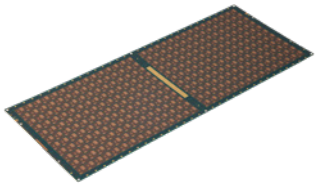
LG이노텍은 연산장치용 시스템 반도체와 저장장치용 메모리 반도체, 이 두 가지 타입의 반도체 기판을 모두 시장에 공급하고 있다. RF-SiP와 AiP 기판은 이미 세계 점유율 1위를 기록하고 있으며, 고성능 AP에 사용되는 FC-CSP 기판 분야에서도 기술을 선도하고 있다.

▶ **LG이노텍 주요 반도체 기판 제품**



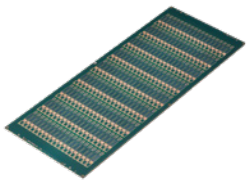
FC-BGA

특장점
- 고다층/대면적 기판용 소재 가공 기술 (ABF/CCL)
- Thick Core 가공 기술 (Via 형성, 도금, 충진)
- 고밀도 Via Count 적용에 유리
- 미세 선폭 구현 기술



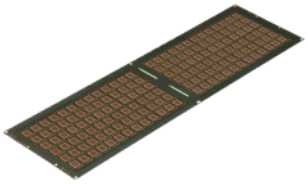
RF-SiP

특장점
- 짝수/홀수 층 구조로 설계 가능하여 디자인 자유도 향상
- 고다층 박판 구조 구현
- 고밀도 Via Count 적용에 유리



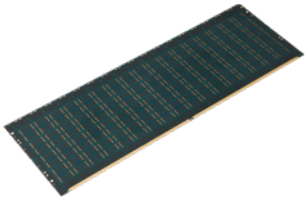
AiP

특장점
- mmWave 신호 손실 최소화
- 스마트폰 내부 설계 자유도 향상
- 고다층 기판 두께 편차 제어 기술
- Strip Warpage 제어 기술



FC-CSP

특장점
- 극소형/초슬림 반도체 기판 구현
- 빠른 신호 전달 속도
- 고주파 대역에서 노이즈 감소
- 미세 선폭 구현 기술



CSP

특장점
- 초슬림 제품 구현
- High Temperature Warpage 제어
- 두께 공차 제어

*ABF (Ajinomoto Build-up Film)
*CCL (Copper Coated Laminate)

기판 기술 경쟁력을 기반으로 LG이노텍은 FC-BGA 사업으로 확장하며 대규모 투자를 진행하고 있다. 2021년에 FC-BGA 사업을 담당하는 별도 조직을 신설하고, 2022년 2월에는 FC-BGA 시설 및 설비에 대한 4,130억원의 1차 투자 계획을 발표했고, 후속 투자도 계획 중이다. 글로벌 시장에서 인정받은 기존의 기판소재 사업의 강점을 FC-BGA에 접목하여 기술의 시너지 효과를 기대할 수 있을 것이다.

또한 LG이노텍은 차세대 고성능 반도체에 대응하기 위해 R&D 투자와 미래 기술 개발에도 박차를 가하고 있다. 특히, FC-BGA 기술 경쟁력 강화를 위해 고객 수요에 맞는 소재 가공 기술, 미세 회로 기술, 고품질 도금 기술, 시뮬레이션 기술 등 고성능 반도체 기판을 위한 미래 기술 연구 및 선행 제품 개발에 매진하고 있다.

LG이노텍의 하이브리드 FC-BGA 기술

FC-BGA 공급 부족 이슈를 해결하기 위해서는 보다 근본적인 대응방안이 필요하다. 단순히 기존 공급사들이 생산 설비의 수를 늘리거나 새로운 공급사들의 기술적인 진입 장벽을 낮춰 공급을 늘리는 것만으로는 해결할 수 없는 복합적인 문제들이 산적해 있다. 이에 대체 소재와 최적의 공법을 사용한 새로운 제품의 개발이 필요하다.

반도체 설계가 복잡해지고 미세화 되면서 회로 간의 간섭 문제가 발생하는데, 이를 방지하기 위해 기존 FC-BGA는 필름(고체) 형태의 절연재료인 ABF를 사용한다. ABF 원자재는 균일한 기판 두께를 구현하면서 절연 성능이 뛰어나기 때문에, 대부분의 FC-BGA에 사용되고 있다. 문제는 특정 원자재 업체에서 독점 공급하는 소재라서 가격도 비싸고 때때로 공급부족 이슈가 발생할 수 있다는 점이다.

또한 전형적인 FC-BGA는 SAP(Semi-Additive Process) 공법을 주로 사용하여 생산을 하기 때문에, 규모의 경제를 이룰 수 있을 정도의 대량 생산 Capa를 확보해야 하고 고가의 첨단 장비에 대한 투자 비용이 많이 소요된다.

하이브리드 FC-BGA는 오래전부터 LG이노텍이 경쟁력을 확보한 MSAP/SAP공법으로 생산하기 때문에, 기존 공장의 장비와 Capa를 활용함으로써 투자 비용이 상대적으로 적고 안정적인 생산이 가능하다.

LG이노텍은 신공장 투자를 통해 기존의 전형적인 FC-BGA 시장에 진입하는 한편, 기존에 모바일 및 컴퓨팅 시장에서 경쟁력을 확고히 쌓아 온 반도체 기판의 핵심기술과 생산 역량을 기반으로 '하이브리드 FC-BGA' 라는 새로운 시장 개척에 나섰다.

▶ **FC-BGA 와 하이브리드 FC-BGA 비교**

영역	FC-BGA	하이브리드 FC-BGA
원자재	ABF	PPG/RCC
생산공법	SAP	MSAP/SAP
Capa투자	신규 장비 투자	기존 장비 활용

대체 소재와 생산성 높은 공법을 사용한 하이브리드 FC-BGA는 고객사에도 다양한 이점을 제공한다. 하이브리드 FC-BGA는 고가의 ABF 원자재 대신 범용 반도체 기판에 적용되는 PPG(Prepreg: 유리섬유에 에폭시 수지를 결합한 절연 원자재) 혹은 RCC(Resin Coated Copper: Resin이 코팅된 Copper Foil을 사용하는 절연 원자재)를 사용한다. 공급업체가 많아 안정적으로 수급이 가능한 PPG/RCC는 ABF 대비 가격 경쟁력이 있고, 수급 기간도 짧아 제품 생산 기간을 단축할 수 있다.

▶ FC-BGA 원자재 비교: ABF와 PPG/RCC 는 동등한 성능을 구현할 수 있다

※ 원소재업체 제공 Data

<ABF 물성 데이터>

Type		ABF	
Material		GX92[1,2]	GX-T31[1,2]
Electrical Properties	Dk	3.2	3.4
	Df	0.017	0.014
xy-CTE [ppm/°C, <Tg]		39	23
Tg(°C@TMA)		153	154
Young's Modulus (Gpa@25℃)		5	7.5
etc		Normal	Normal

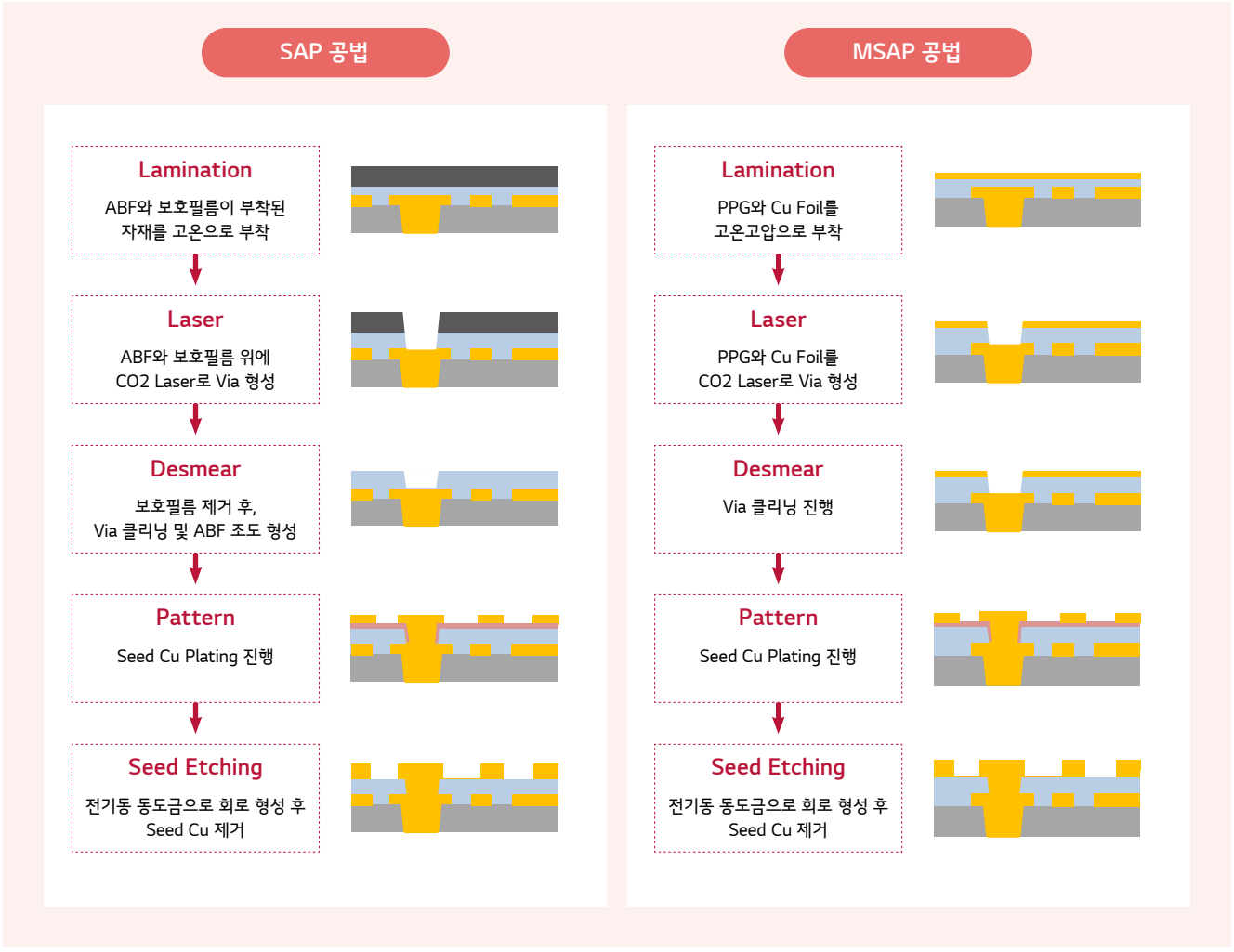
<PPG/RCC 물성 데이터>

Type		PPG						RCC	
Material		GHPL970	830NS	GH200	705G	ADXNA70	XTENA72	CRS-791L	MCF-200HS
Electrical Properties	Dk	3.2	3.6	3.2	3.7	3.3	3.9	3.1	3.0
	Df	0.004	0.010	0.0028	0.013	0.002	0.010	0.002	0.0026
xy-CTE [ppm/°C, <Tg]		14	14	16	9	13	11	19	40
Tg(°C@TMA)		240	225	230	260	240	250	180	230
Young's Modulus (Gpa@25℃)		17	15	11	19	16	16	12	5
etc		Low Dk/Df	Normal	Low Dk/Df	Normal	Low Dk/Df	Normal	Low Dk/Df	Low Dk/Df

1) 子玄迅. (2014)., 表面技術, 65(8), 349-352.
2) MAGO, G. (2011)., Nippon Gomu Kyokaishi, 84(10), 321-325.

FC-BGA는 SAP 뿐만 아니라 MSAP(Modified Semi-Additive Process) 공법으로 생산이 가능하다. LG이노텍은 이미 SAP과 MSAP 공법에 필요한 모든 장비와 역량을 보유하고 있어 향후 빠르게 제품 생산이 가능하다.

▶ SAP 공법과 MSAP 공법 비교



차별화된 고객 경험을 위한 혁신의 가속화

LG이노텍은 가상으로 제품을 설계/검증하여 고객의 공정에서 발생 가능한 불량까지 미리 예측하고 대응하는 디지털 트윈 기반의 R&D 플랫폼으로 제품 개발 소요 기간을 획기적으로 단축할 수 있다. 이처럼 LG이노텍은 다양한 기판 제품에 대한 오랜 사업 경험을 기반으로 기술 개발 역량과 안정적 양산 능력을 축적해왔고 여기에 디지털 혁신을 더해 고객 경험의 혁신을 지속할 예정이다.

• 기존 기판소재 사업의 기술 경쟁력을 FC-BGA에 접목하다

글로벌 시장에서 인정받은 기존의 기판소재 사업의 강점을 FC-BGA에 접목하여 기술의 시너지 효과를 기대할 수 있다. RF-SiP, FC-CSP의 고다층화 및 미세 패턴 구현을 위한 기반 기술을 FC-BGA에 확대 적용 가능하고, 소재 및 공법 측면의 다양한 기술 시너지 효과를 기대할 수 있다.

• R&D 역량으로 미래를 준비하다

LG이노텍은 미래 고성능 반도체에 대응하기 위해 R&D 투자와 미래 기술 개발에도 박차를 가하고 있다. 특히, FC-BGA 기술 경쟁력 강화를 위해, 통신/PC/서버 등 고객 요구에 맞는 소재 가공 기술, 미세 회로 기술, 고품질 도금 기술, 시뮬레이션 기술 등 고성능 반도체 기판을 위한 미래 기술 연구 및 선행 제품 개발에 매진하고 있다.

• 디지털 트윈 & 스마트 팩토리를 선도하다

LG이노텍은 제품 설계에서 생산에 이르는 모든 밸류 체인에서 디지털 혁신을 통한 개발 및 제조 경쟁력을 보유하고 있다. 디지털 트윈 기반의 R&D 플랫폼은 가상으로 제품을 설계 및 검증하여 고객의 공정에서 발생 가능한 불량까지 미리 예측하고 대응함으로써, 고객의 제품 개발 리드 타임을 획기적으로 단축할 수 있다. 또한 AI/데이터 기반의 가상 공정을 통한 공장설계로 생산 준비 기간을 줄이고, 공정/물류 자동화를 통한 효율적 운영으로 높은 생산성을 확보하고 있다.

Outro

LG이노텍은 FC-BGA 사업을 투 트랙 전략으로 추진하면서, 기존 반도체 기판 PS(Package Substrate)사업과 시너지 효과를 낼 것이다. 새롭게 공장을 신축하여 전형적인 FC-BGA(ABF원자재 적용) 사업을 추진하는 한편, 차별화된 기술로 하이브리드 FC-BGA (PPG/RCC 원자재 적용) 라는 새로운 시장을 개척하는 LG이노텍의 도전에 귀추가 주목된다.

ABF/PPG/RCC 물성 데이터 레퍼런스

Supplier	Products	Type	Reference link	Remarks
Ajinomoto	ABF	GX92	https://taiso.com.tw/p4-1.html	https://doi.org/10.4139/sfj.65.349 https://doi.org/10.2324/gomu.84.321
		GX-T31		
		GL102	https://cmte.ieee.org/eps-substrate/wp-content/uploads/sites/118/2020/12/5_Nishimura_Ajinomoto.pdf	Nishimura, Yoshio., Proceedings of 2019 IEEE 69th Electronic Components and Technology Conference (ECTC). 2019.
MGC	PPG	GHPL970	https://www.mgc.co.jp/eng/products/sc/btprint/lineup/hfbt.html	CCL data
		830NS	https://www.mgc.co.jp/eng/products/sc/btprint/lineup/hfbt.html	CCL data
	RCC	CRS-791L	https://www.mgc.co.jp/ir/files/210113.pdf	미쓰비시 가스 화학 주식회사 전자 재료 사업부 21년 사업설명회 자료
SDM	PPG	GH200	https://www.mc.showadenko.com/english/products/bm/008.html	PPG data
		705G	https://www.mc.showadenko.com/english/products/bm/003.html	CCL data
LGC	PPG	ADXNA70	LG CHEM.	
		XTENA72	LG CHEM.	

About LG Innotek

1970년에 설립된 LG이노텍은 국내 최초의 종합부품기업으로, 꾸준한 기술 개발과 프로세스 혁신을 통해 세계 수준의 제품을 양산하여 글로벌 소재 부품기업으로 성장해왔다.

LG이노텍은 모바일, 자동차, 디스플레이, 반도체, 그리고 사물인터넷 등 다양한 산업을 아우르며 전세계 고객들에게 핵심 소재 및 부품을 공급하고 있다. 해당 제품들은 국내 및 해외 전역의 사업장에서 개발/생산되고 있다. LG이노텍이 제공하는 최첨단 글로벌 제품에는 스마트폰 카메라 모듈, 디스플레이/통신 반도체 기판 및 포토마스크, 자율주행 센싱 모듈, 차량용 통신 모듈/모터/파워/라이팅 솔루션, 그리고 디스플레이 파워/스마트홈 영역의 전자부품 등이 있다.

LG이노텍은 제품 설계부터 생산까지의 밸류 체인 전 영역에 첨단 AI 기반 Digitalization을 적용해 고객의 비즈니스 성공을 지원하는 최적의 파트너로 자리 잡았다. 또한, 디지털 트윈을 통해 제품의 가상 검증과 설계가 가능하며, 스마트 팩토리체계 구축으로 생산성과 품질 경쟁력을 높여 나가고 있다.

LG이노텍은 기술 혁신을 통해 글로벌 넘버원 소재부품회사로 거듭나기 위해 주력하고 있다.

서울에 본사를 둔 LG이노텍은 독일, 미국, 중국, 일본, 대만에 판매법인을 두고 중국, 베트남, 인도네시아, 멕시코, 폴란드에 생산법인을 두고 있으며, 더 많은 정보는 자사 웹사이트에서 확인할 수 있다. (www.lginnotek.com)

Contact Point

LG Innotek

(07796) 서울특별시 강서구 마곡 중앙10로 30 E1/E3동

digital.marketing@lginnotek.com

LG Innotek