

언더필 소재 기술 동향

| 저자 | **한정우 화학공정PD** / 한국산업기술평가관리원
박지선 책임연구원 / 한국전자기술연구원
김재필 센터장 / 한국광기술원

SUMMARY

// 목적

- ★ 반도체 패키징용 언더필 소재 기술을 전반적으로 소개하고, 관련 핵심기술 개발 현황을 화학소재 관점에서 구체적으로 소개
- ★ 국내·외 화학소재 기반 언더필 기술 개발 동향 및 시장 현황을 제공하고 향후 기술 개발 추진 방향에 대한 고찰

// 시사점 및 정책제안

- ★ 4차 산업혁명 시대에 따른 첨단기술(인공지능, 5G, 자율주행 등)의 확대로 빠른 데이터 처리속도에 대한 니즈가 커짐에 따라, 고성능, 초소형 반도체 기술에 대한 수요가 폭증하고 있으며, 고도화된 반도체 칩의 고성능화를 가능케 하는 패키징용 화학소재가 주목받고 있음
- ★ 그 중에서도 반도체 칩과 기판 틈새에 적용되어 반도체 소자의 신뢰성과 구동 성능을 높이는 언더필 소재는 반도체 소자와 기판 간의 간격이 미세화 트렌드로 인해 좁아짐에 따라, 충전시간 증가와 생산수율이 감소하는 문제점이 발생하여 이를 개선할 수 있는 초미세 피치용 언더필 소재의 개발 필요
- ★ 초미세 피치 플립 칩 패키징용 언더필 소재는 전 세계시장의 약 80%를 일본의 특정 기업이 독과점하고 있어, 소재 자립화 및 국내 공백 기술 강화를 위한 지원이 절실
- ★ 최근에는 플립 칩 패키지의 범프 피치가 100~150 μm 의 넓은 피치에서 50 μm 이하의 초미세 피치로 전환 중에 있으며, 흐름성 및 내열 충격성을 향상시키고 초미세 범프 피치에 대응할 수 있는 언더필 소재 기술(원소재 기술, 복합화 기술) 및 공정 기술 개발 지원이 필요함

1. 언더필 소재의 개념 및 정의

★ 언더필 소재는 반도체 칩과 기판 틈새에 열경화성 절연 수지를 보강하여 칩과 기판의 열팽창계수 차이로 인한 스트레스를 흡수하고, 솔더 범프가 지나는 접착력을 보완하여, 최종적으로 전자소자의 신뢰성을 향상시켜 소자의 구동 성능을 높이는 반도체 패키징용 화학소재로서, 세계 반도체 시장 확대 및 고성능화에 따라, 초미세 피치용 신규 언더필 소재 및 패키징 공정 기술 개발이 필요함

- 언더필은 솔더 조인트의 신뢰성 확보를 위해 필수적으로 사용하는 소재로서, 사용 단계에 따라 어셈블리 전에 사용하는 Pre-assembly 언더필(no-flow underfill(NUF), nonconductive paste(NCP), nonconductive film(NCF))과 어셈블리 후에 사용하는 Post-assembly 언더필(capillary underfill(CUF), molded underfill(MUF))로 구분

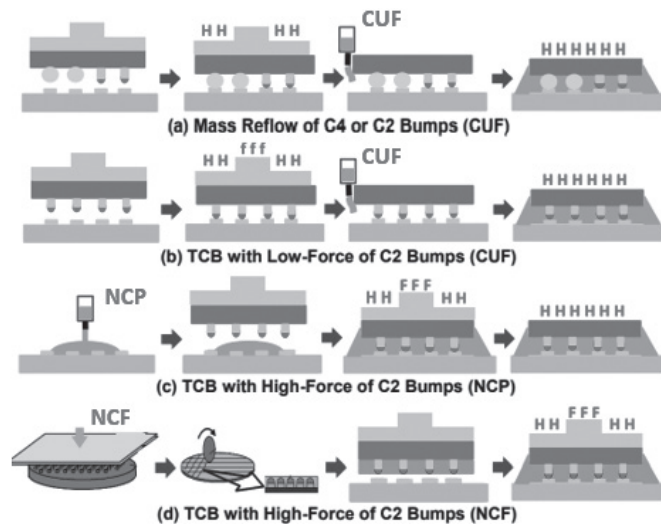
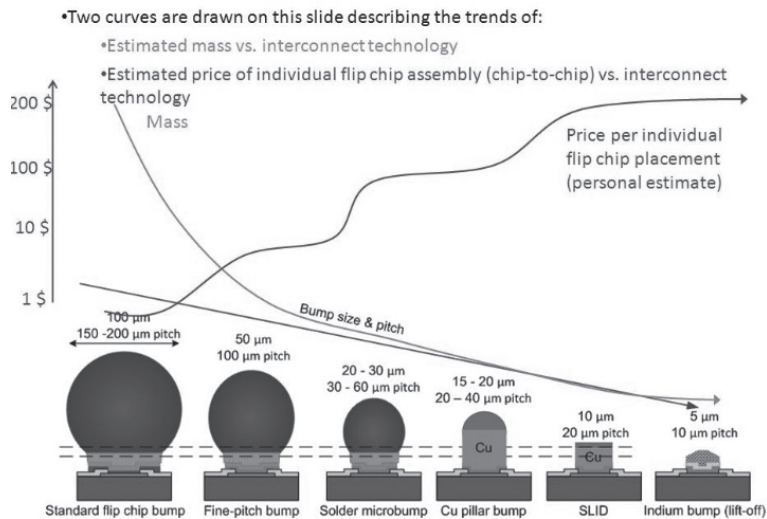


그림 1. Flip Chip Assembly : (a), (b) Post-assembly 언더필 및 (c), (d) Pre-assembly 언더필의 공정 예시 |

- I/O 증가에 따라, Cu 볼이 솔더 범프 기술로 바뀌면서, 칩에 형성된 C2(Cu-pillar with solder cap) 및 C4(Controlled-collapse chip connection) 범프가 널리 이용되고 있으며, 이러한 범프와 마이크로 범프를 다이에 본딩하기 전에 언더필을 적용하는 것이 Pre-assembly 언더필, 본딩 후에 적용하는 것이 Post-assembly 언더필임
- 그 중, CUF는 양산에 적용된 최초의 언더필 방식으로, 기판이나 칩 한쪽 혹은 양쪽 면에 니들이나 제트 방식으로 투입된 언더필 소재가 모세관 작용으로 칩솔더 조인트-기판 사이의 공간을 채운 뒤, 경화 공정에 의해 견고하게 본딩되는 방식임
- CUF는 Mass reflow를 수반하는 Low-bonding Force의 TCB(Thermocompression bonding) 공정 플립 칩 어셈블리에 사용함

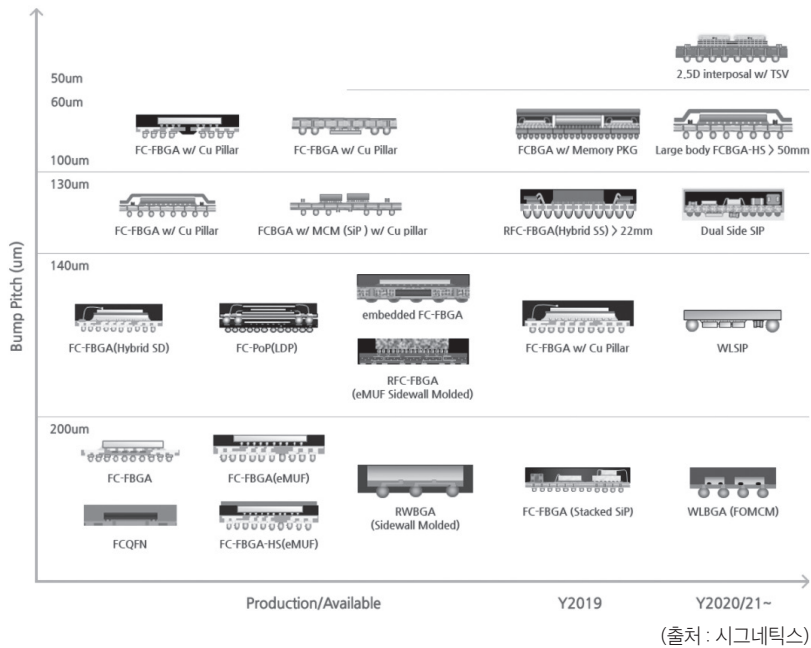
- ★ 선진 패키징의 대부분이 플립 칩 기술을 근간으로 고집적화를 위해 POP(package on package), TSV(through silicon via), WLP(wafer level package) 등의 패키징 기술을 개발하고 있으며, I/O Counter를 늘리기 위해 범프 크기가 작아지고, 피치 간격이 좁아지는 추세에 있음

Wafer Bumping – Bump Sizes and Pitches

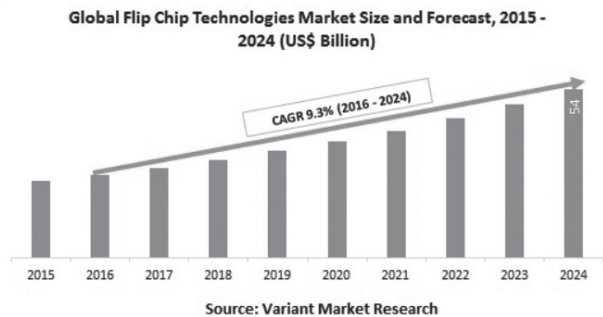
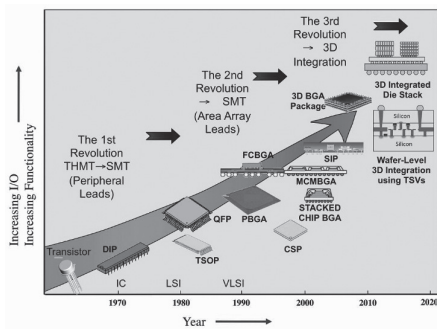


| 그림 2. 범프 크기 및 피치 간격 변화 |

- 플립 칩 패키지의 범프 피치는 현재 100~150 μm 의 넓은 피치에서 40 μm 대의 Fine Pitch로 전환 중
(출처 : Yole Development, "Flip-Chip technology & Market trends report" 및 "Status of the Advanced Packaging Industry 2020")
- 플립 칩 패키지 시장은 향후 28nm 이하 CMOS IC, 차세대 DDR 메모리, 3D IC/2.5D 인터포저 등의 수요 증가로 첨단 패키지 시장에서 가장 높은 매출 전망
- 플립 칩 시장은 연평균 9.3%씩 성장하여, 2024년에는 54억 불의 시장을 형성할 것으로 전망



| 그림 3. 플립 칩 패키지 로드맵 |



| 그림 4. (좌) 패키징 트렌드 및 글로벌 플립 칩 패키지 시장 규모 |

- ★ 플립 칩 패키지의 고집적화 수요에 따라, 반도체 칩의 미세화된 인터커넥션 범프 피치(interconnection bump pitch)에 대응할 수 있는 초미세 피치($\leq 50\mu\text{m}$)용 고성능 액상 언더필 소재 및 충전 공정 기술 개발이 요구됨
- 특히, CUF 언더필은 열팽창계수, 유리전이온도, 외부 충격에 견딜 수 있는 내열충격성, 내인성 등이 달성해야 할 중요 물성들이나, 이들은 서로 trade-off 관계에 있기 때문에, 이를 해결할 수 있는 언더필 기술 개발이 중요하며, 모세관 현상을 이용하여 칩과 기판 사이의 틈을 효과적으로 채워야 하기 때문에 흐름성이 우수해야 함

- 내·외부의 물리적 충격을 흡수하기 위한 적합한 레진 소재가 필요하고, 열 충격을 흡수하기 위한 열팽창계수가 낮은 레진 소재를 적용해야 하며, 열팽창계수의 조절, 높은 신뢰성에 영향을 주는 구형 미세필러의 함량을 높여야 함. 그러나 필러의 함량을 높일 경우, 점도가 높아지고 흐름성이 저하되는 문제점이 발생 할 수 있어 이를 해결하는 것이 중요한 과제임

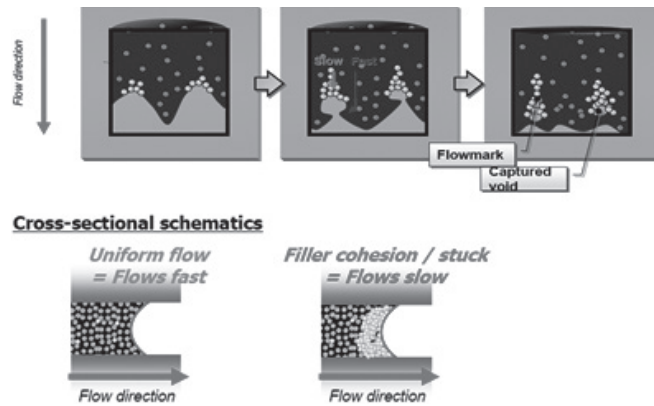


그림 5. 필러 미분산에 따른 void 발생 문제

- ★ 현재 초미세 피치 플립 칩용 칩용 언더필 소재는 세계시장의 약 80%를 일본의 Namics社가 독과점 중으로, 국산화 및 국내 공백 기술 강화를 통해 밸류체인 구축 및 신시장 창출 필요

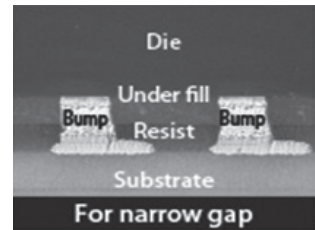
* 밸류체인 : 에폭시, 경화제, 촉매, 고순도 미세필러 등(원소재) → 고성능, 고신뢰성 언더필 소재(중간재) → 고집적 반도체 패키지/ 모듈(부품)



초미세 피치용 언더필 원소재 기술¹⁾



초미세 피치용 액상 언더필 복합화 기술²⁾



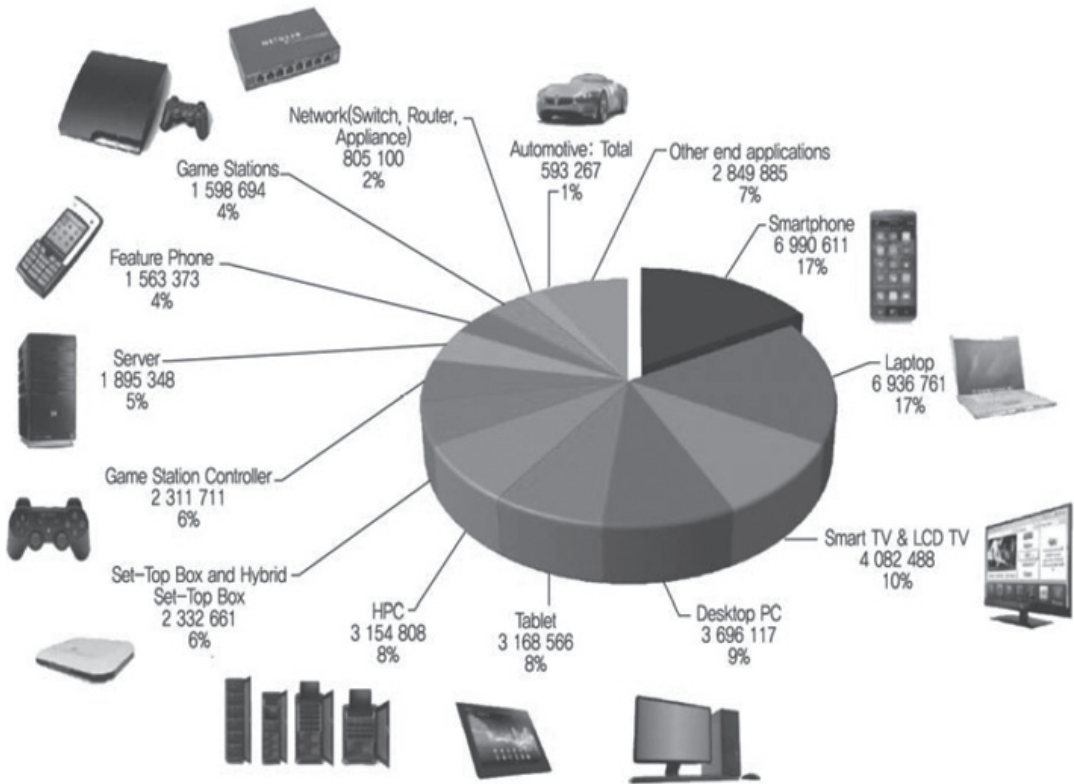
초미세 피치 액상 언더필 적용 플립 칩 패키지 공정 기술³⁾

- 1) 고내열/저온 속경화 기술, 미세분말 기술
- 2) 액상 언더필 조성물 설계, 분산/배합, 물성제어 기술
- 3) 액상 언더필 충전/수치 해석, 범프 어레이 설계/제조, 언더필 충전 공정, 플립칩 패키지 제조, 신뢰성 확보 기술

그림 6. 초미세 피치 플립 칩 패키징용 언더필 소재 및 공정 기술

2. 적용부품 또는 시스템

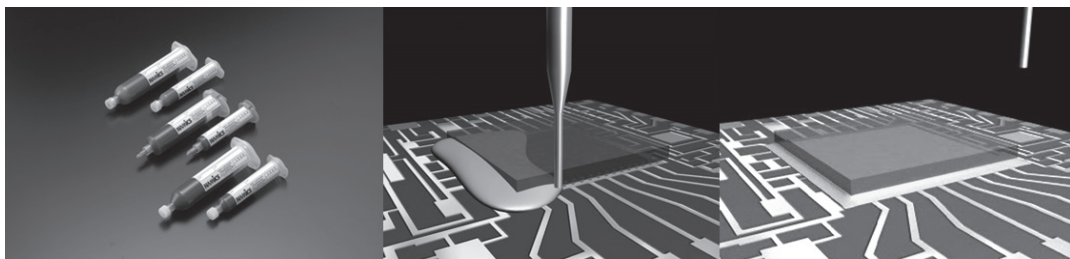
★ IT/모바일, 디스플레이, 자동차, 신재생에너지 등에 적용되는 반도체 패키지 부품 분야



| 그림 7. 플립 칩 패키지 적용 대표 제품군 |

3. 언더필 소재의 국내외 기술 동향 및 시장 전망 분석

- ★ 플립 칩 패키징용 언더필은 JEDEC 신뢰성 조건을 만족시킬 것을 요구하며, 기판 차원의 언더필보다 더 높은 수준의 습기 저항 특성을 필요로 하나, 국내기술 제품은 아직 여기에 크게 미치지 못하고 있는 실정임
- ★ 원재료 제조 기술의 해외 의존도가 매우 크며, 대외 무역수지 악화의 요인으로 작용하기도 함. 이에 따라, 플립 칩 언더필 소재의 경우, 해외제품을 벤치마킹하는 수준에서 머무르거나 R&D 단계에서만 연구가 진행되었으며, 지금까지 국내 양산 및 패키징에 적용된 실적이 거의 없는 실정임
- ★ 해외의 경우, 반도체용 언더필 소재는 일본(Namics, Showa Denko, Shin-Etsu) 및 독일(Henkel)의 선도 기업들이 주도하고 있으며, 패키징 사양(Fine Pitch&Narrow Gap, Medium Pitch&Gap, Finer Gap & More Flex 등)에 따라 다양한 스펙의 언더필 제품을 선보이고 있음



(출처 : Namics 홈페이지)

| 그림 8. 미세피치용 액상 언더필 소재 및 공정 모식도 |

- ★ 초미세 피치용 언더필 소재가 가져야 할 특성으로는, 경화되기 전에는 점도가 낮고 흐름성이 뛰어나 공정 시간을 단축시키고 공극 현상을 최소화할 수 있어야 하고, 경화 시간이 짧아야 하며, 경화된 후에는 적절한 유리전이온도와 높은 방열 특성 및 내습성을 가져 장치의 신뢰성을 확보할 수 있어야 함
- ★ 특히, 언더필 소재의 방열 특성 확보를 위해서는 무기 필러의 도입이 필수적인데, 이러한 무기 필러를 언더필 내 고충진시키게 되면 점도가 높아지기 때문에 이를 해결하기 위한 기술 개발이 필요함. 이러한 기술을 기반으로 한 고신뢰성, 고필러 함량(>60wt%)의 미세피치용 언더필 기술은 현재 Namics社(일본)를 비롯한 일부 일본 업체만이 기술력을 보유하고 있는 실정임

★ Namics社(일본)는 국내뿐 아니라 국외에서도 플립 칩용 언더필 시장의 대부분을 독과점하고 있으며, 독자 기술로부터 언더필을 개발하고 자체 연구소를 통해 적극적인 투자와 연구 환경을 조성 중임. 다양한 점도와 모듈러스, 유리전이온도를 갖는 제품군들을 개발하여 미세피치 및 초미세 피치 대응용 제품군을 공급하고 있으며, 무연 범프용, 대형 IC칩용 등 플립 칩 패키지에 대한 다양한 요구에 대응하는 광범위한 라인업을 보유하고 있음

Product Number	Characteristics	Viscosity [Pa·s]	Tg [°C]	Modulus of Elasticity [GPa]	C.T.E $\leq T_g$ [ppm]
U8443-14	Low viscosity; for tight spaces	10	135	6.5	42
U8410-73C	For low K, Pb-free bumps and tight spaces	50	88	11.5	31
U8410-73CF3	For low-K, Cu-pillar and Pb-free bumps and tight spaces	33	88	8.8	31
U8410-99	For low-K, Pb-free bumps	50	100	11	29
U8410-302	For low-K, Cu-pillar and Pb-free bumps	55	95	12	22
U8410-377	Low viscosity; for tight spaces	15	128	8.6	30
U8439-1	For low K and large ICs	60	70	8	36
U8439-105	For low K, large ICs and tight spaces	55	70	8.5	34

(출처 : Namics 홈페이지)

| 그림 9. 플립 칩 패키지용 언더필 제품군 |

- ★ Showa Denko社(일본)는 기존 언더필 시장 점유율 3위를 보유하던 Hitachi(일본)를 인수하여 언더필 제품을 개발 중임. 커플링제와 이중 직경 실리카 필러를 이용한 물성 제어를 바탕으로 미세피치용 에폭시계 언더필 소재를 개발하고 있으며, 플립 칩-BGA에 적용 가능한 액상 타입의 언더필 제품을 개발하여 판매 중임
- ★ Masterbond社(미국)는 높은 기계적 강도와 열전도성을 제공하는 저점도 일액형 에폭시계 언더필을 개발함. 해당 언더필은 경화를 위해 혼합이 필요하지 않으며, 실온에서 무제한 작업 수명을 가져 취급이 용이하기 때문에 빠른 경화가 필요한 마이크로 전자장치 패키징에 적용에 널리 사용되고 있음
- ★ Panasonic社(일본)는 우수한 흐름성과 속경화가 가능한 언더필 소재 개발을 통해, Fine Pitch 및 Narrow Gap에 대해 우수한 충전력과 공극현상 및 블리드 아웃을 방지하는 기술을 보유함



(출처 : Panasonic 홈페이지)

| 그림 10. 언더필 소재의 충전력, 공극 및 블리드 아웃 |

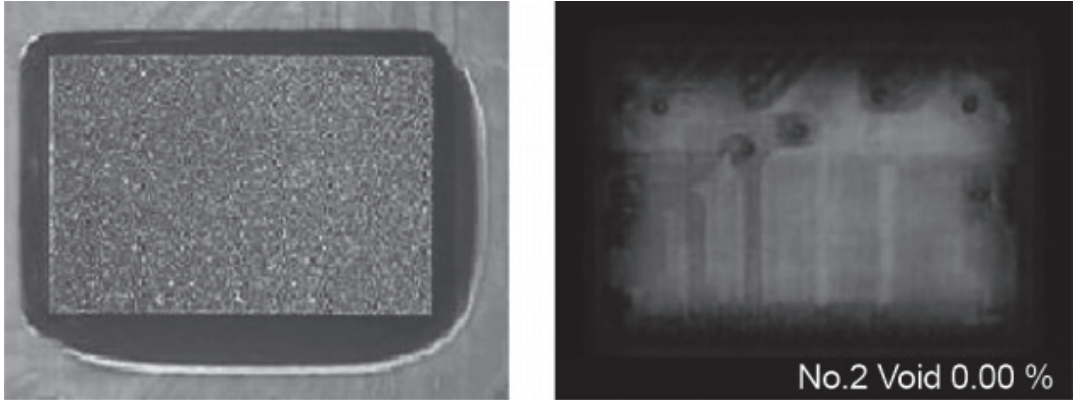
- ★ Henkel社(독일)는 CSP(Chip scale package), Wafer-level CSP, BGA, LGA 등 다양한 부품 군에 따른 언더필 제품을 보유하고 있으며, 경화 메커니즘을 중심으로 기술개발을 진행하여, Narrow Gap에 적용 가능한 저점도 액상 언더필 소재를 보고함
- ★ 최근에는 높은 유리전이온도와 낮은 열팽창계수를 갖는 고온 발열 환경을 견딜 수 있는 디스펜싱형 언더필 소재를 개발함

Product	Key Attributes	Viscosity	Cure Condition	Reliability Rating	Coefficient Of Thermal Expansion, CTE (ppm/°C)		Glass Transition Temperature, T _g (°C)
					Below T _g	Above T _g	
LOCTITE ECCOBOND FP4526	<ul style="list-style-type: none"> For capillary flow on flip chip applications with excellent reliability Suitable for application that require high thermal cycling performance 	4,700 cP at 10 rpm	15 min. at 165°C (heat sink or hot plate)	★★★★★	33	101	133
LOCTITE ECCOBOND FP4530	<ul style="list-style-type: none"> For flip chip on flex applications with a 25 µm gap Material color will change from blue to green when cured 	3,500 cP at 20 rpm	7 min. at 160°C	★★★★★	46	150	145
LOCTITE ECCOBOND FP4531	<ul style="list-style-type: none"> For flip chip on flex applications with a 25 µm gap 	10,000 cP at 20 rpm	7 min. at 160°C	★★★★★	28	104	161
LOCTITE ECCOBOND E 1172 A	<ul style="list-style-type: none"> For use with very fine area array devices with 25 µm geometries where transparent processing is critical Uniform and void-free encapsulant underfill minimizes induced stress at the solder joint to improve thermal cycling performance 	17,000 cP at 5 rpm	6 min. at 135°C	★★★★★	27	85	135
LOCTITE ECCOBOND E 1216M	<ul style="list-style-type: none"> For high volume assembly operations requiring a very fast flowing underfill that fully cures in a single reflow cycle, but is stable enough to be easily shipped and used in large volume cartridges Formulated to eliminate anhydride-type curing agents 	4,000 cP at 20 rpm	10 min. at 130°C	★★★★★	35	131	125
LOCTITE 3563	<ul style="list-style-type: none"> Rapid curing, fast flowing, liquid epoxy designed for packaged integrated circuits such as CSPs and BGAs Can penetrate gaps as small as 25 µm When fully cured, it minimizes induced stress at the solder joint to improve thermal cycling performance 	5,000 – 12,000 cP at 20 s ⁻¹	7 min. at 150°C	★★★★☆	35	110	130

(출처 : Henkel 홈페이지)

| 그림 11. Henkel의 액상 언더필 제품군 |

- ★ Panacol社(독일)는 실리카가 함유된 에폭시계 언더필을 이중으로 경화시켜 안정성을 확보하는 제품을 개발하여 판매 중임. 미세관 흐름에 의해 주입된 언더필은 UV 광에 의해 1차적으로 가장자리 부분이 경화되어 위치가 고정되고, 2차적으로 열경화 과정을 거쳐 경화되면서 언더필의 블리드 아웃 현상을 최소화할 수 있음
- ★ Lord社(미국)는 CoolTherm 시리즈로 명명된 다양한 열관리용 제품군들을 개발하고 있으며, 특히 플립 칩 적용을 위한 anhydride-free 열전도성 에폭시계 언더필을 개발하여 판매 중임. 해당 언더필 소재는 유동 중에 필러의 분리가 없고 유동 선단이 균일함. 또한, 260°C의 리플로우 온도를 견디도록 설계된 무연 솔더용 언더필 제품도 개발되어 있음



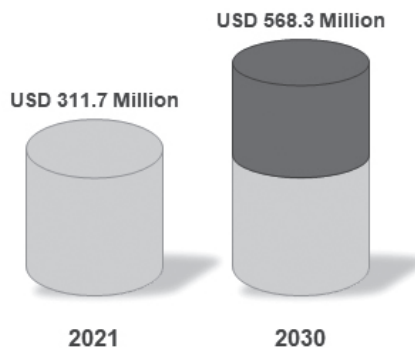
(출처: Lord 홈페이지)

| 그림 12. CoolTherm 언더필 제품 이미지 |

- ★ Global Industry Analysts, Inc. 리포트에 따르면, 전 세계 언더필 시장은 2021년 현재 \$311.7M(약 3,700억 원) 규모에서 2030년에는 6.9%의 연평균 성장률로 \$568.3M(약 6,780억 원) 규모의 언더필 시장을 형성할 것으로 전망 (출처: Underfill Materials - Global Market Trajectory & Analytics 2021, GIA)

Global Market for Underfill Materials

Market forecast to grow at CAGR of 6.9%

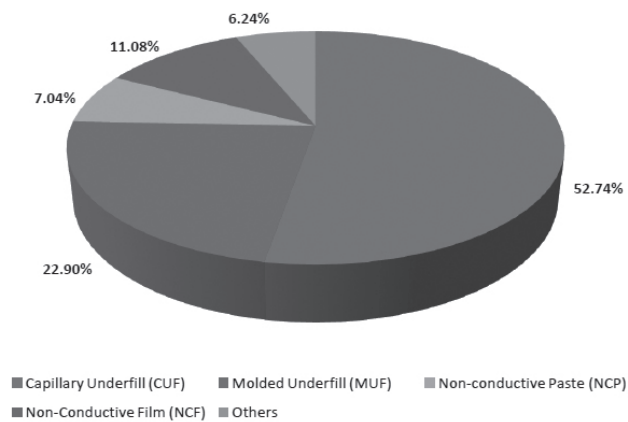


(출처: Underfill Materials-Global Market Trajectory & Analytics 2021, GIA)

| 그림 13. 글로벌 언더필 시장 규모 |

- ★ 국가별 언더필 시장 규모는 2021년 기준으로 대만(\$65.18M), 중국(\$60.95M), 미국(\$46.54M), EU(\$42.02M), 일본(\$29.90M), 한국(\$32.81M), 기타(\$34.30M) 순으로 시장 규모가 추산되고 있으며, 제품 타입에 따른 언더필 시장 점유율은 CUF가 52.74%로 가장 높음

(출처 : Underfill Materials-Global Market Trajectory& Analytics 2021, GIA & Global Underfill Market 2018, Zion Market Research Analysis)



| 그림 14. 언더필 타입에 따른 제품별 시장 점유율 |

- ★ 글로벌 언더필 제조사별 연간 생산량 및 시장 점유율은 아래 [그림 15]와 같으며, Henkel社(독일)의 경우 연간 50톤 이상(시장 점유율 : 8.45%), Namics社의 경우 연간 30톤 이상(시장 점유율 : 4.71%)을 생산하고 있음

Consumption	2013	2014	2015	2016	2017	2018(E)
Henkel	38.56	41.33	44.30	47.48	49.56	53.12
Namics Corporation	21.00	22.49	24.09	25.80	27.64	29.61
Hitachi Chemical	17.26	18.10	17.41	17.42	18.66	20.00
Shin-Etsu Chemical	32.19	34.51	37.00	39.30	41.75	44.76
Bondline Electronic	2.16	2.32	2.48	2.63	2.82	3.02
AIM Metals & Alloys	18.46	19.64	20.91	22.25	23.68	25.20
Zymet, Inc.	1.38	1.48	1.59	1.70	1.82	1.96
PANACOL-ELOSOL	0.67	0.71	0.77	0.82	0.88	0.95
Masterbond	5.71	6.13	6.58	7.06	7.58	8.13
Others	320.08	339.41	362.24	386.86	413.94	441.96
Total	457.46	486.13	517.36	551.32	588.32	628.69

(출처 : Zion Market Research Analysis, 2018)

| 그림 15. 주요 언더필 제조업체의 연간 생산량 |

Consumption Share	2013	2014	2015	2016	2017	2018(E)
Henkel	8.43%	8.50%	8.56%	8.61%	8.42%	8.45%
Namics Corporation	4.59%	4.63%	4.66%	4.68%	4.70%	4.71%
Hitachi Chemical	3.77%	3.72%	3.37%	3.16%	3.17%	3.18%
Shin-Etsu Chemical	7.04%	7.10%	7.15%	7.13%	7.10%	7.12%
Bondline Electronic	0.47%	0.48%	0.48%	0.48%	0.48%	0.48%
AIM Metals & Alloys	4.03%	4.04%	4.04%	4.04%	4.02%	4.01%
Zymet, Inc.	0.30%	0.30%	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%
PANACOL-ELOSOL	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
Masterbond	1.25%	1.26%	1.27%	1.28%	1.29%	1.29%
Others	69.97%	69.82%	70.02%	70.17%	70.36%	70.30%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

| 그림 16. 주요 언더필 제조업체의 시장 점유율 |

4. 결론 및 시사점

- ★ 현재 반도체, 특히, 플립 칩 반도체의 범프 피치 사이즈는 향후 50 μm 이하의 고밀도 피치가 적용될 예정이며, 이에 대한 "반도체 grade의 신규 미세분말 제조 기술(50 μm 이하 피치 사이즈 대응용)", "미세 패턴 wetting을 위한 신규 에폭시계 고분자 수지, 첨가제 기술" 및 이를 기반으로 한 "언더필 복합화 제조 기술 및 미세패턴 충전 공정 기술" 등의 신규 개발이 필요함
 - 다기능성(저점도, 고내열, 저온 반응성 등)을 필요로 하는 첨단 전자산업용 에폭시 수지, 경화제, 촉매, 희석제 등의 경우, 국내 기술 부족으로 대응 어려움
 - 국내 고순도 미세 필러의 합성 및 표면처리 기술 극도로 미흡
 - 해외 선진사(일본, 독일 등)의 초미세 피치 대응 언더필 원천 기술 선점
- ★ 기존 액상 언더필 소재 관련 국내 기술들은 100 μm 내외 수준의 솔더 범프 피치를 타겟으로 상대적으로 점도가 높은 페이스트 형태로 개발되었기 때문에, 50 μm 이하 초미세 피치 반도체 패키징용으로는 적용 불가
 - 반도체 소자와 기판 간 간격이 미세화되고 좁아짐에 따라, 언더필 소재의 점도와 요변성으로 인하여 충전시간이 길어지고 생산수율이 떨어지는 문제점이 발생함으로써 초미세 피치 반도체 패키징에 적합한 고성능, 고신뢰성의 액상 언더필 소재 개발이 시급

- ★ 초미세 피치 반도체 패키징용 언더필 소재 및 공정 기술 개발은 대외적으로 열세인 언더필 소재의 국산화에 기여할 수 있고, 반도체 패키징 분야 뿐만 아니라 고내열 접착제, 열계면 소재(thermal interface material) 등에 적용될 수 있기 때문에 국가적 차원에서 선제적 대응이 필요
 - 일본 Namics社は 초미세 피치 언더필 시장의 80%를 독과점 중
 - 언더필 소재는 패키지 구성 원가의 2% 내외로 상당히 높기 때문에 기술 개발 및 국산화를 통해 소재 기술 경쟁력 및 관련 국내 산업 기술 경쟁력을 높일 수 있음
 - 언더필 소재는 소재 기술 지배력이 강한 고부가가치 산업 분야임
 - 일본, 독일, 미국 등의 해외 선진 기술 대비 열세인 초미세 피치용 액상 언더필 소재 기술의 자립화 및 대외 무역의존도 해소 필요
- ★ 미래의 자율주행차, 스마트폰, AI 관련 산업, 스마트 모빌리티, 가상현실 등에 사용되는 시스템 반도체는 50 μ m 이하의 초미세 피치 플립 칩 기술이 적용될 가능성이 높아, 초미세 피치용 언더필 소재의 미래 수요 및 산업계 니즈가 큼
- ★ 소재업체, 부품업체 간의 협업을 통해 동반 성장이 가능한 자발적 생태계 및 대·중·소 협력 네트워크 구축 필요

[참고문헌]

1. Yole Development, “Flip-Chip technology & Market trends report” (October 2015)
2. Yole Development, “Status of the Advanced Packaging Industry 2020”
3. <https://www.circuitinsight.com/programs/54967.html>, “Status and outlooks of flip chip technology”, John H. Lau
4. Yole Development, “Flip-Chip Market & Technology Trends” (September 2013)
5. <https://www.signetics.com>
6. GIA, “Underfill Materials - Global Market Trajectory & Analytics 2021”
7. Zion Market Research Analysis, “Global Underfill Market 2018”
8. <https://www.namics.co.jp>
9. <https://industrial.panasonic.com>
10. <https://www.henkel-adhesives.com>
11. <https://www.ma.showadenko.com>
12. <https://www.masterbond.com>
13. <https://www.panacol.com/adhesive-applications/electronics/encapsulation-of-electronic-components>
14. <https://www.lord.com/>

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
(주)에버텍 엔터프라이즈	<ul style="list-style-type: none"> 50μm 이하 Fine Pitch용 반도체 언더필 소재 및 패키징 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 50μm 이하 Fine Pitch용 Capillary Flow 언더필 소재 / 공정 기술 개발 및 개발 언더필 적용 플립칩 패키지 제조 / 신뢰성 확보 기술 개발 	2016.07- 2017.12
(주)원케미컬	<ul style="list-style-type: none"> 열충격 2000cycle 이상 신뢰성을 갖는 모바일용 내충격 언더필 소재 및 접합모듈 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 40$^{\circ}$C에서 50시간 이상의 가사시간을 가지며, 열충격 1,500회 이상 / 낙하충격 700회 이상 동시 만족하는 언더필 접착제 개발 및 양산화 / 사업화 기술 검증 	2020.08- 2022.12
호전에이블	<ul style="list-style-type: none"> 반도체 칩 접합용 100μm 이하 마이크로 범프 / 언더필 지능형 소재 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 100μm 범프 / 언더필 지능형 소재의 설계/합성, 물성 최적화 및 신뢰성 확보 기술 개발 	2021.04- 2024.12
엔트리움(주)	<ul style="list-style-type: none"> 2W/mK 이상급 반도체 플립칩 패키징용 언더필 소재 	<ul style="list-style-type: none"> 범용(Bump 직경 70-100μm) 플립칩 패키징에 고열전도 언더필을 적용한 패키지 신뢰성 확보(JEDEC Level 3) 기술 개발 	2014.11- 2017.08