반도체 패키징 공정용 Debonding 기술 및 접착소재의 응용

Debonding Technologies and Application of Adhesive for Semiconductor Packaging Process

저자 (Authors)

이승우, 박초희, 박지원, 임동혁, 송준엽, 이재학, 김승만, 김현중

Seung-Woo Lee, Cho-Hee Park, Ji-Won Park, Dong-Hyuk Lim, Jun-Yeob Song, Jae-Hak Lee, Seung-Man Kim, Hyun-Joong Kim

출처 (Source)

고분자 과학과 기술 26(1), 2015.2, 40-46 (7 pages)

POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY 26(1), 2015.2, 40-46 (7 pages)

발행처 (Publisher)

한국고분자학회

The Polymer Society Of Korea

URL

http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06386578

APA Style

이승우, 박초희, 박지원, 임동혁, 송준엽, 이재학, 김승만, 김현중 (2015). 반도체 패키징 공정용 Debonding 기술 및 접착소재의 응용. 고분자 과학과 기술, 26(1), 40-46.

이용정보 (Accessed)

서울대학교
147.46.64.***
2018/10/04 17:13 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s)and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s)for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

반도체 패키징 공정용 Debonding 기술 및 접착소재의 응용

Debonding Technologies and Application of Adhesive for Semiconductor Packaging Process

이승우[1] · 박초희[1] · 박지원[1] · 임동혁[1,2] · 송준엽[3] · 이재학[3] · 김승만[3] · 김현중[1]

Seung-Woo Lee · Cho-Hee Park · Ji-Won Park · Dong-Hyuk Lim · Jun-Yeob Song · Jae-Hak Lee · Seung-Man Kim · Hyun-Joong Kim

[1]Lab. of Adhesion and Bio-Composites, Program in Environmental Materials Science, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Daehak-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-921, Korea
[2]Techpia, 639, Bon-ri, Chungju-si, Chungcheongbuk-do 380-871, Korea
[3]Department of Ultra Precision Machines and Systems, Korea Institute of Machinery & Materials, 156, Gajeongbuk-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Korea
E-mail: hjokim@snu.ac.kr (www.adhesion.org)

1. 서론

최근 반도체 산업의 발달과 더불어 디바이스(device)의 처리 속도, 디자인(design) 그리고 고기능성이 더욱 요구되고 있다(그림 1). 특히 휴대폰, 태블릿 PC와 같은 모바일 디바이스(mobile device)의 경우, 고성능화와 더불어 두께 면에 있어서 경박화, 무게 면에 있어서 경량화의 과제를 해결해야만 한다. 따라서 현재까지는 반도체 내의 선폭을 줄여서 이와 같은 요구에 대응해 왔지만 선폭 또한 30 - 20 nm에서 물리적 한계를 나타나고 있기에 TSV(through silicon via) 3D 패키징 기술이 도입되게 되었다. TSV 3D 패키징 기술은 실리콘 디바이스 웨이퍼(silicon device wafer)에 TSV drilling process, TSV filling process, temporary bonding

Author

이승우

2009 서울대학교 환경재료과학전공 (학사)
2009-현재 서울대학교 환경재료과학전공 석박사통합과정 (박사수료)

박초희

2009 서울대학교 환경재료과학전공 (학사)
2009-현재 서울대학교 환경재료과학전공 석박사통합과정 (박사수료)

박지원

2008 서울대학교 환경재료 과학전공 (학사)
2008-현재 서울대학교 환경재료 과학 전공 석박사통합 과정 (박사수료)

임동혁

2003 서울대학교 환경재료과학전공 (학사)
2005 서울대학교 환경재료과학전공 (석사)
2009 서울대학교 환경재료과학전공 (박사수료)
2010-현재 ㈜테크피아

송준엽

2001 부산대학교 (박사)
2005-현재 과학기술연합대학원, 대학교 (UST) 겸임교수
2008-현재 지경부, 차세대 반도체 MCP 사업 단장
1995-현재 한국기계연구원 실장 책임연구원

이재학

2002 고려대학교 (학사)
2005 한국과학기술원 (석사)
2009 한국과학기술원 (박사)
2009-현재 한국기계연구원 선임 연구원

김승만

2007 인하대학교 (학사)
2009 한국과학기술원 (석사)
2013 한국과학기술원 (박사)
2013-현재 한국기계연구원 선임연구원

김현중

1987 서울대학교 임산공학과 (학사)
1989 서울대학교 임산공학과 (석사)
1995 The University of Tokyo 생물재료과학과 (박사)
1995-1996 Virginia Polytechinic Institute & State Univ., Center for Adhesive & Sealant Science,화학과 박사 후 연구원
1996-1999 State Univ. of New York at Stony Brook 재료공학과, NSF-Center for Polymer at Engineered Interface Research Scientist, 2010-2013 (Adjunct Professor)
1999-현재 서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공 교수
2008-2009 Colorado School of Mines 화학공학과, Visiting Professor
2013 Queens College, City University of New York, 물리학과, Visiting Professor

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)

and debonding process, backgrinding process, 제작된 초박형 칩(chip)을 3D로 적층하는 bonding process로 크게 나뉘어진다. 하지만 각각의 공정이 해외업체 중심으로 연구 개발되고 있으며, 기존 반도체 패키징(packaging) 장비와의 연계 및 요소기술이 상이하여 기술적 난제로 손꼽히고 있다.[1~17]

이에 지난 호 제24권 3호에서는 이러한 기술적 이슈에 대해 고분자 소재 측면에서 접근 가능한 `3D 멀티칩 패키징용 temporary bonding & debonding 접착소재'라는 주제로 기술 소개 및 연구동향을 간단히 살펴본 바 있다. 하지만 지난 호 말미에서 언급한 바와 같이 패키징 공정에서 박막 웨이퍼 핸들링(thin wafer handling)을 위한 디본딩(debonding) 이슈는 소재 대응 관점에서 바라보았을 때 매우 중요한 테마이며, 수율 확보에 있어서 큰 장애물로 작용할 수 있다. 왜냐하면, 고분자 소재의 구성에 따라 장비 구축 및 제작이 다르게 이루어지며 한편으로는 공정 장비에 대응할 수 있는 소재 또한 매우 국한되어 연구개발 될 수 밖에 없기 때문이다. 따라서 이번 호에서는 반도체 패키징 공정에서 제안되고 있는 디본딩 기술 및 연구동향에 대해서 중점적으로 살펴보고 해결해야 할 이슈에 대해 논의해보고자 한다.

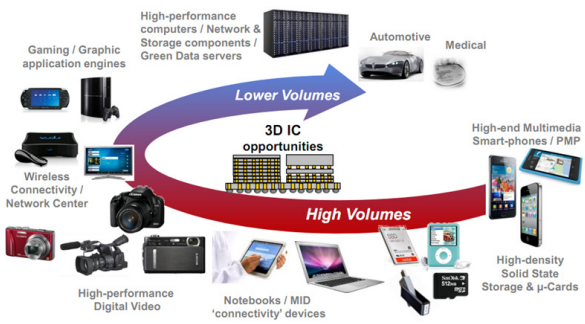

그림 1. 3D IC 집적 소자의 응용 분야(yole development, 2013).

2. 본론

2.1 TBDB(Temporary Bonding and Debonding) 공정(Process)에서의 디본딩(Debonding)

2.1.1 용매 디본딩(Solvent Debonding)

그림 2는 용매(solvent)의 침투에 의해 디본딩이 이루어지는 용매 디본딩법(solvent debonding)의 모식도이다. 이 방법의 가장 큰 특징은 캐리어 웨이퍼(carrier wafer)로써 가공된 퍼포레이티드 캐리어 웨이퍼(perforated carrier wafer)가 사용된다는 점이다. 용매가 침투할 수 있을 정도의 미세한 홀(hole)로 가공되어 있으며, 사용되는 용매의 특징 및 종류에 따른 홀의 가공 형태 및 캐리어 웨이퍼의 재질 등을 달리 해야 한다. 접착소재의 관점에서 바라본다면 무엇보다도 사용되는 용매와의 용해도(solubility)가 고려되어야하고 이를 위해 용해 파라미터(solubility parameter)에 대한 선행연구가 반드시 진행되어야 한다. 한편, 공정 측면에서 바라본다면 상온(room temperature)에서 디본딩이 가능하고 별도의 고안된 복잡한 디본딩 설비가 필요하지 않기 때문에 앞으로 소개할 다른 디본딩 방법에 비해 상대적으로 경제적이라는 장점을 들 수 있겠다. 물론 일반적인 캐리어 웨이퍼가 아닌 가공된 캐리어 웨이퍼라는 점은 비용 상의 단점으로 제시될 수 있겠다. 또 한가지 큰 단점으로 지적될 수 있는 부분은 바로 많은 양의 용매의 사용이다. 반도체 공정 상 대부분의 작업은 클린룸(clean room)에서 이루어지기 때문에 많은 양의 용매를 공정 장비에 투입해야 한다는 것은 이에 상응하는 수준의

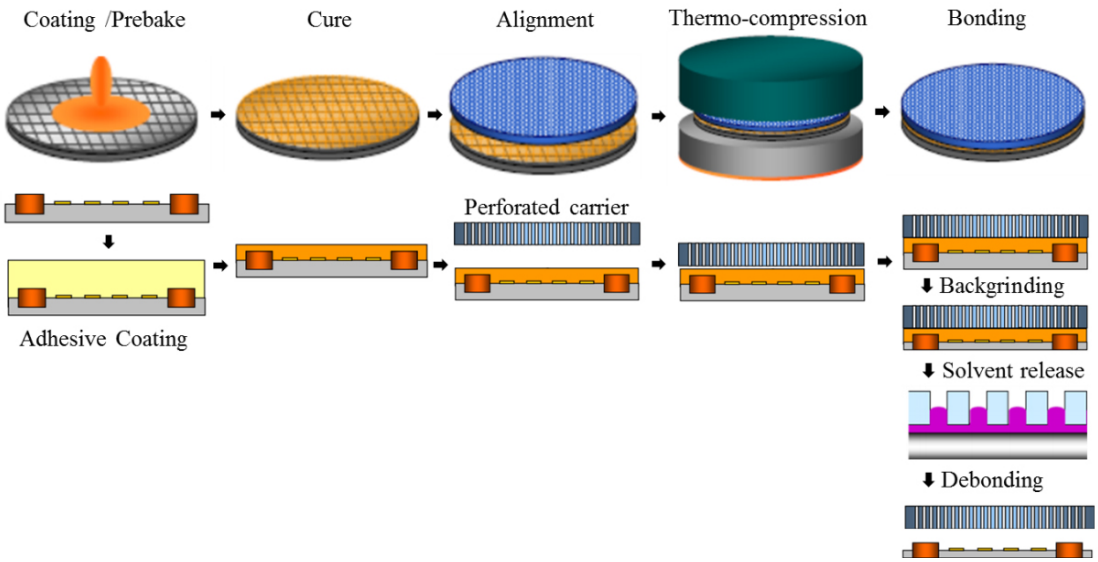

그림 2. 용매 디본딩(solvent debonding) 기술(Tokyo Ohka Kogyo, Japan).

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)

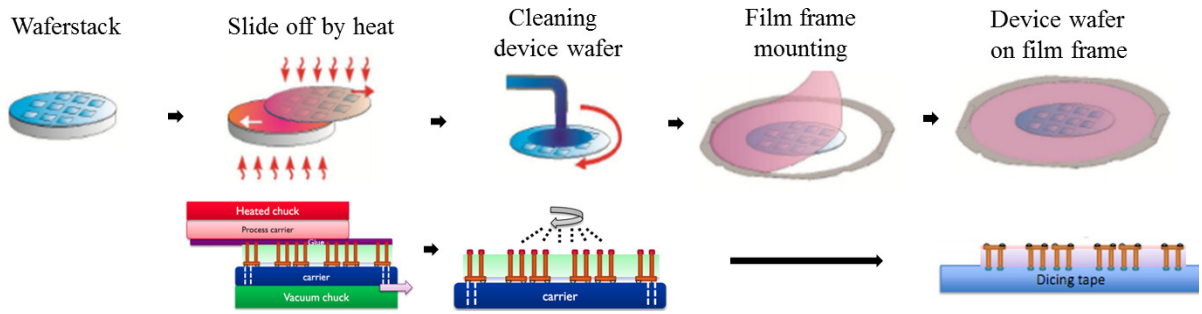

그림 3. Heat debonding 기술(EVG, Brewer Science).

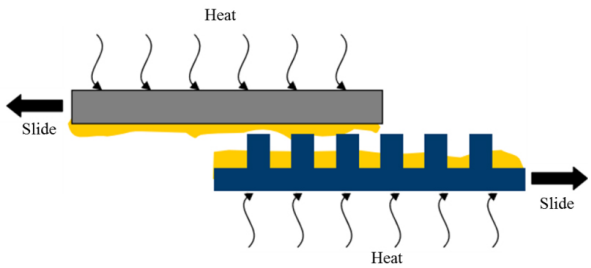

그림 4. Slide off 모식도(EVG, Brewer Science).

리스크(risk)를 수반하기 때문이다. 더군다나 작업자의 안전을 고려한다면 큰 단점으로 지적될 수 있다.

2.1.2 열 디본딩(Heat Debonding)

그림 3은 200 ℃ 이상의 고온의 열(heat)에 의해 디본딩이 진행되는 열 디본딩법의 모식도이다. 그림에서와 같이, 본딩(bonding)된 웨이퍼는 장비 내에서 캐리어 웨이퍼는 아래쪽을 향하고 진공척(vacuum chuck)에 의해 지지되고 있으며, 프로세스 웨이퍼(process wafer)는 위 쪽을 향하고 척에 고정되게 된다. 그리고 고온의 열을 이용해 접착소재의 분해를 유도하고 프로세스 웨이퍼와 캐리어 웨이퍼 간의 접착력이 감소되면 좌우로 디본딩이 진행되는 슬라이드 오프(slide off) 방식을 가지게 된다. 이후 분리된 각각의 웨이퍼 표면에 남아있는 잔사 및 이물 등을 제거하기 위해 세척 공정(cleaning process)을 시행하게 되고 다이싱 테이프(dicing tape)에 프로세스 웨이퍼는 부착되어 다음 공정으로 진행된다. 이 기술에서 주목해야 할 점은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는데 먼저, 사용되는 접착소재의 열분해 거동(thermal degradation behavior)이다. 즉, 고온의 공정 온도에서 효과적으로 고분자의 열분해(thermal degradation)가 진행되어야 하기에 접착소재의 임계 온도까지의 열안정성(thermal stability) 그리고 공정 온도(processing temperature)에서의 빠른 열분해 특성(thermal degradation property)을 보여주어야만 한다. 뿐만 아니라 고분자 소재의 분해 후 박막 웨이퍼에 손상를 주지 않아야 하기에 접착 소재의 열분해 시 화학반응(chemical reaction)에 의한 가스(gas)의 발생이나 기포(void)의 발생 여부 등을 철저하게 검증하여야 한다. 한편으로는 열분해 이후 디본딩 되는 힘에 대한 고려도 연구되어야 한다. 이는 그림 4에서 보여지는 바와 같이 디본딩 시 잔류 접착제에 의해 프로세스 웨이퍼에 크랙(crack) 또는 깨짐, 혹은 웨이퍼 위에 형성되어 있는 범프(bump) 등에 손상을 입혀 기능 손실 및 수율 감소로 이어질 수 있게 되기 때문이다. 두 번째로 주목해야 할 점은 공정상의 관점에서 바라본다면 고온의 열 처리를 할 수 있는 고가의 장비와 많은 에너지 소모, 그리고 승온 시간 및 디본딩 후 냉각 시간 등의 추가적인 비용이 크게 고려되어야만 한다는 점이다. 따라서 디본딩 장비에 대한 접착 소재의 적용성 및 안정성 테스트 등이 충분히 선행되어야 한다.

2.1.3 박리 접착제 디본딩(Peelable Adhesive Debonding)

그림 5는 박리 접착제를 이용하여 디본딩하는 방법을 나타낸 모식도이다. 이 기술의 특징은 먼저 본딩 과정에서 프로세스 웨이퍼(process wafer)에 이형층(release layer)이 형성되고 있고, 접착제 코팅(coating)은 캐리어 웨이퍼면에 한 후 접합하는 방식이라는 점이다. 백그라인딩(backgrinding) 및 TSV 공정 후 웨이퍼는 다이싱 테이프(dicing tape) 등에 지지되고, 디본딩은 다이싱 테이프에 의해 프로세스 웨이퍼가 분리되는 과정을 거치게 된다. 이 기술의 특징은 먼저 앞서 소개한 열 디본딩 방법처럼 고온의 열처리 및 고가의 열처리 장비가 필요하지 않다는 점과 진행 프로세스가 상대적으로 단순하다는 점을 들 수 있겠다. 하지만 단점으로는 디본딩이 다이싱 테이프에 의해 이루어지다 보니 다이싱 테이프에 대한 의존성이 크고, 프로세스 웨이퍼에 이형층 처리를 해야만 한다는 점이 비용 상 고려되어야 할 점으로 대두되고 있다. 뿐만 아니라 웨이퍼 본딩 이후 디본딩 공정 전까지의 공정 온도가가 200 ℃ 이상으로 진행되기에 다이싱 테이프의 적용 시 필름의 내열성 및 접착소재의 적용 가능성에 문제점으로 제시될 수 있다. 한편 접착소재의 관점에 바라본다면 백그라인딩 및 TSV 공정에서는 이형층와의 접착력이 유지되어야

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)

하고, 디본딩 시에는 접착소재와 이형층과의 접착력이 프로세스 웨이퍼와 이형층과의 접착력보다 더 강하게 유지되어야 한다. 따라서 접착소재의 디자인 및 조성, 물성 조절에 대한 철저한 검증이 이루어져야만 한다.

2.1.4 상온 디본딩(Room Temperature Debonding)

그림 6은 non-sticky 처리를 한 캐리어 웨이퍼를 이용하는 상온 디본딩법의 모식도이다. 그림에서 알 수 있듯이 웨이퍼 본딩시 캐리어 웨이퍼의 테두리 부분만 접착이 되고 디본딩 시에는 테두리 부분에 용제가 침투하여 접착소재의 용해에 의해 디본딩이 이루어지게 된다. 이 기술의 장점으로는 본딩과 디본딩이 진행되는 동안 프로세스 웨이퍼의 테두리영역을 제외한 나머지 부분은 직접적인 손실이나 디본딩 시 접착소재 잔여물(residue)에 의한 크랙 또는 깨짐 등이 발생하지 않는다는 점에 있다. 왜냐하면 캐리어 웨이퍼의 non-sticky zone에 의해 지지되기 때문이다. 또한 열 디본딩법과 달리 디본딩 시 고온의 열처리 과정이 필요하지 않기 때문에 상대적으로 공정 비용을 단축 시킬 수 있다. 하지만 단점으로는 디본딩 시간이 많이 소요된다는 점을 들 수 있다. 테두리 부분에 용제를 침투시켜 분리해야 하기에 웨이퍼 전체 면적에 대한 디본딩을 실시하는 박리 접착제 디본딩(peelable adhesive debonding), 열 디본딩 방법에 비해 상대적으로 디본딩 시간이 많이 소요된다. 더불어 캐리어 웨이퍼에 non-sticky 처리를 해야 하기에 비용적인 부분에서도 어느 정도 단점으로 지적될 수 있다. 접착소재의 관점에서 바라본다면 non-sticky zone과는 접착력을 유지하지 않은 채 접합 상태로만 진행되어야 하고 반면 테두리에는 강한 접착력을 가져야 하기에 접착하는 기재와의 계면에 대한 표면 장력, 표면 에너지 등의 거동을 정확히 파악하고 디자인되어야 한다. 앞서 언급한 바와 같이 이 기술 또한 디본딩 장비의 요구 특성에 부합하는 접착 소재의 연구 개발이 이루어져야 하기 때문에 공정 설비 부문과의 협력 개발 연구가 필수적이다. 따라서 접착 소재 자체에 대한 연구는 기술적 난제로 손꼽히고 있다.

2.1.5 레이저 디본딩(Laser Debonding)

레이저는 유도방출에 의해 가간섭성(coherent)이 높은 빛을 생성하므로 직진성과 집광성이 뛰어나 마이크로미터 이하의 좁은 영역에 높은 에너지를 집속시킬 수 있다. 또한 증폭매질 따라 자외선(ultraviolet)대역에서 적외선(infrared) 대역까지 다양한 파장의 광을 생성할 수 있으며, 펄스 생성 방식에 따라 나노초부터 펨토초까지의 펄스 폭을 조절할 수 있다. 이러한 레이저의 특성은 다양한 소재에 대해 물리, 화학적 반응을 발생시켜 선택적인 영역에서 매우 빠른 가공 및 개질을 가능케 하는 광범위한 적용성을 갖는다. 최근 반도체 공정이 높은 정밀도를 요함에 따라 정밀 패터닝, 컷팅, 드릴링 등의 가공공정과 정밀 측정에 이르기까지 다양한 공정에 레이저가 적용되고 있으며, 최근 이슈가 되고 있는 디본딩 공

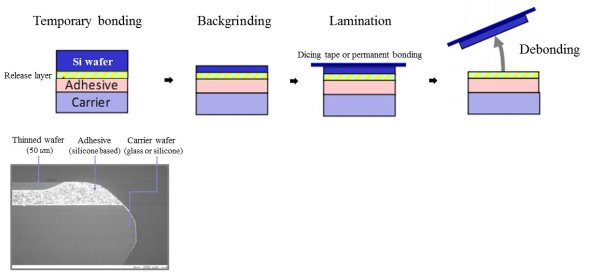

그림 5. Peelable adhesive debonding 기술(Thin Materials AG, Germany).

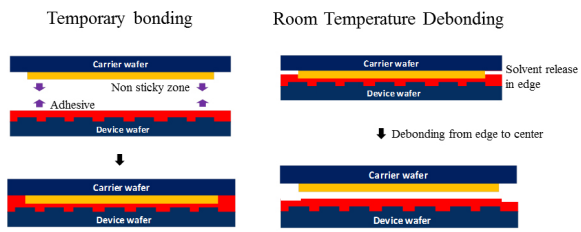

그림 6. Room Temperature Debonding 기술(Brewer Science).

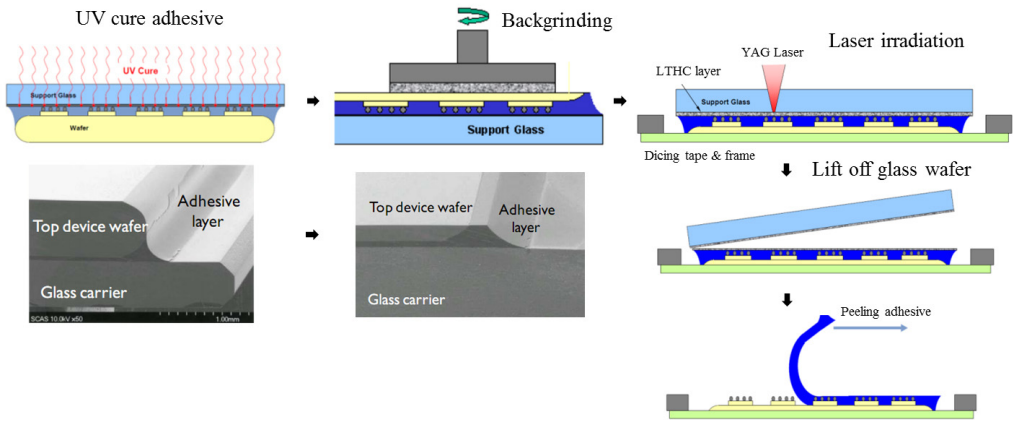

그림 7. Laser Debonding (3M).

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)

정의 레이저 적용은 접착제 및 특수코팅 소재에 대해 급속 화학적 분해 혹은 경화(curing)를 발생시켜 고속, 무손상의 디본딩을 구현할 수 있다.

그림 7에서 보여지는 바와 같이, UV 경화형 접착소재(ultraviolet curable adhesive)를 이용하여 전면 도포한 후 본딩(bonding)이 이루어지게 된다. 디본딩은 근적외선 파장의 YAG 레이저(laser)를 이용하여 전면을 조사한 후, 캐리어 웨이퍼를 들어올리는 방식(lift off)으로 분리하고, 프로세스 웨이퍼 위의 경화된 접착필름을 제거하는 방식으로 공정이 진행된다. 이 기술의 특징으로는 먼저 집속력이 강한 YAG 레이저를 이용하여 매우 빠른 시간에 디본딩이 이루어질 수 있다는 점을 들 수 있다. 이를 위해 자외선광에 대한 높은 투과도와 근적외선광의 높은 흡수 특성을 갖는 LTHC층(light to heat conversion layer)이 처리된 캐리어 글라스 웨이퍼(carrier glass wafer)가 사용되는데, 레이저가 캐리어 글라스 웨이퍼 위로 조사되어 LTHC층에 다다르면 빛 에너지가 강하게 흡수되어 열 에너지로 전환되고 전환된 열에너지는 LTHC 층을 분해시키므로 접착력이 감소되어 디본딩 공정이 완료된다. 이외의 다른 레이저 디본딩 방식으로는 LTHC 층이 필요 없이 UV광에 대한 강한 흡수 특성을 갖는 polyimide 계열의 임시접착제를 적용하는 방식이 있다. 자외선 파장의 고출력 엑시머(eximer) 나노초 펄스 레이저를 캐리어 글라스 웨이퍼를 통해 접착제에 조사하면 접착제의 강한 흡수특성으로 인해 국부영역에서 높은 열이 발생하고, 이 열에너지는 접착제의 표면으로부터 수십 나노미터 깊이 내에서 chemical bond breaking 현상을 발생시켜 접착제와 캐리어 웨이퍼가 분리되는 레이저 디본딩 공정이 수행된다.

공정 상의 관점에서 바라본다면 이 기술들은 레이져를 이용하기에 상온에서 빠른 디본딩 공정을 수행할 수 있다는 장점이 있지만, 반면에 레이저를 조사(irradiation)할 때의 조절인자(controlling factor)에 대한 고려가 충분히 이루어져야 하며, 고가의 레이져 장비에 대한 주기적인 관리가 필요하다는 점에서 유지 비용이 많이 소요된다는 단점이 제기된다. 접착소재의 관점에서 바라본다면 특정 파장에 대한 높은 흡수율을 갖는 소재가 디자인되고 적용되어야 한다. 또한 본딩 시 UV 혹은 열에 의해 경화가 진행된 이후 디본딩 시 접착필름으로서 제거될 때 쉽게 박리되어야 하며, 박리 시 프로세스 웨이퍼에 잔사물을 남기거나 크랙, 깨짐 등의 영향을 끼쳐서는 안된다. 따라서 접착소재의 경화 거동에 대한 연구 및 디본딩 시 박리 강도 등에 대한 연구가 철저하게 이루어져야 한다.

2.2 다이싱 공정(Dicing Process)에서의 디본딩(Debonding)

그림 8은 다이싱 공정에서의 UV을 이용한 디본딩이 진행되는 모식도이다. 사용되는 점착소재는 UV경화형 점착제(UV curable PSA(pressure-sensitive adhesive)이며 UV에 대한 반응성(reactivity) 및 경화에 따른 물성 조절이 상대적으로 용이하며, 가격적인 면에 있어서 상대적으로 유리한 아크릴계 점착제(acrylic PSA)를 주로 사용하게 된다. 그림 8에서와 같이 UV 조사 전에는 강한 접착력을 유지하다가 UV 조사 이후에는 가교(crosslinking)에 의해 접착력이 현저하게 저하되어 분리되는 거동을 보이게 된다.

그림 9는 아크릴계 선형 고분자(acrylic linear polymer)를 경화시키기 위해 사용한 가교제의 구조와 이와 반응하는 선형 고분자 내의 카르복실기(carboxyl functionality)와의 반응 메커니즘을 나타낸 모식도이다. 아크릴계 선형 고분자의 경우, 경화 없이는 낮은 유리전이온도(glass transition temperature, T_g)로 인한 고무상(rubbery state)의 거동(behavior)으로 인해 점착 소재 자체의 응집력(cohesion) 저하 및 물성 저하가 나타나게 된다. 따라서 적절한 경화 메커니즘 및 가교제를 선정하여 적용되어야 한다.

그림 10은 UV에 의한 경화를 유도하기 위해 점착 소재 내에 도입한 다관능성 아크릴계 모노머(multi-functional acrylic monomer)이다. 앞서 많은 선행 연구[18~25]를 통해 다양한 구조와 분자량, 물성을 갖는 UV 경화형 다관능성 아크릴계 모

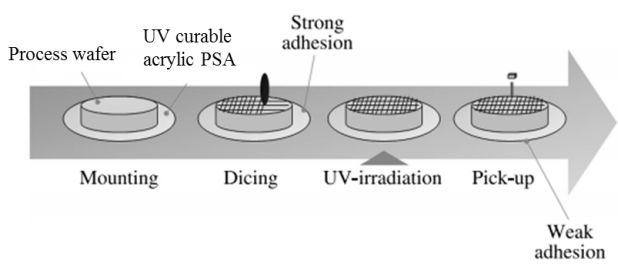

그림 8. 다이싱 공정(dicing process) 모식도.[21]

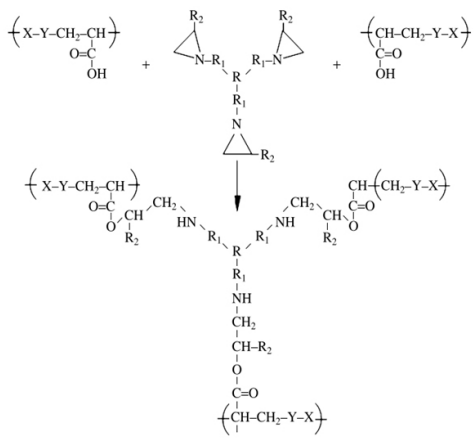

그림 9. Methylaziridine을 이용한 점착제의 가교 과정 모식도.[32]

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)

노머(ultra violet curable multi-functional acrylic monomer)에 대한 연구가 진행된 바 있다.

그림 11은 다이싱 공정용 점착소재를 제조하기 위해 앞서 언급한 가교제를 사용하고 더불어 다관능성 아크릴계 모노머를 도입하여 UV 경화 시킴으로써 보다 강직한 형태의 IPN(interpenetrating polymer network) 구조를 갖도록 유도하는 반응 모식도이다. 즉 고분자 사슬의 유동성(flexibility)을 두 번에 걸친 가교에 의해 현저하게 낮추고 점착력을 제로에 가까운 상태로 낮춤으로써 디본딩이 쉽게 이루어지도록 하는 것이다. 물론 이에 대한 연구[26~31]도 국내외 많은 연구자들에 의해서 많이 진행되고 있다.

디본딩 이후 웨이퍼 표면의 모폴로지(surface morphology)를 관찰하고 분석하는 작업 또한 매우 중요한 연구 주제이다. 웨이퍼 표면의 모폴로지를 분석하는 방법은 다양하게 연구 및 제안되고 있으며 그 중 대표적으로 FE-SEM(field-emission scanning electron image)과 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy) 분석법이 있다. 그림 12는 FE-SEM을 이용하여 UV 조사 조건을 달리하였을 때 디본딩 후 남아있는 웨이퍼 표면의 점착제 잔여물를 관찰한 것이다. UV 조사에너지가 증가할수록 가교에 의한 점착제의 응집력 향상으로 보다 박리가 쉽게 이루어지고 남아있는 잔여물의 양 또한 감소됨을 확인할 수 있다. 그림 13은 XPS를 이용하여 UV 조사량 증가에 따른 디본딩 이후 프로세스 웨이퍼 위의 잔존하는 C_{1s}와 Si_{2p}의 구성비를 측정한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 UV 조사에너지가 증가할수록 C_{1s}의 구성비는 감소하지만 Si_{2p}의 구성비는 증가하는 거동을 확인할 수 있다. 즉, 유기화합물인 남아있는 점착제의 양이 줄어듦으로써 상대적으로 프로세스 웨이퍼의 구성 물질인 실리콘의 양은 늘어나는 것을 확인할 수 있는 것이다.

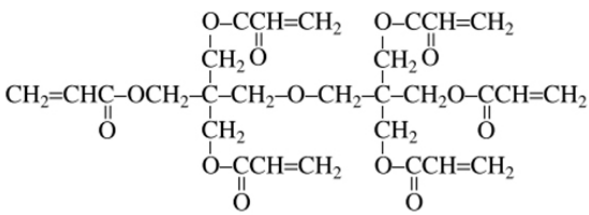

그림 10. Dipentaerythritol hexacrylate(DPHA)의 화학구조식.

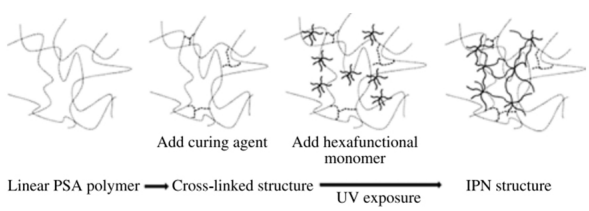

그림 11. 점착제의 IPN(interpenetrating network) 구조 형성 모식도.[31]

3. 결론

오늘날 반도체 산업은 첨단 기술이 집약되어 있는 산업이자 우리나라의 중요한 기반 산업 중의 하나이다. 또한 정밀화학, 고분자, 전자, 기계, 설비 등 다양한 분야의 연구 개발 및 협업을 통해서만 경쟁력 있는 기술을 확보할 수 있고 세계적인 반도체 강국으로 도약 할 수 있다. 하지만 반도체 패키징 공정용(semiconductor packaging process) 핵심 화학 소재의 경우 모두 해외에 의존하고 있으며, 서론에서 언급하였듯이 장비 의존성이 크기 때문에 진입 장벽이 높아 국내 연구가 매우 더딘 것이 현실이다. 따라서 지금의 패키징 공정용 디본딩에 대한 개념적인 이해와 각기 다른 방식에 대한 장단점을 숙지하고 적용되는 점·접착 소재의 연구동향을 살펴보는 것은 매우 중요하며 향후 디본딩 점·접착 소재의 설계 및 제조에 필요한 기초적인 연구 자료로 활용되리라 기대해본다.

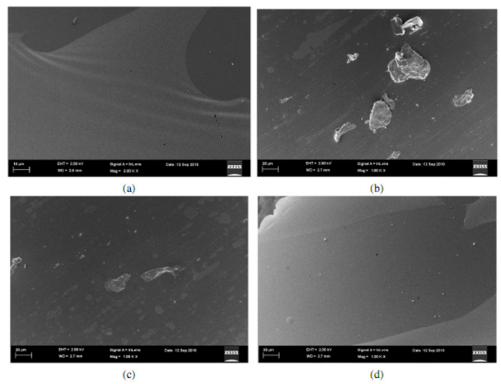

그림 12. UV(ultraviolet) 조사량에 따른 디본딩(debonding) 후 웨이퍼(wafer) 표면의 SEM image. (a) 0 mJ/cm^2, (b) 50 mJ/cm^2, (c) 100 mJ/cm^2, (d) 200 mJ/cm^2.[20]

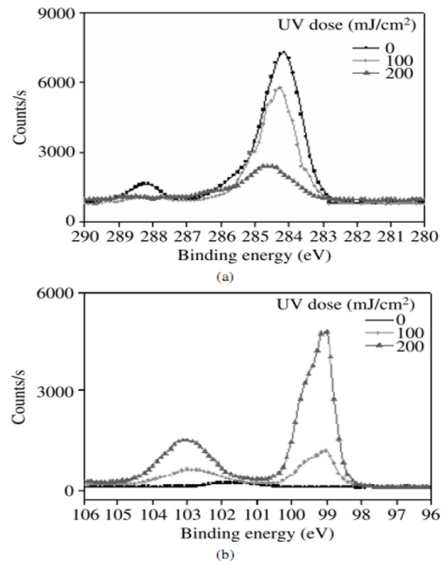

그림 13. UV(ultraviolet) 조사량에 따른 디본딩(debonding) 후 웨이퍼(wafer) 표면의 XPS 분석. (a) C_{1s}, (b) Si_{2P}.[20]

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)

참고문헌

1. P. Garrou, C. Bower, and P. Ramm, *Handbook of 3D Integration*: *Technology and Applications of 3D Integrated Circuits*, Wiley-VCH VerlagGmbH, Weinheim (2008).
2. M. Motoyoshi and M. Koyanagi, 3D-LSI technology for image sensor, *Proc. of PIXEL 2008 International Workshop*, Batavia (2008).
3. J. A. Davis, R. Venkatesan, A. Kaloyeros, M. Beylansky, S.J. Souri, K. Banerjee, K.C. Saraswat, A. Rahman, R. Reif, and J. D. Meindl, *Proc. IEEE*, **89**, 305 (2001).
4. J.-Q. Lu, Y. Kwon, A. Jindal, K.-W. Lee, J. McMahon, G. Rajagopalan, A.Y. Zeng, R. P. Kraft, B. Altemus, B. Xu, E. Eisenbraun, J. Castracane, J. F. McDonald, T.S. Cale, A. Kaloyeros, and R. J. Gutmann, *Proc. VMIC*, 445 (2002).
5. K. Warner, J. Burns, C. Keast, R. Kunz, D. Lennon, A. Loomis, W. Mowers, and D. Yost, *Proc. IEEE International SOI Conference*, 123 (2002).
6. K. Warner, C. Chen, R. D'Onofrio, C. Keast, and S. Poesse, *Proc. IEEE International SOI Conference*, 71 (2004).
7. P. Morrow, M. J. Kobrinsky, S. Ramanathan, C.-M. Park, M. Harmes, V. Ramachandrarao, H.-M. Park, G. Kloster, S. List, and S. Kim, *Proc. Advanced Metalization Conference*, 125 (2004).
8. R. Reif, C.S. Tan, A. Fan, K.-N. Chen, S. Das, and N. Checka, *Proc. MRS*, 37 (2003).
9. K. N. Cheng, A. Fan, C. S. Tan, and R. Reif, *Proc. IEEE EDL*, **25**, 10 (2004).
10. F. Niklaus, R.J. Kumar, J.J. McMahon, J. Yu, T. Matthias, M. Wimplinger, P. Lindner, J.-Q. Lu, T.S. Cale, and R. J. Gutmann, *Proc. MRS,* **863** (2005).
11. J. J. McMahon, F. Niklaus, R. J. Kumar, J. Yu, J.-Q. Lu, and R. J. Gutmann, *Proc. MRS*, **863** (2005).
12. J. J. McMahon, J.-Q. Lu, and R. J. Gutmann, *Proc. MRS*, **863** (2005).
13. R.J. Gutmann, J.J. McMahon, S. Rao, F. Niklaus, and J.-Q. Lu, *Proc. IWLPC* (2005).
14. J.-Q. Lu, A. Jindal, Y. Kwon, J. J. McMahon, T. S. Cale, and R. J. Gutmann, *Proc. IEEE IITC*, 74 (2003).
15. F. Niklaus, S. Haasl, and G. Stemme, *IEEE Journal of Microelectromechanical Systems*, **12**, 465 (2003).
16. F. Niklaus, J. Pejnefors, M. Dainese, M. Häggblad, P.-E. Hellström, U. Wållgren, and G. Stemme, *Proc. SPIE*, **5406**, 521 (2004).
17. H. Noh, K. Moon, A. Cannon, P. J. Hesketh, and C. P. Wong, *Proc. IEEE Electronic Components and Technology Conference*, **1**, 924 (2004).
18. S.-W. Lee, J.-W. Park, C.-H. Park, D.-H. Lim, H.-J. Kim, J.-Y. Song, and J.-H. Lee, *Int. J. Adhe. Adhes*., **44**, 138 (2013).
19. S.-W. Lee, J.-W. Park, H.-J. Kim, K.-M. Kim, H.-I. Kim, and J.-M. Ryu, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **26**, 317 (2012).
20. S.-W. Lee, J.-W. Park, Y.-H. Lee, H.-J. Kim, M. Rafailovich, and J. Sokolov, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **26**, 1629 (2012).
21. S.-W. Lee, J.-W. Park, S.-H. Lee, Y.-J. Lee, K.-R. Bae, H.-J. Kim, K.-M. Kim, H.-I, Kim, and J.-M. Ryu, *J. Adhesion and Interface*, **11**, 120 (2010).
22. C.-H. Park, S.-W. Lee, J.-W. Park, and H.-J. Kim, *React. Funct. Polym.,* **73**, 641 (2013).
23. K.-Y. Bae, D.-H. Lim, J.-W. Park, H.-J. Kim, M. Rafailovich, and J. Sokolov, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **26**, 361 (2012).
24. S.-W. Lee, T.-H. Lee, J.-W. Park, C.-H. Park, and H.-J. Kim, *J. Korean Soc. Precis. Eng*., **31**, 873 (2014).
25. S.-W. Lee, T.-H. Lee, J.-W. Park, C.-H. Park, H.-J. Kim, J.-Y. Song, and J.-H. Lee, *J. Electron. Mater.,* **43**, 4246 (2014).
26. Y. -J. Park, D.-H. Lim, H.-J. Kim, H.-S. Joo, and H.-S. Do, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **22**, 1401 (2008).
27. H.-S. Do, J.-H. Park, and H.-J. Kim, *Eur. Polym. J*., **44**, 3871 (2008).
28. H.-S. Joo, H.-S. Do, Y.-J. Park, and H.-J Kim, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **20**, 1573 (2006).
29. Y.-J. Park, H.-J. Kim, D.-S. Park, and I.-K. Sung, *Eur. Polym. J*., **46**, 1642 (2010).
30. D.-H. Lim, H.-S. Do, H.-J. Kim, J.-S. Bang, and G.-H. Yoon, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **21**, 589 (2007).
31. H.-S. Joo, Y.-J. Park, H.-S. Do, H.-J. Kim, S.-Y. Song, and K.-Y. Choi, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **21**, 575 (2007).
32. Z. Czech, *Int. J. Adhes. Adhes*., **27**, 49 (2007).

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:13(KST)