

고온용 RFID 태그 패키징 및 접합 방법

정희원 최은정*, 유대원*, 변중헌*, 주대근*, 성봉근*, 종신회원 조병록**

Bonding Method and Packaging of High Temperature RFID Tag

Eun-jung Choi*, Dea-won Yoo*, Jong-hun Byun*, Dae-keun Ju*,
Bong-gun Sung* *Regular Members*, Byung-lok Cho** *Lifelong Member*

요약

본 연구는 다양한 산업 환경에 적용되는 RFID 태그 개발에 있어 RFID 태그 패키징 개발과 RFID 태그 플립칩(flip chip) 접합 방법이 산업 환경 맞춤형 RFID 태그 개발에 미치는 영향에 대해 분석하였다. RFID 태그 플립칩(flip chip) 접합은 와이어 접합(wire bonding), 초음파 접합(ultrasonic bonding), 열용착 접합(heat plate bonding), 레이저 접합(laser bonding)으로 구분되어 있으며, 이런 접합 방법은 다양한 RFID 태그 개발의 적용 환경에 따라 적합한 접합 방법이 있음을 본 연구를 통해서 알 수 있었다. 극고온, 극저온, 다습, 고내구성 등 다양한 산업 환경 중 극고온 환경에서의 RFID 태그 개발은 빛 에너지를 흡수하여 열 에너지로 전환하는 레이저 접합 방법과 직접적인 열 전달 방식인 열용착 접합 방법은 접속 재료인 ACF의 손상으로 인해 부적합하고, 와이어를 이용하여 직접 범프와 패턴을 연결하는 와이어 접합 방법이 적합함을 알 수 있었다.

Key Words : RFID Tag, RFID Tag Packaging, Flip Chip Bonding, High Temperature, Wire Bonding, Laser Bonding

ABSTRACT

Our research group has investigated that RFID tag packaging development and RFID tag flip chip bonding method influences on the industry-environmental customized RFID tag development that has applications to various industry environmental conditions. RFID tag flip chip bonding is consisting with wire bonding, ultrasonic bonding, heat plate bonding, and laser bonding and those methods are also depending on the different RFID tag development. Our research data shows that, among the various industrial environments such as an extremely high temperature, cryogenic, high-humidity, flexible, high-durable, development of RFID tag in an extremely high temperature is inappropriate for laser bonding method, converting of heat energy as absorbing light energy or heat plate bonding method of straight heat transferring manner, on the other hand, is suitable for wire bonding method which directly connect bump to pattern using wire.

I. 서론

현재 광범위한 응용분야를 가지고 연구되고 있는 RFID(Radio Frequency Identification) 기술이 현재와 더불어 가까운 미래에 우리 생활의 전반에서 큰 영향을 미치게 될 것으로 기대된다.^{[1], [2]} RFID 기술

은 기존 바코드의 단점을 보완하며 산업기술의 정보화를 촉진시킴으로써, 국가기간 산업의 경쟁력 제고 및 유통·물류혁신으로 국가 산업 경쟁력 제고에 혁신적인 기여를 할 것으로 기대되는 정보인프라 기술이다. 전 세계적으로 RFID의 전체 시장 규모는 2012년에는 181.2억 달러를 넘어설 전망이고, 국내

※본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 수행된 연구결과임(09-기반. 산업원천기술개발사업)

* (재)광양만권 u-IT 연구소 (ejchoi@ugii.re.kr) ** 순천대학교 (blcho@sunchon.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-10-520, 접수일자 : 2009년 10월 31일, 최종논문접수일자 : 2010년 1월 11일

관련 시장 또한 2007년 1,948억원 규모 정도로 조사되었고, 매년 40% 이상의 고성장을 이루고 있다.

이런 관심과 기대에도 불구하고 RFID 기술이 전 산업으로 확대되지 못한 것은 각 산업별 적용 환경에 따라 고객만족도가 낮아 도입을 망설이는 걸림돌로 작용하고 있기 때문이다. 특히, 극고온, 극저온, 다습, 고내구성을 요하는 가혹한 환경에서 극복할 수 있는 RFID 태그 개발은 자동차·식품·철강 산업분야에 RFID 도입으로 기업의 도입 비용 절감 및 RFID 확산에 기여할 수 있으며, 이는 전산업 RFID 도입 확산 및 국가적 차원의 산업자동화의 견인차 역할을 담당할 것으로 기대된다. 산업별 상이한 요구조건을 만족시키기 위해서는 각 산업별 요구 사양을 수용할 수 있는 산업 맞춤형 RFID 태그 개발이 필수적이다. 이런 RFID 태그 개발은 태그 안테나 설계, 소재개발 및 태그 패키징 기술 개발을 통해 산업 맞춤형 RFID 태그 개발을 만족시킬 수 있다.

본 연구는 다양한 산업별 환경 중 극고온에서 견딜 수 있는 RFID 태그 패키징 개발 및 그에 맞는 RFID 태그 플립 칩(flip chip) 접합 방법에 대해 분석하였다.

II. RFID 태그 접합 방법

RFID 태그 플립 칩(flip chip) 접합은 와이어 접합(wire bonding), 초음파 접합(ultrasonic bonding), 열융착 접합(heat plate bonding), 레이저 접합(laser bonding)으로 이루어지고 있으며, 그중에서 가장 많이 사용하고 있는 접합 방법은 이방성 전도 필름(ACF : Anisotropic Conductive Film) 또는 이방성 전도 페이스트(ACP : Anisotropic Conductive Paste)를 이용하는 열융착 접합 방법이다.

열융착 접합(heat plate bonding) 방법과 레이저 접합(laser bonding) 방법에 사용되는 ACF 및 ACP는 이방성 전도성 물질로 직경이 5-10 μ m인 도전입자(Ni/Au)가 코팅된 polymer ball이 균일하게 분포되어 있다.^{[3],[6]}

RFID 태그 플립 칩(flip chip) 접합 방법의 특징 중 열융착 접합(heat plate bonding) 방법은 직접적인 열 전달 방식으로 200~220 $^{\circ}$ C에서 40~60N 압력을 가하여 ACF 및 ACP가 경화되면서 접합이 되며, 이는 공정이 단순하다는 장점이 있지만 샘플의 열적 손상과 접합 공정시간이 오래 걸린다는 단점도 있다. 레이저 접합(laser bonding)방법은 열융착

접합 방법의 단점을 보완하는 공정기술로 이방성 전도 필름 및 칩에서 빛에 대한 흡수율이 높은 파장을 선택하여 RFID 태그에 레이저를 조사하여 레이저의 빛 에너지를 흡수하여 열 에너지로 전환하여 접합하는 방법으로 에너지 전환과정이 짧은 시간에 이루어지기에 때문에 빠른 시간 안에 온도를 상승시킬 수 있어 기존의 열융착 접합보다 시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있는 반면 재질에 있어 제한적이라는 단점도 있다. 초음파 접합(ultrasonic bonding)방법은 접합하기 전에 플라즈마를 이용하여

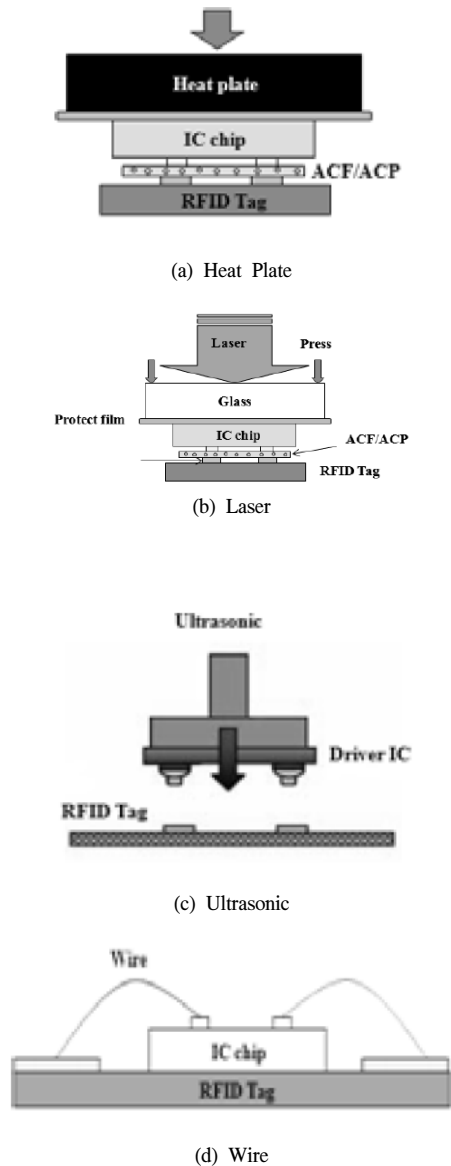


그림 1. RFID 태그 접합 기술

클리닝을 한 후 초음파를 이용하여 패턴과 패턴을 직접 접합하는 방법으로 직접 접합이기 때문에 접합 강도가 약하다. 이를 보완하기 위한 언더필(underfill) 공정이 추가되고 비용 부담도 늘어나는 단점이 있다. Wire solder를 이용하여 접합하는 와이어 접합(wire bonding) 방법은 와이어를 직접 안테나 패턴과 IC 범프와 연결하기 때문에 접합 신뢰성이 우수하며 가격이 저렴한 반면 공정 속도가 느린 단점이 있다.^[7]

III. 고온용 RFID 태그 패키징 및 접합 방법

다양한 산업 환경에 적용 가능한 RFID 태그 개발을 위해서 안테나 설계, 소재개발, 열전도율이 낮은 패키징 재료 등을 고려하여야 한다. 특히 자동차 도장 공정과 같이 극고온, 고내구성을 요하는 산업 환경에 RFID를 도입하기 위해서는 235℃에서 30~40분간 견딜 수 있는 RFID 태그 개발 및 RFID 태그 부착방법이 필요하다. 본 논문에서 측정용으로 사용한 RFID 태그는 자동차 도장 공정 환경에 적용 가능한 RFID 특수태그를 선정하였으며, RFID 특수태그의 제원은 표 1과 같다.

극고온, 고내구성을 요구하는 환경에 적합한 RFID 태그 패키징 재료는 울템(Ultem or PEI(poly ether imide)), 실리콘 수지(Silicon resin), C230(Mitsui Chemicals)을 선정하였다. 울템(Ultem)은 비정성의 고성능 열가소성 플라스틱으로 뛰어난 내열성과 강도를 갖고 있으며 폭넓은 주파수 영역과 온도 영역에서 안정된 전기적 특성을 나타낸다. 실리콘 수지(Silicon resin)는 피복력이 양호하고 내열성이 좋아 고온용 모터 등 여러 부분에 사용하고 있다. 일본의 대표적인 화학 회사인 Mitsui Chemicals에서 개발한 C230은 320℃의 고융점으로 내열특성이 우수하고 성형 시 유동성이 좋아 전자 부품 및 전기 전자 용도로 많이 사용하고 있다.

위의 패키징 재료를 선정한 후 RFID 특수태그에 사출 성형한 RFID 태그와 RFID 특수태그(w/o packaging)를 235℃로 설정된 Forced Convention

표 1. RFID 특수태그

	크기(mm)	재질	태그 칩	접합방법	인식거리
1	97x17x3	FR4	Texas Instruments	Laser bonding	2 m
2	97x17x3	FR4	Texas Instruments	Wire bonding	2 m

Oven(OF-22G)에 넣어 30분간 방치하는 고온시험을 실시하였다.

그 결과 RFID 특수태그 패키징의 종류와 RFID 태그 접합 방법에 따른 결과를 표 2와 같이 얻었다. 패키징을 하지 않은 RFID 특수태그(w/o 패키징)는 뒤틀림이나 부풀어 오름 현상 같은 외형 변형은 없었으나 태그의 변색이 일어났다. 울템(Ultem)을 패키징 재료로 이용한 RFID 특수태그는 235℃에서 견디지 못하고 외형 변형이 일어났으며, 나머지 패키징 재료인 실리콘수지와 C230은 외형 변형이 일어나지 않았다. 또한 RFID 태그 접합 방법에 따라 인식여부의 다른 결과를 얻을 수 있었다. RFID 태그 패키징 재료와 상관없이 RFID 태그 접합 방법이 레이저 접합(laser bonding) 방법일 경우 모든 RFID 특수태그는 인식되지 않았고, 와이어 접합(wire bonding) 방법일 경우 모든 RFID 태그가 인식됨을 확인 할 수 있었다. 그리고 인식 확인된 모든 RFID 태그는 고온 시험 후 인식거리가 초기 측정값 보다 0.3 ~ 0.5 m 정도 감소하는 열화현상이 일어남을 확인하였다. 인식여부 확인은 Alien ALR-9900 고정형 리더기 및 ALR-9611-CL 안테나를 이용하여 확인하였다. 위 결과로부터 고온용 RFID 태그 패키징 재료로 울템(Ultem)은 적합하지 않고, 실리콘 수지와 C230이 적합함을 알 수 있었다.

또한, RFID 태그 패키징 재료에 상관없이 접합 방법에 따라 인식여부의 다른 결과를 확인 할 수 있었는데, 이는 RFID 태그 안테나 패턴과 IC의 접합부의 변형에 의한 결과로 판단되어 RFID 태그 레이저 접합 방법으로 제작된 RFID 태그와 와이어 접합 방법으로 제작된 RFID 태그의 안테나 패턴과 접합되는 IC 범프의 접합부를 Video Microscope

표 2. RFID 특수태그 고온 시험 결과

	접합 방법	변형 여부	인식률(%)
w/o 패키징	Laser	변형	0
	Wire	변형	100
울템(Ultem)	Laser	변형	0
	Wire	변형	100
실리콘수지	Laser	변형 없음	0
	Wire	변형 없음	100
C230	Laser	변형 없음	0
	Wire	변형 없음	100

System(ASTICSN-G305B)을 이용하여 확인하였다.

그림2의 (a), (c)는 100배율로 RFID 태그 안테나 패턴에 IC가 접합된 부분이고, (b)와 (d)는 1200배율로 RFID 태그 안테나 패턴에 접합된 IC 범프의 이미지이다. (a)와 (b)는 RFID 태그 레이저 접합(laser bonding) 방법으로 제작된 RFID 태그 안테나 패턴과 IC 범프의 접합부 그림이며, 이는 안테나 패턴 위에 ACF(Anisotropic Conductive Film)가 도포되고 그 위에 IC를 올려 일정 압력과 레이저를 가하여 접합하게 된다. (b)는 RFID 태그 안테나와 IC 범프의 접합부를 떼어낸 그림으로 IC 범프에 ACF의 도전입자(Ni/Cu)가 균일하게 분포되어 있지 않고, IC 범프의 면적이 약 40% 증가한 것을 확인하였다. (c)와 (d)는 RFID 태그 와이어 접합(wire bonding) 방법으로 제작된 RFID 태그 안테나 패턴과 IC 범프의 접합부이며, 이는 wire solder를 이용하여 안테나 패턴과 IC 범프에 직접 연결하여 접합이 이루어진다. IC 범프에 연결된 와이어의 손상이나 IC 범프의 변형이 일어나지 않음을 확인하였다.

그림 3은 RFID 태그 레이저 접합(laser bonding) 방법에 사용되는 ACF(Anisotropic Conductive Film)에 대한 이미지이다. (a)와 (b)는 고온 시험 전의 ACF의 이미지를 각각 150배율과 1200배율로 나타내었으며 여기엔 균일한 도전 입자(Ni/Cu)가 고루 분포되어 있음을 확인할 수 있었다. 반면에 (c)와 (d)의 이미지는 고온 시험(235℃, 30min.) 후의 이미지로 ACF의 변색과 함께 고루 분포되어있던 도전 입자의 수가 현저히 감소한 것을 확인할 수 있

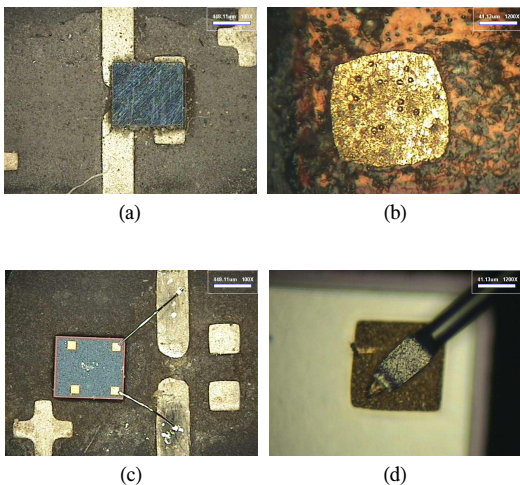


그림 2. RFID 특수태그 IC 접합부 이미지 : (a) 레이저 접합부(100배율), (b) 레이저 접합부의 IC 범프(1200배율), (c)와이어 접합부(100배율), (d) 와이어 접합부의 IC 범프(1200배율)

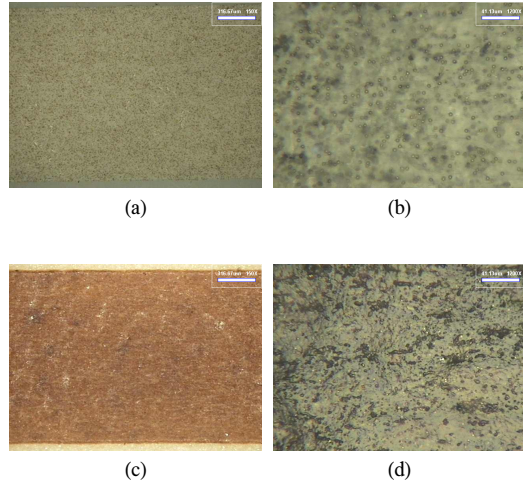


그림 3. ACF 필름 이미지 : (a), (b) 고온 시험 전 ACF 필름(150배율, 1200배율), (c), (d) 고온 시험 후 ACF 필름(150배율, 1200배율)

었다. 이는 ACF 및 ACP를 이용하여 접합하는 RFID 태그 열융착 접합(heat plate bonding) 방법의 단점인 직접적인 열전달 방식으로 인한 샘플의 열적 손상으로 볼 수 있다. 열융착 접합 시 열 변형을 줄이기 위해 온도와 공정시간을 조절하는데, 보통 200℃에서 5-6초 정도의 공정시간이 소요된다. 짧은 공정시간임에도 불구하고 샘플의 열 변형이 발생하는데, 본 실험 조건인 235℃에서 30분간 방치되는 고온시험에 RFID 태그가 견디지 못하고 열 변형이 일어나게 되고, 이의 직접적인 원인은 RFID 태그 안테나 패턴과 IC 접합부 사이에 도포된 ACF에 직접적인 열전달로 인한 열적 손상으로 인한 것임을 그림3에서 확인할 수 있었다.

앞서 진행했던 RFID 태그 패키징 재료에 따른 고온 시험의 인식률 결과에서 RFID 태그 레이저 접합 방법으로 제작된 모든 RFID 태그가 인식되지 않았던 이유는 ACF의 열적 손상과 IC 범프의 손상으로 인한 것임을 알 수 있었다. 이 결과로 고온용 RFID 태그의 접합 방법으로 ACF 및 ACP를 사용하는 열융착 접합(heat plate bonding) 방법과 레이저 접합(laser bonding) 방법은 부적합하고 고온에서도 변형이 없는 wire solder를 이용하여 직접 연결하는 와이어 접합(wire bonding) 방법이 적합함을 알 수 있었다.

IV. 결론

다양한 산업 환경에 적용 가능한 RFID 도입 시

RFID 태그 개발에 있어서 우선적으로 고려해야 할 사항은 RFID 태그 안테나 패턴과 IC의 접합부의 접합 방법과 RFID 태그 패키징 재료 선정임을 연구를 통해 알 수 있었다. 극고온, 고내구성을 요구하는 환경에 적합한 RFID 태그 패키징 재료는 Mitsui Chemicals에서 개발한 C230와 실리콘수지(Silicon resin)가 적합함을 연구를 통해 알 수 있었지만 고온에 의해 인식거리가 감소하는 열화 현상은 방지하지 못하였다. 앞으로 열화 현상을 보완할 수 있는 RFID 태그 패키징 재료에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것이다. RFID 태그 접합 방법으로는 ACF 필름을 이용한 레이저 접합 방법 및 열융착 방법은 부적합하고 wire solder를 이용하여 직접 접합하는 와이어 접합(wire bonding) 방법이 적합함을 알 수 있었다. RFID를 전 산업에 적용시키기 위해서는 다양한 환경에 적용할 수 있도록 RFID 태그, 패키징 재료, 접합 방법 등의 많은 실험 데이터를 정리 및 수집하여 기준을 만드는 작업이 앞으로 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M. Ward and R. V. Kranenburg, "RFID: Frequency, Standards, Adoption and Innovation", *JISC Technology and Standards Watch* May 2006.
- [2] J. Banks, M. Pachano, L. Thompson, and D. Hanny, *RFID Applied*, John Wiley and Sons 2007.
- [3] 최영재, 김광민, 최병열, 최현중, 이석우, "Flip Chip 형상에 따른 ACF 본딩 특성 분석", *한국정밀공학외논문지* pp.519-520, 2008.
- [4] 이준식, 김정환, 김복순, 이종현, "RFID tag의 제작 공정에서 비등방 전도성 접착제를 사용한 flip chip bonding 조건의 영향", *한국용접접합학회논문지*, pp.223-226 2007.
- [5] 강혜운, 최영재, 남성호, 이석우, 최현중, "ACF를 이용한 Flip-Chip 본딩 공정에서의 공정조건 최적화", *한국정밀공학외논문지*, pp.531-532 2008.
- [6] 지식경제부, "IT 부품용 이방성 도전 접착제(ACF)" 2009.
- [7] 류광현, 조상우, 남기중, "레이저 접합 방법을 이용한 RFID tag 생산시스템", *한국정밀공학외논문지*, pp.43-44 2008.

최 은 정 (Eun-Jung Choi)



정회원

2003년 2월 순천대학교 화학과 석사
2003년 9월~2005년 1월 한국 화학연구원 재직
2005년 3월~2007 4월 순천대학교 RIC 재직
2007년 5월~현재 (재)광양만 권 u-IT 연구소 재직

<관심분야> 화학, RFID 태그, 패키징 기술

유 대 원 (Dae-Won Yoo)



정회원

1997년 2월 순천향대학교 전자공학 공학사
1999년 2월 순천향대학교 전자공학 석사
2005년 2월 경기대학교 전자재료공학 박사
2007년 10월~현재 (재)광양만 권 u-IT 연구소 재직

<관심분야> 전자공학, RFID 리더, RFID/USN 시스템

변 종 헌 (Jong-Hun Byun)



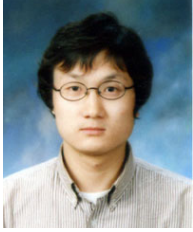
정회원

2004년 2월 광운대학교 전파공학과 석사
2004년 9월~2007년 5월 DB 정보통신 기술 연구소 재직
2008년 9월~현재 (재)광양만 권 u-IT 연구소 재직

<관심분야> 전파공학, RFID 태그, RFID 리더 안테나, RFID/USN 시스템

주 대 근 (Dae-Keun Ju)

정회원



2008년 2월 충남대학교 전파공학
학과 석사
2007년12월~현재 (재)광양만
권 u-IT 연구소 재직
<관심분야> 전파공학, RFID
태그, 안테나

조 병 록 (Byung-Lok Cho)

중신회원



1987년 2월 성균관대학교 전자
학과 공학사
1990년 2월 성균관대학교 전자
공학과 석사
1994년 2월 성균관대학교 전자
공학 박사
1994년~현재 순천대학교 전자
공학과 교수
1987년~1988년 삼성전자 재직
1996년~1997년 ETRI 초빙연구원
2001년~2003년 UC, Davis 방문연구원
2004년~2006년 순천대학교 육성사업단 부단장
2006년~현재 (재)광양만권 u-IT 연구소 소장
<관심분야> 전자공학, RFID/USN 시스템, UWB

성 봉 근 (Bong-Geun Sung)

정회원



2009년 2월 순천대학교 전자공
학과 공학사
2008년 9월~현재 (재)광양만
권 u-IT 연구소 재직
<관심분야> 전파공학, RFID,
소형 안테나