

## 유기 솔더 보존제의 코팅 및 플럭싱에 대한 메탄올/이소프로필알콜 비율의 영향

이재원 · 김창현\* · 이효수\*\* · 허강무 · 이창수 · 최호석†

충남대학교 바이오응용화학  
305-764 대전시 유성구 궁동 220  
\*호남석유화학  
305-726 대전시 유성구 장동 24-1  
\*\*생산기술연구원  
406-840 인천시 연수구 송도동 7-47  
(2008년 1월 23일 접수, 2008년 2월 10일 채택)

### Effect of MeOH/IPA Ratio on Coating and Fluxing of Organic Solderability Preservatives

Jae-Won Lee, Chang Hyeon Kim\*, Hyo Soo Lee\*\*, Kang Moo Huh, Chang Soo Lee and Ho Suk Choi†

School of Applied Chemistry and Biological Engineering, Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea

\*Daedeok Research Institute, Honam Petrochemical Co., 24-1 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-726, Korea

\*\*Nano Material Team, Advanced Material Center, Korea Institute of Industrial Technology, 7-47 Songdo-dong, Yeonsu-gu, Incheon 406-840, Korea

(Received 23 January 2008; accepted 10 February 2008)

#### 요 약

최근 모바일 전자 제품의 많은 사용으로 인하여 전자 기관의 기계적 충격에 대한 기준이 강화되고 있다. 따라서, 전자 기관의 패키징 공정에서 칩과 기관 간의 솔더 볼의 접합방법은 제품의 안정성과 신뢰성 확보를 위하여 기존의 금속간 화합물을 사용하는 방식에서 유기 솔더 보존제를 사용하는 방법으로 전환되고 있다. 그러나 기존의 유기 솔더 보존제들은 공정상에서의 열안정성 등의 여러 가지 단점이 발견되어 이를 보완하기 위한 새로운 유기 솔더 보존제의 개발이 요구되고 있다. 이전 연구에서 새로 개발된 유기 솔더 보존제를 기존 패키징 공정에 적용(플럭싱 공정에 적용)할 때, 사용되는 플럭스의 성분비(메탄올/이소프로필알콜)에 따른 플럭싱의 차이를 파악하고, 이를 통하여 새로운 유기 솔더 보존제에 적합한 플럭스를 포플레이션 하는 것을 목적으로 하고 있다. 연구 결과, 새로운 유기 솔더 보존제의 플럭싱에는 메탄올의 함량비가 높아질수록 플럭싱이 더 우수해지는 경향을 나타내었다.

**Abstract** – Recent popularity in mobile electronics requires higher standard on the mechanical strength of electronic packaging. Thus, the method of soldering between chip and substrate in electronic packaging process is changing from conventional method using intermetallic compound to a new method using organic solderability preservative (OSP) in order to improve the stability and the reliability of final product. Since current organic solder preservatives have several serious problems like thermo-stability during packaging process, however, it is necessary to develop new OSPs having thermo-stability. The main purpose of this study is to investigate the effect of MeOH/IPA (Isopropyl alcohol) ratio on the fluxing of a new OSP, developed in previous research, and to find out an optimum formulation of flux components for the application of the OSP in current packaging process. As a result of this study, it was revealed that higher MeOH/IPA ratio in flux showed better performance of fluxing a new OSP.

Key words: Organic Solderability Preservatives, Fluxing, Thermal Stability, Solubility

#### 1. 서 론

전자 패키지는 반도체 칩의 원활한 구동을 위하여 전기적으로 연결 및 물리적으로 보호를 해주기 위한 기술을 의미한다[1, 2]. 반도체 칩의 사용분야가 폭 넓게 됨에 따라 전자 패키지의 중요성은 더욱 크게 되었다. 최근 휴대폰, PDA(personal digital assistants),

portable network device 등 모바일용 마이크로 전자부품의 경박 단소화가 급속히 진행됨에 따라 CSP(chip scaled package), Flip-Chip BGA(ball grid array) 등의 SMT(surface mounting technology) 타입의 전자 패키지가 주를 이루고 있으며 모바일 제품으로 그 응용분야가 확대됨에 따라서 신뢰성 평가항목 중 drop test와 같은 충격 테스트의 중요성이 커지고 있다[3-5]. 전자 패키지 부품은 솔더 볼에 의하여 전기적, 열적으로 반도체 칩과 기관사이를 연결시키므로 솔더 볼 계면에서의 신뢰성이 전자 패키지부품의 전체 신뢰성을 대변

†To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: hchoi@cnu.ac.kr

할 만큼 중요하게 고려되고 있다. 최근에 개발되는 반도체 부품들의 솔더 볼 패드 직경이 300 mm 이하(0.5 피치 이하)로 극소화되면서 솔더 계면의 특성이 접합 면적의 감소로 급속히 취약해졌고 특히 drop test와 같은 충격 테스트에는 치명적으로 약한 특성을 나타낸다. 따라서, 산업계에서는 이러한 단점을 극복하기 위하여 최근 기존의 볼 패드에 처리되고 있었던 Ni/Au 코팅(coating)의 대체 재료를 찾기 시작하였다[6].

기존 Ni/Au 코팅은 Cu pad와 솔더 볼 사이의  $Ni_3Sn_4$  또는  $(Ni-Au)_xSn_{4-x}$ 의 금속간 화합물을 형성시킨다. 그러나  $(Ni-Au)_xSn_{4-x}$ 의 취성으로 인하여 drop test 및 bending test와 같은 충격 신뢰성에서 계면파단 등의 특성 감소가 유발되므로 Cu pad의 새로운 표면 처리 방법 또는 Cu pad와 솔더 볼 사이에서 Au를 포함하지 않는 금속간 화합물이 형성될 수 있는 처리방법이 대두되었고, 나노피막 유기 솔더 보존제(organic solderability preservatives)는 Ni/Au 코팅을 대체할 수 있는 획기적인 재료 및 처리방법으로 확인되었다[7, 8]. 유기 솔더 보존제는 Cu pad 위에 유기물질로 100-400 nm 두께로 코팅하여 패키지 공정 중에 Cu pad 산화방지, 오염방지 등의 역할을 하며 궁극적으로는 솔더 볼 접합공정 중 Cu pad와 솔더 볼 사이에 Au를 포함하지 않은  $Cu_6Sn_5$  및  $Cu_3Sn$ 의 금속간 화합물을 형성시킴으로써 모바일용 전자 패키지부품의 성능을 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다[9]. 그러나, 현재 사용되고 있는 Ni/Au 대체용 유기 솔더 보존제는 모바일용 패키지로는 사용이 부적합한 것으로 인식되어 왔다. 이러한 원인은 전자 패키지공정 중 공정 온도에 의하여 조성의 변화가 발생하고 열적안정성이 떨어지기 때문이며 그 결과로 Cu pad의 변색, 솔더 볼 미접합, 계면파단 등의 패키지 공정불량을 초래한다. Cu pad에 나노 두께로 코팅된 유기 솔더 보존제는 패키지공정 중 장시간 동안 고온에 노출되어야 하며, 패키지 공정 동안 Cu pad에서 열적 충격에 강해야 하고, 또한 솔더 볼 접착공정에서 post-flux에 의하여 쉽게 제거되어야 한다. 그러나 일반적으로 상용되고 있는 유기 솔더 보존제는 최근의 이러한 요구조건에 충분히 만족되지 못하고 있으며, 패키지공정 중 비젯음성, 벗겨짐, 잔사, pitting 등의 여러 가지 결함으로 인하여 전자패키지 부품 신뢰성 감소를 유발하고 있다.

전자회로기판에 코팅된 유기 솔더 보존제를 여러 가지 패키징(packaging) 공정을 거친 후 제거하는 것은 전자패키지 공정에서 매우 중요한 부분 중 하나이다. 그러므로 플럭싱(fluxing)에 사용되는 플럭스(flux) 용액의 개발 또한 유기 솔더 보존제와 더불어 이루어져야 하며, 그러기 위해선 플럭스 용액의 성분을 파악하는 것이 중요하다. 기존의 상용되는 플럭스 용액의 알코올계 성분 중 이소프로필알콜(Isopropyl alcohol)이 함유되어 있음에 착안하여 100% 이소프로필알콜로 플럭싱한 결과 표면특성 회복의 어려움을 발견하였고, 이를 해결하기 위하여 메탄올(MeOH)이소프로필알콜의 비율을 조절하여 실험하였다. 따라서, 본 연구에서는 나노피막을 형성하는 유기 솔더 보존제의 플럭싱에 쓰이는 flux 용액의 알코올계 성분 중 이소프로필알콜과 메탄올의 부피 비를 달리하여 그에 따른 플럭싱 정도의 변화를 관찰하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 시약 및 재료

본 연구에서는 유기 솔더 보존제의 용질로 알릴아민(allylamine; Aldrich, 98%)을 이용하여 만든 고분자 합성물(Poly(vinyl pyridine)

계 공중합체)을 사용하였고[10], 용매로는 이소프로필알콜을 사용하였다. Cu-pad(4.5×4.5)의 표면을 유기 솔더 보존제를 사용하여 코팅한 후, 메탄올과 이소프로필알콜의 혼합용액을 사용하여 플럭싱한 후 표면의 변화를 관찰 하였다.

### 2-2. 유기 솔더 보존제 용액 혼합

고분자합성물 1 g을 이소프로필알콜 100 ml를 담은 비커에 넣고 혼합시켰다. 1 wt%의 유기 솔더 보존제가 담긴 비커를 항온조에 넣고 40 °C를 유지하였다.

### 2-3. 유기 솔더 보존제 코팅

기질인 Cu pad의 표면을 질소가스로 블로잉(blowing)함으로써 표면을 세척하였다. 이것을 40 °C의 항온조에 있는 유기 솔더 보존제 용액이 들어있는 비커에 담고 코팅하는 dip-coating 방법을 이용하였다. Dip-coating 시간은 1분으로 하였다. 코팅 후 Cu pad를  $N_2$  가스를 이용하여 Cu pad의 표면을 균일하게 해주며 동시에 세척(cleaning)하였다. 이것을 증류수에서 2분간 세척하였고, 이를 다시 질소 가스로 불어주어 Cu 표면의 물기 및 이물질을 제거하였다. 이를 반복하여 실험에 사용될 여러 개의 시편을 확보하였다.

### 2-4. 코팅된 Cu pad의 열처리

Cu pad를 유기 솔더 보존제로 코팅한 후 고온에서도 열적 안정성을 확보하여 Cu 표면을 보호해 줄 수 있는 지를 확인하기 위해 열처리(신생, SCEF-301, 세라믹 매물식 1200C Digital 250×300×160)를 이용하여 180분(3시간)동안 220 °C에서 고온처리를 하였다.

### 2-5. 플럭싱 용액 제조

코팅된 시편을 플럭싱하기 위해 플럭스 용액을 제조하였다. 기존의 상용 플럭스 용액에 다량의 이소프로필알콜과 소량의 메탄올이 함유되어 있다는 점을 감안하여 순수 이소프로필알콜 100% 용액만으로 플럭싱을 하였으나 수차례의 실험에도 우리가 개발한 유기 솔더 보존제 물질을 제대로 플럭싱해내지 못하였다. 이것을 감안하여 이소프로필알콜의 부피 함량비율을 달리하여 그에 따른 플럭싱 정도의 변화를 관찰해 보기로 하였다. 메탄올과 이소프로필알콜의 부피비율을 10% 단위로 달리하여 플럭싱 용액을 제조하였다.

### 2-6. 유기 솔더 보존제 플럭싱 및 접촉각 측정

플럭싱의 목적은 코팅된 Cu pad 시편을 원래의 깨끗한 Cu pad의 표면 상태로 회복시키는 것에 있다. 따라서 Cu pad의 표면을 손상시키지 않고 얼마나 유기 솔더 보존제용 고분자합성물을 제거할 수 있는지가 주요 과제였다. 우선 Cu pad 원판의 표면 특성을 알아보기 위해 sessile drop 방법을 이용한 접촉각 분석기(drop shape analyzer, DSA100, Kruss, Germany)를 이용하여 접촉각을 측정하였다. 다음으로 유기 솔더 보존제를 코팅한 Cu pad의 표면 역시 접촉각을 측정하여 관찰하였다. 마지막으로 코팅된 Cu pad를 플럭싱한 뒤 표면의 접촉각의 변화를 관찰하였다. 플럭싱은 메탄올과 이소프로필알콜의 비율을 각각 다르게 한 플럭스 용액이 담긴 비커에 코팅된 Cu pad를 넣고 1분간 수행하였다. 이것을 다시 초음파세척기에서 1분간 세척하였고, 질소가스를 이용해 표면의 수분과 이물질을 제거하였다. 플럭싱 후의 Cu pad 표면 역시 접촉각을 측정하여 표면 특성을 관찰하였다. 측정된 접촉각은 한 시편의 여러 곳에

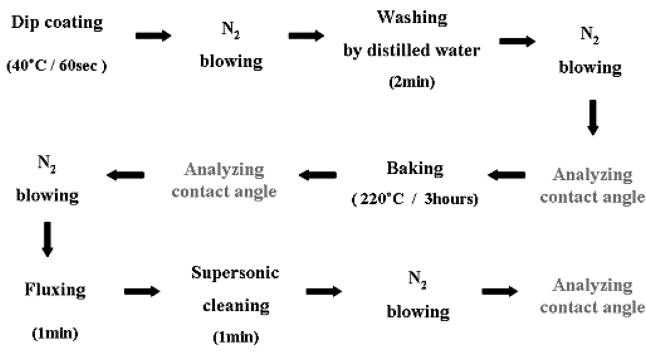


Fig. 1. Experimental procedure.

서 측정하였고 같은 조건의 여러 시편을 측정하여 평균값을 측정하였다. 전체 실험의 절차는 Fig. 1에 도시하였다.

2-7. FT-IR 및 SEM 분석

접촉각 측정으로는 간접적인 표면의 상태를 파악하는데 국한되기 때문에 코팅된 고분자 막의 확인과 각 공정 이후에 코팅 층의 안정성이나 제거 여부 등을 측정하기 위하여 FT-IR을 이용하여 표면의 관능기들을 관찰하였고, 아울러 SEM 분석을 통하여 형성된 코팅 층을 관찰하였다.

3. 결과 및 토론

3-1. 유기 솔더 보존제 코팅

합성한 고분자를 각각 이소프로필알콜에 0.5 wt%, 1.0 wt%, 1.5 wt%, 2.0 wt%, 3.0 wt% 농도로 녹인 후 이를 Cu Pad 위에 dip-coating하여 고분자 피막을 형성하였고, FT-IR을 측정하여 Fig. 2와 같은 스펙트럼을 얻었다. Fig. 2를 살펴보면, 코팅된 고분자는 각각 1,600 cm<sup>-1</sup>, 1,410 cm<sup>-1</sup>, 820 cm<sup>-1</sup>에서 특성피크를 나타냄을 알 수 있으며, 고분자 용액의 농도가 진할수록 그 피크의 크기가 증가함을 확인할 수 있다. 이는 고분자의 농도가 진할수록 Cu pad에 코팅되는 고분자 층의 두께가 증가하게 되고, 따라서 피크의 흡수도

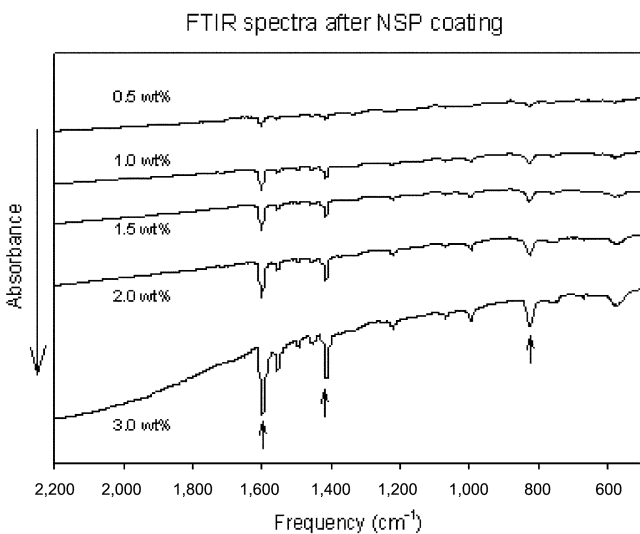


Fig. 2. FT-IR Spectrum of polymer layer coated on the surface of Cu Pad with respect to coating solution concentration.

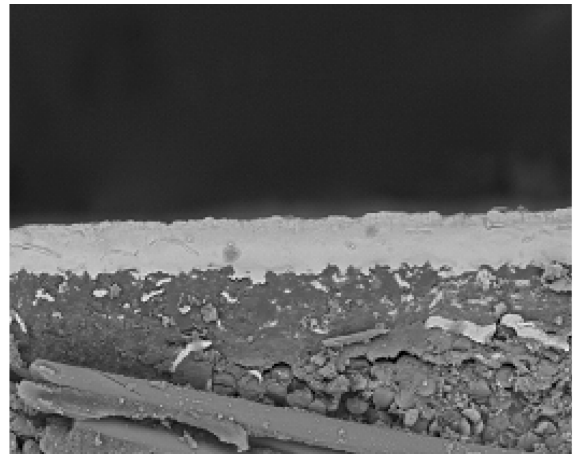


Fig. 3. SEM photo of Cu Pad coated with 0.5 wt% polymer solution (x500).

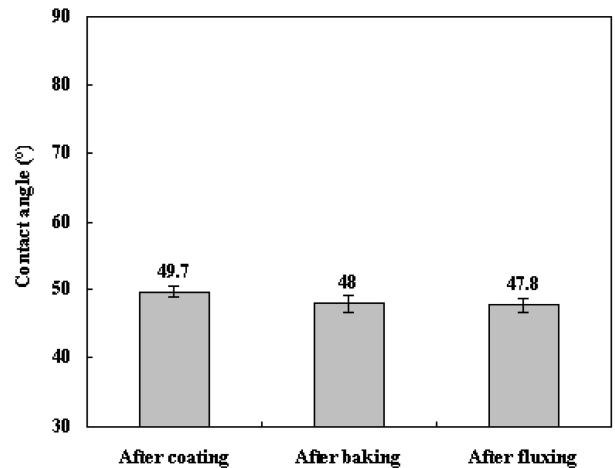


Fig. 4. Change of contact angles after microelectronic packaging process (in case of using 100% IPA).

(absorbance)가 증가하기 때문이다. 코팅 후 코팅 표면의 FT-IR을 측정함으로써 Cu Pad 위에 합성한 고분자가 균일하게 코팅이 되었음을 확인하였다. 한편, SEM 분석을 통하여 가장 낮은 0.5 wt%의 용액도 Cu pad 위에 균일한 고분자 피막을 형성하는 것을 확인하였고(Fig. 3), 이때 피막의 두께는 약 1.0 μm이었다. 코팅된 샘플의 여러 부위에서의 접촉각 측정을 통하여서도 표면의 친수성 및 코팅의 균일성을 확인할 수 있었다(Fig. 4). Fig. 4의 접촉각 측정결과에서 보는 것처럼 표면처리 되지 않은 일반적인 Cu pad 표면의 접촉각은 85도 정도인데, 고분자를 코팅한 후의 접촉각은 대략 45~50도 정도로 친수성이 상당히 높아지는 경향을 나타내었다.

3-2. 코팅된 Cu pad의 열안정성

합성된 고분자를 이소프로필알콜에 각각 0.5 wt%, 1.0 wt%, 1.5 wt%, 2.0 wt%, 3.0 wt% 농도로 용해시켜 Cu Pad 위에 코팅하고, 이를 각각 220 °C에서 3시간 동안 베이킹(baking)한 후 상용 플럭스로 플럭싱을 진행하였다. 여러 가지 농도의 고분자 용액을 사용하여 코팅하였을 때, 열처리 후, 그리고 플럭싱 후, Cu Pad 표면을 FT-IR을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 Fig. 5(a)-(e)에 나타내었다. 고분자를 코팅한 후 고분자의 고유한 특성피크를 관찰할 수 있

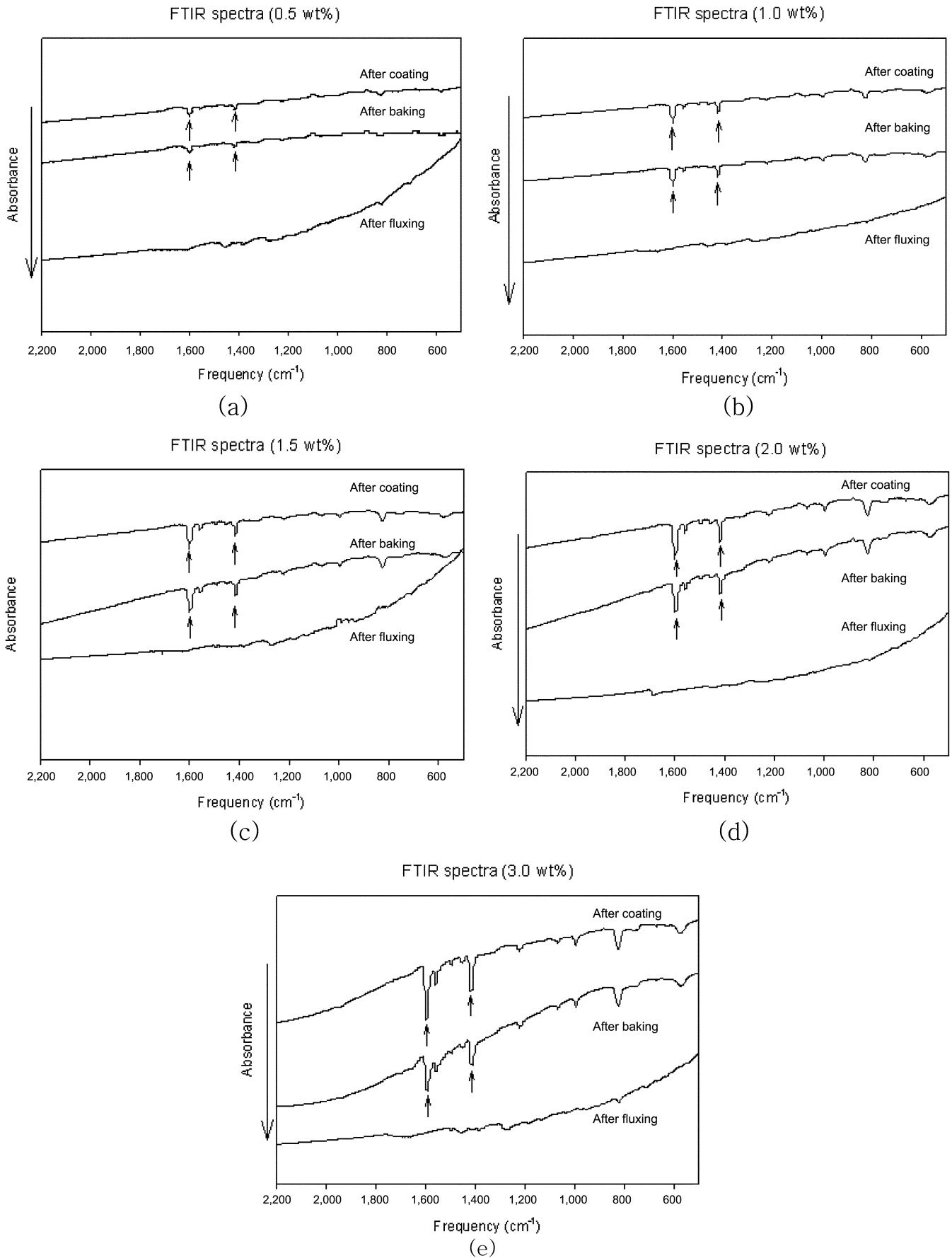


Fig. 5. FT-IR spectrum of Cu Pad surface (polymer solution concentration (wt%); (a) 0.5 (b) 1.0 (c) 1.5, (d) 2.0, (e) 3.0).

었고, 이를 220 °C에서 3시간 동안 베이킹한 후에서 고분자의 고유한 특성피크를 여전히 관찰할 수 있음으로써 코팅된 고분자가 베이킹 공정에도 매우 안정함을 확인할 수 있었다. 이것은 이미 이전에 실시하였던 TGA 등 열분석 시험 결과[10]를 통해서도 고분자 물질이 고온에서 매우 안정함을 확인하였던 결과와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 한편 본 연구에서 합성한 고분자 물질이 현재 상용화 라인에서 바로 사용할 수 있는지를 확인하기 위해 220 °C에서 3시간 동안 베이킹한 후 상용 플럭스를 이용하여 플럭싱을 진행하였고, 플럭싱 후 Cu Pad의 표면을 FT-IR을 통해 관찰함으로써 새로 합성한 유기 솔더 보존제가 플럭싱이 잘 되었는지를 또한 확인하였다. 플럭싱 후의 FT-IR 스펙트럼을 살펴보면 모든 농도에 대해 유기 솔더 보존제의 특성피크가 모두 사라짐을 관찰할 수 있었다. 이것은 상용 플럭스에 의해 코팅된 유기 솔더 보존제가 완전히 제거되었음을 의미한다. 이로부터 본 연구에서 합성한 유기 솔더 보존제는 현재 사용되고 있는 상용화 라인에 바로 적용하여 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다. 한편 접촉각 측정(Fig. 4 및 6)에서 볼 수 있듯이 베이킹 이후에 표면 접촉각의 변화가 없는 것으로 보아 코팅된 고분자 막이 변성되지 않고 Cu pad의 표면 산화를 방지하는 역할을 함을 알 수 있었다. 이 결과는 FT-IR로 분석한 결과와 일치하는 결과를 보여주었다. 이것을 통하여 기존의 유기 솔더 보존제를 사용하여 같은 온도에서 열처리를 한 표면과 비교하였을 때 상당한 열안정성의 향상이 있었음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

### 3-3. 유기 솔더 보존제 플럭싱

일반적으로 유기 솔더 보존제 용 코팅 액은 유기고분자 중합체 용액과 용매인 물, pH 조절제 및 기타 첨가제로 이루어진다. 따라서 사용될 고분자 물질은 알코올계 용매 및 post-flux에 대한 용해도가 기본적으로 요구됨과 동시에 패키징 공정 중에 행해지는 수세 공정에서의 안정성을 위해 낮은 수용해도가 필요하다. 먼저 기존의 공정에서 사용되는 유기 솔더 보존제 용 플럭스에 사용되는 알코올계 용매 중 이소프로필알콜이 80% 이상을 차지하는 것을 감안하여 순수 이소프로필알콜 만을 가지고 플럭싱을 하였다. 열처리 후의 Cu pad를 질소가스로 세정한 후 이소프로필알콜이 들어있는 비커에 딥핑(dipping)하여 1분 동안 세척하였다. 이 과정에서 Cu pad 표면에 코팅 막이 제거되어야 하지만 이소프로필알콜 만을 사용한 경우 코팅 막을 제대로 제거하지 못하는 것을 육안으로도 확인할 수 있었다. 알코올에 딥핑하여 플럭싱을 한 후 초음파 세척기(BRANSON, US/B3510E-DTH)에 들어있는 증류수 비커에 딥핑하여 1분간 초음파세척을 하였고, 질소가스를 이용하여 Cu pad 표면을 cleaning하였다. Fig. 4는 순수 이소프로필알콜 만을 사용하여 플럭싱한 Cu pad 표면의 접촉각을 측정한 결과이다. 플럭싱 후에 접촉각이 Cu pad 원판의 접촉각에 근접하게 회복되어야 하지만 접촉각의 변화가 거의 없는 것으로 보아 플럭싱이 제대로 이루어지지 않은 것을 알 수 있다. Fig. 5와 6은 현재 상용되고 있는 플럭스를 사용하여 플럭싱한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 Cu pad 원판 표면의 접촉각으로 어느 정도 회복되는 것을 볼 수 있다. 이로부터 본 연구에서 개발한 유기 솔더 보존제는 이소프로필알콜이 주성분인 알코올계 용매가 포함된 플럭스 용액에는 효과적인 플럭싱이 이루어 지지 않음을 알게 되었다. 이에 따라 이소프로필알콜과 메탄올을 현재 상용되고 있는 8:2의 비율로 혼합하여 플럭싱하여 보았다. 이 결과 수차례의 접촉각 측정에도 원하는 수준의 회복은 이루어 지지 않았지

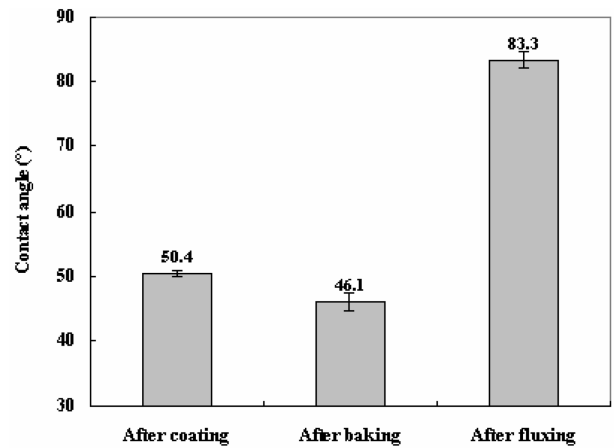


Fig. 6. Change of contact angle after each micro-electronic packaging process (in case of using commercial flux).

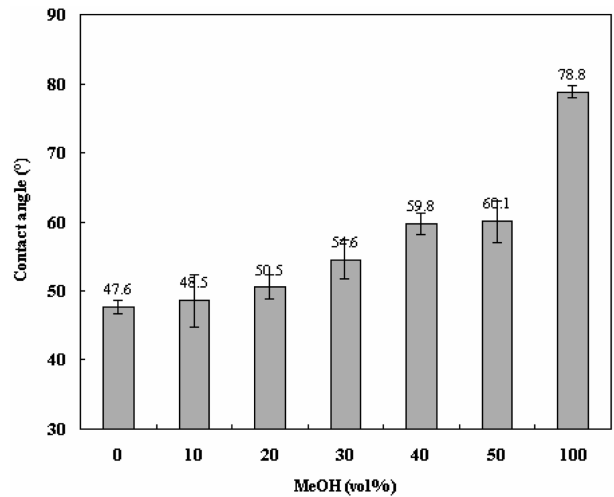


Fig. 7. Change of contact angle with respect to MeOH/IPA ratio after fluxing.

만 순수 이소프로필알콜 만을 사용할 때와 비교하여 약간의 상승을 보였다. 이것으로부터 본 연구에서 개발한 유기 솔더 보존제의 플럭싱에 메탄올의 영향이 클 것이라는 가정 하에 메탄올의 함량을 달리하여 플럭싱을 해보았다. 그 결과 Fig. 7에서 볼 수 있듯이 메탄올의 함량이 증가할수록 접촉각이 증가하여 Cu pad 원판 표면의 값으로 상당한 회복이 이루어진 것을 확인할 수가 있었다. 이를 더 확인하기 위하여 이소프로필알콜과 메탄올의 구성비를 달리한 플럭스 용액으로 각각 플럭싱 한 Cu pad 표면들을 FT-IR로 분석하여 Fig. 8에 도시하였다. 그 결과, 이소프로필알콜 단독으로는 코팅된 유기 솔더 보존제를 Cu Pad로부터 완전히 제거할 수 없음을 알 수 있었고, 이소프로필알콜에 메탄올을 혼합하여 플럭스 용액을 제조한 후 이를 이용해 플럭싱하였을 경우에는 Fig. 8에서와 같이 메탄올의 함량이 20% 이상일 때 유기 솔더 보존제의 특성피크가 사라짐을 관찰할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 합성한 유기 솔더 보존제의 플럭스 용액으로서는 메탄올 함량이 20% 이상 함유되어 제조하는 것이 바람직함을 확인할 수 있었다. 이로부터 기존의 상용유기 솔더 보존제와는 달리 본 연구에서 제조한 유기 솔더 보존제는 이소프로필알콜보다 메탄올의 영향을 훨씬 크게 받는 것을 알 수 있었다.

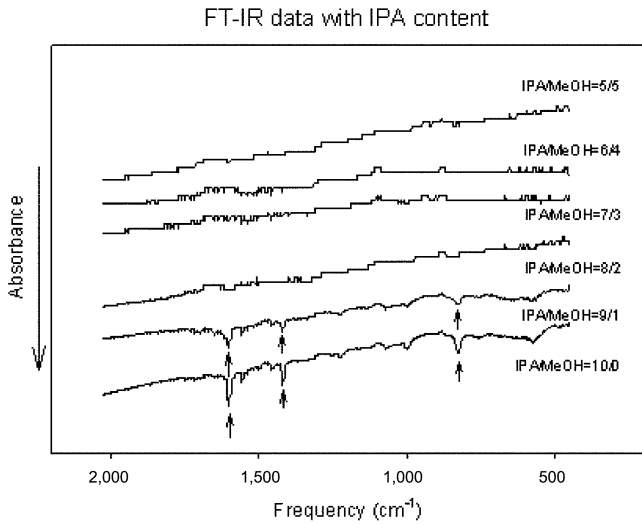


Fig. 8. FT-IR spectrum of Cu Pad surface with respect to MeOH/IPA ratio after fluxing.

#### 4. 결 론

Poly(vinyl pyridine)계 공중합체를 합성하여 유기 솔더 보존제 용 코팅제로서의 열 또는 산화방지 특성을 평가하는 과정에서 플럭스 조성에 따른 변화를 관찰하였다. 본 연구에서 합성된 고분자물 유기 솔더 보존제의 플럭싱에는 기존의 유기 솔더 보존제와는 달리 메탄올이 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 즉, 본 연구에서 합성한 유기 솔더 보존제의 경우에는 플럭스 용액 내의 메탄올 함량이 20% 이상 되어야 함을 알 수 있었다.

#### 감 사

본 논문은 2005년도 산업기술평가원 신기술실용화기술개발사업 (과제번호 10023250) 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Tummala, R., Rymaszewski, E. J. and Klopfenstein, A. G., *Microelectronic Packaging Handbook*, International Thompson Publishing, Vol. 2, 2nd Edition, New York(1997).
2. Tummala, R., "SOP: Microelectronic Systems Packaging Technology for the 21st Century," *Advancing Microelectronics*, **26**(3), 29(1999).
3. Tee, T. Y., Luan, J., Pek, E., Limb, C. T. and Zhong, Z., *2004 Electronic Components and Technology Conference*, 1088(2004).
4. Zhang, X., Tee, T. Y., *2004 Electronic Components and Technology Conference*, 593(2004).
5. Tee, T. Y., Ng, H. S., Lini, C. T., Pck, E. and Zhong, Z., *2003 Electronic Components and Technology Conference*, 121(2004).
6. Denis, V. and Gilles, C., *Electronic Manufacturing Technology Symposium, 18<sup>th</sup> IEEE/CMPT International.*, 101(1995).
7. Watanabe, Y., *2001 International Symposium on Advanced Packaging Materials*, 165(2001).
8. Lee, D.-J. and Lee, H.-S., "Major Factors to the Solder Joint Strength of ENIG Layer in FC BGA Package," *Microelectronics Reliability*, **46**, 1119-1127(2006).
9. Chang, D., Bai, F., Wang, Y. P. and Hsiao, C. S., *2004 Electronics Packaging Technology Conference*, 149(2004).
10. Im, J. H., Lee, H. J., Huh, K. M., Kim, C. H., Lee, H. S., Lee, C. S. and Choi, H. S., "Preparation and Evaluation of Poly(vinyl pyridine) Copolymers for Organic Solderability Preservatives," *Polymer(Korea)*, **30**(6), 519-524(2006).