

# 디지털 프린팅용 도전성 접착제의 기계적·열적·전기적 특성

김 용 성 · 박 태 석

## Mechanical, Thermal and Electrical Properties of Conductive Adhesive for Digital Printing

Young-Sung Kim and Tae-Suck Park

### 1. 서 론

최근 전자기기에 사용되는 납 및 그의 화합물(유연)은 환경과 인체에 악영향을 끼치는 문제로 인해 납 성분이 없는(무연) 재료의 개발이 진행되고 있다. 그러나 이 무연접합은 유연접합에 비해 전체 공정비용인 온도특성, 작업성 등의 문제도 남아있다. 한편 유연 및 무연접합(납땀)을 대신하는 새로운 접합 방법으로 전도성접착제가 유력한 후보로 검토되고 있다. 도전성 접착제는 납땀과는 달리 수지(바인더) 경화물로 기계적 강도를 유지하면서 그 내부에 충전된 금속분말(필러)로 전기전도 및 열전도를 얻고 있다. 전도성 접착제의 납땀 대체용도는 반도체 칩의 다이본드, 플립칩 본딩, 수정진동자, 센서 등의 전자부품의 조립, 하이브리드 IC, MCM (Multi Chip Module), BGA (Ball Grid Array)/CSP (Chip Scale Package) 칩 부품 등의 표면실장, 칩 콘덴서 등의 부품 및 소형 모듈부품의 재료뿐 아니라 차세대 고 밀도배선과 금속이 외의 플라스틱, 세라믹, 카본, 유리 등의 각종 전극재료 등에 납땀으로는 접합할 수 없는 부분에도 적용이 가능하다<sup>1)</sup>. 따라서 도전성 접착제는 납땀에 대해 비중이 작고, 비가역 화학반응에 의한 경화를 하기 때문에 낮은 온도에서 실장됨에도 불구하고, 실장 온도 이상에서 견디며, 레지스터, 도금, 세정이 필요치 않는 것에 더불어 환경대응, 에너지 절약, 용이한 자원재활용 등 많은 장점을 가진다. 반면 납땀이 가지는 안정하고 양호한 전기전도성, 열전도성, 고주파 특성은 전도성접착제가 이들 특성을 만족해야한다. 최근 "Printable Electronics"로의 관심이 높아지고 있어서 스미토모(주)에서 개발된 전도성접착제가 납땀이 가진 일반적 특성 및 열과 고주파 전기특성 향상을 위한 일반특성의 비교와 나노금속입자의 적용사례를 소개한다.

### 2. 전도성접착제의 조성·특성개요

각종 합금으로 구성된 무연 납땀에는 재료접합기술에

장단점이 존재한다. 모든 실장 형태를 금속성의 납땀으로 극복하는 것은 불가능하다. 특히 유연합금을 대체하는 즉 300℃를 초과한 가혹한 환경에서 실장이 가능한 고온의 내열납땀을 사용하는 근본적인 대책의 부재와 더욱이 신뢰성이 높은 100~150℃ 부근에서 저온실장을 가능하게 하는 저온납땀이 결여되어 있다. 무연 금속합금 납땀으로 이러한 저온 실장성과 고온 실장성을 동시에 구현 하는 것이 불가능하기 때문에 이러한 양극단의 성질을 동시에 만족 할 수 있는 Ag-에폭시계의 전도성접착제가 실장기술 분야에 주목을 받고 있다.

무연 땀의 용점과 전도성접착제(Ag에폭시접착제)의 실장온도<sup>2)</sup> 및 범용 전도성접착제의 구성을 그림 1과 그

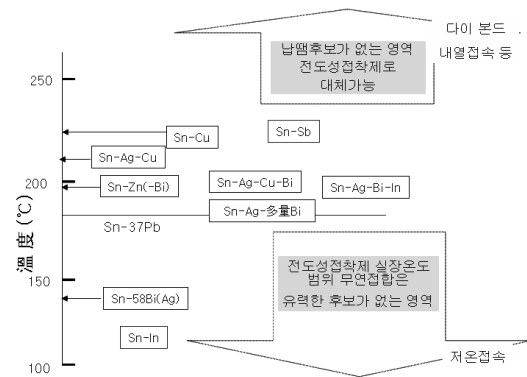


그림 1 무연접합의 용점과 전도성접착제실장온도

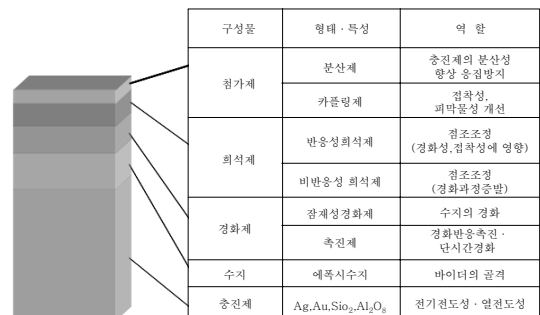


그림 2 범용 전도성접착제(Ag에폭시)의 구성

림 2에 나타내었다.

전도성접착제는 가열경화에 의해 전기, 열전도성, 접착성을 확보한다. 그 구성은 필러, 수지, 잠재성 경화제, 첨가제 및 점도조정용 용제로 구성된다.

필러의 안정성, 취급용이성, 신뢰성의 면에서 Ag가 주로 사용되나, 그 외 Cu, Ni, Ag/Pd합금, Ag가 도금된 Cu분말도 사용된다. 분말은 대략 0.5~10 $\mu$ m의 지름을 갖는 구상 및 비늘상의 입자로 그 표면에는 스테아린산, 올레인산 등의 고급지방산이 아주 얇게 코팅되어 있다. 이 효과에 의해 바인더중의 필러의 응집 및 침강방지가 된다. 바인더에 제공되는 수지는 경화물의 내열, 내습, 전기특성, 접착력 등에 균형을 맞춘 에폭시수지가 많으며, 그 외 페놀, 아크릴, 폴리이미드 같은 열경화성 수지도 사용된다. 잠재성 경화제는 상온에서 활성을 억제하기 위해 변성된 아민, 아미드, 페놀수지를 사용할 수 있다. 첨가제는 피접착체와 접착력 향상을 위해 커플링제, 필러의 분산과 침전방지 효과를 갖는 비정질 실리카가 사용되며, 밀착성 및 응력완화 특성을 더하기 위해 알키드 수지, 페놀기수지 등을 적절히 선정해 사용한다. 이러한 재료는 전자제품의 작동불량방지의 관점에서 Cl, Na, K, B, S 등의 이온성 함유물을 엄격히 제한한다. 표 1에 전도성접착제의 요구특성을 나타내었다. 납땀에 필적하는 열·전기·주파수 특성이 요구된다<sup>3)</sup>.

### 3. 전도성접착제의 열·주파수특성

#### 3.1 고열전도 특성

칩 부품의 발열을 기판에 배제하기 위해 전도성접착제에 높은 열전도특성이 요구되고 있다. 기존에 사용되고 있는 전도성접착제의 열 전달율은 3~8W/m·K정도며 Pb-5Sn 납땀의 38W/m·K, Sn-37Pb 납땀의 50W/m·K에 비하면 거리가 있다. 전도성접착제의 사용자인 전기·전자메이커에서는 Thermal IC칩을 전도성접

착제로 실장 시 회로에 맞추어 구동시킴으로 전도성접착제의 열 저항을 측정하는 방법을 사용한다. 그러나 이 방법을 재료제조업체 등이 받아들이는 것은 칩의 입수·측정설비 및 주변기술 등에 어려움이 있다. 최근 이러한 결점을 보완한 간편하게 박막재료로 측정할 수 있는 방법 및 장치(AC 카로리메토리법, 수지재료 열 저항 측정 장치 등)<sup>4)</sup>가 개발됨에 따라 개발이 가속화되고 이미 국내외 여러 회사에서 20W/m·K를 상회하는 고열전도성 접착제가 발표되고 있다.

그림 3은 AC 카로리메토리법에 의해 측정된 전도성접착제 경화물과 납땀의 특성을 보인다.

전도성접착제의 경화조건은 모두 대기분위기로 200 $^{\circ}$ C·60분이다. 이 전도성접착제는 저점도의 에폭시계 수지의 바인더 중에 형상, 입경, 코팅제가 다른 여러 종류의 Ag 분말을 혼합해 경화물 중에서의 Ag의 충전 밀도를 올릴 수 있게 연구되어왔다. 전도성접착제 경화물 중에 Ag분말량이 40 vol%를 넘을 때부터 열전도율이 급격하게 증가하여 60 vol% 정도에서 납땀에 필적하는 열전도율을 얻을 수 있음을 그림 3에서 볼 수 있다.

그림 4는 전도성접착제의 접착강도와 열전도율의 관계를 나타낸 것이다. 필러의 증가에 따른 바인더량이 상대

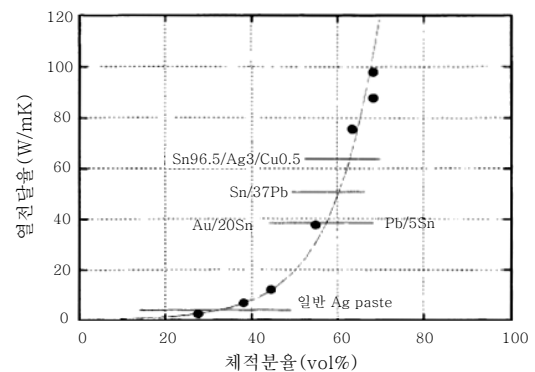


그림 3 전도성접착제(경화물)와 납땀의 열 전달율 (●:전도성접착제의 측정치)

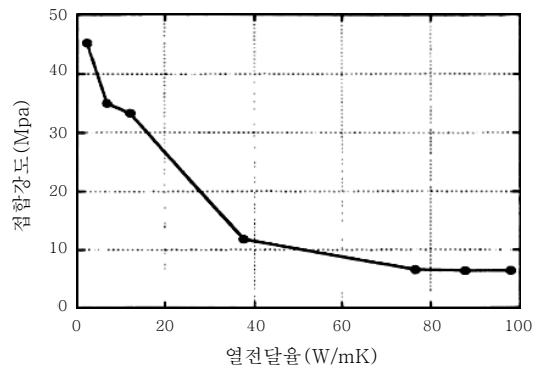


그림 4 전도성접착제(Ag에폭시)의 접착강도와 열전달율의 관계

표 1 전도성접착의 요구특성

요구특성	Ag에폭시 접착제	유연/무연 접합	비고 (Ag 에폭시 접착제)
작업성·보존안정성	○	○	0±5 $^{\circ}$ C/~6개월 ≤200 $\mu$ m의 파인피치인쇄
저온접합성	○	×	~150 $^{\circ}$ C × 15~30분 또는 ≤200 $\mu$ m의 파인피치인쇄
접합강도·내열강도·내열 사이클특성	○	○	접합강도: ≥50N/1.5mmLC(실온) 1내열강도: ≥10N/1.5mmLC (350 $^{\circ}$ C×20초)
셀프열라인·리페어	△-○	○	어려움
전기전도성	△-○	○	10 <sup>-4</sup> ~ 10 <sup>-5</sup> Ω·cm
열전도성	×	○	~수W/m·K가 일반적
고주파수특성	×	○	~수MHz까지가 한계?
환경·안전·리사이클	○	×	고안전성·리사이클 용이
가격	△	○	라인, 에너지, 환경 등의 총비용 산출필요
신기술·고밀도·고기능성	○	△	고기능·고밀도·고집적·경박단소화

전도성접착제의 열전달율, 고주파특성

적으로 감소하는 것에서 접촉강도는 저하해 작업성의 악화도 진행된다. 저항율은 필러함유율 40 vol%를 넘을 때부터 큰 변화는 보이지 않는다. 이로부터 필러의 충전 밀도를 올려 소량의 바인더로 작업성·접촉강도를 확보할 수 있는 전도성접착제의 설계가 필요하게 된다. 스미토모에서는 필러의 형상이나 입자크기의 최적화 및 내열성과 접착성을 향상시킨 바인더의 개발<sup>5)</sup>을 수행하여 필러 함유율을 높이고 접착성을 겸비한 20~40 W/m·K의 열전도율이 가능한 전도성접착제를 발표하고 있다. 이 접착제는 파워디바이스의 실장시험에 있어 Au/Sn 고정합금과 동등한 열전도성을 갖는다는 것이 확인되어 소형모바일 기기의 부품실장에 사용되고 있다.

### 3.2 고주파수 특성

종래 전도성접착제는 수 MHz 이하의 주파수영역에서의 사용이 한계라고 알려졌다. 그러나 전도성접착제의 조성내용·설계를 바꾸는 것으로 수 GHz의 고주파수에 대응하는 디바이스에 사용할 수 있는 가능성이 나타나고 있다.

당사에서는 전도성접착제를 이용해 알루미늄기판위로 두께 30±5μm·폭 1.1 mm·길이 21mm의 마이크로스트립 라인을 만들고, 입사전력에 대한 반사전력의 비교 및 전송전력의 비교로부터 신호반사량과 신호 투과량을 측정 후 감쇄계수의 계산을 그림 5의 과정으로 수행했다.

횡축에 주파수 종축에 감쇄율을 나타낸다. 그래프 내의 상부의 선(Ag 에폭시 5)은 범용의 Ag에폭시접착제, 하부의 선(Ag 에폭시 1)은 고주파대응에 새롭게 개발된 전도성접착제(모두 200℃·60분 경화), 최하부선은 Ag/Pd 소성 합금체(850℃소성)에서 만든 전송라인의 결과를 나타낸다. 이 결과에 의하면 고주파수 대응의 전도성접착제는 15~20 GHz까지 Ag/Pd 합금라인 수준

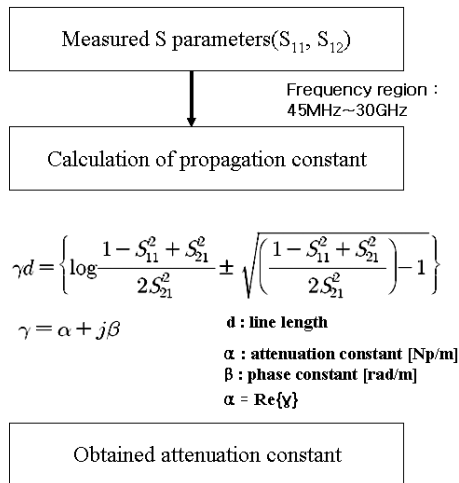


그림 5 고주파수전달에 따른 감쇄정수의 계산

의 특성을 유지하는 것이 가능함을 그림 6에 보였으나 그 이유는 분명히 밝혀지지 않고 있다<sup>6)</sup>.

유기·무기 분산계경화물에 있어서는 미소한 분산필러 입자(Ag분말)끼리의 접합이 미시적으로 보면 완전 접촉하는 것으로 볼 수 없기 때문에 입자 간에 지극히 근접한 유기물(바인더나 입자표면의 분산제)이 개재되어 이 부분이 장벽으로 작용되어 주파수나 전기의 전도에 방해가 되고 있다고 한다. 한편 경화물 중의 필러입자간 거리가 일정이상 근접해도 입자 간에 조금만 개재해도 유기물고유저항의 영향이 적지 않음을 볼 수 있고 금속결합을 닮은 특성·거동을 가지는 것도 실험에서 관찰할 수 있다.

## 4. 전도성접착제의 특성해석

### 4.1 전도성접착제의 전기전도의 해석

고유전체의 수지에 금속미립자를 분산시킨 유기무기분산계 경화물의 전도기구는 아직 명확히 않은 부분이 많다. 당사는 전기전도측정과 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 해석해 보았다. 비늘조각상 및 구상의 고순도 Ag분말을 일정비율로 혼합한 필러를 액상기열 경화형 에폭시계 바인더에 적절히 분산되게 경화물중(경화:200℃×1시간/공기중)의 필러의 체적 분율을 29.0~67.1(vol%)까지 단계적으로 변화시킨 6종류의 샘플을 이용해 온도 범위 13.5~300K까지의 온도변화에 따른 저항율 특성을 측정했다. 측정에는 에이질런트사의 임피던스 분석기 및 벡터 네트워크 분석기를 이용했다. 기본적인 측정회로는 반델포우법에 의한 4단자 측정법을 택했다.

필러함유량 증가에 따른 저항율이 지수 함수적으로 감소해 저항율은 최종적으로 순수Ag의 값에 근접하는 경향이 그림 7의 결과에서 알 수 있다. 그래프는 온도 (T)에 비례해선 저항율이 변화되고 있으므로 Drude의 이론에 의하면 이 부분의 전기전도는 마치 금속과 같이 거동하는 것으로 판단된다.

저온이 됨에 따라 그래프의 경사가 완만해지고 온도구배는 Ag 함유량의 증가에 따른 저항율이 지수 함수적으

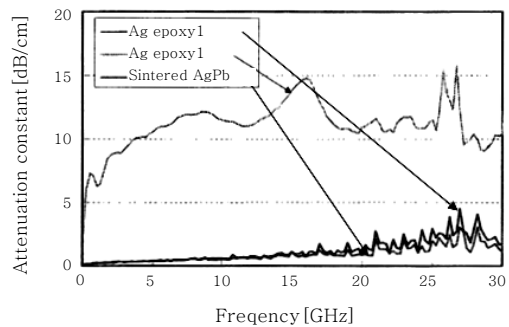


그림 6 RF 감쇄정수측정결과

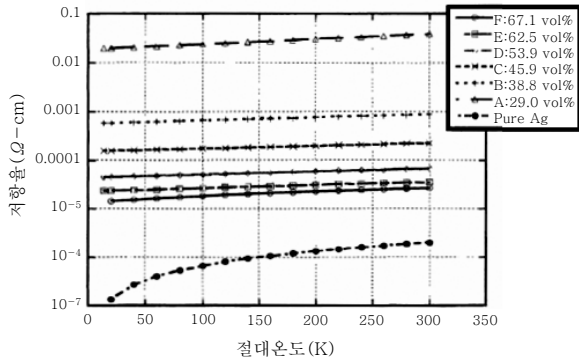


그림 7 전도성접착제(경화물)의 저항률과 절대온도와의 관계

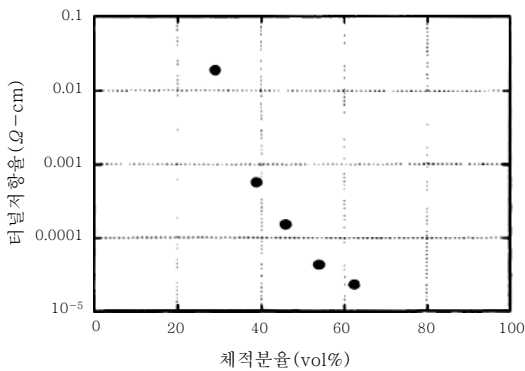


그림 8 터널저항률과 전도성접착제(경화물) 중의 Ag체적분율

로 감소하고 있음을 그림 8에서 알 수 있다. 터널저항은 온도에 의존하지 않는다. 온도에 의존하는 것은 Ag 분말 자신의 고유저항이라고 생각할 수 있으나 그것에서는 온도구배가 Ag 분말 량에는 의존하지 않는다.

호핑 전도라고 가정하면 온도저하에 대해 저항률은 상승하는 것으로 생각할 수 있다. 본 결과로 호핑 전도라고 생각되는 결과는 찾을 수 없었지만 터널저항의 존재라고 고려한다면 전기전도에 호핑 전도 또한 존재한다고 생각된다. 이것은 본 평가에서는 측정의 정밀도로 판단하기 어렵다고 생각된다. 온도저하에 따라서 Ag 분말의 저항은 감소해 호핑에 의한 저항은 상승하기 위해서 Ag 함유량 증가에 따른 저항온도구배는 감소한다고 생각된다. 또한 에폭시 수지를 불순물로 간주해 Matthiessen의 법칙을 이용하면 저온영역에서의 그래프의 경사변화는 잔류저항의 영향이 아닐 것이라고 생각되나 이것만으로는 샘플 전체를 설명할 수 없다. 샘플 중에 이웃 Ag 분말들 사이에 반드시 모두 연결되지 않을 가능성을 고려하고 Ag 분말사이를 전자가 터널링하고 있다고 생각하면 이 경사의 변화가 설명이 가능할 것이다. 이러한 측정으로부터 샘플 중의 전자는 금속저항과 터널저항이 짝지어진 섬세한 선을 흐르고 있다고 생각하면 Ag 함유율 증가에

따라 저항률의 지수적 감소를 설명하는 것이 가능하다. 따라서 샘플중의 Ag 함유율이 50 vol% 이상에서는 저항률이  $10^{-5} \Omega\text{-cm}$ 의 오더 이하가 되어 대표적인 Pb-50Sn에 가까운 값이 되는 것이 확인할 수 있다.

### 4.2 전도성접착제의 고주파 전도의 특성해석

앞서 제작한 전도성접착제를 이용해 경화물 내부 근접 필러간의 터널저항을 R, 떨어져 있는 필러를 콘덴서 (C) 로 보고 그림 9~11과 같은 2차원 회로망을 고찰해 전기전도도의 주파수 특성을 조사했다(실제구조는 3차원 회로지만, 3차원회로망의 해석은 복잡·곤란하기 때문에 2차원회로의 집적이라고 고려했다). 계산방법은 절점해석법 및 경계조건법으로 수행했다.

근접 필러간의 터널 저항은 1V의 바이어스로 1nA의 터널 전류가 흐른다고 가정하면  $R=V/I$ 에서  $R \sim 10^9 \Omega$  이 된다. 또한 떨어진 필러간의 정전 용량은 필러간의 거리를  $10^{-8}m$ , 표면의 한 변을  $10^{-6}m$ 로 하면 정전용량은 C

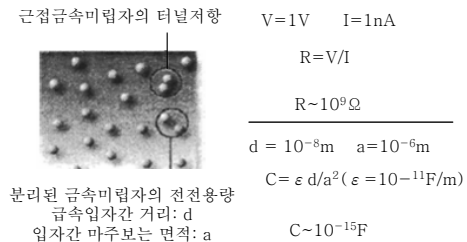
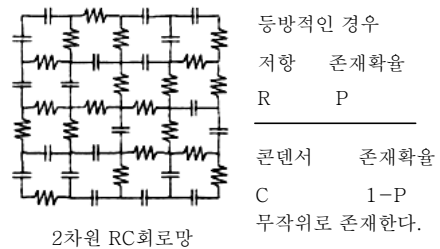


그림 9 전기전도도의 주파수특성해석모델



$P=0.5$ 가 Percolation 값이 된다.

그림 10 시뮬레이션모델

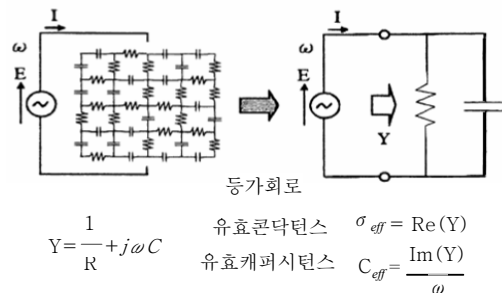


그림 11 복소 어드미턴스 (유효 컨덕턴스·캐피턴스)

~10<sup>-15</sup>F이 된다.

교류저항(어드미턴스  $y_1=1/R$ )은 존재확률  $P$ , 콘덴서(어드미턴스  $y_2=j\omega C$  :  $\omega$ 는 각진동수)는 존재확률  $1-P$ 로 무작위로 존재한다고 가정하였다. 수치계산에서는 임의의 개수를 사용하여 100×100의 2차원 회로망을 발생시켰다. 회로망의 복소 어드미턴스  $Y$ 는 절점해석으로부터 완화법에 의해 각 절점의 전위를 구하기 위해 전체전류에서 산출했다. 또한 이방적인 매질 (중형방향의 저항의 존재확률이 다른 것)에 대해서도 이방성 복소 어드미턴스  $Y$ 를 유도하였다. 회로망의 유효컨덕턴스  $\sigma_{eff}$ 와 유효 캐피시턴스  $C_{eff}$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\sigma_{eff} = Re(Y), C_{eff} = Im(Y)/\omega$$

그림 12와 그림 13은 유효 복소 컨덕턴스의 단위를  $1/R$ , 주파수의 단위를  $1/RC$ 로 하고, 저항확률  $P(0.1 \leq P \leq 0.9)$ 에서의 주파수 특성 결과의 일부를 나타내었다.  $\omega RC \ll 1$ 에서는  $P \ll 0.5$ 로 유효컨덕턴스는 0에 속한다.  $P=0.5$ 의 경우 금속 미립자들이 서로 만나게 되면 전도도는 증가하기(또는 저항은 감소) 시작하는 퍼콜레이션 영역<sup>7)</sup> 부근일 때 유효컨덕턴스는  $\omega$ 의 지수 승으로 증가해 유효 캐피시턴스는 지수 승으로 감소한다.

그림 14와 그림 15는 복소 어드미턴스의 크기와 위상의 주파수특성의 계산결과의 일부이다.  $P > 0.5$ 에서는 고·저주파에서 저항의 성질,  $P < 0.5$ 에서는 고·저주파에서 콘덴서의 성질을 확인할 수 있다<sup>8)</sup>. 저항접속확률

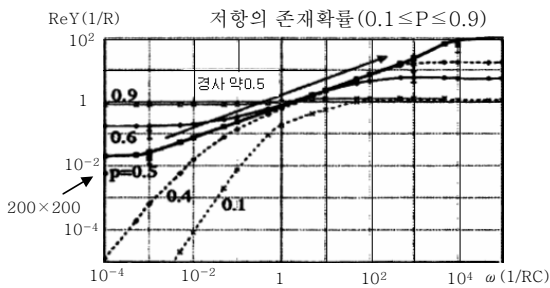


그림 12 유효 컨덕턴스의 주파수특성

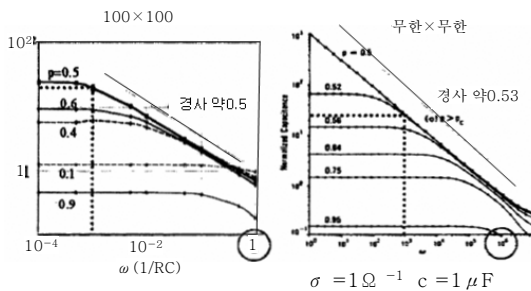


그림 13 유효 캐피시턴스의 주파수특성

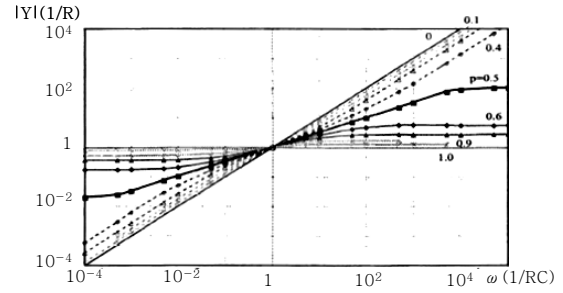


그림 14 복소 어드미턴스 Y의 주파수특성(전류의 흐르기 쉬운 정도, 저항의 존재확률 0.1≤P≤0.9)

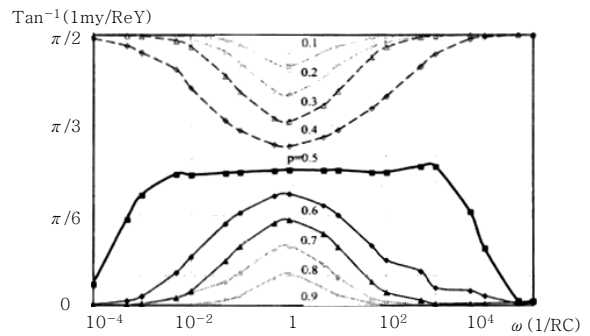


그림 15 복소 어드미턴스Y의 위상 주파수특성(저항의 존재확률 0.1≤P≤0.9)

$P=0.5$ 를 경계로 전도특성은 변화한다. 근사적으로  $P > 0.5$ 에서는 RC병렬회로  $P < 0.5$ 에서는 RC직렬회로 특성을 갖는다. 복소 어드미턴스 크기의 주파수특성은  $\omega RC=1$ 의 주파수를 경계로 전기전도도의 특성은 역으로 바뀔을 알았다.  $P=0.5$ 의 프콜레이션 영역 값에서는  $\omega RC \gg 1$ 로 유효컨덕턴스가  $\omega RC \ll 1$ 에서는 유효캐피시턴스  $\omega^{0.5}$ 로 증가한다.

이 결과는  $R \sim 10^9 \Omega$ ,  $C \sim 10^{-15} F$ 이라고 가정하면 100Hz ~ 100GHz까지의 전도성접착제의(전기전도도에 대해) 주파수특성 해석에 기여할 수 있다.

### 5. 나노금속입자를 이용한 고기능 전도성접착제

필러를 바인더 안에 높은 중량으로 충전하고 바인더를 경화 시 필러끼리의 접촉이나 입자 사이 거리를 줄여 열·전기·주파수의 특성 향상을 꾀하는 것은 다른 면에서 작업성·보존 안정성·접착성 등의 여러 특성을 현저하게 악화시키는 한계를 보인다. 이러한 trade-off관계를 개선하기 위한 연구·개발이 행해지고 있다. 그 대부분은 저점도 바인더에 나노금속분말을 분산시키는 것이다. 예를 들면 Ag, Cu, Au를 비롯한 나노금속입자를 필러로서 이용한다. Ag 나노입자를 이용하면 200℃정도의 저온에서 용착 및 소결이 가능함을 그림 16<sup>9)</sup>에 보였

다. Ag 나노입자를 에폭시수지·페놀수지·고급 에스테르계 용제 등을 이용한 바인더에 분산시키고 가열에 의해 금속 입자간 결합과 수지경화에 의한 접착·형태상의 보유기능을 합쳐서 실시할 수 있다.

보통 나노 금속입자는 표면활성이 크기 때문에 바인더 중으로 응집이나 분리가 발생하기 쉽고, 바인더의 극성변화와 산화에도 민감해 장기보존이나 작업 안정성에 문제가 있었다. 이것을 방지하기 위해 나노입자의 표면개질 등의 시도가 성공하고 있다. 예를 들면 나노입자표면을 열로 해열하여 분산제로 코팅하여, 바인더 가열 시에 분산제를 활성화·분해시킴, 더불어 바인더의 경화수축을 이용함으로써 분산된 나노입자들 사이의 거리를 단축시켜 상호접촉을 발생시킴으로서 효율적인 용착·융합이 가능하게 되어 전기저항·열 저항을 향상시킨다<sup>10)</sup>. 이 방법은 전도성접착제의 점도를 낮게 억제하면서 얻은 도전입자가 극히 작아지므로 통상의 잉크와 거의 동일하게 취급이 가능하다. 또한 사전 산화 Ag의 미립자·유기Ag 화합물, 잠재성환원제를 특수한 바인더 등에 분산시켜 가열함으로 산화 Ag의 환원과 유기 Ag 화합물의 열분해를 생기게 함으로 경화물 중에 Ag입자를 고농도로 존재시키는 방법도 수행되고 있다. 일반적으로 금속유기화합물의 분해온도는 300℃ 이상이지만 이 화합물의 유기부분의 구조부분을 바꾸는 것으로 150~180℃에서 분해가 가능한 구조를 찾아내 사용하고 있다. 이 방법에서는 상온의 보존안정성이 확보 가능하게 된다. 또한 Ag, Sn, Cu, In, Bi 등의 여러 종류의 나노입자를 환원성바인더 등에 분산해 250~350℃의 가열에 의해 유기물 중으로

금속간화합물을 만들어 내는 것도 수행되고 있다. 납땀에 가까운 금속특성과 금속간의 용점변화에 의해 열에 의한 비가역성도 다소 있기 때문에 고융점 납땀의 대체재료로 검토가 시작되고 있다. 이들에 사용되는 나노분말의 대부분은 구상이 주로 사용되지만, 단면이 나노 사이즈의 봉상인 나노와이어의 Ag, Cu, Zn 분말을 만들어 내는 시도가 수행되고 있다.

Ag 나노와이어의 합성은 초산Ag를 에틸렌 글루콜에 용해시켜 PVP의 내부에서 환원한다. PVP의 농도, 반응온도의 제어에 의해 용액 중 PVP가 결정성장방향을 제어하는 것으로 와이어 형태의 Ag 나노분말이 형성된다고 생각된다.

이 분말을 알코올계 용매 중에 분산시켜 여분의 유기물을 여과·감압 건조 등에 의해 제거한다. 이 방법에서는 직경 100~300 nm 길이 10~100μm 정도의 와이어가 가능하다. 얻어진 Ag 나노와이어는 공기 중에서 250~350℃에 가열함으로써 입자끼리의 부분 용착이 확인되었다. 에폭시 수지바인더 중에 Ag 나노와이어와 Ag 입자, Ag 나노와이어와 Ag·Cu 나노입자를 적절히 혼합시킨 경화물의 전기 저항치는 범용의 Ag 에폭시 접착제 경화물에 비해 적은 필러 함유량으로 전기전도성을 확보할 수 있음을 그림 17에서 확인할 수 있었다<sup>11-12)</sup>.

이러한 나노입자를 사용한 것으로는 마이크로범퍼 접촉재료, 플라스틱 기관 상에서의 미세배선회로, 필름 콘텐서의 전극, 잉크젯에 의한 도체형성 등에 사용이 기대된다.

## 6. 결 론

전도성접착제는 종래의 납땀을 대신하는 실장방법으로서 환경안전·리사이클뿐만 아니라 실장온도의 저온화·실장방법·비용절감을 통해 에너지 절약효과도 기대된다. 전도성접착제를 함유하는 유기무기 혼합계 접합재료의 개발은 최근의 나노기술과 유기신소재의 연구와도 더불어 앞으로 발전·진화를 계속한다. 유럽·미국·한국을 필두로 BRICKs의 대두 속에서 전자기기, 전자부품의 개발경쟁·고기능화·차별화가 가속되고 있다. 이러한 환경에 있어서 전도성접착제/유·무기 혼합계 접합재에 기대되는 고기능특성은 점점 중요해지고 있다고 생각된다.

## 후 기

본 원고의 일부는 산업자원부의 지방기술혁신사업(RTI04-03-04)으로 지원된 결과임.

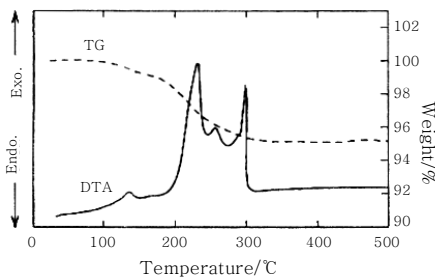


그림 16 Ag 나노입자의 열분석결과(TG-DTA)

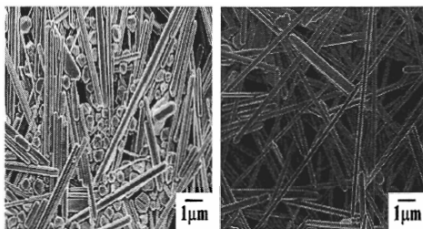


그림 17 Ag 나노 와이어·나노분말혼합, Ag 나노 와이어의 SEM사진

## 참 고 문 헌

1. 瀬之口宏三, “エレクトロニクスを支える接着技術”, (株)東レリサーチセンター
2. 菅沼克昭 編著, ここまできた 導電性接着剤技術, 工業調査會
3. 小日向茂 · 石川治男 · 志賀大樹 · 大山千鶴子, “導電性接着剤”日本接着學會誌, 38, **No.12** (2003)
4. 高橋文明, “ACカロリメトリ法”, 熱物性學會誌, 15, **No.2**
5. 長谷川喜一 · 門多伏治 · 小日向茂, “ベンゾオキサジン化合物を硬化剤としたエポキシ樹脂の傳導性接着剤への應用
6. T.Kimura, T.Nakai, H. Ishikawa, K. Oosawa, S.Kohinata, Thermal conductivity and RF Signal Transmission of Ag-Filled Epoxy Resin: 53rd Electronic, Components & Technology Conference, P.1383-1390 (2003)
7. 김태현 “RFID용 전도성잉크” 고분자과학과 기술 **19-1**, P.35-39 (2008)
8. 井口泰孝 · 阿座上竹四 · 萬谷志郎 · 菊地淳 · 杉本克久 · 山村力, 材料電子化學, 金屬化學入門シリーズ4
9. M. Nakamoto, Y. Yamamoto, M. Fukusumi, J. Chem. Soc., Chem. Commum., 1622(2002)
10. 本多俊之, “新し塗膜形成機構 低溫硬化 · 高導電材料”, 電子材料, P.97-101 (2003)
11. Y. Sun, Y. Xia, “Large Scale synthesis of Uniform Silver Nanowires Through a Soft Self-Seeding”, Polyprocess:Advanced Materials, 14, **No.11**, P833-837 (2002)
12. T.Bohler, J.Grebing, A.Mayer, H.Lohnysen, “Mechanically controllable break-junction for use as electrode for molecular electronics”, Nanotechnology **15**, P.465-471(2005)



- 김용성 (金龍成)
- 1962년생
- 성균관대학교 지역혁신센터 연구교수
- 정보통신용 신소재 및 공정연구
- e-mail : youngsk@skku.edu



- 박태석 (朴太錫)
- 1946년생
- 성균관대학교 지역혁신센터 초빙교수
- 정보통신용 신소재 및 공정연구
- e-mail : tsp4612@skku.edu