

감광성 폴리머 저항 페이스트를 이용한 Low Tolerance 후막 저항체

김동국* · 박성대**.*† · 이규복** · 경진범*

*한양대학교 응용화학과, **전자부품연구원
(2010년 3월 29일 접수, 2010년 5월 17일 채택)

Thick Film Resistors with Low Tolerance Using Photosensitive Polymer Resistor Paste

Dong Kook Kim*, Seong-Dae Park**.*†, Kyu-Bok Lee**, and Jin-Bum Kyoung*

*Department of Chemistry & Applied Chemistry, Hanyang University, Ansan 425-791, Korea

**Korea Electronics Technology Institute, Seongnam 463-816, Korea

(Received March 29, 2010; Accepted May 17, 2010)

본 연구에서는 알칼리 현상형 감광성 수지재료와 전도성 카본블랙을 이용하여 만들어진 감광성 폴리머 저항 페이스트를 이용하여 후막저항체의 허용편차(tolerance)를 개선하고자 하였다. 먼저 카본블랙과 감광성 수지의 선택이 폴리머 후막저항(polymer thick film resistor, PTFR)의 저항값의 범위와 허용편차의 수준에 미치는 영향을 조사하였다. 이후 테스트 기판상에 감광성 저항 페이스트를 도포하는 방법에 따른 저항값 허용편차의 차이를 평가하였다. 감광성 저항 페이스트를 스크린 인쇄를 이용하여 테스트 기판의 전면에 도포한 경우에는 테스트 기판상에서 균일한 두께의 후막을 형성하기 어렵기 때문에 위치에 따른 저항값의 허용편차가 크게 나타났다. 반면, 롤러를 이용하여 페이스트를 도포하였을 때, 전체 기판 면적에 균일한 두께의 저항체 후막을 형성할 수 있었으며, 저항값 평가 결과 $\pm 10\%$ 이내의 낮은 허용편차를 나타내었다. 포토공정을 이용한 정밀한 패터닝 공정과 롤러를 이용한 균일한 두께의 저항막 도포 공정을 결합함으로써 후막저항의 허용편차를 개선할 수 있었다.

In this research, we intended to improve the tolerance of thick film resistor using photosensitive polymer resistor paste which was fabricated with alkali-solution developable photosensitive resin and conductive carbon black. At first, we investigated the effect of the selection of carbon black and photosensitive resin on the resistance range and tolerance level of polymer thick film resistor (PTFR). And then, a difference in resistance tolerance was evaluated according to the coating methods of photosensitive resistor paste on test board. In case that the photosensitive resistor paste was coated on whole surface of test board using screen printing, large positional tolerance was obtained because the formation of the thick film with uniform thickness was difficult. On the other hand, when the paste was coated with roller, the resistive thick film with uniform thickness was formed on the whole board area and the result of resistance evaluation showed low tolerance in $\pm 10\%$ range. The tolerance of PTFR could be improved by combination of the precise patterning using photo-process and the coating process for the resistive thick film with uniform thickness.

Keywords: photosensitive, thick film resistor, tolerance, roller coating, uniform thickness

1. 서 론

인쇄회로기판의 고집적화 추세에 따라 수동소자들을 기판의 내부에 내장하기 위한 내장형 수동소자 기술(embedded passive technology)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 기술은 칩 타입 표면실장부품의 실장비용을 줄이고, 납땀에 의해 저하되는 인쇄회로기판의 전기적 특성 및 신뢰성을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다[1-3].

저항체를 내장하는 기술에는 여러 가지가 있으나, 저온경화형 폴리머 후막저항(polymer thick film resistor, 이하 PTFR로 표기)을 형성하는 방법이 공정이 가장 간단하고 대량 생산 공정에 유리하며, 비용이 저렴한 장점이 있어 주목받고 있다[4]. 이 공정은 주로 카본블랙과 열

경화형 수지를 이용하여 페이스트를 제작하고, 이를 스크린인쇄 공정을 이용하여 기판 위에 후막 형태로 인쇄 후 경화하는 방법으로 저항체를 형성하는 기술이다[5].

그러나 내장형 저항체 기술은 아직까지 보편화되고 있지 못하며, 그 원인 중 하나는 저항치의 허용편차(tolerance) 범위이다[6]. 특히 PTFR의 경우는 허용편차 범위가 통상 $\pm 30\%$ 수준으로 타 기술에 비해서도 큰 편이어서, 저항체 형성 후 레이저를 이용한 트리밍 공정이 불가피하다[4,7]. Snogren은 PTFR의 허용편차는 저항체 페이스트 내부의 불균일성, 생산 lot 간 편차, lot 내에서의 편차, 동일 인쇄기판 내에서의 편차 등에 여러 요소에 의해서 영향을 받는 것으로 보고하였다. 특히 스크린 인쇄조건에 있어서의 여러 변수에 의해 저항체의 형상과 인쇄품질이 달라지는 것에 의해 저항치의 편차가 발생하는데, 이 경우 저항체 내부에 국부적인 두께 불균일성이나, 예상치 못한 보

† 교신저자(e-mail: sdpark@keti.re.kr)

이드(void)의 존재, 불균일한 에지 형성 등에 의해 편차가 발생하는 것으로 보고하였다[8]. Cheng 등은 메쉬 스크린과 금속 스텐실, 패턴과 스쿼지 이동방향의 각도, 저항체의 선폭, 기판의 종류 등 공정 및 설계 변수에 따른 허용편차의 차이를 비교 평가하였다[9].

이러한 후막저항체의 허용 편차를 줄이기 위해서는 저항체의 형상을 제어하는 것이 중요한데, 포토레지스트를 이용하여 캐비티를 형성하고 저항 페이스트를 채우는 방법[10], 동박을 이용하여 캐비티를 만든 후 저항 페이스트를 채우고, 경화 후 연마하는 방법[11,12], 링 모양의 저항체를 형성하는 방법[7,13] 등이 시도된 바 있다.

본 연구에서는 후막저항체의 허용편차를 개선하는 또 다른 방법으로 알칼리 현상형 감광성 저항 페이스트의 적용을 평가하였다. 감광성 페이스트를 이용하여 후막 저항체의 dimension을 제어하고자 했던 연구 결과는 그리 많지 않다. Huang 등은 저항 페이스트에 광경화 수지와 열경화 수지를 함께 적용, 인쇄 직후 신속한 UV 경화를 통하여 저항체 표면에 soft shell을 형성, 열경화시 저항체의 dimension을 유지할 수 있다고 주장하였다[14]. Dziedzic 등은 LTCC (low temperature co-fired ceramics) 용 소성형 Foldel 저항 잉크와 포토 공정을 이용하여 선폭과 길이가 미세한 저항체의 형성 능력을 스크린 인쇄와 비교하고, dimension의 정밀성과, 신뢰성을 평가한 바 있으나 저항체의 허용편차에 대한 언급은 하지 않았다[15]. Zhang 등은 포토이미저블(photoimageable) 폴리머 저항페이스트를 이용하여 x, y dimension을 제어하는 방법으로 스크린 인쇄보다 정밀하게 저항체의 dimension을 제어할 수 있음을 주장한 바 있으나, 두께와 저항의 상관관계 및 허용편차 범위에 대해서는 제시되지 않았다[16]. 본 필자들도 앞선 연구에서 감광성 폴리머 저항페이스트를 이용하면 전면 페이스트 도포, 노광 및 현상 기법을 이용하여 정밀한 형상의 저항체와 미세패턴의 폴리머 후막 저항체를 구현할 수 있음을 확인한 바 있다[17].

한편 감광성 저항 페이스트를 사용하면 스크린 인쇄법 외에도 다양한 도포 방법을 적용할 수 있는 장점이 있다. Zhang 등은 curtain coating 방법을 이용하여 두께가 약 5~10 μm인 저항막을 형성한 바 있다[16]. 본 연구에서는 자외선을 이용한 부분 경화, 알칼리 수용액을 이용한 패턴 현상(development) 및 이후 열경화가 가능한 감광성 폴리머 저항 페이스트를 제조하고, 균일한 후막을 도포할 수 있도록 롤러를 이용하여 페이스트를 도포하는 방법을 적용하였다. 롤러 코팅을 적용한 후막저항체의 특성을 평가하고, 허용편차 평가 결과를 전면 스크린 인쇄를 이용하여 페이스트를 도포하였을 때의 후막저항체와 비교하였다.

2. 실험

2.1. 감광성 저항 페이스트의 제조

전도성 필러로는 Vulcan XC-72R (Cabot사)과 Conductex 7055 Ultra (Columbian Chemicals사, 이하 CDX-7055U로 표기) 두 종류의 카본블랙을 사용하여, 카본블랙의 종류에 따른 저항 특성의 차이를 고찰하였다. 알칼리 수용액에 용해되는 감광성 매트릭스 소재로는 포토솔더 레지스트(photo solder resist, PSR)를 사용하였는데, 한국 Taiyo Ink사의 주재 PSR-4000 KT33R06과 경화제 CA-40 KT33R06로 이루어진 이액형 PSR (이하 T-PSR로 표기)과 Asahi Chemical사의 일액형 PSR인 DPR-805G (이하 A-PSR로 표기)를 사용하여 수지 재료에 따른 저항특성 및 공정능력의 차이를 비교하였다. 카본블랙용 분산제로는 BYK사의 BYK-9076을 이용하였으며, 점도조절을 위한 용매로는 삼전 순약의 BCA (buthyl carbitol acetate)를 이용하였다. 카본블랙의 종류

Table 1. Combinations of Carbon Black (CB) and Photo Solder Resist (PSR) Matrix (AX : A-PSR + XC-72R, AC : A-PSR + CDX-7055U, TX : T-PSR + XC-72R, TC : T-PSR + CDX-7055U)

Code	AX1	AX2	AX3	AX4	AX5	AX6	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	
CB content (g)	1	1.25	1.5	1.6	1.8	2.0	1	1.5	2	2.3	2.5	
Matrix	XC-72R						CDX-7055U					
Code <td colspan="12">A-PSR 20 g</td>	A-PSR 20 g											
Code	TX1	TX2	TX3	TX4	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6		
CB content (g)	1.5	2	2.5	3	2	2.3	2.6	3	3.3	3.5		
Matrix	XC-72R										CDX-7055U	
Matrix	T-PSR 20 g											

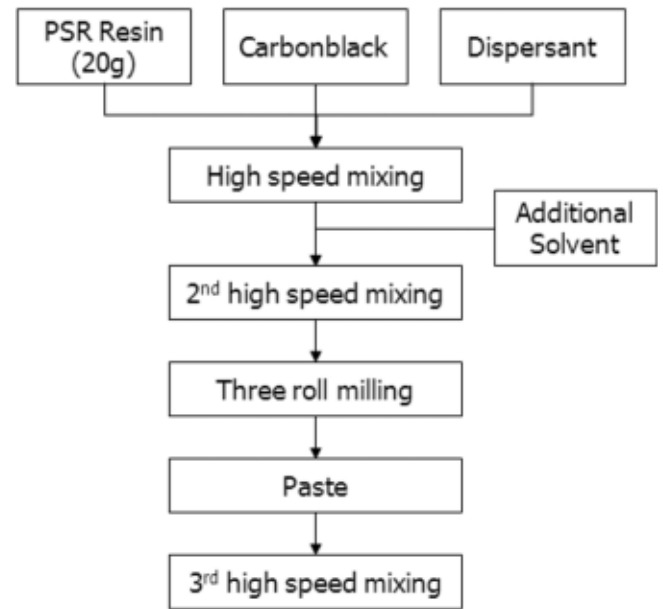


Figure 1. Fabrication procedure of photosensitive resistor paste using PSR.

및 함량과 수지의 조합은 Table 1과 같이 설계하였다.

Figure 1에 감광성 저항 페이스트의 제조공정을 도시하였다. 150 cc 용기에 PSR 20 g (이액형은 주재 16 g과 경화제 4 g)과 분산제를 넣고 고속 페이스트 믹서(PDM-300, 대화테크)를 이용하여 약 2 min간 혼합하였다. 분산제의 양은 이후 투입될 카본블랙의 중량 대비 40%를 투입하였다. 혼합된 비이클에 카본블랙을 1~3.5 g 범위에서 첨가량을 달리하며 투입하고 2차 고속 믹싱을 실행하였다. 믹싱 전 카본블랙의 첨가량이 많은 조성은 BCA를 추가하여 점도를 조절하였다. 고속믹싱 후 EXAKT50 3 roll mill을 이용하여 혼합물을 분산시켜 페이스트를 제조하였으며, 최종적으로 고속 믹싱을 1회 더 실시하였다.

2.2. 후막저항 테스트 쿠폰의 제조 및 평가

제조된 페이스트를 이용하여 Figure 2와 같은 공정 순서로 후막저항 테스트 쿠폰을 제작하였다. 테스트 보드는 FR-4 기판을 이용하여 제작되었는데, 기판 상 동박을 원하는 패턴으로 에칭하여 전극을 형성하고 이후 금 도금을 실시하여 경화시 동박이 산화되는 것을 방지하였다.

전극이 형성된 FR-4 상에 감광성 저항페이스트를 스크린인쇄기 또는 핸드 롤러를 이용하여 전면 도포하고 약 10 min간 상온에서 레벨링

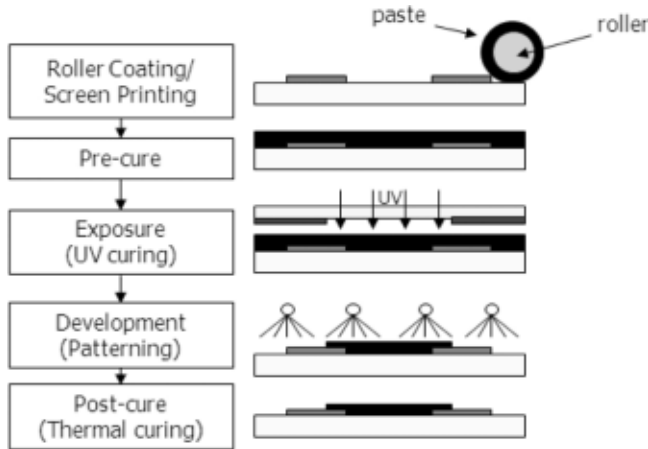


Figure 2. Fabrication procedure of test coupon for polymer thick film resistors.

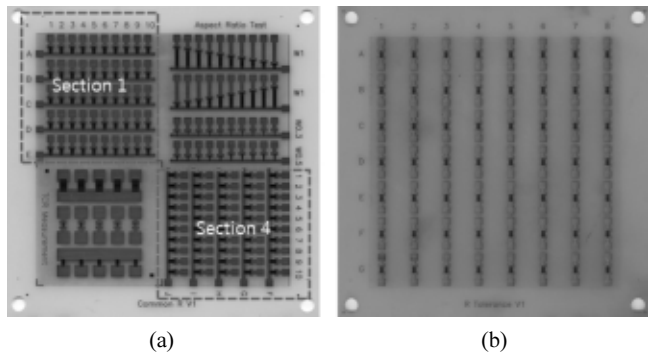


Figure 3. Test coupons for evaluation of polymer thick film resistors : (a) type A, (b) type B.

시킨 후 80 °C 오븐에서 15 min 동안 건조하였다. 실험에 사용한 인쇄기는 C. W. Price 사의 MC810C 모델이며, 스크린 프레임 사이즈는 10" × 10"였고, 200 메쉬, 15 μm 에멀전의 스크린을 이용하였다. 페이스트를 전면 도포한 면적은 70 × 70 mm로, 인쇄는 1회만 실시하였다. 한편 롤러를 이용한 경우에는 두께의 균일도를 높이기 위하여 총 8~10회 코팅을 반복하였으며, 매회 90도 회전하며 도포하였다. 노광 공정은 저항 패턴이 형성된 크롬 마스크와 Opto Finetech사의 KP-1200 노광기를 이용하여 실시하였으며, 카본블랙의 광투과율이 높지 않은 것을 감안하여 1500 mJ/cm²의 높은 광량으로 실행하였다. 노광된 저항체막을 현상기를 이용하여 패터닝하였는데, 현상액으로는 1 wt% Na₂CO₃ 수용액을 이용하였다. 현상 및 세척 후 패터닝된 저항 후막을 오븐에 넣고 120 °C에서 30 min 건조 및 200 °C에서 1 h 경화를 실시하였다. 경화가 끝나고 상온에 도달한 테스트 쿠폰으로부터 METEX M-4660A digital multimeter를 이용하여 저항치를 측정하고, 허용편차를 도출하였다. Figure 3과 같이 두 가지의 저항 테스트 쿠폰을 제작하여 평가하였으며, 허용편차는 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Tolerance (\%)} = 100 \times \frac{3\sigma}{\bar{R}} \quad (1)$$

σ : standard deviation
 \bar{R} : average resistance

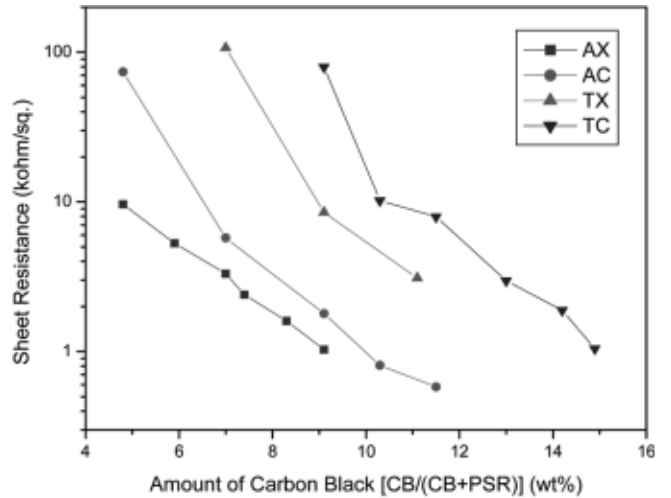


Figure 4. Evaluation results of sheet resistance as a function of filler amount.

Table 2. Comparison of Physical Properties Between Two Carbon Blacks

Model	Particle size (nm)	Specific surface area (m ² /g)	Oil absorption (cm ³ /100 g)
XC-72R	30	254	192
CDX-7055U	42	55	170

3. 결과 및 고찰

3.1. 카본블랙 및 수지 종류에 따른 저항 특성 평가 결과

시트저항의 평가에서는 스크린 인쇄를 이용하여 저항 페이스트를 전면도포하고 이후 노광 및 현상을 실시하여 우선 평가하였다. Table 1에 기술한 조성의 대부분이 현상이 되었으나, TX4 (XC-72R 3 g) 페이스트는 현상이 되지 않았다. A-PSR 및 CDX-7055U를 사용한 타 조성 시리즈의 현상 능력의 한계를 체크하기 위하여 카본블랙의 첨가량을 더 늘렸을 때는 현상이 잘 되지 않았거나 현상 후 저항체의 손상이 많았다. T-PSR과 CDX-7055U를 사용하였을 때(TC series), 현상이 가능한 카본블랙의 한계 투입량이 가장 많았다.

Type A (XC-72R 사용조성) 또는 B (CDX-7055U 사용 조성) 테스트 패턴을 이용하여 제작된 테스트 기관들의 조성별 시트저항의 평가 결과를 Figure 4에 나타내었다. 측정된 저항체의 사이즈는 1.0 × 1.0 mm로 모두 동일하게 하였다. 동일한 카본블랙 함량에서 비교하였을 때, A-PSR을 사용하였을 때 T-PSR을 사용한 조성보다 시트저항이 작게 형성되는 것을 알 수 있다. 또한 전도성 필러로 XC-72R을 사용하였을 때, CDX-7055U를 사용하였을 때보다 시트저항이 작게 형성되었다. A-PSR 사용시 시트저항이 낮게 나온 이유는 수지의 조성을 알 수 없었기에 명확히 규명하기 어려웠다.

카본블랙의 종류에 따라 시트저항이 달라지는 것과 패턴의 현상이 가능한 카본블랙의 한계투입량이 달라지는 것은 Table 2의 물리적 특성 비교 데이터로부터 알 수 있다. CDX-7055U 카본블랙이 입자 사이즈가 더 크고, 비표면적이 작은 것을 알 수 있다. 또한 카본블랙의 구조인자(structure factor)의 척도인 Oil 흡유량도 작운데, 이러한 이유로 더 많은 양이 수지에 첨가될 수 있었다. 구조인자는 카본블랙이 가지 모양의 형태를 얼마나 가지고 있는지 나타내는 것으로[18], 가지가 많고 길면 전기전도가 더 잘 이루어지기 때문에 XC-72R을 사용하였을

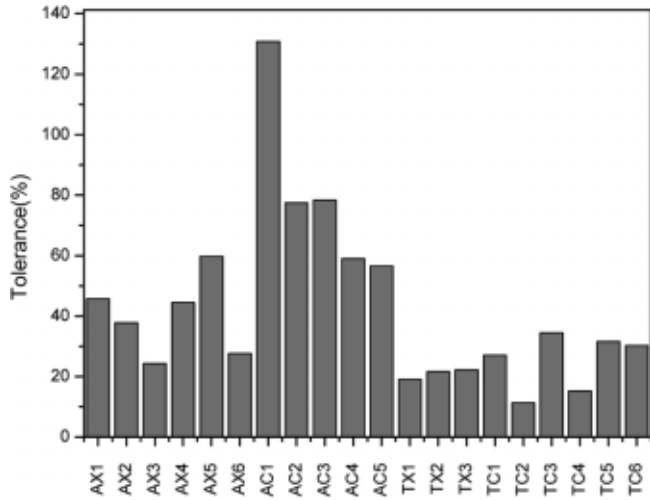


Figure 5. Resistance tolerance values of the tested compositions.

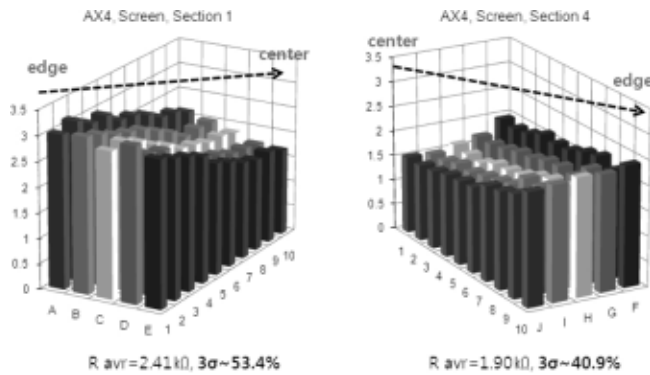


Figure 6. Resistance distribution of AX4 paste in case of screen printing.

때 시트저항이 더 작게 나타나게 되는 것이다.

Figure 5에는 각 조성들의 저항값 허용편차를 계산하여 막대그래프화하여 보았다. 수지의 종류의 따른 허용편차의 차이가 뚜렷하였는데, 동일한 카본블랙 사용시 T-PSR을 사용한 저항체들이 더 작은 값을 나타내었다. 이것은 T-PSR을 이용한 저항 페이스트가, 동일한 인쇄조건에서 A-PSR을 이용한 페이스트와 비교하여 인쇄성과 레벨링 특성이 더 우수하여 저항막의 두께 균일성을 높여주었기 때문이다.

3.2. 페이스트 도포 방법에 따른 저항치 허용편차 분석

Figure 5에서 알 수 있듯이, 스크린 인쇄를 이용하여 전면도포를 하는 경우에는 포토공정을 이용하더라도 편차의 문제를 해결하기 어려운 것을 알 수 있다. A-PSR과 XC-72R (1.6 g)을 이용하여 제작된 포토저항 페이스트 AX4로 만들어진 저항체 테스트 보드 내에서의 저항치 분포를 평가한 결과를 Figure 6에 나타내었다. 이 결과는 테스트 패턴 type A에서 Section 1과 Section 4에 위치한 1.0 × 1.0 mm 저항체 50 개씩을 측정하여 도표화한 것이다. 여기서 X, Y축의 알파벳과 숫자는 type A 테스트 쿠폰의 section 1, 4에 존재하는 저항체들의 위치를 나타내고 있으며, Z축은 측정된 저항값으로 단위는 kΩ이다. 사용하는 스크린 인쇄 장비의 성능에 따라 다를 수 있겠지만, 본 실험에 사용된 인쇄장비와 스크린을 사용하는 방법으로는 허용편차가 ± 40% 이상으로 좋지 못한 것을 알 수 있다. 또한 허용편차의 원인이 기판 내에서 위치별 저항치 편차인 것을 알 수 있는데, 기판의 에지 쪽에서는 높은

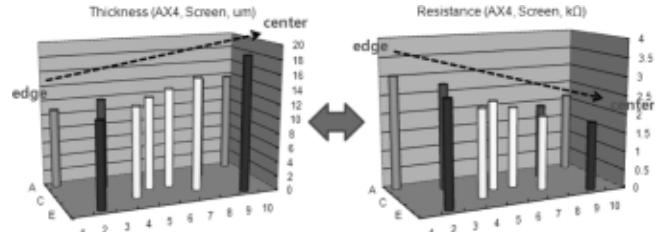


Figure 7. Relationship of thickness distribution and resistance distribution in screen-printed AX4 test board.

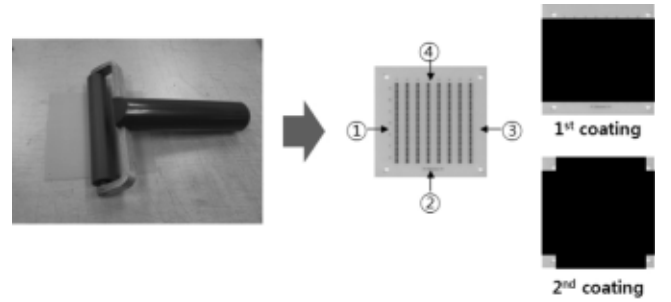


Figure 8. Coating method in case of roller coating.

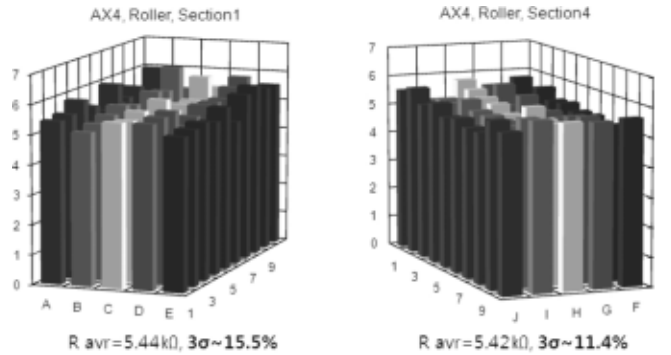


Figure 9. Resistance distribution of AX4 paste in case of roller coating.

저항치를, 기판의 중심 부분에서는 낮은 저항치를 나타내었다.

저항체의 시트저항과 두께분포를 함께 비교해보면 상관성이 있는 것을 알 수 있다. Figure 7은 스크린 인쇄로 도포하였을 때의 테스트 보드 내 저항체의 두께 분포와 시트저항 분포를 측정된 것으로, 역시 X, Y축은 저항체의 위치를 나타내고 있으며, 두께 그래프의 Z축 단위는 μm, 저항 그래프의 Z축 단위는 kΩ이다. 그래프로부터 에지 쪽은 두께가 얇아서 시트저항 값이 큰 반면, 중심 쪽은 두께가 두꺼워 시트저항의 값이 작은 것을 알 수 있다. 즉 시트저항의 허용편차를 좌우하는 가장 큰 원인이 두께편차임을 쉽게 알 수 있다.

이러한 두께편차를 줄이기 위한 방법으로 롤러를 이용하여 AX4 페이스트를 도포한 후 포토공정을 이용하여 저항체를 형성하는 방법을 테스트하였다. 포토저항 페이스트는 노광 및 현상 공정을 통하여 패터닝이 이루어지기 때문에 다양한 도포 방법을 시도해 볼 수 있는 장점을 가지고 있다. 총 8~10회를 도포하였는데, 전체 기판 내에서 균일한 두께를 얻을 수 있도록 Figure 8처럼 추가 도포시마다 90도 회전 후 페이스트를 도포하는 방법을 적용하였다.

AX4 저항 페이스트를 롤러를 이용하여 도포하고 평가한 결과는 Figure 9와 같다. 롤러를 이용하여 도포한 결과 기판 내에서 균일한

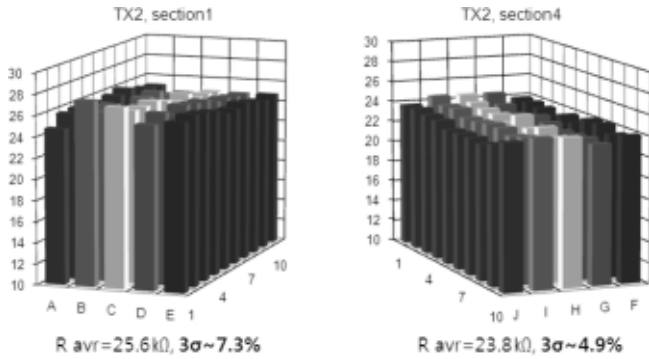


Figure 10. Resistance distribution of TX2 paste in case of roller coating.

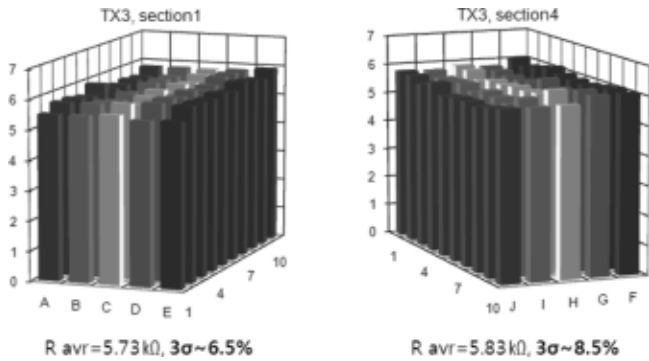


Figure 11. Resistance distribution of TX3 paste in case of roller coating.

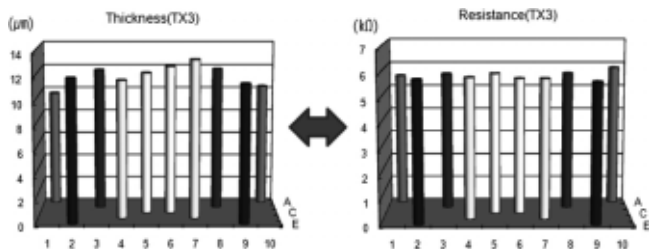


Figure 12. Relationship of thickness distribution and resistance distribution in roll-coated TX3 test board.

시트저항 분포를 가짐으로써 허용편차가 ± 40~50% 수준에서 ± 11~15% 수준으로 크게 개선되고 있는 것을 알 수 있다. 이 방법은 별도의 스크린을 이용하지 않기 때문에 매우 편리하고 저비용의 방법이기도 하다. 동일한 페이스트임에도 시트저항의 차이가 나타났는데, 그것은 저항체의 두께가 10 μm 이하로 코팅이 얇게 되었기 때문으로 판단된다.

페이스트의 레올로지 특성에 따른 차이를 관찰하고 또한 허용편차를 더욱 낮춰주기 위해서 레벨링 특성이 더 좋은 T-PSR을 사용한 페이스트로 실험을 진행하였다. TX2 페이스트를 이용하여 롤러 코팅 방법을 적용하였을 때 테스트 보드 내에서의 허용편차 평가 결과를 Figure 10에 나타내었다. 두 영역에서 모두 ± 10% 이내의 허용편차를 나타내었으며, 특히 Section 4의 50개의 후막저항 측정값의 허용편차가 ± 5% 이내에 들어오는 결과를 얻을 수 있었다.

카본블랙의 함량이 더 많은 TX3 페이스트에서도 ± 6.5~8.5%의 3σ tolerance 값을 나타내었다(Figure 11). Figure 9 (AX4)와 비교하면 저항값의 분포, 즉 막대의 높낮이 분포가 더 균일한 것을 확인할 수 있

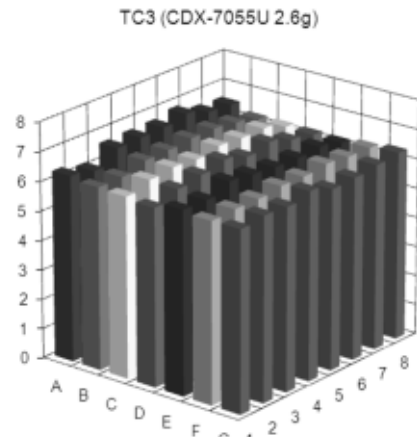


Figure 13. Resistance distribution in TC3 test board.

다. 테스트 보드의 section 1에서 일부 저항체의 두께를 측정하여 스크린 도포방식처럼 두께분포와 저항치 분포의 상관성을 평가하여 보았다. 스크린 도포시에 나타났던 두께 및 저항의 directional한 불균일 분포가 나타나지 않고 대체로 균일한 두께와 시트저항 분포를 가지고 있는 것을 알 수 있다(Figure 12).

한편 CDX-7055U를 사용한 페이스트인 TC3을 이용하여, 56개의 저항체가 더 넓은 면적에 분포되는 type B 보드에 롤러 코팅으로 저항체를 형성하고 허용편차를 평가하여 보았다. 시트저항의 평균값은 6.4 kΩ/sq., 허용편차는 ± 7.6%로 나타났으며, Figure 13에 저항체의 테스트 기관상 저항값 분포도를 나타내었다. X, Y축의 알파벳과 숫자는 type B 테스트 쿠폰 상에 존재하는 저항체들의 위치를 나타내고 있으며, 앞 그래프들과 마찬가지로 Z축은 측정된 저항값을 나타내며, 단위는 kΩ이다.

일반적으로 후막이나 박막 저항의 저항값은 식 (2)와 같이 표시된다.

$$R = \frac{\rho}{t} \cdot \frac{L}{W} = R_s \cdot \frac{L}{W} \quad (2)$$

여기서 W 는 저항체의 너비, L 은 전극 간 간격으로 저항체의 길이, t 는 저항체의 두께이다. ρ 는 저항체의 비저항이며, 이것을 후막 두께에 대하여 보정한 값이 시트저항 R_s 이다. 저항체의 비저항, 너비, 길이 등은 동일 재료, 동일 패턴의 사용시 거의 차이가 없으므로 테스트 기관 내에서 허용편차를 결정하는 가장 큰 요인은 두께의 불균일성이 된다. 스크린 인쇄로 페이스트를 도포하는 방법과 롤러를 이용하여 페이스트를 도포하는 방법에서 두께 균일성의 차이를 Figure 14와 같이 schematic하게 도시할 수 있다. 스크린 인쇄 도포시 기관의 중앙 부분과 에지 부분의 두께 편차 때문에 위치별 저항편차가 나타나는 것과는 달리, 롤러를 이용하여 코팅할 경우는 균일한 두께의 저항막 형성으로 저항값의 분포도 균일하게 나타날 수 있다. 또한 페이스트의 레벨링 특성도 중요한데 T-PSR처럼 레벨링이 더 잘 되는 수지시스템을 사용하는 것이 저항체의 허용편차를 줄이는데 더 유리하다고 할 수 있다.

4. 결 론

폴리머 후막 저항체의 구현에 있어서 저항값의 허용편차는 정밀하게 제어되어야 하는 중요한 요소이다. 허용편차에 영향을 미치는 가장

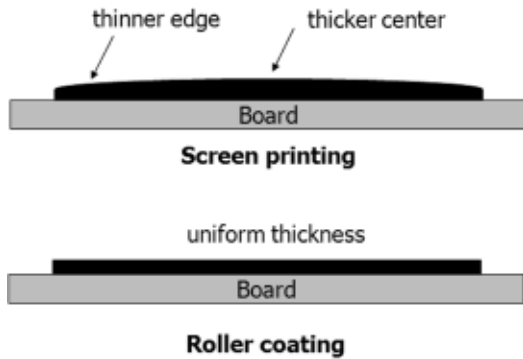


Figure 14. Schematic comparison of screen printing and roller coating.

큰 원인은 저항체 후막의 기판상 두께 분포이므로 기판 전체에 균일하게 페이스트를 도포하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 감광성 저항 페이스트를 이용하여 후막저항의 허용편차를 개선하는 실험을 실시하였다. 먼저 카본블랙과 감광성 수지의 종류에 따라서 현상이 가능한 카본블랙의 한계투입량, 저항값의 범위와 허용편차의 수준이 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이후 스크린 인쇄를 이용하여 전면도포를 실행하고 저항체를 패터닝하였을 때는 테스트 기판 상 위치에 따른 저항값의 허용편차가 크게 나타나는 것을 확인하였다. 저항체의 두께 분포를 측정하여 저항값의 분포와 비교분석함으로써 그 상관관계를 파악할 수 있었다. 허용편차를 낮추기 위해 도입된 새로운 공정은 롤러를 이용하여 테스트 기판 상에 감광성 후막 저항 페이스트를 도포하는 것이었다. 이 방법으로 전체 기판 면적에 균일한 두께 분포의 저항체 후막을 형성할 수 있었으며, 균일한 두께로 형성된 후막저항체는 포토공정을 이용한 패터닝 및 경화 후 $\pm 10\%$ 이내(최저 $\pm 4.9\%$)의 낮은 허용편차를 나타내었다. 이는 스크린 인쇄형의 폴리머 후막저항체에서 통상적으로 알려진 $\pm 20\sim 30\%$ 수준의 허용편차 값보다 우수한 결과이다. 본 연구를 통하여, 감광성 저항 페이스트를 이용하면 정밀한 패턴의 저항체를 구현할 수 있을 뿐만 아니라, 스크린 인쇄 외에 롤러 코팅 등 두께를 균일하게 할 수 있는 도포방법을 적용할 수 있어 허용편차를 최소화하는데 유리함을 확인하였다.

감 사

본 연구는 지식경제부의 차세대지능형정보전자핵심기술개발사업

(다가능 Flexible Appliance 기술개발)의 지원으로 수행되었기에, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. S. K. Bhattacharya and R. R. Tummala, *J. Mater. Sci., Mater. Electron.*, **11**, 253 (2000).
2. M. Cases, D. N. de Araujo, N. N. Pham, P. Patel, and B. Archambeault, *Adv. Microelectron.*, July/August 2005, 6 (2005).
3. W. Jillek and W. K. C. Yung, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, **25**, 350 (2005).
4. K. Perala, *Proc. 9th Intern. Symp. on Advanced Packaging Materials*, 220 (2004).
5. J. T. Y. Su, *9th Intern. Symp. on Advanced Packaging Materials*, 74 (2004).
6. L. J. Salzano, C. Wilkinson, and P. A. Sandborn, *IEEE Trans. Advanced Packaging*, **28**, 503 (2005).
7. IPC-2316 *Design Guide for Embedded Passive Device Printed Boards*, March (2007).
8. R. C. Snogren, Presented at IPC Annual Meeting and Technical Conference, October 27, Minneapolis, USA (2004).
9. P. L. Cheng, S. Y. Y. Leung, T. W. Law, C. K. Liu, J. I. T. Chong, and D. C. C. Lam, *IEEE Trans. Components and Packaging Tech.*, **30**, 269 (2007).
10. M. G. Varadarajan, K. J. Lee, S. K. Bhattacharya, A. Bhattacharjee, L. Wan, R. Pucha, R. R. Tummala, and S. Sitaraman, *Proc. IEEE Conf. High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis (HDP '06)*, 188 (2006).
11. H. Park, *J. IEEK, SD*, **45**, 72 (2008).
12. U. S. Patent 6,229,098; 6,256,866 (2001).
13. (a) U. S. Patent 5,994,997 (1999); (b) U. S. Patent 6,130,601 (2000).
14. U. S. Patent 6,030,553 (2000).
15. A. Dziedzic, L. Rebenklau, L. J. Golonka, and K.-J. Wolter, *Microelectron. Reliab.*, **43**, 377 (2003).
16. U. S. Patent 6,225,035 (2001).
17. D. K. Kim, S. D. Park, M. J. Yoo, S. H. Sim, and J. B. Kyoung, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **20**, 622 (2009).
18. A. Dziedzic, *Microelectron. Reliab.*, **47**, 354 (2007).