

인쇄기법을 이용한 후막 캐패시터 제작

이혜미, 신권용, 강경태, 강희석, 황준영, 박문수, 이상호
한국생산기술연구원

Fabrication of Thick Film Capacitors with Printing Technology

Hyemi Lee, Kwon Yong Shin, Kyungtae Kang, Heuseok Kang, Jun-young Hwang, Moonsoo Park, Sang-Ho Lee
Korea Institute of Industrial Technology

Abstract - Polymer thick film capacitors were successfully fabricated by using ink-jet printing and screen printing technology. First, a bottom electrode was patterned by ink-jet printing of a nano-sized silver ink. Next, a dielectric layer was formed by the screen printing, then a top electrode was patterned by ink-jet printing of a nano-sized silver ink. The printed area of the dielectric layers were changed into 2×2m² and 4×2m², and also the area of the electrodes were patterned with 1×1mm² and 1×3mm². The thickness of the printed dielectric layer was ranged from 1.1 to 1.4μm. The analysis of capacitances verified that the capacitances was proportional to the area of the printed electrode. The capacitances of the fabricated capacitors resulted in one third of the calculated capacitances.

1. 서 론

최근 들어 전자제품의 경박 단소화와 전기적 고성능화를 위하여 수동소자의 집적화에 대한 관심이 날로 증가하고 있는데 이는 수동소자의 수가 능동소자의 수에 비해 훨씬 많이 사용되고 있기 때문이다. 휴대용 이동통신 기기의 경우 능동소자 대비 수동소자의 사용 비율은 1:20을 넘고 있을 뿐만 아니라, 전체 PCB (printed circuit board)면적에서 저항과 캐패시터와 같은 수동소자가 차지하는 비율도 40%이상이다[1,2].

전기적 성능과 집적도를 높이기 위한 기술로서 내장형 수동소자 기술(embedded passive technology)이 최근에 주목을 받고 있다. 내장형 수동소자 기술이란 수동소자들을 다층구조 기판의 각 층에 집적 시키고, via를 통하여 층간을 전기적으로 연결하여 회로적 기능성을 부여하는 기술이다. 이러한 내장형 수동소자 기술은 수동소자가 차지하고 있는 면적을 줄임으로써 칩의 밀도를 높이고, 소자간의 접속 길이를 짧게 함으로써 기생 인덕턴스 성분이 감소시켜 전기적 성능을 향상 시킬 수 있다. 또한 공정을 단순화 시켜 제조단가를 낮출 수 있다. 특히 수동소자중 캐패시터(capacitor)는 noise suppression, filtering, tuning, decoupling, bypassing, termination, and frequency determination등 많은 응용분야를 가지고 있으며 회로 상에서 중요한 수동소자이다[1-5].

최근에 소개된 잉크젯 프린팅 기술은 나노 잉크를 이용하여 사진공정과 식각공정을 이용하지 않고, 직접 나노잉크를 분사하여 패턴을 형성하는 방법으로, 패턴링 공정을 단순화 시킬 수 있을 뿐만 아니라 각종 전자 산업의 환경오염물을 획기적으로 줄일 수 있는 친환경기술이다. 잉크젯 기술은 스크린 프린팅 기술과 더불어 내장형 수동소자 제조공정 기술로 응용하고자 하는 연구들이 진행되고 있다[6-8].

본 연구에서는 인쇄 기법인 잉크젯 프린팅과 스크린 프린팅 기술을 이용하여 후막 캐패시터를 제작하고, 평가하였다. 나노 실버잉크를 사용하여 상·하부전극을 잉크젯 프린팅 하고, 유전체 페이스트를 스크린 프린팅 하여, 평판형 캐패시터를 제작하였다. 유전체의 면적은 2×2m²와 4×2m²으로 변화 시켰다.

2. 본 론

2.1 실험재료 및 장치

캐패시터의 상부전극 재료는 AMP사 실버잉크(DGP-40LT-150, 33.7wt%)를 사용하였으며, 하부전극 재료로는 대주전자의 실버잉크(30wt%)를 사용하였다. 소수성 표면 처리를 위해 3M사의 탄화 불수 혼합액 회전도포한 후 110℃에서 10분 동안 baking하였다. 유전체층으로는 TiO₃가 유기물 바인더에 분산된 아사히 케미테크 사의 FD-72 페이스트를 사용하였다. <표-1>은 유전물질로 사용된 아사히 케미테크 사의 FD-72 paste characteristics 이다.

캐패시터 제작을 위해 사용된 잉크젯 시스템은 Fujifilm Dimatix 사 (CA, USA)의 DMP-2800을 사용하였다. 이 시스템의 인쇄 면적은 최대 200 mm × 300 mm이며, 100~5080 dpi의 인쇄가 가능하다. ±

25 μm의 오차 정밀도를 가지며, 1~10 picoliter 액적 분사가 가능하다. 카트리지헤드의 분사 노즐의 수 총 16개이고 노즐 간 간격은 254 μm이다. 잉크는 70 ℃, 기판은 60 ℃까지 가열할 수 있다. 그리고 자체 제작된 스크린 인쇄 시스템을 사용하였다.

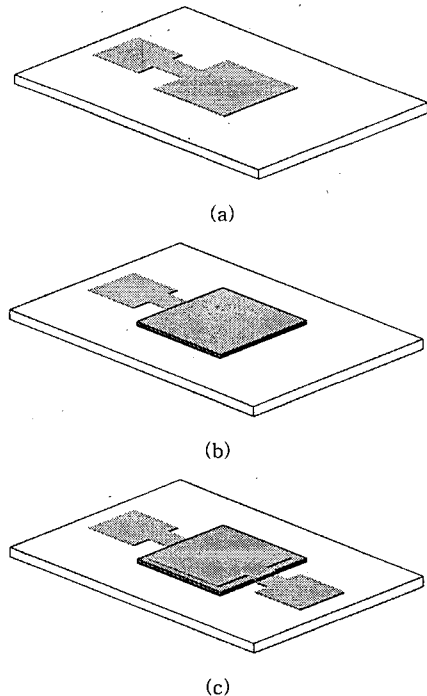
측정 장비로는 두께 접촉식 단차측정기(KLA Tencor Co., Alpha-step IQ)을 사용하였고, 저항과 정전용량을 측정하는 장치로 LCR meter (Agilent Co., E4980A)을 사용하였다. 인가전압과 주파수는 3V, 100 KHz였으며, 병렬회로 모드에서 저항(Resistance)과 정전용량(Capacitance)을 측정하였다.

<표-1>Physical characteristics of dielectric paste

Viscosity	150 ~ 250 ps (at 25℃)
Curing condition	150 ℃ × 30 min
Electrostatic capacity	< 5%
Dielectric loss	< 500pF

2.2 캐패시터 제작 공정

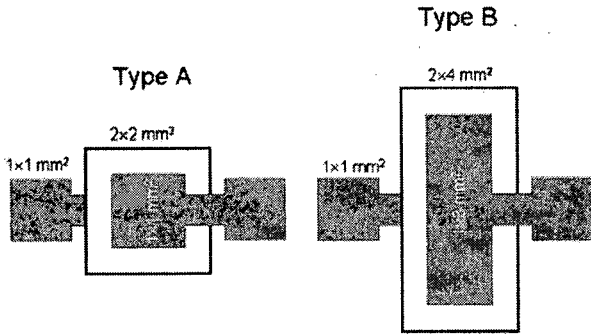
<그림-1>은 캐패시터의 제작 공정 순서도를 나타낸다. 소수성 표면 처리된 유리기판위에 대주전자의 실버잉크를 사용하여 하부전극을 잉크젯 프린팅 한 후, hot plate위에서 300℃에서 30분간 소결하였다. (<그림-1>(a)). 다음 단계로 아사히 케미테크 사의 FD-72 페이스트를 사용하여 유전체층을 스크린 프린팅 한 후, hot plate위에서 150℃에서 20분간 curing 하였다(<그림-1>(b)). 다시 상부전극을 AMP사 실버잉크(DGP-40LT-150, 33.7wt%)를 사용하여 잉크젯 프린팅 후 150℃에서 30분간 소결하였다(<그림-1>(c)).



<그림-1> 캐패시터의 제작 공정 순서도: (a) 하부전극 잉크젯 인쇄 및 소결; (b) 유전체층 스크린 인쇄 및 curing; (c)하부 전극 잉크젯 인쇄 및 소결

<그림-2>는 유전체의 크기에 따른 제작된 두 종류의 캐패시터의 설계도이다. 유전체의 사이즈를 2×2m²(Type A)와 4×2m²(Type B)로

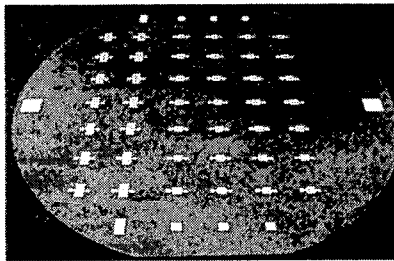
변화시켰다. Type A형인 경우 상·하부 전극의 크기는 1×1mm로 제작되었고, Type B형은 상·하부 전극의 크기는 1×3mm로 제작되었다. Contact pad는 각각 1×1mm로 제작되었다.



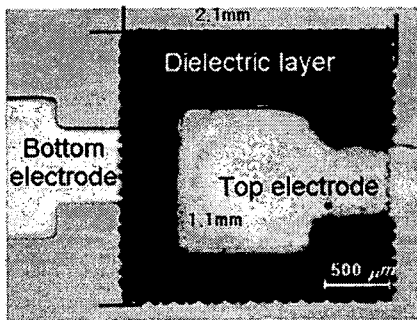
〈그림-2〉 제작된 평판형 캐패시터 설계도

2.3 캐패시터 제작 결과

〈그림-3〉은 제작된 캐패시터의 사진을 보여준다. (〈그림-3〉(b))은 유리 기판에 제작된 전체 캐패시터 어레이를 나타내고, (〈그림-3〉(b))는 Type A형 캐패시터의 단위 소자 현미경 관찰 사진이다. 〈그림-3〉(b)에서 볼 수 있듯이, Type A형 캐패시터와 Type B형 캐패시터의 제작된 Contact pad와 유전체크기는 공히 설계치보다 가로·세로 변의 길이가 0.1mm 크게 제작되었다. 유전체의 두께는 약 1.1 ~ 1.4μm 사이의 값으로 측정되었다.



(a)



(b)

〈그림-3〉 제작된 캐패시터의 사진들: (a) 유리기판위에 인쇄 제작된 전체 캐패시터의 사진; (b) Type A 캐패시터의 확대 현미경 사진

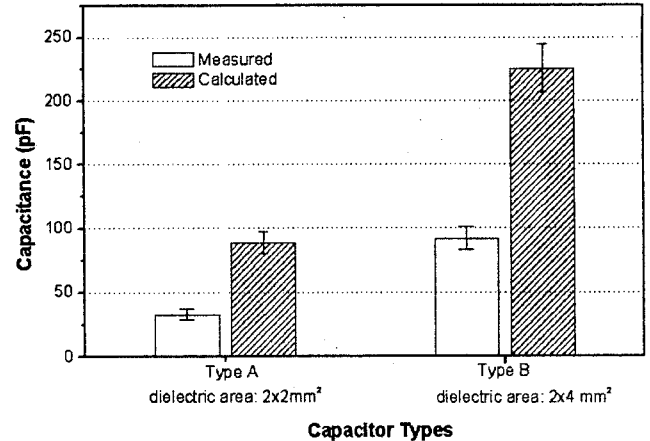
2.4 측정결과 및 고찰

식(1)은 정전용량, 즉 capacitance 공식이다. C=정전용량 [Farad], K=유전 상수, A=전극의 면적, d=유전체의 두께를 나타낸다. 식(1)로부터 Type A와 Type B의 정전용량을 계산하였으며, 전극의 면적과 유전체의 값은 제작된 캐패시터의 실제값을 사용하였다.

$$C = K \times \frac{A}{d} \times 8.85 \times 10^{-12} \text{ F} \quad (1)$$

아사히 케미테크 사의 유전체(FD-72)의 유전상수 K값은 8.5이다. 측정된 Type A 캐패시터인 경우 Capacitance가 27~35pF의 정전용량을 갖는 것으로 측정되었으며, Type B 캐패시터인 경우 84~103pF의 용량을 갖는 것으로 측정되었다. 〈그림-4〉는 제작된 캐

시터의 정전용량의 측정값(measured)과 계산값(calculated)을 나타낸 그래프이다.



〈그림-4〉 제작된 캐패시터 Capacitance 의 측정값과 계산값

제작된 캐패시터의 정전용량은 계산값의 약 1/3의 값을 갖는 것으로 측정되었다. 식(1)로부터 Type A형 캐패시터의 계산된 정전용량은 88.8pF이고, 측정된 정전용량의 평균은 33pF이었다. Type B형 캐패시터의 경우 계산된 정전용량의 평균값은 225pF이고, 측정된 정전용량의 평균값은 92.2pF이었다. 실제 측정된 Type B형 캐패시터의 상·하부 전극의 면적은 Type A형 캐패시터에 대하여 2.56배 증가하였으나, 정전용량의 측정값은 2.79배로 다소 크게 증가하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 캐패시터를 제작하기 위한 공정 방법으로 잉크젯 프린팅 기법과 스크린 프린팅 기법을 채택하였다. 유전물질로써 아사히 케미테크사의 FD-72를 사용하였으며, 상부전극 재료는 AMP 사 실버잉크(DGP-40LT-150, 33.7wt%)를 사용하였으며, 하부전극 재료로는 대우전자의 실버잉크(30wt%)를 사용하였다. 측정결과로부터 전극면적에 비례하여 정전용량에 증가하였으며, 제작된 캐패시터의 정전용량은 계산값의 약 1/3의 값을 갖는 것으로 측정되었다. 향후 연구에 있어서 그 원인 분석과 정확한 캐패시터를 제작하기 위한 공정 개선에 연구가 진행될 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Rao, J. Yue and C. P. Wong, "Material characterization of high dielectric constant polymer-ceramic composite for embedded capacitor to RF application", Active and Passive Elec. Comp, Vol. 25, pp.123-129, 2002
- [2] P. chinoy, Marc Langlois Shipley, "Embedded resistor and capacitor technologies", Onboard Technology, pp. 26-29, 2003
- [3] 조성동, 이주연, 백경옥, "BaTiO₃분말의 입자의 크기가 내장형 커패시터용 에폭시/BaTiO₃ 복합체 필름의 유전상수와 누설전류에 미치는 영향에 관한 연구", J. the Microelectronics & Packaging Society, Vol. 9, No. 2, pp. 11-17, 2002.
- [4] S. K. Bhattacharya, R. R. Tummala, "Next generation interal passive: materials, process, and integration of resistors and capacitors on PWB substrates, J. materials science: Materials in Electronics 11, pp 253-268, 2000
- [5] D. Y. Shin, D. S Kim, Y. B. Ham, B. O. Choi, "Fine resolution patterning aided by inkjet printing", 한국정밀공학회추계 학술대회논문집, 2006
- [6] B.-J. de Gans, P. C. Duineveld, and U. S. Schubert, "Inkjet printing of polymers: state of the art and future developments," Adv. Mater., Vol. 16, No. 3, pp. 203-213, 2004.
- [7] B.-J. de Gans and U. S. Schubert, "Inkjet printing of polymer micro-arrays and libraries: instrumentation, requirements, and perspectives," Macromol. Rapid Commun., Vol. 24, pp. 659-666, 2003.
- [8] J. Fukai, H. Ishizuka, Y. Sakai, M. Kaneda, M. Morita, and A. Takahara "Effects of droplet size and solute concentration on drying process of polymer solution droplets deposited on homogeneous surface," Int. J. Heat Mass Trans., Vol. 49, pp. 3561-3567, 2006.