

롤투롤 그라비어 인쇄 공정을 이용한 RF 공진 소자 제작 Fabrication of RF Resonant Devices Using Roll-to-Roll Gravure Printing Process

*박장훈¹, #이동진^{2,3}, 강현규⁴, 이종수¹, 박성식¹, 안병준¹, Mark Allen⁵, Terho
Kololuoma⁵, 고성림^{2,3}, 신기현^{2,3}

*J. H. Park¹, #D. Lee(djlee@konkuk.ac.kr)^{2,3}, H. K. Kang⁴, J. S. Lee¹, S. S. Park¹, B. J. Ahn¹, M.
Allen⁵, T. Kololuoma⁵, S. L. Ko^{2,3}, K. H. Shin^{2,3}

¹ 건국대학교 기계설계학과, ² 건국대학교 기계공학부, ³ 건국대학교 유연디스플레이 연속공정
연구소, ⁴ Chemnitz University of Technology, ⁵ VTT Technical Research Centre of Finland

Key words: printed electronics, roll-to-roll, gravure printing, RF resonant tag

1. 서론

RFID는 태그 및 판독기를 통해 원거리 인식이 가능하여 기존 바코드 시스템을 대체할 수 있는 장점이 있다. 특히 구조가 다른 전자소자에 비해 비교적 단순하여 인쇄공정이 용이하다.

본 연구를 통해 롤투롤(Roll-to-roll) 연속 그라비어(gravure) 인쇄 공정을 이용한 RF 공진 인쇄 소자를 제작하였다. 선행 연구로 마크 알렌은 본 건국대학교 연구팀과 함께 13.56 MHz chipless RF 공진 태그를 설계하고, 그라비어 및 잉크젯 방식을 통하여 시험 소자를 제작하였다¹. 이를 발전시켜 전 공정을 그라비어 방식으로 택할 경우 잉크젯 공정에서 발생하는 기관 체류시간을 절약할 수 있다. 또한 롤투롤 연속 인쇄 공정이 가능하여 양산성이 보장된 저가 태그 생산을 할 수 있다.

2. 실험 과정 및 결과

실험은 건국대학교 FDRC(Flexible Display Roll-to-roll Research Center)에서 보유중인 롤투롤 그라비어 인쇄 시스템에서 수행되었다.

그라비어 인쇄는 기존의 인쇄 방식과 비교했을 때 우수한 생산 속도를 보장하지만, 인쇄 패턴의 집적 가능성 및 균일성에서 한계를 지니고 있어 각 층별 음각 롤 특성 즉, 패턴 구조에 따른 소재 선택 및 공정 조건의 최적화가 중요하다.

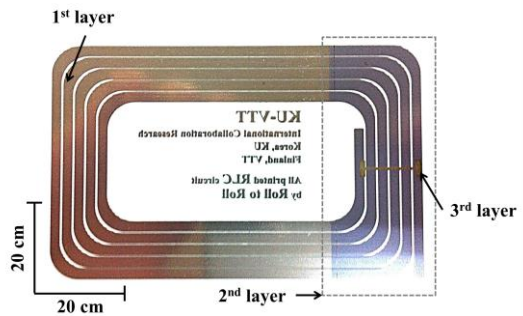


Fig. 1 Structure of printed RF resonant tag (1st, 3rd layer: conductive layer, 2nd layer: insulating layer)

인쇄된 소자 구조는 Fig. 1과 같다. 첫째 층 및 셋째 층은 전도 특성을 나타내는 층으로서 은 나노 잉크(PG-007, 60wt%, 입자 크기 200 nm)가 사용되었으며, 셋째 층은 절연층 인쇄를 위해 에폭시 소재의 잉크(PD-002, 30wt%)가 사용되었다. PET의 건조구간에서의 열 변형을 고려하여 열처리된 소재(Heat stabilized SH-34)를 사용하였다.

세부적인 공정 조건은 Table 1과 같다. 1도 및 3도 층은 음각 롤에서 PET 소재로의 잉크의 효과적 전달을 위해 잉크를 에틸렌 글리콜로 경험적으로 얻은 최적의 점도까지 희석시켜 사용하였다. 또한 절연성 확보를 위해 2도 층은 2회 중첩 인쇄하였다.

Table 1 Experiment conditions

	1 st layer	2 nd layer	3 rd layer
Viscosity (cP)	680	10000	226
Drying (°C)	80	110	100
Op. velocity (m/min)	5	5	3
Op. tension (kgf)	2	2	1

패턴 두께 및 거칠기와 같은 인쇄 품질 측정은 간섭계(interferometer, Nanoscan NV-2000)와 광학현미경을 이용해 Fig. 2 와 같이 측정되었다. 1 도 층은 코일 형태로 설계되었는데, 측정 시에 핀홀(pin hole) 이 발견되었으나 2.64 μm 의 두께를 가졌으므로 단락 현상은 일어나지 않았다. 또한 2 도 층은 연속적인 스트립으로 인쇄되었기 때문에 패턴링 성능에는 문제가 되지 않았으나 2 회 중첩 인쇄 했음에도 불구하고 5 μm 의 기대 두께에 미치지 못하는 3.63 μm 의 결과를 보였다. 3 도 층은 인쇄 두께 2.09 μm 로 기대 요건을 충족했으나 용제(solvent)로 인한 2 도 층과의 간섭 현상을 나타냈다. 또한 1 도 인쇄 후 2 도 인쇄 수행 시에는 횡 방향 레지스터(register)만 고려하면 되기 때문에 결함의 발생이 적었으나, 3 도 인쇄 시에는 세 차례에 걸친 건조구간에서의 PET 의 열 변형으로 인한 종 방향 레지스터 에러가 다수 발생하여 이로 인한 불량률이 발생하였다. 그러나 잉크젯 인쇄와 비교했을 때 유사한 인쇄성을 나타냈다.

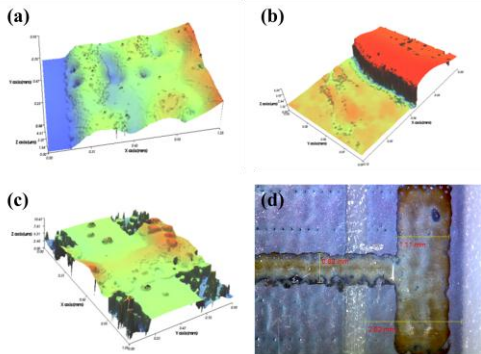


Fig. 2 (a) Interferometer image of 1st conductive layer, (b) 2nd insulating layer, (c) 3rd conductive layer, (d) microscope image

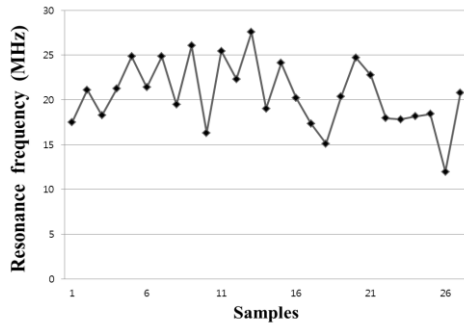


Fig. 3 Resonance frequency of printed samples

공진주파수 측정은 RFID/USN 센터에서 표준 규격에 따라 측정하였으며 결과는 Fig. 3 에서와 같이 최저 11 에서 최고 27 MHz 까지 다양하게 분포하였다. 이는 평균 20.5 MHz, 표준편차 3.6 MHz 의 결과로 13.56MHz 의 소자 성능 목표에는 다다르지 못하였다. 2 도 절연층의 유전율(permittivity) 개선을 통한 추가적인 연구가 필요하다.

3. 결론

롤투롤 연속 그라비어 공정을 이용하여 3 도 RF 공진 소자를 인쇄하였다. 잉크젯 방식을 대체한 전 공정 그라비어 인쇄 방식을 사용하여 평균 20.5 MHz 의 성능을 얻었다.

후기

이 논문은 지식경제부의 미래산업선도기술개발사업 신시장창출형과제(10042421) 및 산업원천 기술개발 사업(10035641)의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. M. Allen, C. W. Lee, B. J. Ahn, T. Kololuoma, K. H. Shin, S. L. Ko, "R2R Gravure and Inkjet Printed RF Resonant Tag," Microelectronic Engineering, **88**, 3293-3299, 2011.
2. 김충환, 이용식, 김영국, 김동수, "인쇄 UHF RFID 태그 안테나의 인쇄 품질에 따른 공진주파수의 영향," 한국 정밀공학회지, **25**, 90-94, 2008.