



# 전도성 나노 잉크와 RFID 태그

## Conductive Nanoink and RFID Tag

김 동 표 / (주)엔피케이 상무

### 1. 서론

RFID 분야는 이제 우리 생활 속에서 서서히 자리를 잡고 있는 상황이다. 지하철 및 버스 등에서 이용되는 교통카드, 아파트 등에서 사용되는 주차관리 카드 및 출입카드, 사무실에서 사용되는 출입관리 및 신분증 카드, 고속도로에서 사용되는 하이패스 카드 등 실생활에서 많은 RFID 기술을 적용한 제품들을 찾아 볼 수 있다. 또한 관공서나 회사의 물품 관리를 위한 태그, 의료 폐기물과 같이 사후 관리가 필요한 부분, 한우 이력 관리, 도서관 관리, 의약품 관리 등 여러 분야에서 RFID를 적용한 사례들이 증가하고 있는 추세이다.

RFID 태그는 사용 주파수에 따라 여러 가지 종류가 있으나 현재 쓰이고 있는 대부분의 태그는 13.56MHz의 HF와 900MHz대역의 UHF이다.

일반적으로 HF는 인식거리가 짧고 (수cm~수십cm) 칩 가격이 비싼 점이 있으나, 칩의 보안성이 좋아서 주로 신용카드나 교통카드와 같은 금전과 관련된 분야와 출입카드와 같은 보

안이 필요한 분야에 많이 쓰이고 있다. 이에 비해 UHF는 일반적으로 보안성은 낮은 대신 인식거리가 수m 수준으로 길어서 물류 관리와 같은 분야에 널리 쓰이고 있다.

이러한 RFID 태그는 크게 3가지 생산 단계를 거치게 되는데, 이는 처음으로 안테나를 제조하는 단계, 다음으로 안테나와 RFID 칩을 본딩하는 단계, 그리고 마지막으로 라벨 또는 스티커 형태로 만드는 컨버팅 단계이다.

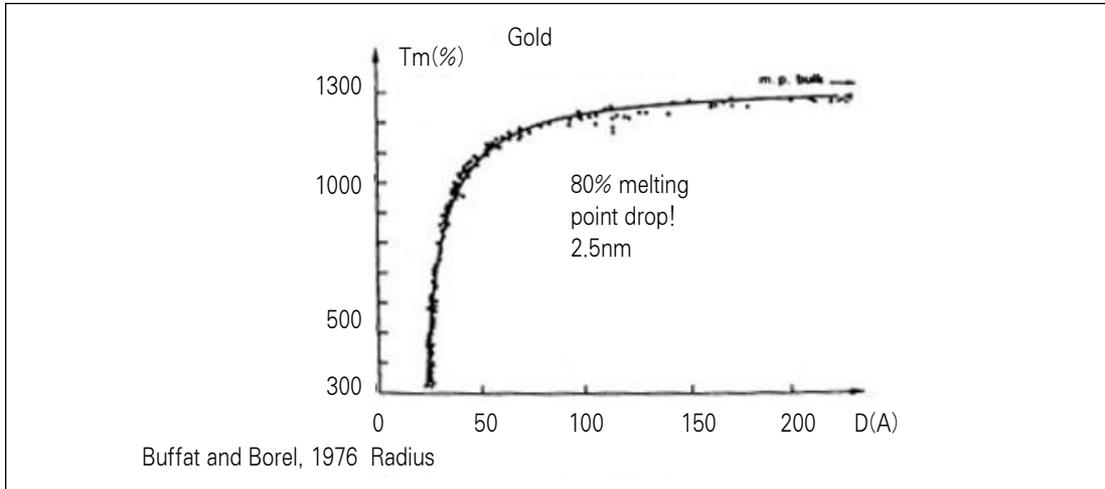
본 고에서는 전도성 나노 잉크와 이를 사용한 인쇄 방식의 RFID 안테나에 대해 다루고자 한다.

현재 안테나는 주로 알루미늄박을 PET 필름에 합지한 후 이를 에칭한 형태의 제품이 대부분이며, 일부 구리박을 사용한 에칭 제품과 전도성 잉크를 인쇄한 제품이 쓰이고 있다.

일반적인 에칭 방식에 비해 인쇄 방식은 에칭액과 같은 산업 폐기물 발생이 적은 친환경적인 공정이며, 에칭에서 다룰 수 없는 종이와 같은 소재로도 RFID 안테나를 만들 수 있는 장점이 있다.

특히 종이를 사용하는 경우에는 제품이 개봉

[그림 1] 금의 녹는점 변화



되면서 파괴되는 태그를 만들 수 있어서 진품 확인용으로 양주에 적용되고 있다.

## 1. 전도성 나노 잉크

우선 나노는 10억분의 1을 표현하는 것으로 여기서는 나노 미터를 의미한다. 즉 마이크로미터보다 한 단계 작은 단위이다. 일반적으로 물질이 나노 단위의 크기인 경우, 질량에 비해 표면적이 매우 크게 되어 불안정한 상태가 된다. 이에 따라 큰 입자 상태에서는 없는 반응성이나 녹는 점의 변화 등 나노 입자 특유의 특성을 보이게 된다. 흔히 볼 수 있는 나노 입자의 활용 예로는 나노 항균제를 들 수 있으며, 이는 나노 입자의 큰 반응성을 응용한 것이다.

나노 입자를 만드는 방법은 여러 가지가 있으나, 크게 2가지로 나누어 볼 수 있다. 즉 원자 단위 정도의 작은 입자를 모아서 나노 단위의

입자로 키우는 Bottom-Up 방식과 마이크로 단위의 입자를 분쇄하여 나노 단위 입자로 만드는 Top-Down 방식이 있다.

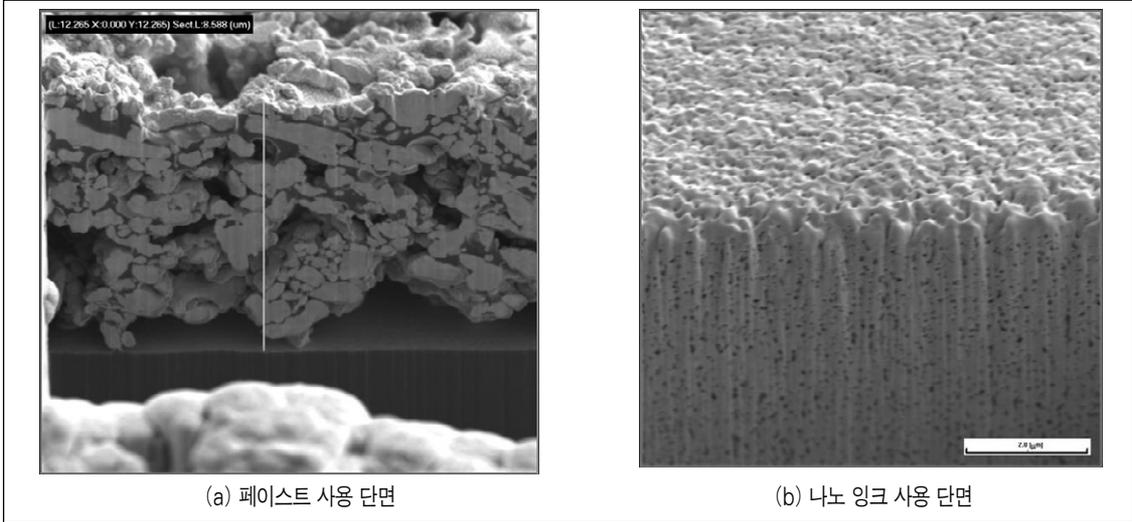
Bottom-Up 방식은 비교적 균일한 입자를 높은 수율로 만들 수 있는 장점이 있는 반면, 일반적으로 제조 공정이 복잡하거나 고가의 화학 약품이나 장비가 필요로 하는 경우가 많은 단점도 있다.

Top-Down 방식은 물리적 분쇄를 이용해 쉽게 가공을 할 수 있다는 장점이 있으나, 입자 균일도가 떨어지고 일반적으로 100nm 이하의 입자 가공이 힘들며 원하는 크기의 입자에 대한 수율이 떨어지는 문제점이 있다. 앞으로 이야기 할 내용은 화학적 반응으로 제조된 Bottom-Up 방식의 나노 입자이다.

전도성 잉크에서 나노 입자를 사용하는 근본적인 이유는 나노 입자가 갖는 융점 강하 현상이다. 즉 일상적인 녹는 점에 비해 나노 입자의



[사진 1] 잉크 종류에 따른 인쇄 단면 비교



녹는 점은 매우 낮아지는데 이러한 현상을 이용해 저온 소성을 하고 이로 인해 전기 전도도를 개선하려는 것이다. [그림 1]은 금에 대한 입자 크기에 따른 녹는 점의 변화를 보여 주고 있다. 그림에서 입자 크기가 60nm 이하에서 녹는 점이 급속히 감소함을 알 수 있다.

[사진 1]는 마이크론 단위의 입자를 사용한 페이스트와 나노 입자 잉크를 사용한 인쇄물의 건조 후 단면을 전자현미경으로 비교한 사진이다. 페이스트의 경우에는 입자가 그대로 존재하는 것을 알 수 있으며, 나노 잉크의 경우에는 입자들 사이에 소성이 일어난 것을 볼 수 있다.

이러한 입자 사이의 접촉 면적 및 간격의 차이에 의해 일반적으로 나노 잉크를 사용하는 경

우에 페이스트를 사용하는 경우보다 저항이 1/2~1/10 감소하게 된다. 또한 페이스트 잉크가 스크린 인쇄에 최적화되어 인쇄 방법이 한정적인 것에 비하여 나노 잉크는 용매 및 첨가제 조절로 잉크젯, 그라비아, 스크린 등 여러 인쇄 방법에 적합한 잉크를 만들 수 있다.

지금 대부분의 전도성 잉크는 주로 은을 사용하여 페이스트나 나노 잉크를 만들고 있는데 이는 은이 가지는 우수한 전기 전도성 때문이다.

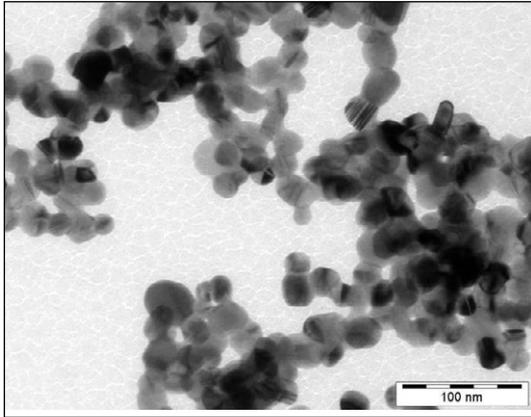
[표 1]은 금속 중 전도체로 많이 쓰이는 물질들의 비저항값을 비교한 것이다.

은의 비저항이 가장 낮고 구리, 금, 알루미늄 순서인데, 구리의 경우 가격이 은에 비해 상당히 저렴하고 비저항값도 낮아서 전선, PCB 등

[표 1] 주요 전도성 금속의 비저항 비교

금속	은	구리	금	알루미늄
비저항( $\mu\Omega$ cm)	1.62	1.69	2.44	2.75

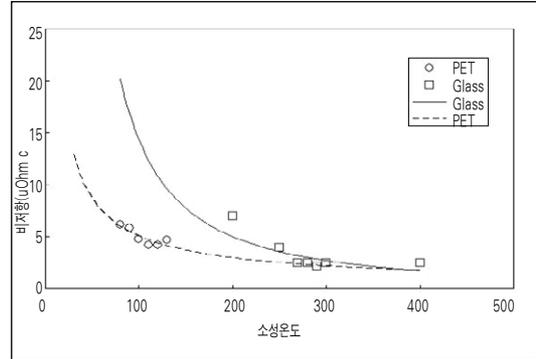
[사진 2] 전도성 나노 잉크 투과 전자현미경 사진



대부분의 전기 부품에 사용되고 있으나, 대기 중에 노출되는 경우 산화 문제가 발생한다. 특히 잉크화된 구리는 인쇄 후 건조 조건에서 산화 속도가 매우 빨라 이에 대한 해결책이 필요로 된다. 구리를 이용한 전도성 잉크는 현재 활발히 개발 중이나 아직 산화 문제를 완전히 해결한 단계는 아니다. 이러한 이유에서 현재 은을 사용한 전도성 잉크가 주류를 이루고 있다.

[사진 2]은 전도성 나노 잉크의 입자를 찍은 투과 전자현미경 사진으로 20~50nm 입자로

[그림 2] 소성 온도에 따른 비저항의 변화



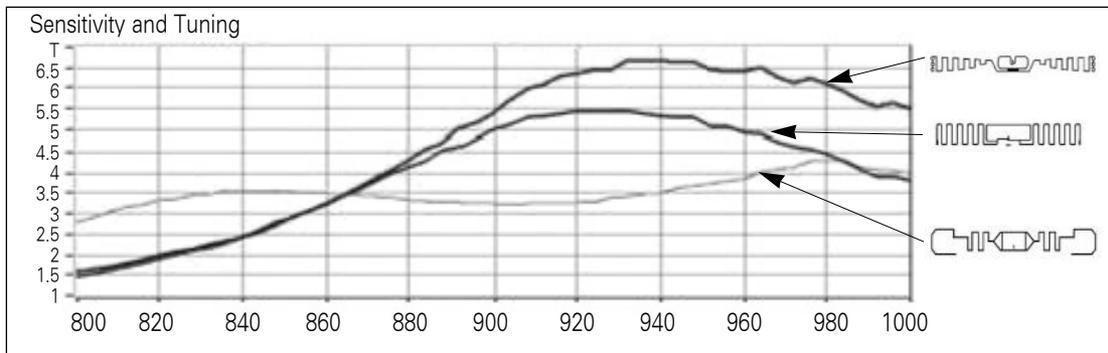
이루어져 있음을 알 수 있고 평균 입자 크기는 약40nm이다.

[그림 2]는 전도성 나노 잉크의 소성 온도에 따른 비저항 변화를 보여 주고 있다. 일반적으로 전도성 잉크의 경우 소성 온도가 높을수록 잉크 내 금속 이외의 성분들이 적어져서 비저항이 낮아지는 특성을 보인다.

## 2. 인쇄 RFID 안테나

전도성 잉크를 사용한 인쇄 RFID 안테나는 물질 차이에 의한 전도성 차이, 두께 차이, 표면

[그림 3] 안테나 특성 비교





## 특 점

거칠기 차이 등의 원인으로 일반적인 에칭 안테나와 조금 다른 특성을 갖는다.

결과적으로 에칭 안테나 설계를 그대로 적용 시 에칭 안테나보다 인식 거리 등 성능이 떨어지게 되며, 이를 해결하기 위해서는 약간의 설계 변경이 필요하다.

UHF 안테나에 대한 대표적인 설계 변경은 안테나 길이 조절이다.

인쇄에 최적화된 설계를 적용하는 경우 에칭 안테나와 거의 유사한 성능을 낼 수 있다.

앞서 말한 바와 같이 전도성 잉크를 사용하여 인쇄로 RFID 안테나를 만드는 경우에는 종이 안테나를 인쇄할 수 있는 특징이 있다.

이때 종이의 표면 거칠기가 안테나 성능 및 불량률에 영향을 미치므로 종이 원단을 잘 선정해야 한다.

일반적으로 인쇄 상에는 너무 심한 경우를 제외하면 표면 거칠기가 큰 문제가 되지 않지만 칩을 붙이는 칩 본딩 과정에서 문제를 발생시킬 수 있으며 인쇄의 번지는 정도에 따라 성능에도 영향을 줄 수 있다.

[그림 3]은 인쇄형으로 개발된 몇몇 안테나의 성능 측정 결과로 에칭 안테나와 유사한 특성을 보이고 있다.

HF 안테나의 경우에도 에칭 방식과 유사한 인식 거리를 보이지만 이를 위해서는 전기적 특성이 우수한 나노 잉크와 같은 전도성 잉크를 사용하여야 한다.

HF 안테나는 상당히 긴 코일 형태를 사용하므로 전기 저항이 높은 전도성 잉크를 사용하는 경우 저항 손실이 너무 커져서 인식 거리의 단축 등의 문제를 발생시킬 수 있다. [ko]

## 사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

**(사)한국포장협회**

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net