기계적 분산 처리한 CNT 페이스트의 제조와 Dot 패턴된 에미터의 전계방출 특성

이한성, 전지현, 김진희, 곽정춘, 이내성*
세종대학교

Fabrication and Field Emission Properties of Dot-patterned CNT Emitters using Mechanically Dispersed Photosensitive CNT paste

Hansung Lee, Jihyeon Jeon, Jinhee Kim, Jeungchoon Goak, and Naesung Lee*
Sejong University

Abstract : Dot-patterned carbon nanotube (CNT) emitters with excellent field emission properties were fabricated using photosensitive CNT paste. We carried out a parametric study on the compositions and the fabrication processes of the paste, in particular, by ball milling CNTs, which were optimized in terms of dot shapes and their field emission characteristics. The ball milling process improved the field emission current of the dot-patterned CNT emitters several times higher than that of the non-milled paste.

Key Words : carbon nanotube, field emission, photosensitive paste, ball milling

1. 서 론

carbon nanotube(CNT, 탄소나노튜브)는 뛰어난 전기전도도, 화학적 안정성, 기계적 강도를 가지고 있으며, 특히 매우 큰 종횡비를 특징으로 하기 때문에 전계방출 재료로 널리 사용되고 있다. 따라서 전계방출을 이용한 소자인 field emission display(FED), liquid crystal display(LCD)용 backlight unit(BLU)와 X-ray 전자방출원 등에 CNT를 적용하기 위한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 특히 디스플레이에 대한 CNT 응용연구에서는 대면적 공정 및 제조단가, 에미션 균일도 등의 측면에서 장점을 가지고 있는 스크린 인쇄법이 선호되고 있다. 이 방법에서 가장 중요한 요소가 전계방출 특성과 인쇄공정성이 우수한 CNT 페이스트를 제조하는 것이다. 하지만 페이스트를 제조하는 과정에서 CNT들이 길이에 의해 응집되거나 반데르발스 인력에 의해 뭉쳐져 수지 내에서 균일하게 분산되기 어려운 문제점이 있다. 이러한 분산 문제는 대개 화학적 개질과 더불어 기계적 혼합에 의해 해결되어야 한다. 본 연구에서는 CNT와 전도성 충진재를 넣은 용액을 ball milling하여 균일하게 혼합시킨 후 이를 이용하여 CNT가 균일하게 분산된 감광성 CNT 페이스트를 제조하였다. 스크린 인쇄 및 포토리소그래피를 적용하여 규칙적으로 배열된 dot 형태의 CNT 에미터를 형성한 후 CNT의 페이스트 내 분산에 따른 전계방출 특성을 연구하였다.

2. 실 험

촉매 화학기상증착법으로 성장된 다중벽 CNT를 사용하여 감광성 페이스트를 제조하였다. 그림 1은 성장된 CNT의 SEM, TEM 사진과 Raman 스펙트럼이다. 직경은 7-10 nm이었으며, 결정성 및 탄소불순물의 양을 나타낼 수 있는 I_G/I_D비는 1.34이었다. CNT 페이스트를 제조하기 먼저 서로 뭉쳐 있는 전도성 충진재를 수지와 함께 에탄올에 넣고 24 시간 ball milling하여 균일하게 분산시켰다. 이 현탁액에 CNT를 넣고 2시간 동안 다시 ball milling하여 CNT와 충진재를 고르게 분산시킨 후 여과하여 에탄올을 제거하였다. 이렇게 준비된 CNT/충진재 분산물을 감광성 수지, 광경화제, 광개시제와 더불어 유기용매에서 일정 비율로 섞은 후 3-roll milling을 하여 감광성 CNT 페이스트를 제조하였다.

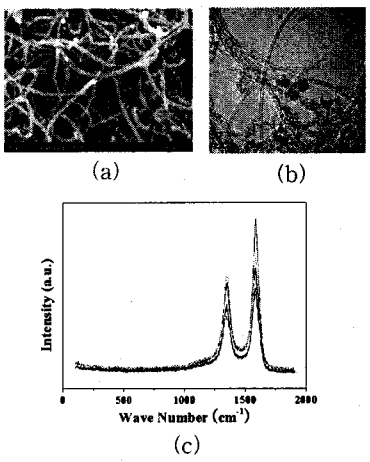

그림 1. 페이스트에 사용된 다중벽 CNT의 구조 및 결정성 분석: (a) SEM 사진, (b) TEM 사진, (c) Raman 스펙트럼.

그림 2는 dot 모양의 CNT 에미터를 형성하기 위한 모식도이다. 투명전도막(ITO)이 증착된 유리기판 위의 Cr층을 dot 모양으로 식각한 뒤 감광성 CNT 페이스트를 프린

팅 하였다. 패턴된 Cr층을 마스크로 사용하여 후면노광한 후 페이스트를 현상하여 dot 모양의 CNT 에미터를 형성하였다. 형성된 CNT 에미터를 420 ℃에서 소성하고 접착성 테이프로 표면을 후처리하여 에미터 제작을 완료하였다. 전계방출 측정을 위해 형광체가 도포된 ITO 유리기판인 애노드와 CNT 에미터 캐소드 사이에 스페이서를 놓어 300 ㎛의 간격을 유지하였다. 약 5×10^{-7} torr의 진공 하에서 1% duty, 100 Hz의 펄스전원을 인가하여 전계방출 특성을 측정하였다.

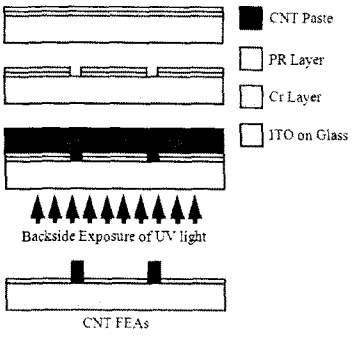

그림 2. 감광성 CNT 페이스트를 사용해 dot 형상의 CNT 에미터를 형성하는 공정 모식도.

3. 결과 및 검토

감광성 CNT 페이스트를 사용해 형성한 CNT 에미터를 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)에서

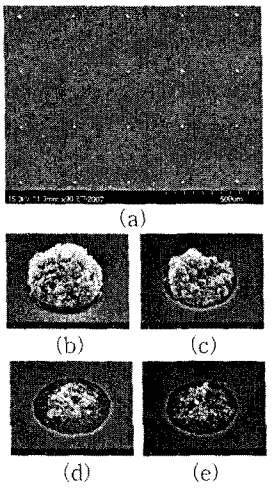

그림 3. 감광성 CNT 페이스트를 사용해 형성한 dot 에미터의 SEM 사진: (a) 10 ㎛ 직경, 300 ㎛ 간격으로 배열된 CNT dot, (b) 후면노광과 현상 후, (c) 420 ℃에서 소성 후, (d) 접착성 테이프로 CNT를 노출시킨 후, (e) 전계방출 시킨 후 관찰한 CNT dot의 형상.

10 ㎛ 직경과 300 ㎛ 간격을 갖는 CNT dot들이 규칙적 배열로 잘 형성되어 있음을 알 수 있다. 그림 3(b~e)는 각각 후면노광과 현상 후, 420 ℃ 소성한 후, 접착성 테이프로 CNT를 노출시킨 후, 전계방출 시킨 후의 CNT dot 모양이다. 그림 4는 CNT와 전도성 충진재를 ball milling 처리하지 않는 것과 처리하여 만든 페이스트를 비교한 J-E 전계방출 그래프이다. Fowler-Nordheim 그래프가 직선에 가깝게 나타나고 있어 전자방출이 전계에 의해 일어난 것임을 알 수 있다. J-E 그래프에서 ball milling 처리한 경우 페이스트의 전계방출 특성이 크게 향상되었음을 알 수 있다. 이는 ball milling에 의해 CNT와 충진재가 잘 분산되어 많은 수의 CNT들이 에미터로 작동하기 때문인 것으로 판단된다.

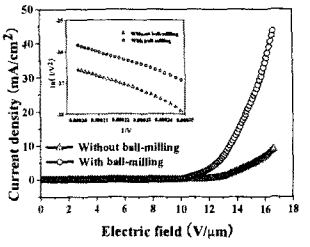

그림. 4 Ball milling 처리한 CNT의 J-E 전계방출 특성과 Fowler-Nordheim 그래프.

4. 결 론

감광성 CNT 페이스트를 사용하여 10 ㎛의 직경을 갖는 CNT dot 에미터를 제조하였다. Ball milling 처리로 CNT를 잘 분산시킴으로써 전계방출 특성을 크게 향상시켰다. CNT를 사용하여 페이스트를 제조할 때 화학적 분산과 더불어 ball milling 등 기계적 분산법을 함께 사용하면 인쇄공정성 및 전계방출 특성이 우수한 CNT 페이스트를 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] R. H. Baughman, A. A. Zakhidov, and W. A. de Heer, Science. Vol. 297, p. 787, 2002.

[2] N. S. Lee, D. S. Chung,, and J. H. Kang, Diam. Relat. Mater. Vol. 10, p. 265, 2001.

[3] Y. S. Choi, S. H. Park and S. Y. Hwang, Appl. Phys. Lett. Vol. 82, p. 3565, 2003.

[4] Y. C. Kim, K. H. Sohn, and E. H. Yoo, Appl. Phys. Lett. Vol. 84, p. 5350, 2004.

[5] J. H. Ahna, Y. J. Kim, and H. Chung, Journal of Alloys and Compounds. Vol. 434, p. 428, 2007.