

정전용량방식 터치패널용 스타일러스펜의 정전특성 연구

이재윤¹, 유시홍¹, 성민호¹, 이성의^{1,a}

¹ 한국산업기술대학교 신소재공학과

A Study on Capacitance Properties of Stylus Pen Applied to Capacitive Touch Panel

Jae Yun Lee¹, Si Hong Ryu¹, Min Ho Sung¹, and Seong Eui Lee^{1,a}

¹ Department of Advanced Materials Engineering, Korea Polytechnic University, Siheong 429-793, Korea

(Received April 17, 2012; Revised July 2, 2012; Accepted July 12, 2012)

Abstract: A study on capacitive characteristics of stylus pen for touch panel are progressed in this paper. Also the main factors for capacitive sensitivity are studied. Namely, highly sensitive stylus pen which can be applied to capacitive touch panel are studied based on the analysis of materials and process conditions regardless of pattern shapes. Stylus pen was made of PDMS(Poly-Di-Methyl-Siloxane) and conductive metal powders which does not damage the touch panel surface. We tried to get the advantages of both the properties of soft PDMS and conductive metal powders. We found that potential difference of capacitance change with conductivity of the composite materials(PDMS + metal powders) it implies that during touch process, large voltage difference can be caused by the high conductive materials of stylus pen. Stylus pen made by PDMS with mixed with Ag powders which has large conductivity shows more capacitance change of 1 pF than PDMS with other materials of Ni or C powders.

Keywords: Capacitive type, Stylus pen, PDMS, Metal powder

1. 서론

아이폰의 개발을 시작으로 가속화된 스마트폰의 보급으로 모바일 기기 입력장치로 이제는 흔하게 터치패널 입력장치를 접할 수 있다. 터치패널 입력장치는 구동방식에 따라 여러 가지가 있는데 현재 스마트폰을 비롯한 태블릿 PC에 사용되는 터치패널 디바이스에 보편적으로 사용되는 구동방식은 정전용량방식이다. 그림 1은 self capacitance type과 mutual capacitance type 터치패널의 동작원리를 나타낸다. 터치 시 발생하는 미세한 정전용량의 변화값과 터치 전 터치패널 자체의 정전용량 값의 차이로 터치를 인

식한다. Self capacitance type의 경우, 터치 시 터치패널의 정전용량 값이 증가하며 mutual capacitance type의 경우 터치 시 터치패널의 정전용량 값이 감소한다. 그림 1의 그림처럼 터치패널에 터치 시 인체는 가상접지(virtual ground) 역할을 하여 전하의 이동을 유도한다. 이와 같이 정전용량방식 터치패널은 터치 시 발생하는 미세한 정전용량 값의 변화를 인식하여 동작된다. 따라서, 터치 시 정전용량 값의 변화가 크면 인식되는 동작 특성을 향상시킬 수 있다. 이에 부합하는 방법은 터치하는 재료에 도전성을 부여하여 그라운드로 전하의 이동을 좀 더 원활하게 하거나 터치 면적을 넓혀 정전용량 값의 변화를 높이는 방안이 있다. 하지만, 터치 면적의 증가는 인식해상도의 감소를 초래하여, 최근 연구방향인 미세한 부분까지 인식

a. Corresponding author: selee@kpu.ac.kr

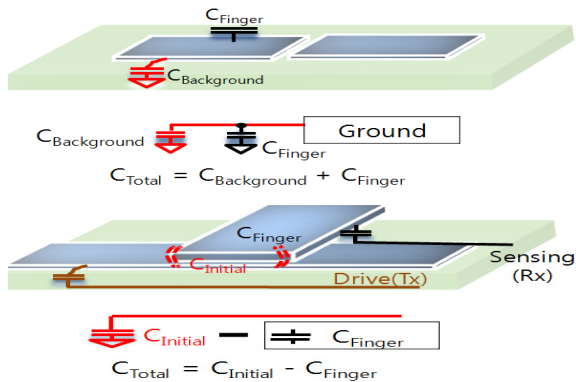


Fig. 1. Capacitive type touch panel driving method. Self type(top), mutual type(bottom).

할 수 있는 동작특성의 향상이라는 목표와 상반되기 때문에 좋은 방안이라고 할 수 없다. 본 논문은 앞서 언급한 터치 시 정전용량 값의 변화율을 크게 하여, 터치패널의 감도를 높이는 스타일러스 펜 재료 개발이라는 주제에 초점을 맞춰 실험을 진행하였다. 즉, 정전용량방식 터치패널은 인체의 접촉으로 동작하는 디바이스 이므로, 인체의 특성과 유사한 전기적 특성과 정전용량 값을 나타내는 재료의 개발을 목표로 하였으며, 이를 위하여 그에 부합하는 접촉형태, 전기적 특성, 터치동작 특성 등에 대해 정량화시키는 연구를 진행하였다.

2. 실험 방법

인체와 비슷한 특성을 가진 stylus pen 제작을 위해 시제품 head부의 성분분석을 실시하였다. 그 결과 metal 성분이 검출된 제품의 정전특성이 가장 우수한 것으로 측정되었다. 그러나 시제품의 경우 터치패널에 damage를 줄 수 있는 구조적 단점을 갖고 있다. 이를 보완하고자 세 종류의 metal powder(Ag, Ni, C)와 Si 계열의 부드러운 재료인 PDMS (poly dimethyl siloxane, dowcorning sylguard 184 Si elastomer) 혼합물을 이용하여 고감도의 범용 stylus pen을 제작하여 정전특성에 대해 정량적 분석을 시행하였다. 세 종류의 metal powder는 DFM (dynamic force microscope)을 이용하여 사이즈를 확인하였다. PDMS와 metal powder의 혼합 형태인 stylus pen 접촉부의 제조공정 및 개략도는 표 1, 그림 3과 같다.

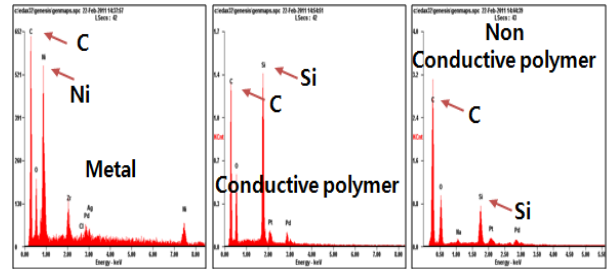


Fig. 2. Component analysis of stylus pen.

Table 1. Fabrication process of the stylus pen.

Process	Condition
Milling	Zr Ball (6 ϕ), Ethanol base Ag, Ni, C 6/12/18 hour
Mixing	PDMS + Metal powder Metal powder 12~20 wt% Ag, Ni, C
Agitation	2,000 RPM, 5 min
Added a hardener	PDMS : hardener = 9 : 1 (wt%)
Deforming	3,000 RPM, 5 min
Agitation	2,000 RPM, 5 min
Drying	120°C, 1 hour

stylus pen 접촉부의 제조공정은 powder milling, 혼합, 교반, 경화제 첨가, deforming, 교반, 건조의 순서로 공정을 진행하여 stylus pen 접촉부를 제작한 후 알루미늄 봉에 접착하였다. 혼합공정은 metal powder의 분율을 12~20 wt%로 변화시키면서 PDMS와 혼합시켰으며, 교반 시 공전과 자전형태의 교반을 함께 할 수 있는 고에너지의 교반기 (Thinkly 1,000)을 사용하여 2,000 RPM으로 5분 간 실시하였다. 경화제의 양은 터치패널에 손상을 주지 않는 정도 값을 유지하기 위하여 10 wt%로 고정하였다.

Deforming 공정은 PDMS와 metal powder의 혼합물과 PDMS 경화제의 조성이 전체적으로 균일하게 분포되고, 기포에 의한 영향을 배제하기 위해 진행되었다. 두 번째 교반에서는 deforming 공정을 통해 전체적으로 퍼진 혼합물이 안정화되도록 하였다. PDMS는 metal powder와 혼합 시 혼합물 내부에 발생한 기포에 의해 건조시간이 길어짐을 감안하여 1시간 동안 완전 건조시켰다.

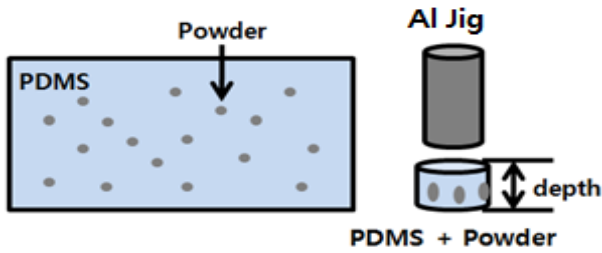


Fig. 3. Schematic of the PDMS + metal powder and stylus pen.

Table 2. Milling condition of metal powder.

Powder	Ag, Ni, C
Ball size (φ)	6
Ball : powder (wt%)	25 : 5
Speed (rpm)	120
Base	Ethanol
Milling time (hour)	6/12/18

표 2는 세 종류의 metal powder의 milling process condition에 대한 설명이다. 크기 6 φ, Zr ball을 사용하였으며 회전 속도는 120 rpm, ethanol base에 metal powder를 혼합하여 공정을 진행하였다. 세 종류의 metal powder를 6/12/18시간 세 종류의 시간 변수를 두어 진행하였으며 milling 공정이 끝난 powder를 사용하여 stylus pen을 제작한 후 capacitance 변화를 관찰하였다.

위와 같은 공정을 거친 metal powder와 PDMS의 혼합물은 알루미늄 봉에 부착하여 터치패널 검사 장비인 TMS 1,000(주)에프티랩을 활용하여 터치패널에 터치 시 capacitance 변화량을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 4는 metal powder의 milling 시간에 따른 XRD peak를 나타낸다. Milling 시간에 따라 XRD peak 변화가 없는 것으로 보아 milling에 따른 powder의 결정성 변화는 없는 것으로 판단된다. 표 3은 DFM으로 측정된 metal powder의 사이즈를 나타낸다. Ni의 경우 milling 후 사이즈의 감소가 거의 없

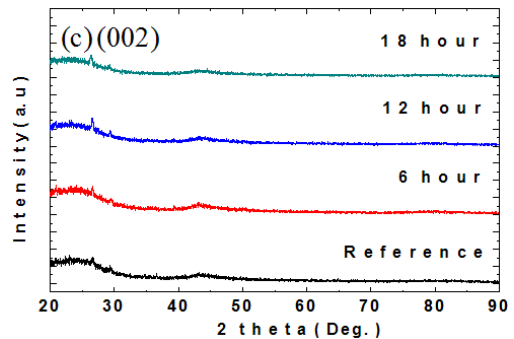
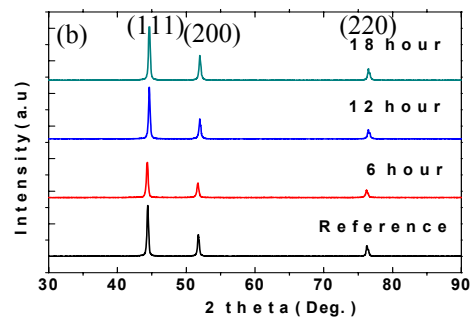
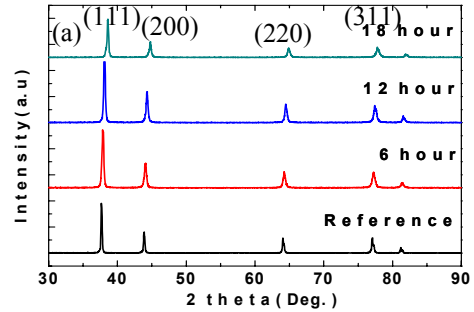


Fig. 4. XRD patterns of metal powder for various milling condition: (a) Ag, (b) Ni, (c) C.

었지만, Ag, C의 경우 각각 약 1.5 um, 4 um의 사이즈 감소가 관찰되었다. Carbon의 경우 raw material size가 가장 컸기 때문에 milling에 의한 size 감소 효과가 가장 크게 나타난 것으로 사료된다. 사용된 metal powder는 총 3가지로 표 4에서 언급한 바와 같이 재료 고유의 전기전도도에 따른 capacitance 변화를 관찰하는 것과 동시에 stylus pen 재료로 사용 가능한 혼합물의 혼합 분율 범위 내에서 metal powder 분율을 세분화하여 capacitance 변화를 관찰하였다. (표 5)

Table 3. Information of metal powder size.

	Ag	Ni	C
Reference	2.28 um	0.14 um	8.57 um
18 hour milling	0.82 um	0.1 um	4.09 um

Table 4. Conductivity of metal powder.

	Ag	Ni	C
Conductivity (S/cm)	$63 * 10^6$	$0.146 * 10^6$	$0.07 * 10^6$

Table 5. PDMS + metal powder mixture fraction.

Metal powder : PDMS(wt%)	Metal powder
12 : 88	Ag, Ni, C
14 : 86	
16 : 84	
18 : 82	
20 : 80	

$$P_c = \sum_i (V_i P_i) \dots \quad (1)$$

* P_c =Conductivity of composite material,
 V_i =voluum fraction, P_i =Conductivity

Equation 1. Theoretical conductivity equation of composite material.

PDMS와 metal powder 복합재료의 전도도를 예측하기 위해 다음과 같은 관계식을 도입하여 예상치를 그래프로 (그림 5) 나타내었다.

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_0}} \dots \quad (2)$$

$$C_0 = \frac{1}{(2\pi F_0)^2 L} \dots \quad (3)$$

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_0 + C)}} \dots \quad (4)$$

$$C = \frac{1}{(2\pi F)^2 L} - \frac{1}{(2\pi F_0)^2 L} \dots \quad (5)$$

Equation 2,3,4,5. Detecting method for capacitance of the TMS 1,000.

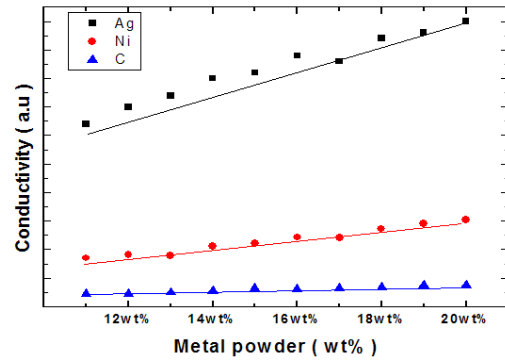


Fig. 5. PDMS + metal powder theoretical conductivity of composite material.

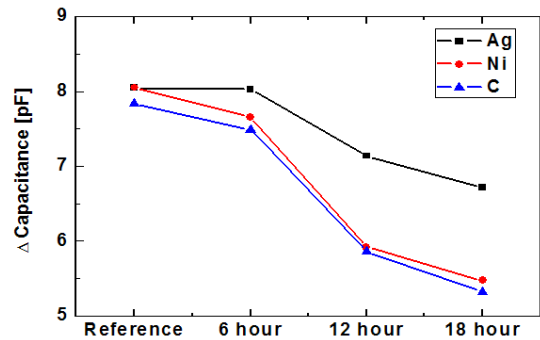


Fig. 6. According to the milling time variation in capacitance change.

TMS 1,000은 LC공진주파수변이 차이를 측정하여 주파수 변화량으로 터치패널의 정전용량을 검사하는데 그 원리는 다음과 같다. TMS 1,000은 장비 고유의 LC 공진 주파수 (F0)를 가지고 있으며, 이 공진 주파수를 계산하여 reference capacitance 값을 계산한다. 여기에 touch panel을 연결하면 기준 C_0 값에 touch panel의 capacitance 값이 더해지게 되어 측정된 주파수 F가 변화하게 된다. 여기서 변화된 F를 통해 터치 시 capacitance 변화량을 측정하게 된다.

그림 6은 milling 시간에 따른 재료별 capacitance 변화를 나타낸다. Milling이 완료된 powder와 PDMS를 혼합하여 stylus pen을 제작하였다. Reference powder를 사용한 경우 8 pF의 capacitance 변화량을 나타냈으며, milling 시간이 증가할수록 capacitance 변화량이 1 pF 정도 감소하는 경향을 나타냈다. 복합재료의 이론적 관계식에서 부피분율이 감소할수록 전도도가 감소하는 것과 같이 milling 시간에 따른

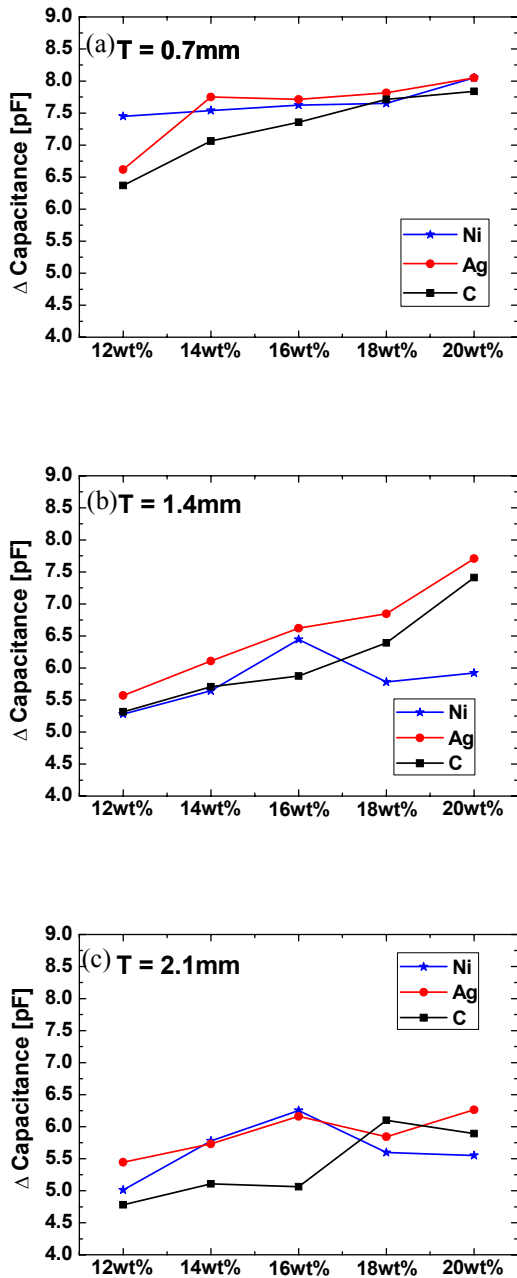


Fig. 7. According to the depth variation, materials and mixture fraction in capacitance change. (a) depth(thickness) 0.7 mm, (b) depth(thickness) 1.4 mm, (c) depth(thickness) 2.1 mm.

powder 사이즈 감소 영향으로 18시간 milling 처리한 powder의 capacitance 변화율이 가장 작게 측정된 것

으로 판단된다.

그림 7은 두께에 따른 재료/함량별 capacitance 변화를 나타낸다. 두께가 두꺼워질수록 capacitance 변화율은 감소하며, powder의 함량이 높을수록 capacitance 변화율은 증가한다. 두께가 0.7 mm, powder 함량이 20 wt%일 때, 세 종류의 powder 중 Ag powder를 사용한 stylus pen의 capacitance 변화량이 8.3 pF로 가장 컸다.

이와 같은 결과는 그림 4 복합재료의 이론적 전도도에서 Ag 함량 증가에 따라 전도도가 증가하는데 유사한 경향성을 나타낸다. 즉, 전기전도도가 높을수록 capacitance 변화폭이 더 크다는 것이 관찰되었다. 위의 실험을 통해 전도도가 높은 Ag powder를 사용한 복합재료로 stylus pen을 제작할 시 가장 우수한 capacitance 변화 특성을 나타낼 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 정전용량방식 터치패널에 적용 가능한 고감도의 범용 stylus pen 개발과 함께 터치패널에 테미지를 주지 않는 재료를 사용하여 터치 시 capacitance 변화에 의한 터치인식을 목표로 하였다. Metal powder의 milling 시간이 증가함에 따라 PDMS와 metal powder 복합재료의 capacitance 변화율은 약 1 pF 정도 감소하였다. 전도성이 높은 metal powder를 사용할수록 capacitance 변화폭이 작았는데 이는 Equation 1 관계식의 부피분율과 전도도의 비례관계와 그림 4 그래프의 파우더 함량 증가에 따른 전도도의 증가와 유사한 경향을 나타낸다.

즉, 터치패널의 터치 시 capacitance 변화율은 재료의 전도도와 비례관계라 판단된다. Ag powder를 사용한 stylus pen의 경우 Ni, Cu 재료를 사용한 stylus pen 보다 평균 1 pF 정도 capacitance 변화율이 더 크게 측정되었으며, 또한 복합재료 두께를 0.7 mm로 제작한 경우 capacitance 변화율이 8.3 pF로 가장 우수하게 측정되었다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2012-0000-820).

REFERENCES

- [1] W. D. Boer, A. Abileah, P. Green, and T. Larsson, *Society for Information Display Digest of Technical Papers*, 1494 (2003).
- [2] H. K. Kim, S. G. Lee, and K. S. Yun, *Sensor. Actuat.*, **A165**, 2 (2011).
- [3] P. S. Zeng, H. S. Chung, H. S. Hung, C. Y. Nan, T. W. Tse, and Y. H. Tien, *Society for Information Display, Digest of Technical Papers*, 567 (2009)
- [4] J. I. Lee and K. Sato, *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, **17**, 131 (2011).
- [5] H. K. Lee, S. I. Chang, and E. Yoon, *J. Microelectromech. Sys.*, **15**, 1681 (2006).
- [6] J. H. Ahn and J. J. Park, *J. KIEEME*, **20**, 348 (2007).