



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

폴더블 키보드용 FSR링크의 개발



2017년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

강 동 영

공 학 석 사 학 위 논 문

폴더블 키보드용 FSR잉크의 개발

지도교수 남 수 용

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2017년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

강동영의 공학석사 학위논문을 인준함.

2017년 2월 24일

주 심 공학박사 구 철 회 (인)

위 원 공학박사 조 가 람 (인)

위 원 공학박사 남 수 용 (인)

목 차

목차	i
List of Figures	iv
List of Tables	v
Abstract	vi
I. 서 론	1
II. 이론	3
1. FSR 센서	3
2. 전도성 카본 블랙	4
3. 레올로지	4
가. 점도	4
나. 점탄성	6
다. 요변성(Thixotropy)	8
III. 실 험	10
1. 실험방법	10
가. 카본페이스트의 구성	10
(1) 카본 블랙 분말	10
(2) 수지	10
(3) 용제	11
나. 페이스트의 제조	12
다. 포블레이션의 선정	13

라. 스크린 인쇄 및 건조	14
2. 측정방법	15
가. 페이스트의 레올로지 측정	15
나. 인쇄패턴의 접착력 측정	16
다. 인쇄패턴의 연필경도 측정	17
라. 인쇄패턴의 비저항 측정	17
마. FSR센서의 출력값 측정	18
 IV. 결과 및 고찰	20
1. 수지의 선정 실험 결과	20
가. 수지의 종류에 따른 레올로지 측정	20
나. 수지의 종류에 따른 접착력 측정	23
다. 수지의 종류에 따른 연필경도 측정	24
라. 수지의 종류에 따른 비저항 측정	25
마. 압력의 변화에 따른 출력값의 변화 측정	26
2. 수지의 함유량 선정 실험 결과	27
가. 수지의 함유량에 따른 레올로지 측정	27
나. 수지의 함유량에 따른 접착력 측정	30
다. 수지의 함유량에 따른 연필경도 측정	30
라. 수지의 함유량에 따른 비저항 측정	31
마. 압력의 변화에 따른 출력 값의 변화 측정	31
 V. 결 론	35
참고문헌	37

List of Figures

Figure 1. Structure of FSR sensor.	3
Figure 2. Shear stress - shear rate curve.	9
Figure 3. SEM image of carbon black powder.	11
Figure 4. Manufacture of carbon paste.	14
Figure 5. Image of drying oven.	18
Figure 6. Measuring method of ASTM D3359.	18
Figure 7. Pencil hardness measurement method.	19
Figure 8. Resistance measurement equipment-keithley 2002 system. ..	19
Figure 9. Viscosity graph of paste 1~4.	21
Figure 10. Amplitude sweep of paste 1~4.	23
Figure 11. Viscosity graph of paste 5~8.	28
Figure 12. Amplitude sweep of paste 5~8.	29

List of Tables

Table 1. The Properties of Carbon Black Powder	10
Table 2. Composition and Properties of Binder Resins for Carbon Pastes	12
Table 3. Characteristics of used Solvents	13
Table 4. Fomulation of Paste 1~4	15
Table 5. Fomulation of Paste 5~8	16
Table 6. Screen Printing Frame Information	17
Table 7. Viscosity Data of Paste 1~4	22
Table 8. After the Surface Adhesion Test of Paste 1~4	24
Table 9. Pencil Hardness Test of Paste 1~4	25
Table 10. Resistivity of Paste 1~4	26
Table 11. Output Voltage Test of Paste 1~4	27
Table 12. Viscosity Data of Paste 5~8	29
Table 13. After the Surface Adhesion Test of Paste 5~8	32
Table 14. Pencil Hardness Test of Paste 5~8	33
Table 15. Resistivity of Paste 5~8	33
Table 16. Output Voltage Test of Paste 5~8	34

Development of FSR Ink for foldable keyboards

Dong Young Kang

*Department of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Miniaturization and increase on penetration rate of Smart Device replaced the role of computer or laptop that people use smart phone or tablet instead. However, there are limits on performance for tablet and smart phone, which are emphasized on portability, to conduct; lack of accuracy and speed of virtual keyboard. Consequently, more and more people use Bluetooth keyboard as an alternative. PCB etching method is utilized to product Bluetooth keyboard at the moment, but this method consumes more time and money compare to printing method. Especially, copper etching produce massive amount of pollutant that cause difficulties on waste management. With the reasons above, PCB manufacture utilized printed electronics technology is highly prominent in the industry.

When applying printed electronics technology on the production process, cleaner production and simplification of the process are plausible that bring the cost down. For example, there are more than 8 processes to form a gate electrode on TFT (thin film transistor) production and 40 or more process to produce one TFT. When we apply printed electronics technology, there are only 4 processes for it, 10 times fewer.

We conducted this study as categorizing types of resin and content of resin of carbon paste for FSR (Force Sensing Resistor) sensor that utilized screen print method on production. We utilized two different types of resin and selected 2 resins with different molecular weight for each kind. We aimed for carbon paste with high adhesive strength and hardness and steady conductivity. We drew that paste with 10,000~30,000 cps on viscosity, adhesive strength that would not be removable on cross-cutting test, over 3H on hardness, and $18.0 \sim 27.0 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ on conductivity are most appropriate. Based on this, we tried to find best resin and the content. Epoxy resin FPE-50, bisphenol A polymer, are selected as the most suitable candidate through the first test, comparison on type of resin, and the most suitable content are confirmed as 21.51% via the second test, comparison on content of resin.

I. 서론

스마트 기기의 소형화와 보급률이 급증하면서 컴퓨터 혹은 노트북 대신 스마트폰이나 태블릿을 휴대하며 PC 작업을 대신하는 경우가 늘어나고 있다. 그러나 소형화와 휴대성이 강조된 태블릿이나 스마트폰에서 많은 작업을 진행하기에는 가상 키보드의 정확성과 속도가 떨어진다. 이러한 이유로 인하여 가상 키보드의 대용으로 블루투스 키보드를 사용하는 소비자가 늘고 있다. 현재 기존의 블루투스 키보드를 제조하는 방법으로 PCB 에칭방식이 사용되고 있으나 생산 공정의 시간과 비용이 인쇄 방식에 비해 상대적으로 많이 소요된다. 특히 구리 에칭법은 많은 오염 물질을 생성함으로 폐기물의 처리에 어려움이 있다. 이러한 이유로 인하여 인쇄전자 기술을 이용한 PCB의 제조는 많은 각광을 받고 있다.

인쇄전자 기술을 제품의 생산 공정에 적용할 경우 청정 생산이 가능하며, 공정의 간소화를 통한 공정비용의 절감이 가능하다. 예를 들어 TFT(Thin Film Transistor)를 제작하는 공정에는 한 개의 게이트 전극을 형성하는데 성막, 레지스트 형성, 노광, 현상, 레지스트 박리, 린스 등 최소 8가지 이상의 공정이 필요하며 한 개의 TFT를 제작하는데 최소 40가지 이상의 상당히 복잡한 공정이 요구되는 반면, 동일한 TFT의 제작에 인쇄전자 공정을 적용시키면 소스-드레인(Source-Drain) 전극 인쇄, 반도체 인쇄, 절연층 인쇄, 게이트 인쇄 4개의 공정으로 TFT의 제작이 가능해 공정이 1/10로 감소하게 된다. 또 인쇄전자 공정은 진공 프로세스, 고온 프로세스, 포토 리소그래피(Photolithography) 등의 공정이 필요하지 않기 때문에 짧은 TAT(Turnaround Time)와 설비투자 최소화, 에너지 절약, 재료 사용 효율을 증가시킬 수 있음으로 생산성 또한 향상시킬 수

있다.

본 연구에서는 스크린 인쇄법을 이용하여 제작하는 FSR(Force Sensing Resistor)센서용 카본 페이스트(Carbon Paste)의 수지 종류 및 수지의 함유량에 따른 특성을 연구하였다. 이에 수지는 서로 다른 두 종류를 선택하여 실험을 진행하였으며 수지 한 종류당 각기 다른 분자량을 가진 수지를 두 가지씩 각각 선정하였다. 제조되어진 페이스트는 레올로지 및 접착력, 연필 정도, 비저항 등의 측정과 평가를 진행하였으며 이를 바탕으로 최적의 수지와 함유량을 찾는 것을 목적으로 하였다.



II. 이론

1. FSR 센서

FSR이란 중합체의 필름(polymer film) 장치로 센서의 표면에 힘을 가하였을 때, 저항이 감소하거나 상부와 하부의 전극이 접촉하여 상부의 전극이 하부의 이어지지 않은 두 전극간의 사이를 메워줌으로 전기가 통하는 방법을 사용하는 센서를 말한다. 다른 종류의 센서보다 정밀도가 떨어진다는 단점이 있으나, 필름체로 만들어져 유연한 센서의 제작이 가능하며 전도성 고무와 비교하였을 때, 전기적 이력현상이 거의 나타나지 않고 가격이 저가라는 장점으로 산업, 의공학, 로봇틱스(Robotics) 등 다양한 분야에 적용이 되고 있다. Figure 1에 FSR 센서의 구조를 나타내었다.

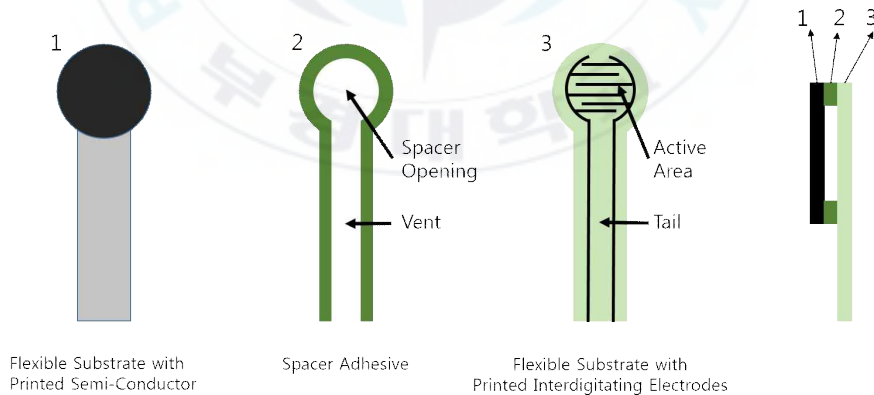


Figure 1. Structure of FSR sensor.

2. 전도성 카본 블랙

전도성 카본 블랙은 단가가 저렴하고 생산성이 우수하여 선박용 도료, 면상 발열체 등에 사용되며 실버 페이스트의 첨가제로 반사율 조절, 유동성 조절, 패턴의 샤프니스 향상 등의 목적으로 사용되기도 한다.¹⁰⁾ 카본 블랙의 전도성은 축합 벤젠환의 π 전자의 이동으로 발현되는데 먼저 결정자로서 축합 벤젠환이 배열하고 그 결정자가 집합함으로써 일차 입자를 형성하며 일차 입자가 응착하는 것으로 응집된 구조를 취한다.¹²⁾ 대부분의 카본 블랙은 가스나 기름의 연소열로 탄화수소를 열분해하여 생성하는 용광로법에 의해 제조되며 아세틸렌 가스를 1800℃ 온도의 소성로에 통과시켜 카본 블랙을 제조하는 Acetylene Black과 중질 기름의 가스화 프로세스에 의하여 제조되는 Ketjen Black 등이 있다.¹⁶⁾

3. 레올로지

가. 점도

유체의 점도는 전단 점도와 신장 점도로 나눌 수 있다. 전단 점도란 유체가 전단에 의해 흐를 때 이 흐름에 대해 느끼는 저항을 의미한다. 예를 들어 고정된 평판 위에 유체가 있고 그 위에 또 다른 평판이 있다고 가정했을 때 위쪽 평판이 정해진 속도로 움직이면 유체는 흘러가게 될 것이다. 이때 평판에 작용된 응력(stress)은 식(1)과 같다.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (F: \text{위평판을 당기는 힘}, A: \text{평판의 면적}) \quad (1)$$

힘이 평판 바닥과 평행하게 작용되기 때문에 평판면의 방향과 힘의 방향이 수직이며 여기서 작용된 응력을 전단 응력이라 한다. 이러한 전단 응력에 의해 형성된 유체의 속도는 고정된 아래 평판과 닿고 있는 유체의 속도가 0이고 속도 V 로 움직이는 위판과 닿고 있는 유체의 속도는 미끄럼이 없는 경우에 V 이다. 즉 속도의 기울기가 존재하게 되는데 이를 수식으로 표현하면 식(2), (3)과 같고 이 속도 기울기를 전단 속도(shear rate)라 정의한다.

$$\gamma = \frac{dv}{dx_2} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{V}{h} \quad (3)$$

여기서 h 는 두 평판 사이의 거리이고 V 는 평판의 속도이다. 만약 더 큰 힘으로 위 평판을 당기면 속도가 더 커지게 되며 더 큰 전단 응력을 가하면 전단 속도가 더 커지는 것을 의미한다. 만약 전단 응력과 전단 속도 관계가 선형으로 비례한다면 비례 상수를 도입하여 식(4), (5), (6) 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau \propto \dot{\gamma} \quad (4)$$

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (5)$$

$$\tau = \eta \frac{V}{h} \quad (6)$$

식(6)에서 알 수 있듯이 점도는 유체에 가해진 전단 응력을 속도 기울기로 나눈 값을 말하며 이것은 흐름에 대한 저항을 나타낸다. 점도는 식(7), (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta = \tau / \dot{\gamma} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{h}{V} \tau = \frac{h}{V} \left(\frac{F}{A} \right) \quad (8)$$

신장 점도란 유체를 당길 때 재료가 힘을 받아 신장되면서 흘러가는 것에 대한 저항이다. 신장 점도는 고분자 성형 공정 중 섬유 방사(fiber spinning)나 블로 성형(blow molding) 중에 중요하게 작용되는 물성 중의 하나이다. 인쇄 공정 중에는 전단 점도뿐만 아니라 신장 점도도 고려되어야 할 인자이므로 매우 중요하다.⁴⁾

신장 속도가 작은 영역에서는 신장 점도가 일정하게 나타나는 데 이 구간의 점도를 트루톤(Trouton)점도라고 한다. 트루톤 점도는 뉴턴(Newton) 점도와 비교했을 때 약 3배이다. 하지만 고체 질량 백분율이 높은 잉크나 페이스트에서는 맞지 않는다. 신장 속도가 큰 영역에서는 신장 점도가 증가하는 데 이 현상을 신장 경화라고 한다. 이러한 현상은 분자 배향에 의해 신장 흐름의 저항이 증가해 나타나는 데 이렇게 신장 점도가 증가하는 정도는 재료에 따라 다르다.⁸⁾

유체가 신장될 때 나타나는 응력과 신장 속도의 관계는 전단 유동에서 살펴 본 전단 속도와 응력과의 관계와 같으며 식(9), (10)으로 나타낼 수 있다.¹¹⁾⁶⁾

$$\tau \propto \dot{\epsilon} \quad (9)$$

$$\tau = \eta_e \dot{\epsilon} \quad (10)$$

나. 점탄성

소진폭 진동 면찰에 대한 선형 점탄성 물질에 대해서 고찰해 보면 다음과 같은 변형률에 대한 식(11)이 있다.

$$\gamma(t') = \gamma_0 \exp(i\omega t') \quad (11)$$

여기서 i 는 $\sqrt{-1}$, ω 는 주파수, γ_0 는 선형성이라는 제한 요건을 만족시키는 충분히 작은 변형률의 진폭이다. 이에 상응하는 변형률 속도는 식(12)와 같다.

$$\dot{\gamma}(t') = i\omega\gamma_0 \exp(i\omega t') \quad (12)$$

이 식(12)을 일반적인 적분 방정식에 대입하면 식(13)을 얻을 수 있다.

$$\sigma(t) = i\omega\gamma_0 \exp(i\omega t) \int_0^\infty \phi(\xi) \exp(-i\omega\xi) d\xi \quad (13)$$

주기 면찰에서 복소 면찰 탄성률 G^* 를 정의하면 식(14)와 같이 된다.

$$\sigma(t) = G^*(\omega)\dot{\gamma}(t) \quad (14)$$

식(11), (12), (13), (14)로부터 식(15)를 얻을 수 있다.

$$G^*(\omega) = i\omega \int_0^\infty \phi(\xi) \exp(-i\omega\xi) d\xi \quad (15)$$

복소 면찰 탄성률은 식(16)과 같이 정리하는 것이 일반적이다.

$$G^* = G' + iG'' \quad (16)$$

여기서 G' 과 G'' 를 각각 저장 탄성률(storage modulus)과 손실 탄성률(loss modulus)이라 부른다. G' 은 에너지를 잠시 저장했다가 방출하는 상태이므로 저장 탄성률이라고 부르고, G'' 는 에너지를 즉시 방출하는 성질을 갖는다고 하여 손실 탄성률이라고 부른다. 실제로 G' 는 에너지 보관의 탄성과 관련이 있고, G'' 는 에너지를 소모해 버리므로 점성과 관련된 계수이다. 따라서 $\tan\delta$ 의 값은 그 물질이 얼마나 점성과 탄성에 관련 있는지를 나타낸다. 일반적인 페이스트는 초기 stress에서 G' 가 높다가 나중에는 G'' 와 역전이 되는데 이것으로 일정 stress 이상이 되면 페이스트의 성질이 바뀐다는 것을 알 수 있다. 계산을 통해서 얼마 이상의 압력에서 페이스트가 점성적 성질이 강하게 되어 잘 유동하는지를 예측할 수 있다. 또 선형 점탄성을 특성화하는 방법으로는 δ (손실 각)와 G 의 관계를 나타내는 것이다. δ 와 G' , G'' 의 관계를 식(17)에 나타내었다.⁹⁾¹³⁾

$$\tan\delta = G''/G' \quad (17)$$

다. 요변성(Thixotropy)

Thixotropy는 그리스어에서 파생되었으며 '닿으면 변하는 것'을 의미한다. 유체의 거동에서 외력에 의해 점도가 감소하는 것을 말하며 인쇄, 코팅에서는 페이스트 또는 다른 재료들을 구성하는 분자들 간의 구조가 외력에 의해 느슨해지면서 붕괴되는 것을 말한다.¹⁾ 요변성 효과는 전단 속도를 가하기 전이나 낮은 전단 속도에서는 페이스트가 흐르지 않다가 높은 전단 속도에서는 잘 흐르도록 하기 때문에 인쇄에서 매우 중요하다.

다.⁵⁾¹⁵⁾ 요변성 지수는 전단 유동(shear thinning)한 정도라 할 수 있다. 전단 유동한 경향이 강할수록 앞서 설명한 전단 속도를 가하기 전이나 낮은 전단 속도에서는 페이스트가 흐르지 않다가 높은 전단 속도에서는 잘 흐르도록 하는 특성이 강해진다. Figure 2에 뉴턴 유동(newtonian flow), 소성 유동(plastic flow), 전단 유동(shear thinning), 다이레이턴시(dilatancy) 유체들에 대한 전단 응력 - 전단 속도 곡선을 나타내었다.²⁾¹⁴⁾

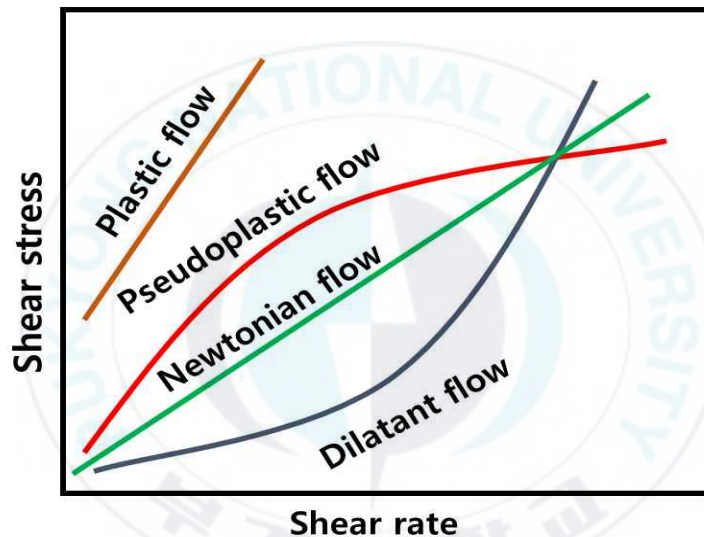


Figure 2. Shear stress - shear rate curve.

대부분의 페이스트는 전단 유동한 거동을 한다. 이러한 페이스트의 전단 유동한 특성을 이용하여 전단 속도가 낮을 때 높은 초기점도를 가지고 높은 전단 속도에서 낮은 점도를 가지는 실제 인쇄 시에 유동성이 좋으며 인쇄된 후에는 빠르게 탄성이 있는 상태로 돌아갈 수 있다.³⁾ 스크린 인쇄에서는 이런 특성이 매우 중요하며 본 연구에서도 전단 유동한 특성을 가지는 페이스트를 제조하는 것을 목표로 하였다.

Ⅲ. 실험

1. 실험 방법

가. 카본 페이스트의 구성

(1) 카본 블랙 분말

본 실험에 사용된 전도성 카본 블랙 파우더는 Nerox 2500(Orion Engineered Carbons, Luxembourg)이며 카본 블랙의 전도성과 분산성에 영향을 끼치는 인자인 입경, 흡유량, 비표면적, 휘발분, pH 등을 Table 1에 나타내었고 Figure 3에 SEM(scanning electron microscope) 촬영을 통해 카본 형상을 분석한 사진을 나타내었다.

Table 1. The Properties of Carbon Black Powder

Carbon Black	Nerox 2500
Particle size(nm)	56
Oil Absorption Number(mL/100g)	54
Surface Area(m ² /g)	51
Volatile Matter(%)	1.8
pH value	2.5

(2) 수지

분말 형태인 카본 블랙에 인쇄 적성과 유동성을 부여하고 동시에 전도성과 접착성, 도막의 경도를 위하여 비스페놀A 중합체인 에폭시계 수지(FPE-50, FP Co., Ltd, Korea, FPE-109, FP Co., Ltd, Korea) 두 종류와

폴리에스테르계 수지(FPP-120, FP Co., Ltd, Korea, FPP-365, FP Co., Ltd, Korea) 두 종류를 선정하였다. 이번 실험에 사용된 에폭시계 수지 두 종류와 폴리에스테르계 수지 두 종류의 분자 구조와 물성을 Table 2에 나타내었다.

인쇄 적성을 향상시키기 위하여 용해력과 점착성이 우수한 용제인 ECA(2-(2-Ethoxyethoxy)ethyl Acetate, SAMCHUN chemical, Korea)를 기초 용제로 사용하여 수지를 바인더 화하였다.

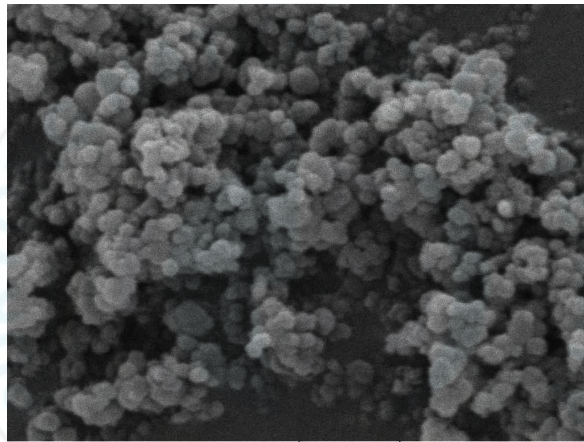
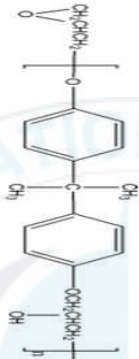
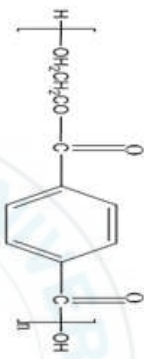


Figure 3. SEM image of carbon black powder.

(3) 용제

용제는 고체상인 수지를 바인더 화하는 동시에 희석제 역할로 페이스트의 점도를 조절해준다. 스크린 인쇄로 인쇄하는 경우 판 마름 현상이 인쇄 도중에 일어날 수 있으므로 비점이 높은 용제로 이를 방지한다. 이러한 이유로 비점이 200℃ 이상으로 높은 Acetate 계열의 용제를 사용하였다. Table 3에는 사용된 용제의 분자 구조와 물성을 나타내었다.

Table 2. Composition and Properties of Binder Resins for Carbon Pastes

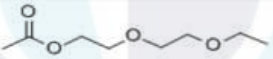
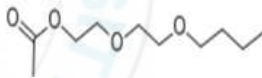
Item	FPE-50	FPE-109	FPP-120	FPP-365
Molecular Weight	45,000	12,000	23,000	35,000
Type	Epoxy		Polyester	
Composition				
Base Solvent	ECA		ECA	

나. 페이스트의 제조

카본 페이스트의 분산을 최적화하기 위하여 Figure 4와 같은 방법으로 제조하였다.

점도가 낮은 순서로 수지와 용제, 첨가제를 첨가하여 혼합한다. 그 후 교반 탈포기를 이용하여 교반(2000 rpm, 1min)과 탈포(30sec)를 실시하고 카본 파우더를 첨가하여 다시 한 번 교반과 탈포를 진행하였다. 교반과 탈포를 마친 페이스트를 3-Roll Mill 장비를 이용하여 5회 밀링(milling)을 진행한 후 교반과 탈포를 하였다.

Table 3. Characteristics of used Solvents

Solvent	ECA (2-(2-Ethoxyethoxy)ethyl Acetate)	BCA (2-(2-Butoxyethoxy)ethyl Acetate)
Surface Tension	30.2 dyne/cm	30.5 dyne/cm
Boiling Point	218~219℃	245℃
Vapor Pressure	0.045 mm Hg at 20℃	0.04 mm Hg at 20℃
Molecular Weight	176.21	204.26
Molecular Structure		

다. 포블레이션의 선정

본 실험에서는 높은 접착력과 도막의 경도 그리고 일정한 전도성을 가진 카본 페이스트를 목표로 실험하였다. 선행 실험을 통하여 10,000~30,000 cps 사이의 점도를 가지며 접착력은 cross-cutting 테스트시 탈착되지 않아야 하고 도막의 경도는 3H 이상, 전도성은 18.0~27.0 Ω·cm의 조건을 가진 페이스트가 가장 적합하다고 판단하였다. 카본 블랙 파우더를 선정하고 최적의 카본 페이스트를 제조하기 위하여 카본 블랙 파우더의 함량을 제외한 수지의 선정 및 함량을 구하기 위해 실험하였다. 첫 번째로 각

각 특성이 다른 비스페놀A 중합체인 에폭시계 수지 두 종류와 폴리에스테르계 수지 두 종류를 실험하여 최적의 수지를 선정하였다. Table 4는 카본 페이스트와 첨가제 및 용제의 함유량을 최대한 고정하고 수지의 비율을 다르게 설정한 포물레이션이다.

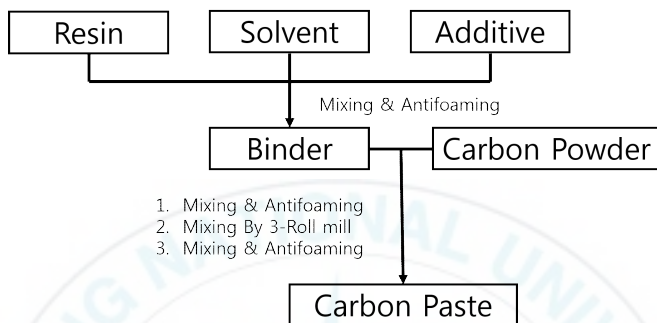


Figure 4. Manufacture of carbon paste.

두 번째로 첫 번째 실험에서 정해진 수지의 최적 함유량을 선정하는 실험을 진행하였다. 페이스트의 물성과 인쇄물의 전도성, 접착성, 도막의 경도는 수지의 함유량에 따라 크게 변화하기 때문에 최적의 수지 함유량을 찾기 위하여 Table 5와 같이 수지의 함유량이 다른 포물레이션을 설정하였다.

라. 스크린 인쇄 및 건조

실험에 사용된 페이스트의 인쇄는 스크린 인쇄방법으로 진행하였으며 스크린 판은 (주)삼본스크린社의 325mesh 스테인리스 망사 판을 사용하였다. (주)한국무라가미社의 경도가 80인 스퀴지를 사용하여 스크린 인쇄를 진행하였으며 인쇄 속도는 70mm/s, 도포 속도는 30mm/s, 스퀴지 각도는 73°

로 설정하였다. 스퀴지의 압력은 스퀴지와 망사의 접촉 시점을 0으로 할 때 3.1mm 정도의 압력을 더 가하였다. Table 6에는 스크린 인쇄 시의 제 판 조건을 나타내었다.

Table 4. Fomulation of Paste 1~4

	Carbon Black	Resin				Additive	Solvent	Total
		FPE-50	FPE-109	FPP-120	FPP-365			
Paste(1)	32.26	21.51				20.43	25.80	100
Paste(2)	30.30		20.20			19.19	30.31	100
Paste(3)	29.91			19.94		20.24	29.91	100
Paste(4)	30.61				20.41	18.37	30.61	100

건조 과정으로 용제를 증발시킴으로써 인쇄된 페이스트의 도막을 경화시켜준다. 건조 조건에 따라 접착력, 경도 등 도막의 내구성이 달라지기 때문에 피인쇄체와 페이스트의 특성에 따라 건조의 온도와 시간을 조절하여야 한다. 피인쇄체로 사용된 PET 필름은 150℃ 이상의 온도로 건조를 진행할 경우, 투명한 필름이 불투명한 흰색으로 변하는 결정화 현상이 나타날 수 있으며, 건조 시간이 지나치게 길어질 경우 기재에 대한 인쇄 패턴의 접착력이 떨어지게 된다. 용제의 건조에 대한 선행 실험으로 130℃의 온도에서 30분 동안 건조한 것이 가장 이상적이라는 것을 확인하였다. Figure 5는 건조 실험에 사용된 오븐 장치이다.

2. 측정 방법

가. 페이스트의 레올로지 측정

스크린 인쇄로 페이스트의 패턴을 형성할 때 페이스트의 레올로지 특성

을 고려하여야 한다. 페이스트의 레올로지 특성의 측정에는 레오미터 (Rheometer. HAAKE Rheostress1. Thermo Fisher Scientific Inc., Germany)를 이용하였으며 이 측정 장치로 분산성과 점도, 저장 탄성률 (G'), 손실 탄성률(G'')을 분석하였다. 측정 센서는 35mm의 지름을 가진 티타늄 소재의 평행판 센서(P35 Ti L)를 사용하였으며 항온조기를 이용, 측정 온도를 23℃로 유지시켜 온도로 인한 물성 편차를 최소화시켜 주고 센서판과 고정판의 간격은 0.8mm로 설정하여 측정하였다.

레오미터의 측정은 전단 속도를 $0.1 \sim 100s^{-1}$, $100 \sim 0.1s^{-1}$ 로 60sec씩 상승과 하강을 하며 0.6sec당 1개씩 측정하였으며 1.0 Hz로 주파수(frequency)를 고정 후, 0.1~1000 Pa의 전단 속도를 가하여 점도와 선형 점탄성, G' , G'' 를 각각 측정하였다. 또 점도와 전단 속도를 측정한 데이터를 요변성 지수 공식에 대입하여 요변성 지수를 계산하였다.

Table 5. Fomulation of Paste 5~8

	Carbon Black	Resin	Additive	Solvent	Total
Paste(5)	25.21	39.50	15.13	20.17	100
Paste(6)	29.41	29.41	17.65	23.53	100
Paste(7)	32.26	21.51	20.43	25.80	100
Paste(8)	37.04	12.35	23.46	27.16	100

나. 인쇄 패턴의 접착력 측정

인쇄된 패턴과 피인쇄체의 접착력 측정을 위하여 표면 부착력 평가를 하였으며 평가 방법은 국제 기준인 ASTM D 3359를 참고하였다. 인쇄된 패턴에 평행으로 교차하는 직선을 가로, 세로 각각 11개를 cross-cutting 하고, 그 위에 3M 610-1PK TAPE를 부착하여 문지른 후, 떼어내었을 때

패턴의 탈락 개수를 측정하여 접착력을 판단하였다. Figure 6은 접착력 측정 방법을 나타낸 도식이다.

Table 6. Screen Printing Frame Information

Frame	Mesh	Tension		Mesh Thickness	Emulsion Thickness	Angle
550×550 cm	325	X	Y	59 μm	20 μm	22.5°
		1.02	1.04			

다. 인쇄 패턴의 연필 정도 측정

연필 정도 측정법을 이용하여 인쇄된 패턴의 도막 정도를 평가하였다. 평가 방법은 국제 기준인 ASTM D 3363 규격으로 진행되었으며 미쓰비시(Mitsubishi)社의 연필을 이용하여 측정되었다. 측정 전 #400 사포로 연필심 끝부분의 각도가 90°가 되도록 사포질 하였으며, 패턴과 연필과의 각도를 45°로 설정한 후 750g의 하중을 가한 상태로 7초간 60mm/s의 속도로 도막을 긁어주었다. 패턴의 도막을 긁었을 때, 긁히지 않은 연필 중 가장 단단한 연필의 강도를 연필 정도로 기록하였다. Figure 7에 연필 정도의 측정 방법과 기준을 나타내었다.

라. 인쇄 패턴의 비저항 측정

인쇄 패턴의 전기 전도성을 측정하기 위하여 4-point probe 방식을 사용하는 표면 저항 측정기(2002 Multimeter. KEITHLEY Instrument Inc., Japan)를 이용하였다. 인쇄 패턴의 두께 차이에 따라 표면 저항이 달라지기 때문에 표면 조도계(SJ-400. Mitutoyo. Japan)를 이용하여 인쇄 패턴

의 두께를 우선 측정한 후 비저항을 계산하였다. Figure 8은 실험에 사용된 표면 저항 측정기이다.



Figure 5. Image of drying oven.

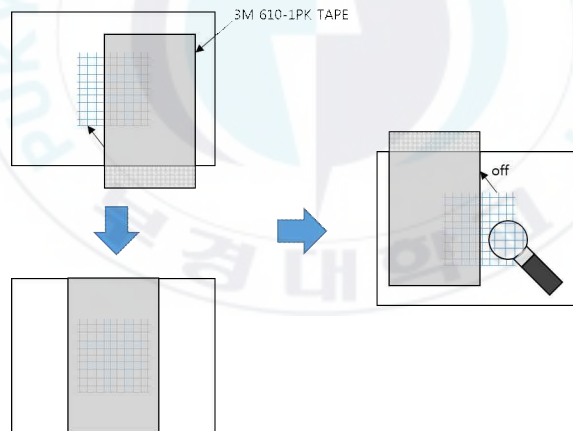


Figure 6. Measuring method of ASTM D3359.

마. FSR 센서의 출력값 측정

FSR 센서의 정상적인 작동 유무를 판단하기 위하여 오실로스코프(TDS 724D, Tektronix Korea Co., Ltd)를 이용, FSR 센서에 가해지는 압력의

변화에 따른 출력 전압의 차이를 측정하였다. 키보드의 사용 시 새끼손가락의 압력과 비슷한 35g과 가장 강한 엄지손가락의 압력과 비슷한 80g을 기준으로 측정을 하였다.

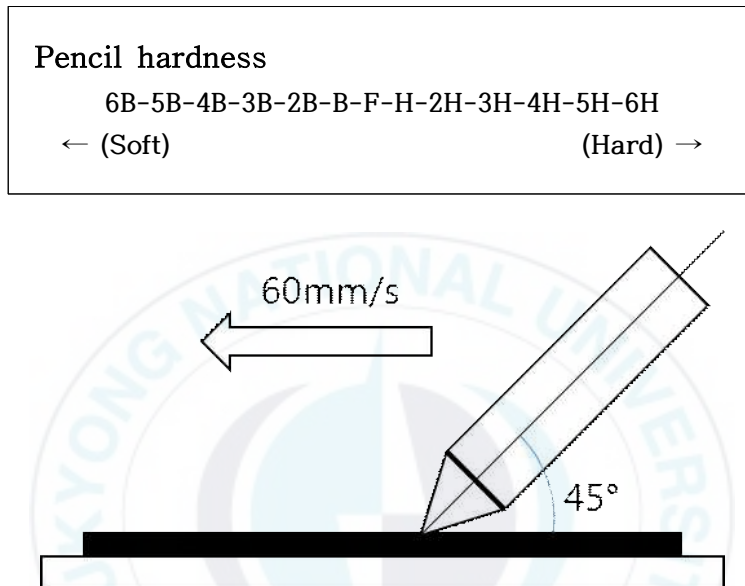


Figure 7. Pencil hardness measurement method.



Figure 8. Resistance measurement equipment-keithley 2002 system.

IV. 결과 및 고찰

1. 수지의 선정 실험 결과

가. 수지의 종류에 따른 레올로지 측정

Table 4와 같이 에폭시계 수지 두 종류와 폴리에스테르계 수지 두 종류로 종류를 달리하여 제조한 페이스트의 응집 구조와 분산 특성의 평가로 레올로지를 측정하여 Figure 9에 그 결과를 나타내었다. Figure 9의 결과와 같이 전단 속도의 값이 변함에 따른 점도의 변화를 보고 분산성을 판단할 수 있었다. 점도 측정시 센서와 고정판의 사이에 일정한 간격을 유지하게 되는데 이때 입자가 응집된 상태의 페이스트라면 전단 속도 값의 변화에 따라 점도가 일정하게 변화하지 않고 불규칙적인 값이 발생하여 기울기가 일정하지 못한 그래프가 만들어진다. Figure 9로 알 수 있듯이 페이스트 1, 2, 3, 4의 그래프가 모두 일정하고 안정적인 기울기의 그래프를 가지며 이를 통해 분산성이 좋다는 것을 확인하였다. 점도 그래프의 기울기에 따라서 페이스트의 형상 또한 달라지는데 기울기가 급하게 형성되면 페이스트는 크림상을 띄며 유동성이 좋지 못하고, 기울기가 완만하게 형성되면 페이스트의 유동성이 좋으므로 힘을 가해 주지 않아도 흐름성이 좋아진다. 크림상을 가지는 페이스트는 스크린 인쇄 시 퍼짐 현상이 나타나며 표면이 매끄럽지 못하고 거칠기 때문에 좋은 인쇄 적성을 가지기 어렵다. 이러한 이유로 점도 그래프의 기울기는 너무 급해도 너무 완만해도 좋지 않다.

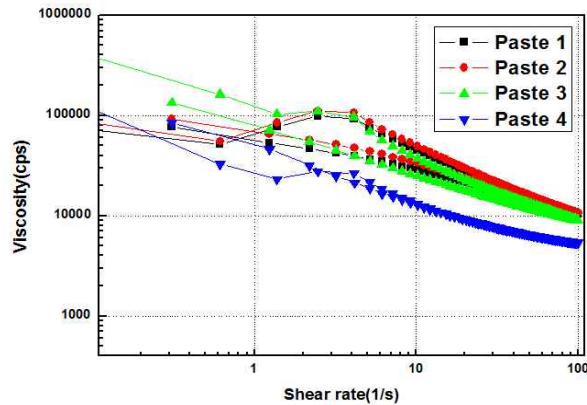


Figure 9. Viscosity graph of paste 1~4.

전단 속도에 따른 점도와 점도의 데이터를 통하여 산출한 TI를 Table 7에 나타내었다. Table 7과 Figure 10에서와 같이 전단 속도가 증가함에 따라 점도 또한 감소함을 알 수 있으며 전단 속도의 증가와 감소에 따라 점도가 일치하는 것을 볼 수 있었다. 전단 속도가 50s^{-1} 일 때 값을 점도 값이라 말하는데 스크린 인쇄에 사용되는 페이스트는 $10,000\sim 30,000\text{cps}$ 사이의 점도를 가지는 것이 적당하다. 페이스트 1, 2, 3, 4의 경우 각각 $15,387\text{cps}$, $15,984\text{cps}$, $13,185\text{cps}$, $16,264\text{cps}$ 의 값을 나타냄으로 스크린 인쇄용 페이스트에 적합하다고 볼 수 있다. TI의 값은 $4.7\sim 5.4$ 사이로 비교적 높은 수치를 보이고 있으며 이러한 수치를 가진 페이스트는 힘을 가하기 전에는 탄성체의 움직임이 보이다가 힘을 가하면 유동성이 급격하게 발생하는 특성을 가진다. 이러한 특성은 인쇄를 진행한 후 표면의 러프니스(Roughness)를 좋게 하여 전도성에 좋은 영향을 준다.

Table 7. Viscosity Data of Paste 1~4

	Paste (1)	Paste (2)	Paste (3)	Paste (4)
1 1/s	65,093 cps	72,482 cps	121,020 cps	91,234 cps
5 1/s	72,687 cps	81,656 cps	71,009 cps	87,415 cps
10 1/s	45,608 cps	49,744 cps	38,014 cps	51,698 cps
50 1/s	15,387 cps	15,984 cps	13,185 cps	16,264 cps
100 1/s	10,491 cps	10,685 cps	9,026 cps	10,666 cps
TI (5/50)	4.72	5.11	5.39	5.37

Figure 10은 각 주파수에 따른 페이스트의 저장 탄성률(G')과 손실 탄성률(G'')을 나타낸 그래프이다. 스크린 인쇄에서 스quee지가 이동하며 압력을 가하여 스크린 판의 위에 위치한 페이스트를 피인쇄체로 전이되는 시점을 약 100 Pa의 압력이 가해진 시점으로 본다. G' 과 G'' 이 교차되며 동시에 100 Pa 이상의 압력에서 G' 의 기울기가 점차 떨어지는 형상을 나타내는 것이 스크린 인쇄 시 적합하다고 할 수 있다. 1,000 Pa에서의 G' 값이 10~30사이의 값을 가질 때 패턴의 샤프니스(Sharpness)가 좋은 경향을 보이며, 10 이하의 값을 가질 때 패턴이 퍼지는 현상이 발생하고 반대로 30 이상의 값을 가질 때 패턴의 레벨링(Levelling)이 좋지 않아 요철 현상이 발생한다.

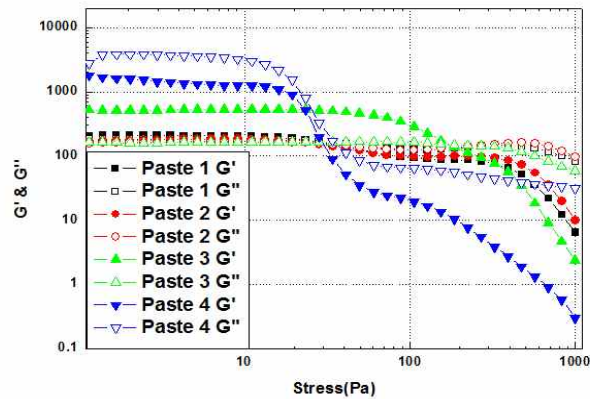


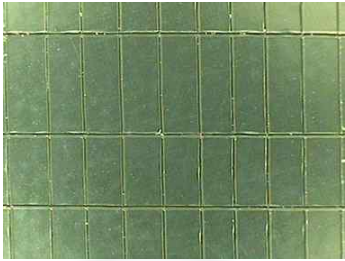
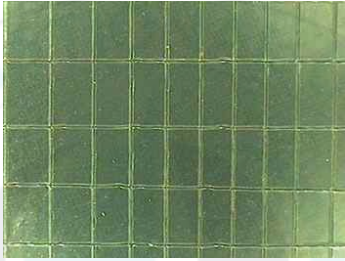
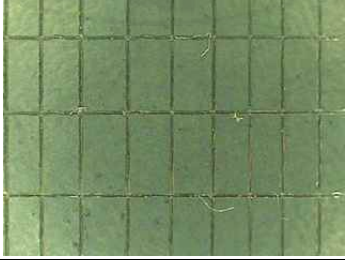
Figure 10. Amplitude sweep of paste 1~4.

나. 수지의 종류에 따른 접착력 측정

인쇄된 패턴의 접착력을 측정하기 위하여 평행으로 교차하는 직선을 가로와 세로로 각각 11개를 cross-cutting하여 총 100개의 셀을 제작한 뒤 그 위에 3M 610-1PK Tape를 부착하여 문지른 후 떼어내었다. 100개의 셀 중 하나의 셀도 탈락되지 않으면 접착력이 우수하다고 판단하였으며 광학 현미경(SV-55, Alphasytec, Korea)을 이용하여 부분적인 탈락의 유무도 육안으로 관찰하였다. 접착력 측정 결과를 Table 8에 나타내었다.

페이스트 1~4 모두 100개의 셀 중 하나의 셀도 탈락되지 않았고, 광학 현미경을 이용한 육안 측정에서도 부분 탈락이 관찰되지 않았으며 이러한 결과를 볼 때 페이스트 1~4 모두 접착력이 우수하다는 것을 알 수 있었다.

Table 8. After the Surface Adhesion Test of Paste 1~4

		Adhesive Result
Paste(1)		100/100
Paste(2)		100/100
Paste(3)		100/100
Paste(4)		100/100

다. 수지의 종류에 따른 연필 정도 측정

연필 경도의 측정은 국제 규격인 ASTM D 3363에 준하여 측정하였다. 경도가 낮은 연필부터 한 단계씩 경도를 높여가며 측정을 진행하였으며 광학 현미경을 이용하여 패턴 도막의 긁힘 여부를 육안으로 관찰하였다. 패턴의 연필 경도 측정결과를 Table 9에 나타내었다.

페이스트 3, 4의 경우 H의 경도 값이 측정되었고 페이스트 2의 경우도 2H의 경도 값이 측정되어 도막의 경도가 우수하지 못하였으나 페이스트 1의 경우 경도 값이 3H로 측정되어 도막의 경도가 우수한 것으로 확인되었다.

Table 9. Pencil Hardness Test of Paste 1~4

	Hardness Result
Paste (1)	3H
Paste (2)	2H
Paste (3)	H
Paste (4)	H

라. 수지의 종류에 따른 비저항 측정

FSR 센서의 제작에 들어가는 카본 페이스트의 비저항이 너무 높으면 누르는 압력에 따른 감도 차이를 줄 수 없다. 따라서 선행 실험을 통하여 가장 이상적인 비저항의 수치를 $18.0 \sim 27.0 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 으로 선정하였으며 측정 오차를 줄이기 위하여 각각 다른 위치로 5회 이상 표면 저항 측정기로 측

정을 하고 평균값을 구하였다. Table 10에 비저항의 측정값을 나타내었다.

Table 10. Resistivity of Paste 1~4

	Resistivity
Paste (1)	23.56 $\Omega \cdot \text{cm}$
Paste (2)	- $\Omega \cdot \text{cm}$
Paste (3)	13.59 $\Omega \cdot \text{cm}$
Paste (4)	19.03 $\Omega \cdot \text{cm}$

페이스트 2번의 경우 비저항 수치가 나오지 않아 측정이 불가능하였고 페이스트 3의 경우 기준으로 선정한 비저항의 수치가 범위를 벗어났으나 페이스트 1, 4번은 기준으로 선정한 비저항의 수치 내의 값으로 측정되었다.

마. 압력의 변화에 따른 출력 값의 변화 측정

선행 실험을 통하여 압력 35g을 가하였을 때 $100\text{mV} \pm 20$, 압력 80g을 가하였을 때 $300\text{mV} \pm 20$ 의 출력 값을 기준으로 선정하였다. 페이스트 1의 경우 압력 35g, 80g에서 모두 양호한 출력 값을 나타내었지만 페이스트 3,4의 경우 기준으로 설정한 값보다 낮게 나왔고 페이스트 2의 경우 출력 값이 전혀 나오지 않았다. Table 11에 압력의 변화에 따른 출력 값을 측정하여 나타내었다

Table 11. Output Voltage Test of Paste 1~4

	Output Voltage(mV)	
	35g	80g
Paste(1)	115	296
Paste(2)	-	-
Paste(3)	60	153
Paste(4)	74	221

2. 수지의 함유량 선정 실험 결과

가. 수지의 함유량에 따른 레올로지 측정

페이스트 2, 3의 경우 접착력의 측정값은 우수하였다. 그러나 비저항의 기준으로 선정한 수치내의 값이 측정되지 않았으며, 각각 2H, H의 도막의 경도를 가져 실험 전 설정을 하고 시작한 조건에 충족을 하지 못하였다. 페이스트 4의 경우 접착력의 측정값이 우수하며 비저항의 측정값 또한 기준으로 선정한 수치내의 값으로 측정되었다. 그러나 도막의 경도가 H로 기준보다 낮은 연필 정도 값이 측정되어 조건을 충족하지 못하였다. 페이스트 1의 경우 접착력의 측정값이 우수하였으며, 비저항의 기준 수치

내의 값이 측정되었고 도막의 경도 또한, 3H로 우수하여 두 번째 실험에 사용될 수지를 FPE-50로 선정하였다. 선행실험을 통하여 시판되는 수지들을 첨가하여 측정한 결과 도막의 경도가 H~2H, 비저항의 수치가 50~70 $\Omega \cdot \text{cm}$ 로 시판되는 수지들 보다 FPE-50이 더 적합한 특성을 나타내었다. 두 번째 실험은 수지의 비율을 각각 39.50%, 29.41%, 21.51%, 12.35%로 설정하고 수지 이외의 조건을 최대한 통제하여 진행하였으며 페이스트의 제조 비율은 Table 5에 나타내었다. 첫 번째 실험과 동일한 조건의 목표를 설정하였으며 선정한 수지의 최적 함량을 구하는 실험을 진행하였다. Figure 11에 페이스트 5~8의 측정된 점도 데이터를 나타내었다.

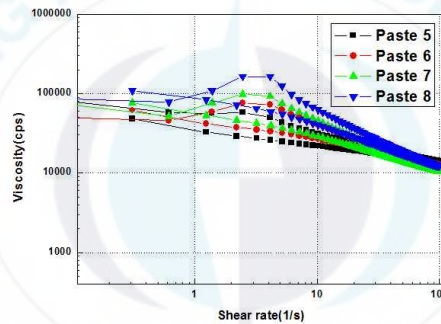


Figure 11. Viscosity graph of paste 5~8.

페이스트 5, 6, 7의 경우 그래프의 기울기가 일정하고 안정적인 것을 보아 분산성이 좋은 것으로 판단이 된다. 하지만 페이스트 8의 경우 전단 속도의 값이 1~10 s^{-1} 인 구간에서 틱 현상이 발생하는 것으로 보아 분산성이 좋지 않음을 알 수 있었다. 점도 회복율은 전단 속도의 값이 0.1~100 s^{-1} 로 변화하며 측정된 점도 값의 기울기와 100~0.1 s^{-1} 로 변화하며 측정된 점도 값의 기울기 사이 간격의 차이로 판단할 수 있는데 페이스트 8의 점도 값의 기울기 간의 간격 차이가 큰 것으로 보아 점도의 회복율이 상대

적으로 좋지 않은 것으로 판단된다. Table 12는 페이스트 5, 6, 7, 8에서 측정된 점도와 점도의 데이터를 통하여 산출한 TI를 나타낸 것이다.

Table 12. Viscosity Data of Paste 5~8

	Paste (5)	Paste (6)	Paste (7)	Paste (8)
1 1/s	57,141 cps	50,430 cps	65,093 cps	103,920 cps
5 1/s	43,322 cps	60,664 cps	72,687 cps	110,770 cps
10 1/s	31,382 cps	41,263 cps	45,608 cps	63,564 cps
50 1/s	17,354 cps	17,147 cps	15,387 cps	19,010 cps
100 1/s	14,144 cps	12,696 cps	10,491 cps	12,212 cps
TI (5/50)	2.50	3.54	4.72	5.83

페이스트의 점도는 모두 스크린 인쇄에 적합한 값이 나왔으며 TI의 값이 수지의 함유량이 줄어들수록 커지는 것을 알 수 있었다. Figure 12을 통하여 수지의 함유량에 따른 저장 탄성률(G')과 손실 탄성률(G'')을 알 수 있다.

약 100 Pa의 압력이 가해진 시점부터 G' 의 기울기가 점차 떨어지는 형상을 띄는 것이 스크린 인쇄 시 적합한 조건이나, 페이스트 8의 경우 100 Pa의 압력을 기준으로 보합하는 현상을 보이다 잠시 상승한 후 급격히 하강하는 모습을 보이는 것으로 볼 때, 스크린 인쇄에 적합한 페이스트가 아닌 것으로 판단하였다.

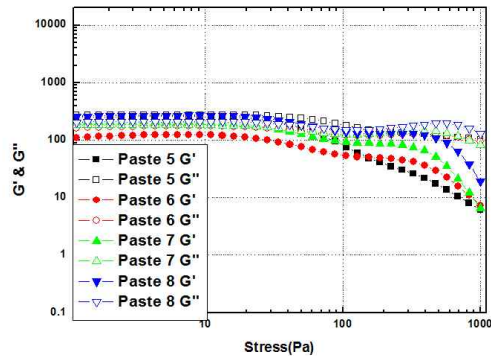


Figure 12. Amplitude sweep of paste 5~8.

나. 수지의 함유량에 따른 접착력 측정

접착력의 측정은 첫 번째 실험과 동일한 방법으로 진행하였다. 수지의 함유량에 따른 접착력의 차이는 없었으며 페이스트 모두에서 셀의 전체 혹은 일부분이 탈락되는 현상은 나타나지 않았다. Table 13에 페이스트 5~8의 접착력 측정결과를 나타내었다.

다. 수지의 함유량에 따른 연필 정도 측정

연필 정도의 측정 또한 첫 번째 실험의 방법과 동일하게 진행되었다. 수지의 함유량이 21.51% 이상인 페이스트 5, 6, 7의 경우 모두 동일하게 3H의 도막 정도가 측정되었으며 12.35%의 수지 함유량을 가진 페이스트 8의 경우 도막의 정도가 H로 조건을 충족하지 못하였다. 21.51% 이상의 수지 함유량에서는 수지의 함유량을 더 늘려도 도막의 강도는 강해지지 않았으며 이를 통하여 도막의 정도는 페이스트 7이 가장 적합하다는 것을 알 수 있었다. Table 14에 페이스트 5~8의 연필 정도 측정결과를 나타내

었다.

라. 수지의 함유량에 따른 비저항 측정

수지의 함유량에 따른 비저항을 측정한 자료를 Table 15에 나타내었다. 페이스트 8의 경우 측정값이 조건 범위 안에 들어오지 못하였으며 페이스트 7은 측정값이 설정하였던 $18.0 \sim 27.0 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 내에 들어와 조건을 만족하였다. 수지의 함유량이 29.41% 이상인 페이스트 5, 6은 비저항 값이 측정되지 않았다. 수지의 함유량에 따른 레올로지와 접착력, 연필 경도, 비저항을 측정하여 얻어진 데이터를 통하여 고려하였을 때 페이스트 7이 선정하였던 조건에 가장 적합한 페이스트라는 것을 알 수 있었다.

마. 압력의 변화에 따른 출력 값의 변화 측정

페이스트 5, 6의 경우 35g과 80g의 압력 모두에서 출력 값이 측정되지 않았다. 페이스트 8의 경우 기준보다 낮은 값이 출력되었고 페이스트 7의 경우 기준에 적합한 출력 값을 나타내었다. 페이스트 1~4의 출력 값을 함께 비교하여 보아 압력의 변화에 따른 출력 값의 변화는 비저항과 밀접한 관계가 있다는 것을 알 수 있었다. Table 16에 압력의 변화에 따른 출력 값을 측정하여 나타내었다

Table 13. After the Surface Adhesion Test of Paste 5~8

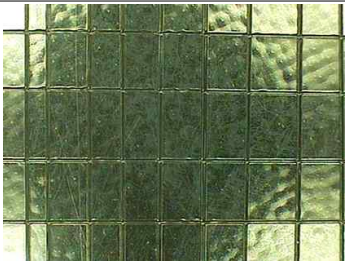
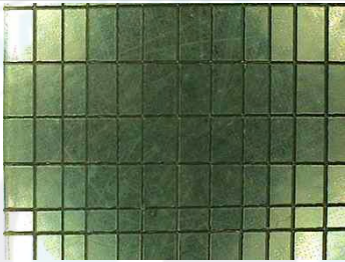
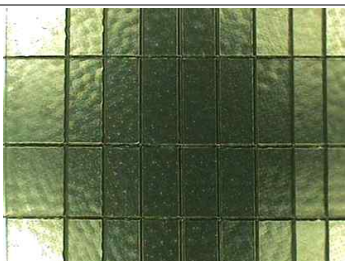
		Adhesive Result
Paste (5)		100/100
Paste (6)		100/100
Paste (7)		100/100
Paste (8)		100/100

Table 14. Pencil Hardness Test of Paste 5~8

	Hardness Result
Paste (5)	3H
Paste (6)	3H
Paste (7)	3H
Paste (8)	H

Table 15. Resistivity of Paste 5~8

	Resistivity
Paste (5)	- $\Omega \cdot \text{cm}$
Paste (6)	- $\Omega \cdot \text{cm}$
Paste (7)	23.56 $\Omega \cdot \text{cm}$
Paste (8)	13.60 $\Omega \cdot \text{cm}$

Table 16. Output Voltage Test of Paste 5~8

	Output Voltage(mV)	
Pressure	35g	80g
Paste (5)	-	-
Paste (6)	-	-
Paste (7)	115	296
Paste (8)	52	128

V. 결 론

본 연구에서는 FSR 센서의 감도를 결정하는데 큰 영향을 주는 상부의 카본 페이스트에 대하여 실험을 진행하였다. 수지의 선정을 위하여 수지를 제외한 파우더, 첨가제, 용제의 함유량을 최대한 고정하고 실험을 진행하였으며 여기에서 선정된 수지를 수지의 함유량에 따라 다시 실험을 진행하였다. 각각의 실험은 레올로지, 접착력, 연필 경도, 비저항, 압력의 변화에 따른 출력 값을 기준으로 적합한 수지와 함유량을 선정하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 비스페놀A 중합체인 에폭시계 수지 두 종류와 폴리에스테르계 수지 두 종류를 선정하여 페이스트를 제작하였다. 페이스트에 적합한 조건으로 10,000~30,000 cps 사이의 점도를 가지며 접착력은 cross-cutting 테스트 시 탈착이 되지 않아야 하고 도막의 경도는 3H 이상, 전도성은 $18.0 \sim 27.0 \Omega \cdot \text{cm}$ 으로 선정하였다.
2. 수지간의 비교를 위하여 레올로지와 접착력, 연필 경도, 비저항, 압력의 변화에 따른 출력 값을 측정하였으며 그 결과 위 실험에 선정된 서로 다른 종류의 수지의 경우 분자량 보다 수지의 종류가 패턴의 측정값에 더 많은 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.
3. 첫 번째 실험을 통하여 페이스트 1이 선정한 조건에 가장 적합한 페이스트라는 것을 알 수 있었고 선정된 페이스트 1을 바탕으로 수지의 함유량에 따른 비교 실험을 진행하였다.

4. 두 번째 실험은 각각 12.35%, 21.51%, 29.41%, 39.50%의 수지를 함유한 페이스트로 실험을 진행하였으며 이를 통해 수지의 함유량이 21.51% 이상인 경우 수지의 함유량을 높이더라도 도막의 경도는 더 이상 올라가지 않는다는 점과 수지의 함유량이 29.41% 이상인 경우 비저항이 측정되지 않는다는 사실을 알 수 있었다.

5. 두 번째 실험의 측정값을 통하여 선정된 조건에 대한 각각의 페이스트의 적합성을 알아볼 수 있었으며 이를 통하여 수지의 함유량이 21.51%인 페이스트 7이 가장 적합한 페이스트라는 것을 알 수 있었다.

위의 결론을 통하여 도막의 경도와 전도성은 수지의 종류에 따라서 크게 변화한다는 것을 확인하였으며 FPE-50 수지가 선정된 조건에 가장 적합한 수지라는 것을 알 수 있었다. 또 수지의 함유량에 따라서 측정값과 출력 값이 크게 변화한다는 사실을 알게 되었는데 위 실험에서 가장 적합하였던 수지의 함유량은 21.51%로 페이스트 7이 가장 적합한 페이스트라는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Yoon Hoe Kim, “A characterization study according to process conditions of photosensitive silver paste” (2015).
- [2] Dong-Jin Kim, Young-Shin Kim, Sung-Bin Mim, Su-Yong, Nam, “A Studies on the Characteristics of Reliability Test by Touch Screen Ag Pastes”, J. of Korean Society for Imaging Science & Technology, 18(1), 1 (2012).
- [3] Ki Nam Park, “A study of Nickel paste for MLCC Internal electrode Formation on Screen Printing type” (2015).
- [4] Mi- jeong Cho, “A Study on Properties Conductive Paste for Roll-to-Roll Printing” (2008).
- [5] Thomas G. Mezger, The rheology handbook, Willian Andrew publishing, pp. 13-22 (2002).
- [6] K. B. Gilleo, Rheology and surface chemistry, Coating technology handbook, pp. 1-11 (2006).
- [8] Yong-Hwan Koo, “A Study on Properties of UV Curing Silver Paste for Touch Screen Panel” (2012).

- [9] 김광웅, 황의정, “고분자 레올로지”, 문운당, pp. 16~19.
- [10] Su Young Cho, Sang Kwon Park, “Effect of Grafted Multihydroxyl Group on the Dispersion Stability of Carbon Black” (2008).
- [11] TC Patton, “Paint flow and pigment dispersion : A rheological approach to coating and ink technology,” A John Wiley & Sons, inc., pp. 9-10 (1979).
- [12] 남수용, “기능성 재료공학”, pp 165-166 (2014).
- [13] 本多俊之, “日本印刷學會誌”, pp. 40, 24 (2003).
- [14] 金山公夫, “新太陽エネルギー利用ハンドブック”, 日本太陽エネルギー學會, Vol 32, No. 2, pp. 19-23 (2001).
- [15] 이승중, 이성재, “유변학”, 두양사, pp. 58-59 (2005).
- [16] 김동진, “전도성 필러 함량에 따른 스크린 인쇄용 전도성 Paste의 물성 연구.” 한국화상학회지, pp. 58-50 (2011).