

Thick Film Paste제조 기술 분석

김수용, 정원채
경기대학교 전자공학과

Analysis of Fabrication Technology for Thick film Paste

Soo-Yong Kim, Won-Chae Jung
Dept. of Electronic Eng. Kyonggi University

Abstract

박막과 후막을 구분하고 현재에는 막의 형성 구분에 따라 박막에는 진공증착 후막에는 Screen Printing, Dipping, Brushing, Rolling으로 구분한다. 기술에는 여러 가지가 있는데, 금속 분말 제조기술, 유리분말제조기술, 유기바인더제조기술, 첨가제배합기술, 전자측정기술, 분체제어기술이 있다. 본 연구의 목표는 용도에 알맞은 최적화된 새로운 제조기술을 제시하고자 한다.

Key Words : Thick film, Screening Printing, Dipping, Brushing, Rolling

1. 서론

박막과 후막의 구분으로서 초기로서는 막의 두께에 따라 구분하고 현재로서는 막의 형성 방법에 따라 구분하며, 박막은 진공증착(vacuum evaporation), sputtering, ion plating 후막은 screen printing, dipping, brushing, rolling이다.

따라서 thick film paste란 주기능 재료인 금속 분말(Ag, Ag/pd, pd, Au, pt, W, Ni, Mo/Mn...)에 무기 바인더(Glass frit, oxide)와 유기 바인더(수지, 유기용매) 및 paste특성 향상을 위한 첨가제등을 균일하게 혼합한 것을 후막성 도료(thick film paste라하며, ceramic부품(condenser, varistor, thermistor)의 전극재료, 혼합집적회로(HiC)의 도전재, 유전재, 저항재재료 및 PCB등의 도전재 재료 등으로 사용되고 있다.

후막성 도료인 제조 공정으로는 금속 및 비금속 분말을 용해하여 분말을 제조 하고 유기 바인더 (Vehicle)와 무기 바인더 (Glass Frit) 및 각종 첨가제를 혼합하여 제조 함.

1) 기능 및 성분

표 1. 기능성분.

Kinds of paste	Functional Ingredients
Conductor	Metal Powder, CO-Precipitated, metal powder
Dielectrics	Glass, Crystalline oxide powder
Resistor	RuO ₂ , IrO ₂ , BiRu ₂ O ₇ , SnO ₂ , LaB ₆ , Pb ₂ Ru ₂ O ₆ ,...

2. 제품의 개발 개요

2.1 개발 기술의 개요(제조 공정)

① Conductor-일반적으로 요구 되어지는 특성으로 Low electrical resistivity, Good line resolution, Good adhesion to the Substrate이다.

② 후막 인쇄 공정에 사용되는 전극 재료의 특성

표 2. 전극재료의 특성.

종류	융점 (°C)	전기 저항($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	소결 분위기	가격 대비
Ag	961	1.6	대기	1
Au	1063	2.2	대기	70
Cu	1084	1.7	환원	0.02
Ni	1452	7.2	환원	0.03
pd	1550	10.8	대기	30
pt	1770	10.6	대기	100
Mo	2617	5.2	환원	0.07
W	3377	5.5	환원	0.08

③ 무기 binder(Glass frit or oxide powder)

1) 기능

기관과 후막 사이 접착력을 부여 하고 기능성 분말의 소결에 기여

2) System

Glass frit system은Lead-borosilicate와 modifier 결합 성분이고, oxide system(Bi_2O_3 , CdO , CuO)과 Mixed system은 Glass frit와 oxide 결합 성분이다.

3) Properties

Viscosity와 α 는 최적 소성 온도, 소성 허용 온도 범위, 인장강도 이다.

④ 유기 binder(Vehicle)

1) 기능:paste제조시 (도료의 흐름성과 작업성(인쇄성)을 부여하는 성분이다.

2)제조로는 고분자 화합물(각종 Resin, Cellulose,...)을 용매(Solvent)에 용해 시켜 제조 적 절한 인쇄 특성을 결정 하는데 있어서 Vehicle은 가장 중요한 열쇠이다. 또한 인쇄 중의 paste건조 속도와 온도에 따른 flow특성변화 등을 Check해야 한다.

만일 Vehicle이 소성하는 동안 완전히 연소되지 않으면 최종 film에 나쁜 영향을 미치므로 올바른 선택이 필요하다.

3) 요구되는 특성

(1)Easily and completely burn-out

(2)Long self life

(3)Low toxicity

(4)Chemical inertness

(5)A small change viscosity with change in ambient temperature

(6)solubility in other solvents

후막성 도료의 제조공정은 그림 1과 같다.

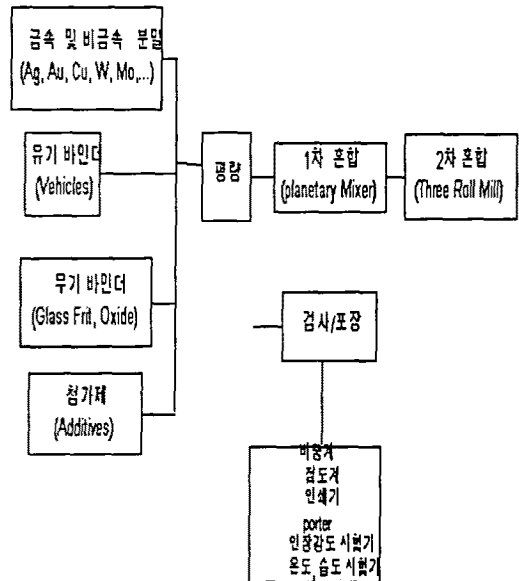


그림 1. 후막성도료의 제조공정.

2. Thick Film Paste의 결합기구 요소

가. 개요

Thick film의 결합 강도는 결합제의 물리 화학적 성질에 의존한다.

Thick film에 사용되는 결합 mechanism 으로는 크게 세 종류로 구별된다.

① Glass frit bonding

General requirements of glass frit

-High electrical resistivity

-Thermal shock resistivity

-Environmental inertness

-Low dielectric constant 및 dielectric loss

- ② physical properties of glass frit
 - Thermal expansion
 - viscosity temperature dependence
 - surface tension
 - temperature dependence
 - The reactivity toward substrate and other inorganic binder
- ③ Typical Glass frit
 - pbo(63wt%) B₂O₃(25wt%)
 - SiO₂(12wt%)

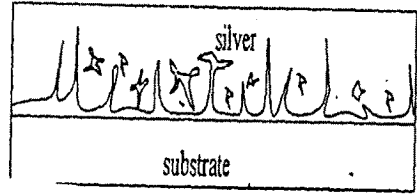


그림 3. 실버소성.

- 나. oxide bonding
- ① Binder crystalline oxide(CdO, CuO, Bi₂O₃)
 - ② Banding mechanism
 - chemical reaction:산화물은 substrate와 반응하여 s/s을 형성
 - ③ 특징
 - 소성 온도가 높고 치밀한 전극층을 가지며 binder양이 적으며, 일반적으로 5%이하이다.
 - Solderability & wire bonderability가 우수하다.

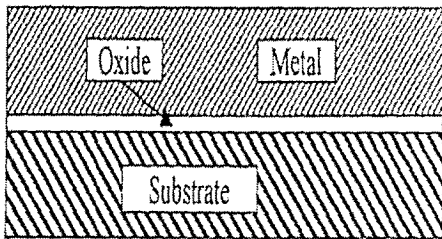


그림 2. Oxide Bonding의 단면.

Mixed bonding

- ①binder:Glass frit +crystalline oxide (CdO, CuO, Bi₂O₃)
- ② binder 양은 보통 2-5%
- ③ Glass frit bonding와 oxide 두 가지 형태의 binder를 일정비율로 혼합함으로써, conductor특성의 적절한 균형과 넓은 소성온도 범위를 얻는 것이 가능하다. 또한 oxide부분이 전체 결합력에 크게 작용함으로써 최적의 결합력을 갖는데 필요한 binder양이 순수한 glass frit에 의한 것보다 적다.

라. 특징

- ① 소성 조건
 - 본 결합의 특징은 소성온도는 낮으나 소성된 전극 층이 치밀하지 않다는 단점이 있다.
 - 또한 소성온도가 너무 높거나 소성시간이 너무 길면 glass가 전극표면위로 올라와 납땀성을 저하시킨다.

- ② Mechanism
 - wetting현상에 의한 glass와 substrate grains 간의 mechanism-locking

- ③ 특징
 - Glass frit의 첨가량이 많고 일반적으로 10-20%이다. 소성된 전극 층이 치밀하지 못하며, 소성온도가 낮음. 소성온도가 너무 높거나 소성시간이 지나치게 길면 glass가 전극표면으로 올라와 납땀성을 저하시킬 수 있으며 Ag/pd, pd/Au전극의 경우 Soldering된 전극층의 인장강도는 보관중 혹은 thermal aging후 현저하게 저하가 된다.

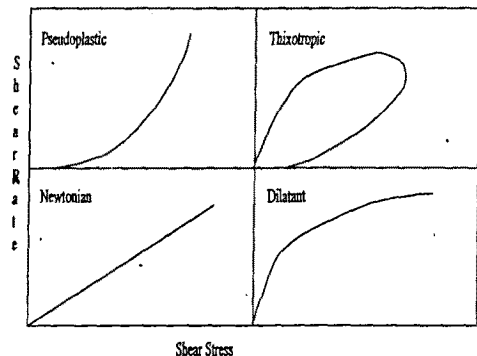


그림 4. 유체들이 shear에 반응하는 네가지 양태.

그림 4는 paste의 유체특성에서 점도특성(viscosity of fluid)을 조사를 위해서 paste의 viscosity는 flow 특성을 실험하는데 가장 널리 이용되는 인자이다. Paste는 일반적으로 pseudo-plastic 혹은 thixotropic 특성을 가져야 한다. Printing 전 단계에서 paste는 비교적 높은 초기 점도를 가지고, 이것은 stirring과 paste 이동시 감소한다. Viscosity의 현저한 감소는 squeeze 이동에 의해서 일어나고 paste가 screen을 통과할때는 높은 shear rate가 걸리게 되고 점도는 급격히 저하한다. 그러나 printing후의 점도는 증가하기 시작하는데 이것은 재료의 구조를 회복하기 때문이다. Paste의 rheology는 printing시의 여러 factor 즉 squeeze speed, screen mask 재질, size등과 같은 여러요소에 의해서 복합적인 관계를 가진다. 이러한 rheology에 대한 이해와 분석은 thick film 회로제조에 매우 중요하며, 특히 회로의 고밀도 설계에 관한 경우는 line resolution 등에 매우 중요하다. 다음 그림5는 screen printing시에 thick film paste의 전형적인 flow 변화관계를 보여준다.

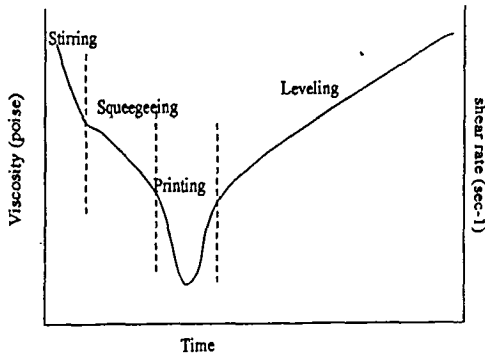


그림 5. Paste의 rheology.

4. 결론

Paste의 유체 특성은 다음의 사항들을 고려하여 특성을 정확히 파악하여야 한다.

1) 점도 특성(viscosity of fluid)

- ① paste의 viscosity는 flow특성을 실험
- ② paste는 일반적으로 pseudo-plastic 혹은 thixotropic 특성을 가져야한다.
- ③ printing 전 단계에서 paste는 비교적 높은 초기점도를 가지고, 이것은 stirring과 paste이동시

감소한다. viscosity의 현저한 감소는 squeeze 이동에 의해 일어나고 paste가 screen을 통과 할 때는 높은 shear rate가 걸리게 되고 점도는 급격히 저하한다. 그러나 printing후 점도는 증가하기 시작하는데 이것은 재료의 구조를 회복하기 때문이다.

참고 문헌

- [1] H. Guckel, D. Burns, C. Rutigliano, E. Lovell and B. Choi, "Diagnostic microstructures for the measurement of intrinsic strain in thin films", J. Microeng., Vol. 2, p. 86, 1992.
- [2] 신중우, 김용권, 신형재, "수직스프링제작을 위한 알루미늄 shadow evaporation에 대한 연구", 대한전기학회 학술발표 논문집, p. 201, 1998.
- [3] W. F. Smith, "Principles of materials science and engineering", McGraw-Hill, 1996.
- [4] J. Matthey, "AESAR", JM, 1993.
- [5] S. L. Rosen, "Fundamental principles of Polymeric materials", Barnes & Noble, 1971.