



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU



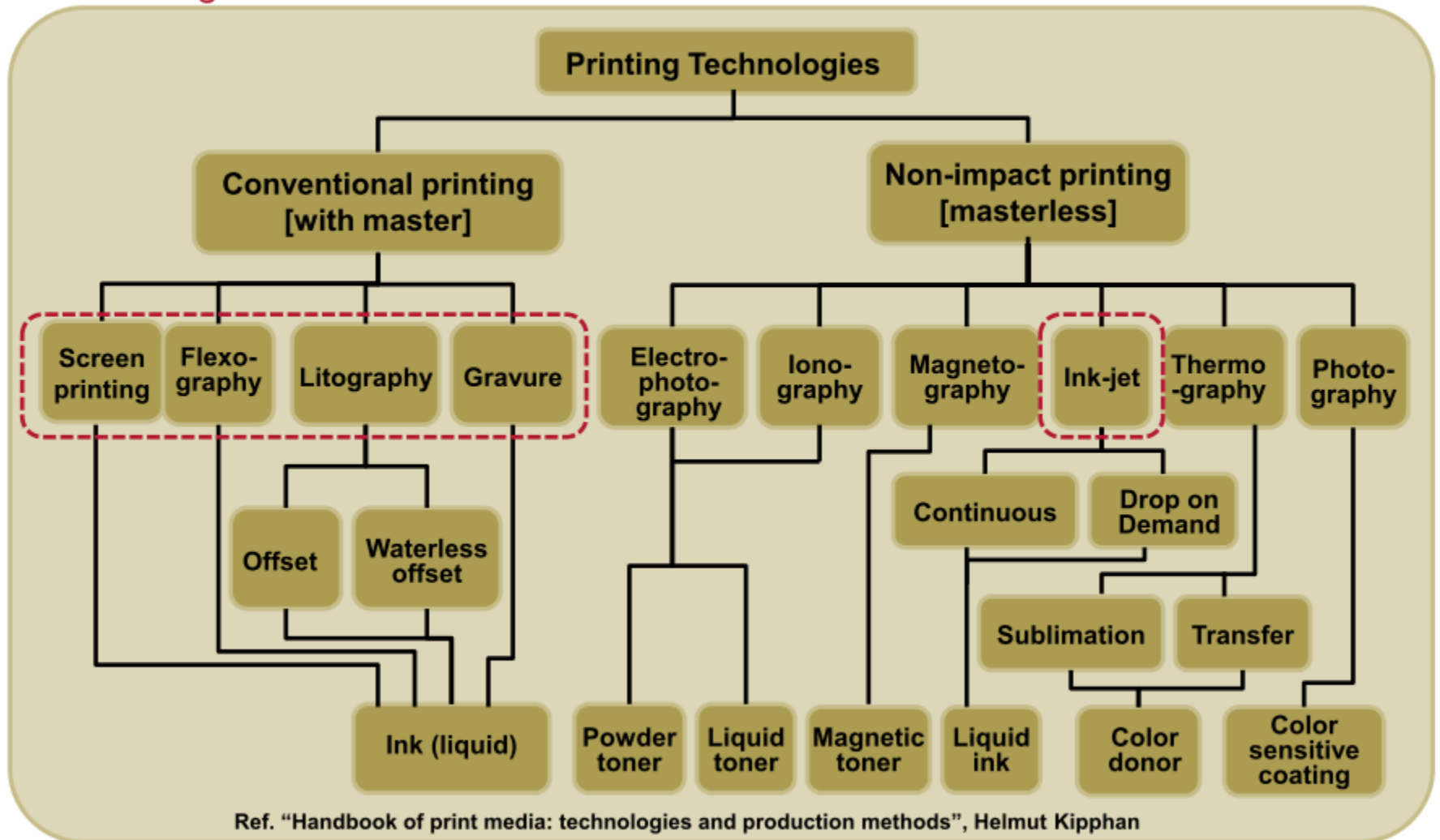
PAINETTAVA ELEKTRONIIKKA

Substraatit ja musteet

© Jari Hannu, Oulun yliopisto

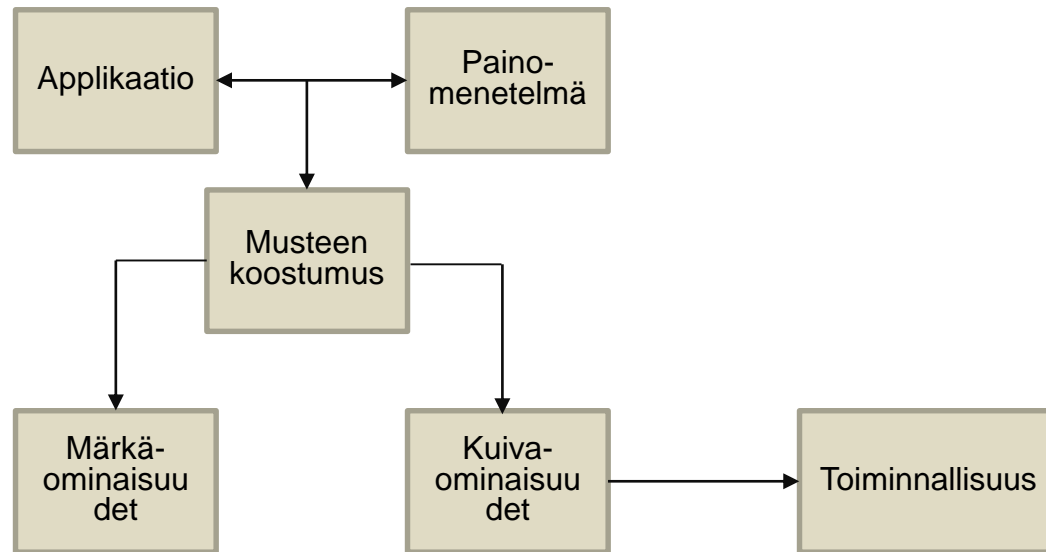
Introduction to printed electronics

Printing methods in electronics fabrication:



MUSTEIDEN VALINTA PAINETTAVAAN ELEKTRONIIKKAAN

- Haluttu painomenetelmä ja käytettävä applikaatio määrittävät musteen koostumuksen



MUSTEIDEN VALINTA PAINETTAVAAN ELEKTRONIIKKAAN - MUSTEEN OMINAISUUDET

- Märkäominaisuudet
 - Viskositeetti
 - Painettavuus
 - Substraatti
- Kuivaominaisuudet
 - Rakenne
 - Adheesio/koheesio
 - Pintaominaisuudet
- Märkäominaisuudet johtavat kuivaominaisuuksiin
 - Pintajännitys
 - Reologia



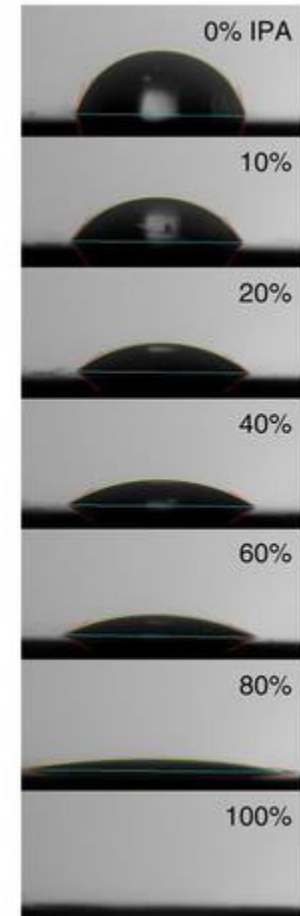
PINTAJÄNNITYS

- Pintajännitys johtuu nesteen molekyylien välisistä vetovoimista, koheesiosta, jotka puolestaan johtuvat molekyylien sisäisistä voimista.
- Nesteessä yleisesti jokaiseen molekyyliin vaikuttavat ympäröivät molekyylit joka suunnasta yhtä suurella voimalla, jolloin voimien summa on nolla.
- Nesteen pinnalla oleviin molekyyliin vaikuttavat alapuolella olevien molekyylien vetovoimat, mutta nesteen ulkopuolella ei ole molekyyliä tasaamassa näitä voimia.
- Veden pinta on kuin kalvo, joka kannattaa kevyitä esineitä. Ilmamolekyylit vaikuttavat myös nesteen pintaan, mutta koska ilma on huomattavasti vettä harvempaa, tämä voima voidaan jättää huomioitta. [wikipedia]



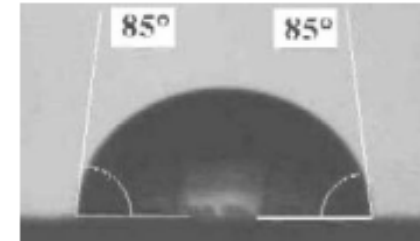
PINTAJÄNNITYKSEN VAIKUTUS PAINETTAVAAN ELEKTRONIIKKAAN

- Muste pisaroituu alustalle
- Pisaroitunut muste ei ole kontaktissa toisten kanssa ja tämä johtaa huonoon painojälkeen
- Pintajännitys aiheuttaa kapillaari-ilmion -> nesteet voivat liikkua pinnan päällä



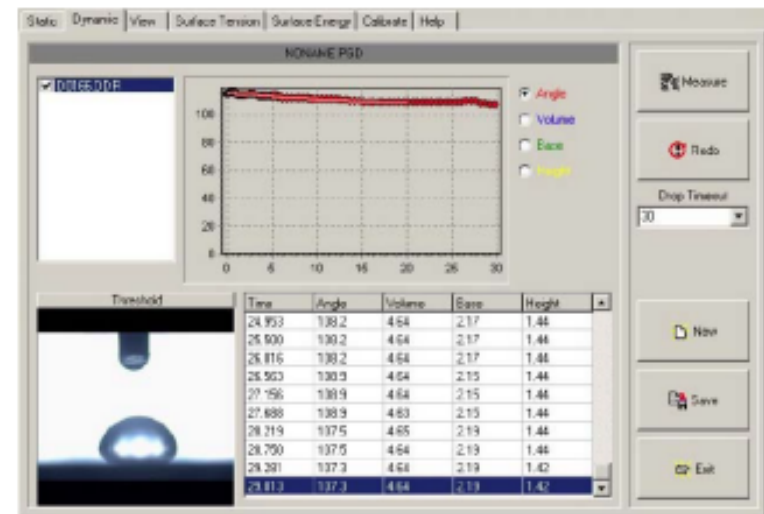
PINTAJÄNNITYKSEN ARVIOINTI - KOSKETUSKULMAMITTAUS

Kosketuskulma voi saada arvoja välillä 0° - 180° . Mitä suurempi kulma on sitä pisaramaisempi neste on kiinteän aineen pinnalla. Tällöin kiinteän pinnan pintaenergia on pieni suhteessa nesteen pintajännitykseen.



Mittalaite annostelee näytteen pinnalle pienitilavuuksisen nestepisaran.

Laite määrittää pisaran ja pinnan välisen kosketuskulman tietokoneohjelman avulla laitteella otetun kuvan perusteella.

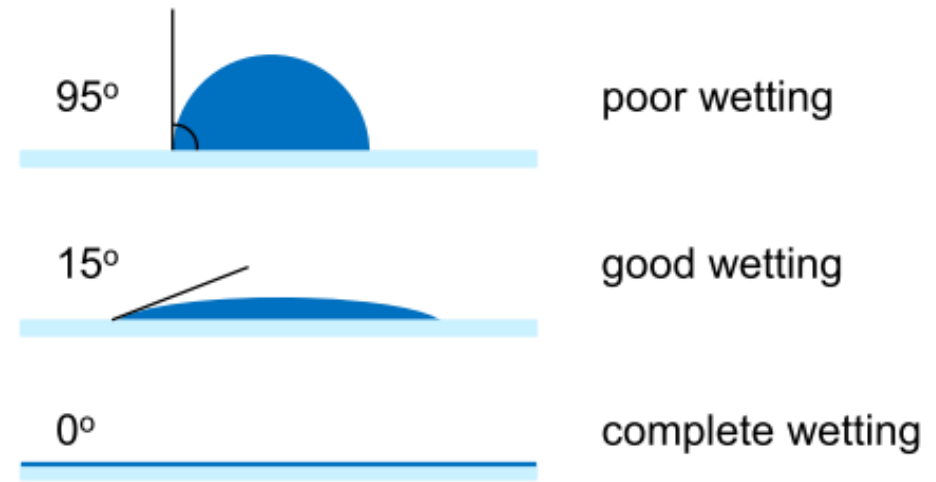


Paakkunainen Juha, Paperin ja kartongin pintaenergian mittaaminen



KOSKETUSKULMA - MILLOIN HYVÄ

- Eli ei haluta pisaramaisia pintoja, vaan laakeita alueita
- Mikä vaikuttaa?
 - Pohjamateriaalin puhtaus ja pinnankarheus
 - Pisan ja pinnan kemiallinen homogeenisyys
 - Ympäristön tilanne
 - Nesteen pintajänniteominaisuudet
- Alle 1 μm paksuisissa nestekerroksissa makroskooppiset ominaisuudet eivät enää päde - nanomateriaalit



Classification of liquid wetting properties based on contact angle value.

REOLOGIA

- Reologia on oppi fluidin muodonmuutoksista ja virtauksista. Se sisältää kaasujen, nesteiden, muovien, bitumin ja kiteisten aineiden mekaanisten ominaisuuksien tutkimisen reologisilla mittauksilla.
- Mittauksilla saadaan tietoa fluidien juoksevuusominaisuuksista, jotka vaikuttavat aineiden käyttäytymiseen prosessissa silloin, kun niitä siirretään tai sekoitetaan.
- Toisin sanoen reologia tutkii fluidien **viskositeetteja**. [wikipedia]
- **Viskositeetti**
 - Vastuksen mitta nesteelle, jonka muotoa muutetaan voimalla
- Minkä vuoksi viskositeetti tärkeää?
 - Vain tietyn viskositeetin nesteitä voidaan tulostaa eri laitteilla
 - Esim. inkijeteissä viskositeetti 2-30 mPas, dispensoinnissa 1-1000000 mPas



MUSTEIDEN OMINAISUUKSIEN VAIKUTUS MUSTESUIHKUPROSESSIIN

Ominaisuus	Vaikutus mustesuihkuprosessiin
Viskositeetti	Määrittelee pisaran muodon ja tilavuuden. Korkeampi viskositeetti lisää pisaran pituutta. Korkea viskositeetti vaikeuttaa tai estää pisaroiden ampumisen. Matala viskositeetti aiheuttaa satelliittipisaroita.
Pintajännitys	Määrittelee pisaran hännän nopeuden, pisaran katkeamisen ja mahdollisten satelliittipisaroiden syntymisen. Korkea pintajännitys vaatii vahvan painepulssin. Liian korkea pintajännitys voi tukkia suuttimen.
Tiheys	Tiheyden kasvaessa tulee jännitepulssin pituutta kasvattaa.
Haihtumisnopeus	Suuttimien tukkeutuminen. Korkea haihtumisnopeus rajoittaa pitkissä tulostuksissa pisaroiden toistettavuutta.
Partikkelikoko	Lisää kasaantumis- ja suuttimien tukkeutumisriskiä.
Kiinteän aineen määrä	Voi lisätä tukkiutumiseriskiä. Määrittelee painetun kerroksen johtavuuden tai eristävyyden.
Liutin	Estää tukkiutumista ja mahdollistaa musteen leviämisen alustalla.
Elinikä	Vanhentuneen musteen ominaisuudet muuttuvat
Haihtuvuus	Matalan haihtuvuuden materiaalit voivat kompensoida tukkiutumiseriskiä.
Leimahduspiste	Matalin lämpötila, jossa on riittävästi kaasuuntunutta ainetta syttymiseen.

Painomusteen pintajännitys tulee olla pienempi kuin alustan pintaenergia, jotta alusta vettyy kunnolla.

PAINETTAVAN ELEKTRONIIKAN MUSTEET

- Hyvin samanlaisia kuin paksukalvoteknologiassa
 1. Funktionaaliset sähköistä funktionaalisuutta varten
 2. Lisäaineet, jotka viimeistelevät funktionaalisuuden + surfaktantteja
 3. Sidosaine - pääasiassa polymeeri, joka sitoo funktionaalisuuden substraattiin
 4. Liuottimet - viskositeetin säätö, polymeerien liotus

Components of inks for printed electronics:

Additives: Complete the functionality of an ink by making up for the nearly inevitable shortcomings of other constituents. Includes surfactants which are used to control wetting properties.

Solvent: Added to mixture to dissolve components of the polymer and/or to lower viscosity of the system.



Functional component: Organic or inorganic materials which forms the electrical functionality to the printed layer after post-treatment.

Binder: Usually a mixture of polymers intended to provide structure to the finished printed ink film.



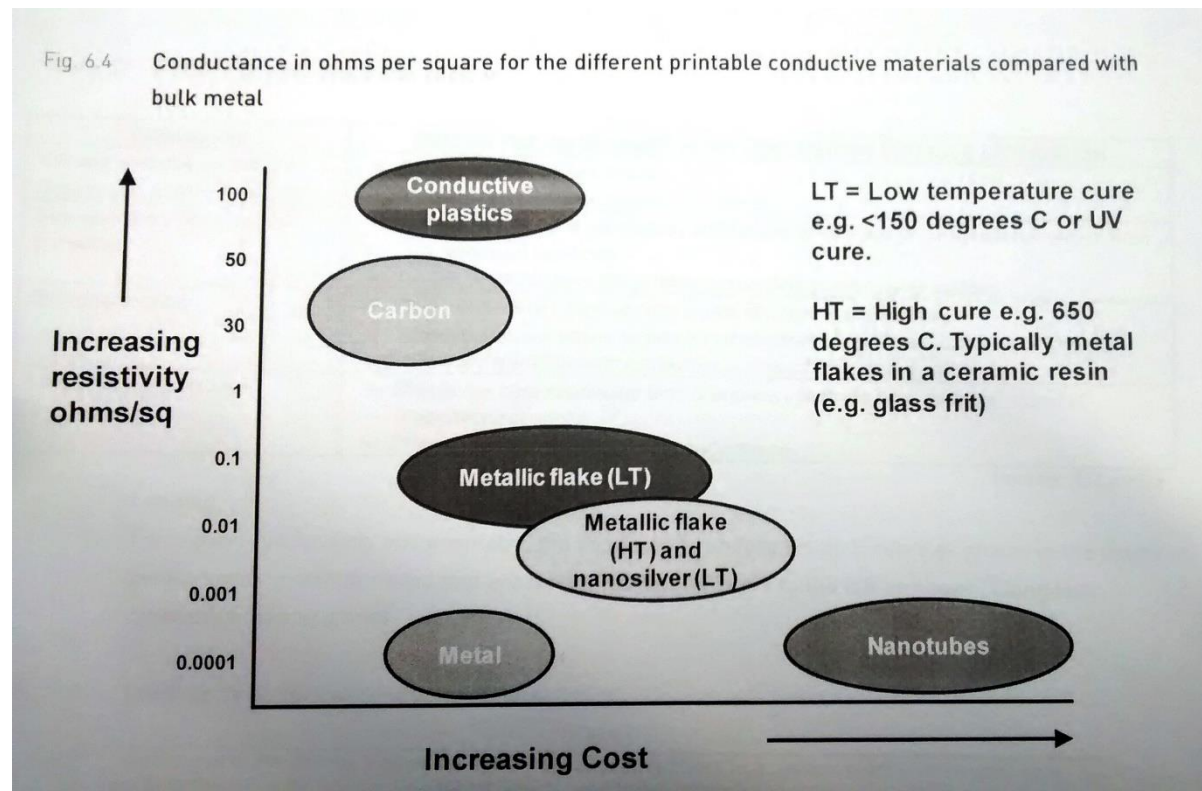
PAINETTAVAN ELEKTRONIIKAN MUSTEET - MUSTEIDEN VALMISTUS

- Musteita valmistetaan monin menetelmin, jotka voidaan generalisoida kolmeen pääkategoriaan
- ***Musteiden valmistus on vaativin tehtävä painettavan elektroniikan tuotannossa***
- **Sekoitus**
 - Mekaaninen sekoitus, jotta erotetaan kiinteät agglomeraatit toisistaan nesteessä
 - Agglomeraatio - kasautuminen
- **Myllytys**
 - Rikotaan agglomeraatit materiaalipartikkeleiksi
 - Prosessi myös homogenisoi partikkeleiden kokojakaumaa
- **Dispersio**
 - Tehdään heterogeeninen sekoitus raaka-aineista
 - Käytetään myös sanaa stirring - sekoittaminen



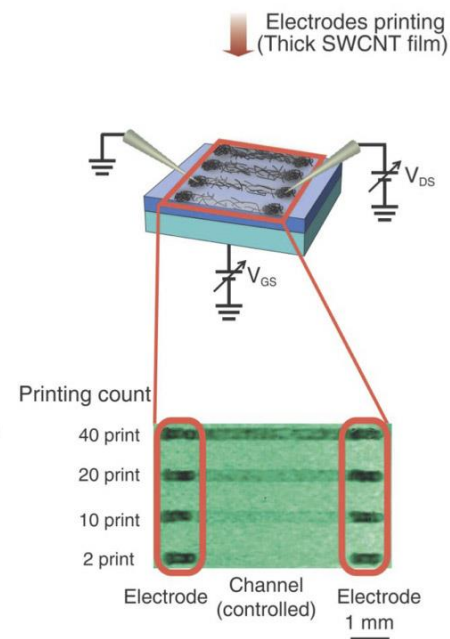
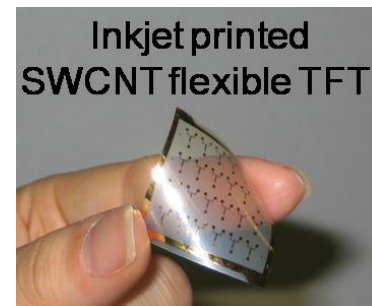
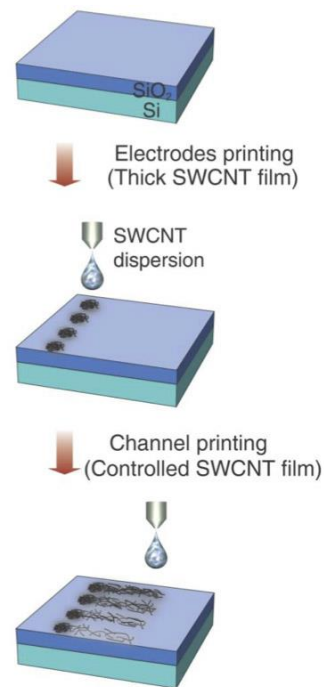
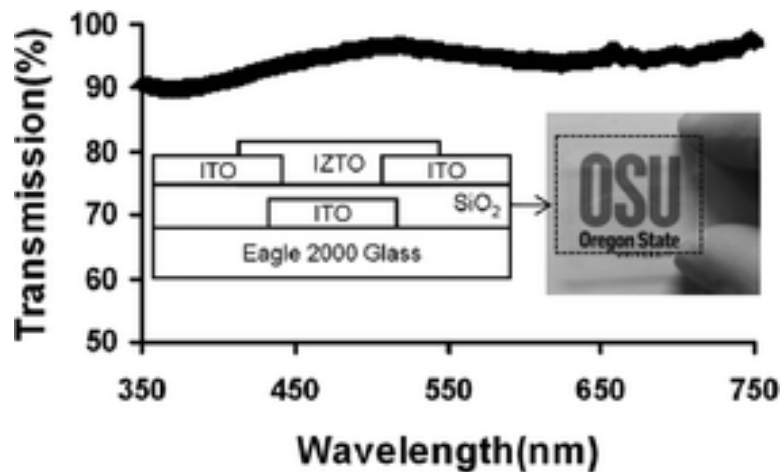
JOHTAVAT MUSTEET

- Johtavat materiaalit
 - Metallikolloidit, ITO (Indium Tin Oxide) - läpinäkyvä johdin
 - Hiili, hopea ja alumiini hiutaleet (flakes)
 - Polypyrrole, polyacetylen, thiophenes (PEDOT:PSS)
 - Metallinapartikkelit (Hopea, kulta, kupari, nikkeli)
 - Hiilinanoputket, metallinanojohtimet



PUOLIJOHNAVAT MUSTEET

- Orgaaniset puolijohteet (pienet molekyylit, polymeerit)
- Epäorgaaniset oksidit (ZnO, InGaZnO)
- Hiilinanoputket
- Nanolangat (Si, GaAs)
- Nanopartikkelit (Si, CdSe, ZnSe)



ERISTÄVÄT MUSTEET

- Polymeerit
 - Poly(vinyliden) fluoride [PVDF], poly(methyl methacrylate) [PMMA]
- Oksidit, nitridit
 - Al_2O_3 , HfO_2
- Eristävät musteet voivat olla helppoja, koska valmiiksi jo polymeerejä
 - Liuottaminen ja viskositeetin säätö helppoa
 - Täysin nestemäistä, ei partikkeleita
- Eristemateriaaleja voidaan käyttää myös anturointiin
 - Kapasitiiviset anturit, kosteus, lämpötila



C2130715D1

Silver Carbon Paste

PRODUCT DESCRIPTION

Silver / Carbon Paste is used for printing tracks where a low resistance is needed. This paste has been developed with a low Silver content to give improved conductivity that a standard Carbon / Graphite paste.

Product Benefits

- Low Silver Content
- Low Resistance
- Good adhesion to polymeric Substrates

PROCESSING

Screen Printing Equipment

Semi-Automatic, automatic

Ink Screen Life

>3 hours

Screen Types

Polyester mesh range 156-230 tpi

Typical Drying Conditions

Dry at 60°C for 30 minutes or 130°C for 10-15 minutes

Clean Up Solvent

Ethoxy Propanol or Sericol

Substrate

PHYSICAL PROPERTIES

Solids Content at 150°C	48 - 50%
Silver Content @ 700°C	29.75 - 30.25%
Viscosity Haake VT550, PK1.1° at 230 sec ⁻¹ at 25°C.	3.5 - 6.5 Pa s
Sheet Resistivity Using a 230 Polyester mesh screen Normalised to 25 microns	120mΩ/Square Cured @ 60°C 30 mins 70mΩ/Square Cured @ 130°C 15 mins
Cured Thickness Using 230 Polyester mesh screen	10-15microns
Coverage Using 230 stainless steel mesh	~440cm ² /g
Cross-Hatch Adhesion	0% removed Classification 5B
Bending Tests * Printed onto 75µm PET film	Ink survived 4 cycles

*Bending Tests

Substrate is creased and bent internally and externally with a 2kg weight. The test piece has failed when the resistance reaches 10 times the initial value.