

Plaster inom elektronikindustrin

Casper Meriluoto

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Plastteknik
Identifikationsnummer:	3836
Författare:	Casper Meriluoto
Arbetets namn:	Plaster inom elektronikindustrin
Handledare (Arcada):	Mariann Holmberg
Uppdragsgivare:	
<p>Sammandrag:</p> <p>Plaster används inom elektronikindustrin i växande grad. Nya material utvecklas hela tiden och man ersätter mera konventionella material med plaster. Alla plaster har mångsidiga egenskaper som ofta kan manipuleras och anpassas enligt användningsändamål.</p> <p>Detta arbete är en litteraturundersökning som behandlar viktiga egenskaper hos polymerer vid val av material för elektriska och elektroniska applikationer. Arbetet är avgränsat till polymerers elektriska, kemiska, fysikaliska och mekaniska egenskaper.</p> <p>Därutöver ger arbetet några exempel på moderna material och tillverkningsmetoder, samt exempel på var polymerer används för deras isolerande, halvledande eller konduktiva egenskaper.</p>	
Nyckelord:	Plast, elektronik, isolator, halvledare, konduktivitet, litografi, inkapsling
Sidantal:	44
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	31.5.2012

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Plastics Technology
Identification number:	3836
Author:	Casper Meriluoto
Title:	Plaster inom elektronikindustrin
Supervisor (Arcada):	Mariann Holmberg
Commissioned by:	
<p>Abstract:</p> <p>Plastics are used in the electronics industry at a growing rate. New materials are developed and conventional materials are being replaced with plastics. All plastics have versatile properties that can often be manipulated and adapted for a specific use.</p> <p>This thesis is a literature study that deals with important polymer properties when selecting materials for use with electrical and electronic applications.</p> <p>The thesis is limited to the electrical, chemical, physical and mechanical properties of polymers.</p> <p>Additionally it includes some examples of modern materials and manufacturing techniques as well as some examples where polymers are used for their insulating, semiconducting or conductive properties.</p>	
Keywords:	Plastics, electronics, insulator, semiconductor, conductive, lithography, encapsulation
Number of pages:	44
Language:	Swedish
Date of acceptance:	31.5.2012

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Muovitekniikka
Tunnistenumero:	3836
Tekijä:	Casper Meriluoto
Työnnimi:	Plaster inom elektronikindustrin
Työnohjaaja (Arcada):	Mariann Holmberg
Toimeksiantaja:	
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Muovien käyttö elektroniikkateollisuudessa kasvaa koko ajan. Uusia materiaaleja kehitetään ja perinteisiä materiaaleja korvataan muoveilla. Kaikilla muoveilla on monipuolisia ominaisuuksia joita voi manipuloida ja muokata tarpeen mukaan.</p> <p>Tämä kirjallisuustutkielma käsittelee polymeerien tärkeitä ominaisuuksia kun valitaan materiaalia käytettäväksi sähkön ja elektroniikan kanssa.</p> <p>Työ on rajattu polymeerien sähköisiin, kemiallisiin, fysikaalisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin.</p> <p>Lisäksi käsitellään muutamia esimerkkejä nykyaikaisista materiaaleista ja valmistusmenetelmistä, sekä esimerkkejä siitä missä polymeerejä käytetään niiden eristävien, puolijohtavien tai johtavien ominaisuuksien takia.</p>	
Avainsanat:	Muovi, elektroniikka, eriste, puolijohde, konduktiivinen, litografia, kotelointi
Sivumäärä:	44
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	31.5.2012

INNEHÅLL

1	INLEDNING	12
2	Polymerers egenskaper	14
2.1	Elektriska egenskaper	14
2.1.1	<i>Resistans och resistivitet</i>	15
2.1.2	<i>Dielektrisk konstant</i>	18
2.1.3	<i>Ljusbågshärdighet</i>	19
2.1.4	<i>Genomslagshållfasthet och nedbrytnings spänning</i>	20
2.1.5	<i>Elektrostatisk urladdning</i>	20
2.2	Mekaniska, kemiska och fysikaliska egenskaper	21
2.2.1	<i>Mekaniska egenskaper</i>	22
2.2.2	<i>Kemiska egenskaper</i>	24
2.2.3	<i>Fysikaliska egenskaper</i>	25
2.2.4	<i>Färgpigment och additiver</i>	28
3	Tillverkning av halvledare med optisk litografi	29
3.1	Fotoresist	31
3.1.1	<i>Negativ</i>	31
3.1.2	<i>Positiv</i>	33
3.2	Deformationer	34
4	Inkapsling och limning av elektriska komponenter	36
4.1	Inkapsling	36
4.2	Limning	37
5	Konduktiva polymerer	39
6	Diskussion	42
	Källor	43

Figurer

Figur 1. Dragprovskurva	23
Figur 2. Fotolitografisk process.....	30
Figur 3. SU-8 molekyl.....	31
Figur 4. Stråldosens inverkan på resistens tjocklek.....	32
Figur 5. Kontrast, negativ resist.....	32
Figur 6. Kontrast, positiv resist	33
Figur 7.a) Bridging b) Buckling	35
Figur 8. Strukturformler	40

Tabeller

Tabell 1. Exempel på resistivitet vid 20°C	16
Tabell 2. Dielektriska konstanter vid 25°C.....	18
Tabell 3. Materialkostnader	26

Ordlista

Diffraction	Ljus eller annan vågrörelse som böjs runt ett hinder.
Dipol	Molekyler kan vara dipoler om de är uppbyggda av atomer av olika grundämnen och alltså med olika elektronegativitetsvärde bundna med kovalent bindning.
Dipolmoment	Mått på molekylers polaritet.
Dispersion	Finfördelning, spridning.
Dissipation	Vågor eller svängningar som förlorar energi över tiden.
Dubbelbindning	Kemisk bindning mellan två atomer som uppkommer genom att dessa delar två elektronpar.
Elektronegativitet	Den effekt som atomerna i en molekyl använder för att attrahera elektroner.
Extrapolering	Estimering av mätvärden utanför ett mätområde.
Faradays bur	Ett utrymme som är avskärmat från elektromagnetiska fält genom ett elektriskt ledande hölje
Fluss	Medel som används för att förbättra lödbarheten genom att lösa upp och förhindra oxidation på basmetallen under lödförloppet.
Halvledare	Material som inte leder elektrisk ström lika bra som en ledare, men inte heller utesluter strömledning som en isolator.

Hydrofob	En molekyl eller molekylidel som tenderar att inte komma i kontakt med vatten.
Hydrolys	En kemisk process där en molekyl klyvs i två delar efter att en vattenmolekyl har adderats.
Härdplast	Plaster som är uppbyggda av linjära eller förgrenade polymerkedjor som är bundna till varandra. Kan inte omformas med hjälp av värme.
Inert	Oreaktiv.
Integrerad krets	En elektronisk krets där komponenterna tillverkats tillsammans, inte enskilt.
Kamfer	Vaxartat, vitt eller genomskinligt fast ämne som fås från oljan av kamferträdet (<i>Cinnamomum Camfera</i>). Används som mjukgörare.
Katalysator	Ett ämne som utan att själv förbrukas ändrar kinetiken hos en termodynamiskt tillåten kemisk reaktion genom att öppna en alternativ reaktionsväg med lägre aktiveringsenergi så att fler partiklar har tillräckligt hög energi för att kunna reagera.
Kimrök	Svart färgpigment som består av sot.
Kondensationsreaktion	En reaktion var två eller flera molekyler kopplar ihop sig samtidigt som en partikel, oftast en vattenmolekyl, avlägsnas.
Kovalent bindning	En kovalent bindning uppstår när två atomer delar ett, två eller tre elektronpar mellan sig.

Kristallin	Ett material har kristallin uppbyggnad om atomerna eller molekylerna är regelbundet orienterade.
Ljusbåge	En kontinuerlig kraftig elektrisk urladdning genom luft, där den elektriska spänningen joniserat luften varvid den blivit elektriskt ledande.
Molmassa	Massan av ett givet ämne dividerad med substansmängden.
Oxidation	En kemisk reaktion vid vilken ett ämne avger en eller flera elektroner.
Permeabilitet	Genomträngningsförmåga.
Polär	En polär molekyl är en molekyl som är övervägande positiv i minst en ände och negativ i andra.
Reaktivitet	Benägenhet hos kemiska ämnen och föreningar att reagera kemiskt med andra kemiska ämnen och föreningar.
Reduktion	En kemisk reaktion vid vilken ett ämne upptar en eller flera elektroner.
Nautisk mil (Sjömil)	1852 meter.
Termoplast	Plaster som är uppbyggda av linjära eller förgrenade polymerkedjor som inte är bundna till varandra. Kan återvinnas och omformas med hjälp av värme.
Triboelektrifiering	Elektrostatisk uppladdning som uppstår vid gnidning av två olika material mot varandra. Elektroner kan passera mellan materialen och skapar under- eller överskott av elektroner på ytan av materialet och på så sätt skapar en elektrisk laddning.

Tvärbindning

Kemisk reaktion där ett ämnes molekyl som är reaktivt i sina båda ändar sluter samman ett annat ämne.

FÖRORD

Detta examensarbete är skrivet år 2012 för ingenjör YH-examen vid Arcada - Nylands svenska yrkeshögskola utbildningsprogrammet plastteknik inom avdelningen för energi- och materialteknik.

Jag vill tacka min handledare och lektor FM Mariann Holmberg för hennes idéer, stöd och kunskap som hon delat med sig under hela min studiegång.

Jag vill också tacka arbetets granskare, överlärare Tk.L. Henry Ericsson för feedback och idéer i samband med arbetet.

Vidare vill jag tacka mina föräldrar för deras stöd under denna process.

Helsingfors, den 31 maj 2012

Casper Meriluoto

1 INLEDNING

Syftet med denna litteraturundersökning är att gå igenom viktiga elektriska, mekaniska, kemiska och fysikaliska egenskaper som bör tas i beaktande vid val av material till elektriska och elektroniska applikationer. Dessutom behandlas några exempel på aktuella områden där polymerer används i samband med eller vid tillverkning av elektronik.

En av de första och viktigaste händelserna i polymerernas historia var år 1839 när Charles Goodyear uppfann vulkanisering av gummi. Han märkte att genom att värma upp naturgummi med svavel blev gummit stabilt och år 1844 kunde han ta patent på processen som används ännu idag. Senare har det visat sig att liknande men mera primitiva metoder att förbättra egenskaper på naturgummi har använts redan så tidigt som 1600 f.Kr.

Guttaperka gjort av torkad latex från bl.a. Guttaperkaträdet, hade också använts i flera hundra år i Stillahavsregionen förrän William Montgomerie hämtade det till västvärlden 1843. Av guttaperka tillverkades bl.a. golfbollar och möbler.

Man märkte också att guttaperka hade bra elektriskt isolerande egenskaper och man började använda det som isolation för telegrafkablar. Eftersom guttaperka också är stabilt i vatten var det ett bra material för att isolera och skydda undervattenskablar som t.ex. den transatlantiska telegrafkabeln. I slutet av 1800-talet fanns det redan i användning över 250.000 nautiska mil telegrafkabel. I dag använder tandläkare ännu guttaperka för att fylla rotkanalerna på en tand efter rotbehandling.

Den första plasten som människan gjort var en halvsyntetisk termoplast bestående av cellulosanitrat mjukgjort med kamfer. Alexander Parkes uppfann materialet år 1855 och kallade det för Parkesin. Materialet kommersialiserades dock aldrig, främst för att det var ett mycket dyrare material än vulkaniserat gummi. På 1860-talet fortsatte John Wesley Hyatt att utveckla Parkesin för att ersätta med det biljardbollar som ännu då gjordes av elfenben. År 1870 patenterade han materialet och började kalla det för celluloid.

Den första helt syntetiska plasten uppfanns år 1907 av Leo Baekeland. Han kondenserade fenol och formaldehyd med hexametylentetramin som katalysator och fick som resultat en hårdplast som han kallade bakelit.

Bakelit blev genast ett populärt material som användes i många olika produkter eftersom det hade mycket bättre egenskaper än andra material på den tiden. Bakelit brann eller smalt inte, hade hög resistivitet, var kemiskt stabilt och hade bra motståndskraft mot värme och fukt. Därför började bakelit snabbt användas som material för icke-ledande delar i elektriska applikationer. (Plastics historical society)

Till en början använde man polymerer oftast för deras isolerande egenskaper. Med tiden har man utvecklat nya material och man har också kunnat börja utnyttja polymerers konduktiva egenskaper.

I dag ersätter polymerer i växande grad andra material inom all industri, men speciellt inom elektronikindustrin där storleken på komponenter minskar hela tiden, försöker man komma på nya material och metoder. Så gott som varje produkt har varit i kontakt med plast vid något skede av tillverkningen.

För att området är så omfattande är detta arbete avgränsat till polymerernas egenskaper och några exempel på var polymerer används för deras isolerande, halvledande eller konduktiva egenskaper.

2 POLYMERERS EGENSKAPER

Polymerer används i många tillämpningar eftersom de är lätta, enkla att forma och finns av flera olika kvaliteter. De är ofta elektriskt isolerande men kan även fungera som ledande material. Därutöver är de ofta förmånliga jämförda med andra material. Bland annat för dessa orsaker används polymera material inom de flesta områden i vårt samhälle.

Goosey (1999 s.1-48) behandlar i boken *Plastics for electronics* de viktigaste egenskaperna att tänka på vid val av material för elektriska och elektroniska applikationer.

2.1 Elektriska egenskaper

En av de största orsakerna till att plaster har blivit populära material inom elektronikindustrin är deras isolerande egenskaper, även om plaster inte är inerta i ett elfält. Genom att manipulera polymeren kan dessa egenskaper anpassas enligt behov.

De viktigaste elektriska egenskaperna som bör beaktas när man väljer ett material är, dielektrisk konstant, volymresistivitet, ytresistivitet, dissipation, ljusbågshårdighet och dielektrisk styrka.

Det är också viktigt att ta i beaktande att dessa elektriska egenskaper varierar beroende på i hurdana förhållanden materialet används, t.ex. temperatur, frekvens och spänning påverkar materialets elektriska egenskaper.

De flesta plasterna används som isolatorer och det kan hända att de måste fungera i både applikationer som använder likström, och applikationer som använder växelström med en frekvens på upp till 10^5 MHz.

Spänningen kan variera från några mikrovolt till flera miljoner volt, likaså kan strömmen vara från några pikoampere till tusentals ampere. Alla dessa variationer kan påträffas i omständigheter med olika temperatur, fuktighet etc. (Goosey 1999 s.8)

2.1.1 Resistans och resistivitet

De flesta plasterna är bra isolatorer med hög resistivitet.

Isolationsresistansen kan mätas genom att fästa en provbit mellan två elektroder och mäta förhållandet av applicerad spänning till den totala strömmen som passerar provbiten. Resistansen mäts i ohm (Ω) och är direkt proportionell till längden och omvänt proportionell med arean av provbiten enligt ekvationen [1]:

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad [1]$$

R = isolationsresistans (Ω)

l = längd (m)

A = area (m^2)

ρ = materialets resistivitet (Ωm)

Volymresistivitet är resistansen på en kub av ett dielektriskt material, med sidor och längd på 1cm eller 1m och mäts i Ωcm eller Ωm .

Alla material kan klassificeras enligt deras resistivitet, från metaller som leder el mycket bra, till plaster som isolerar mycket bra, de material som faller emellan dessa kallas halvledare.

Tabell 1. Exempel på resistivitet vid 20°C (Ωm)(Goosey. www.dynalabcorp.com)

Silver	1.59×10^{-8}
Koppar	1.724×10^{-8}
Aluminium	2.65×10^{-8}
Natrium	4.2×10^{-8}
Järn	9.71×10^{-8}
Bly	20.6×10^{-8}
Kol(grafit)	$3 - 60 \times 10^{-5}$
Kisel	6.40×10^2
Vatten	$2 \times 10^1 - 2 \times 10^3$
Glas	$1 - 10000 \times 10^9$
Gummi	1×10^{13}
Polyvinylklorid	5.4×10^{13}
Polykarbonat	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{14}$
Polyamid 66	1×10^{15}
Polyeten	$1 \times 10^{15} - 1 \times 10^{16}$
Polypropen	$> 10^{16}$
Luft	$1.3 \times 10^{16} - 3.3 \times 10^{16}$
Polystyren	10^{17}
Polyetentereftalat	10×10^{20}
Polytetrafluoreten	$10 \times 10^{18} - 10 \times 10^{24}$

Resistiviteten av plaster påverkas av många faktorer, och dessa bör tas i beaktande vid val av plastmaterial för elektronik.

Den kemiska strukturen av polymeren som t.ex. densiteten av tvärbindingarna har en stor betydelse för resistiviteten, likaså orenheter i materialet, t.ex. smuts som hamnat med vid tillverkning.

Man vet också att tillsatsmedel som plasticerar eller gör materialet mer flexibelt, minskar resistiviteten.

I motsats till metaller, minskar resistiviteten hos plaster när temperaturen höjs, därför finns det risk för att en plast med tillräcklig resistivitet i rumstemperatur, inte isolerar tillräckligt bra om arbetstemperaturen är högre.

Temperaturens påverkan på resistivitet kan räknas ut med hjälp av ekvation [2]:

$$\rho = \rho_o^{(\Delta E/2kT)} \quad [2]$$

- ρ = resistivitet vid temperaturen T
- ρ_o = begränsande lågtemperatur resistivitet
- k = Boltzmanns konstant
- ΔE = energi
- T = absoluta temperaturen

Andra faktorer som påverkar resistiviteten är spänning, frekvens, tryck och förbehandling av materialet. Speciellt miljöförhållanden är mycket viktiga eftersom fuktighet inverkar på resistiviteten. Om en plast absorberar mycket fukt, kan resistiviteten sjunka till en oacceptabelt låg nivå. Detta kan dock oftast förhindras genom att torka plasten.

Några plaster kan dock degraderas när de kommer i kontakt med fukt. Ett exempel är polyestermaterial som utsätts för fukt nära elfält. Det kan ske en hydrolys med den påföljden att syror och alkohol frigörs. Dessa bildar tillsammans med fukt en lösning som kan orsaka korrosion eller kortslutningar.

Ytresistiviteten är också mycket viktig eftersom fukt och orenheter påverkar på ytresistiviteten mera än volymresistiviteten. Det kan ta månader innan stora och tjocka föremåls volymresistivitet förändras i fuktiga eller smutsiga förhållanden, medan det kan påverka ytresistansen nästan omedelbart.

Ytresistiviteten är ett mått på materialets motståndskraft mot elektriska strömmar i materialet.

Konduktiviteten av en polymer är omvänt proportionell med dess resistivitet. Enheten för specifik konduktivitet är Siemens per meter.

Inom modern elektronik används polymerer hela tiden mera och mera för deras konduktiva egenskaper.

För att polymerer är vanligtvis bra isolatorer, kan konduktiviteten förbättras genom att man tillsätter finfördelade metaller såsom silver, guld eller koppar. (Goosey 1999 s. 8-12)

2.1.2 Dielektrisk konstant

Den dielektriska konstanten är förhållandet av kapacitansen av en kapacitator med ett visst material som isolator, till kapacitansen av samma kapacitator med vakuum som isolator, som uttrycks av ekvation [3].

$$K = \frac{C_m}{C_v} \quad [3]$$

K = dielektrisk konstant

C_m = kapacitansen med materialet m som isolator

C_v = kapacitansen med vakuum som isolator

Den dielektriska konstanten av material varierar från lite på 1 ända till 1000 för somliga oorganiska material.

Typiska exempel i tabellen:

Tabell 2. Dielektriskakonstanter vid 25°C (Goosey)

Luft	1,00053
Polypropen	2,2 – 2,3
Polystyren	2,45 - 2,65
Epoxi	2,8 – 4,6
Fenoler	5,0 – 6,5
Nitrobensen	34,9
Vatten	79,5

Den dielektriska konstanten hos material beror på deras polaritet. Föreningar med polära grupper i molekylstrukturen har en hög dielektrisk konstant för att deras dipoler kan orientera sig i ett elfält och ha höga dipolmoment.

Polära polymerer absorberar fukt ur luften, och därför väljer man oftast icke-polära polymerer för isolerande applikationer. För allmän isolering eller skyddande beläggning är en dielektrisk konstant på upp till 8 acceptabel.

Den dielektriska konstanten på polymerer varierar beroende på frekvens, och kan antingen öka eller minska beroende på molekylstrukturen, och om det använts tillsats- eller fyllnadsämnen vid tillverkning.

En plast måste ha rimligt konstanta egenskaper över ett stort område av temperatur, fuktighet och frekvens, för att det kan användas för elektriska och elektroniska applikationer. Därför används polyeten, polystyren och fluorplaster flitigt som isolatorer. (Goosey 1999 s. 12)

2.1.3 Ljusbågshärdighet

Motståndskraften av ett material, är tiden som ytan av ett material kan utsättas för en ljusbåge, förrän elektrisk nedbrytning sker.

En ljusbåge med hög spänning och liten ström används för att simulera omständigheter som kan påträffas där materialet används.

Provbiten placeras mellan elektroderna och en ljusbåge framställs med specifika intervall och ström.

Provbiten kan misslyckas i testet på tre olika sätt:

- I materialet kan bildas en tunn ledande linje mellan elektroderna. Detta kallas tracking.
- Det kan bildas en ledande bana i kolhaltiga material p.g.a. ytvärme.
- Självantändning av materialet utan bildning av någon synlig ledande bana.

Resistans mot ljusbåge i plastmaterial beror till en stor del på molekylstrukturen och mängden tillsatsämnen. Fyllnadsmedel har en stor betydelse för resistansen och material som t.ex. aluminiumoxid och kiseldioxid kan höja den betydligt. Motståndet för

ljusbåge är också mycket beroende på skicket av ytan, och kan försämrats av fukt, salt eller fett från hudkontakt. (Goosey 1999 s. 14)

2.1.4 Genomslagshållfasthet och nedbrytnings spänning

Genomslagshållfasthet (dielektrisk styrka) är ett mått på materialets förmåga att motstå elspänning utan nedbrytning, eller utan att leda betydlig mängd ström.

Den är också mycket beroende av molekylstrukturen samt orenheter och fukt som materialet har kommit i kontakt med. (Goosey 1999 s. 15)

2.1.5 Elektrostatisk urladdning

Elektroniska komponenter, speciellt integrerade kretsar kan enkelt förstöras genom elektrostatisk urladdning. Elektrostatisk urladdning sker när en person eller ett föremål är laddat med statisk elektricitet och det sker en urladdning till jord. Även om spänningen på urladdningen är så låg att en människa inte ens märker det, kan det räcka till för att förstöra känslig elektronik.

Elektrostatisk laddning bildas oftast genom triboelektrifiering, alltså ett material blir elektriskt laddat efter att det varit i kontakt med ett annat material genom friktion.

Laddning kan också bildas genom elektrostatisk induktion då ett elektriskt laddat objekt förs nära ett oladdat elektriskt ledande objekt. Inga elektroner överförs mellan objekten utan det handlar om att det laddade objektet orsakar en tillfällig omfördelning av elektroner i det oladdade objektet. Obalansen orsakar små negativa och positiva laddningar på ytan av materialet och det kan ske en urladdning.

För att undvika elektrostatisk urladdning använder man sig av ESD-beklädsel och utrustning (ESD eng. Electro Static Discharge) i ett ESD-säkert utrymme. I ett ESD-säkert utrymme är alla arbetsytor och golv kopplade till jord. Det är planerat så att alla material, verktyg och redskap klarar av att hantera statisk elektricitet på ett sådant sätt att det inte sker några urladdningar i känslig elektronik.

Först använde man sig endast av ESD-armband för att koppla sig till jord men eftersom en arbetare ofta behöver röra på sig har man utvecklat ESD-skor, kläder och annan utrustning. De första skorna var vanliga skor med botten gjort i polyuretan eller PVC blandat med kimrök som ledande tillsatsämne. Dessa skor var inte ideala eftersom

kimröken orsakade sotiga fotspår och dessutom hade de för låg resistivitet. Moderna skor innehåller kolfiber som ledande tillsatsämne och har en resistivitet mellan 750k ohm och 35M ohm vilket är tillräckligt för att isolera en från jord men samtidigt tillåter kontinuerlig urladdning av statisk elektricitet till golvet. ESD-beklädsel innehåller vanligtvis 2% kolfiber som är vävda in i tyget, detta bildar runt arbetaren en Faradays bur som blockerar elektromagnetiska fält. (Radio-Electronics)

För att skydda elektroniska komponenter under transport och förvaring paketerar man dem ofta i en antistatisk påse. Påsarna kan delas in i tre huvudgrupper, antistatiska, dissipativa och skärmande.

Antistatiska påsar är färgade ljusröda och de har en ytbeläggning av ett antistatiskt ämne som minskar bildning av statisk elektricitet genom beröring eller friktion. Som antistatiskt medel används akrylaminer eller –stearater.

Dissipativa påsar är vanligtvis tillverkade av polyeten blandat med polyamidlastomerer som antistatiskt tillsatsämne (Järvinen, 2008).

De har samma egenskaper som antistatiska påsar men dessutom dissiperar statisk elektricitet i materialet.

Skärmande ESD-påsar är oftast silveraktiga eller genomskinliga och de består av tre olika lager. Det innersta lagret är ofta gjort av dissipativ polyeten och det isolerar komponenten från det mittersta aluminium skiktet. Det tunna aluminium skiktet tillåter inte elektriska laddningar att komma in i en sluten påse. Yttersta skiktet är också oftast gjort av polyeten med antistatiska och dissipativa egenskaper. (Allen)

2.2 Mekaniska, kemiska och fysikaliska egenskaper

Förutom att polymerer har bra elektriska egenskaper för användning i elektroniska och elektriska applikationer, har de också bra mekaniska, kemiska och fysikaliska egenskaper vilka gör dessa ännu mera passande för ändamålet.

Det finns att få plaster med mycket hög grad av renhet, och de kan enkelt formas till styva skyddande förpackningar för känsliga elektroniska kretsar, medan det också finns sådana som är mycket flexibla och passar bra som isolator för ledningar och kablar.

Dessa egenskaper bestäms till stor grad av den kemiska strukturen av materialet, men också sättet hur det tillverkats och hur det används påverkar de slutliga egenskaperna. (Goosey 1999 s. 12)

2.2.1 Mekaniska egenskaper

Polymerer är inte alltid elastiska utan de kan ha både elastiska och viskösa egenskaper. Därför ses de ibland som viskoelastiska material.

För att välja det bästa materialet för ett visst ändamål är det ofta viktigt att veta hur dess egenskaper kommer att ändras med tiden i olika omständigheter. Det är då viktigt att studera sådana egenskaper som elasticitet, styvhet, hållfasthet, seghet och tålighet mot deformation.

Elasticiteten är polymerens förmåga att tåla belastning utan att det deformeras.

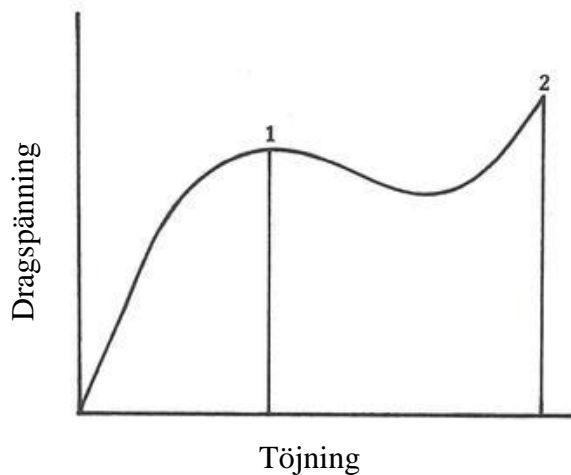
Styvhet är förmågan att tåla belastning utan att dimensionerna på materialet förändras.

Hållfastheten är ett mått på hur mycket belastning det tål.

Med seghet mäter man hur mycket energi materialet kan absorbera utan att det går sönder medan det deformeras.

Med återhämtningsförmåga mäter man hur mycket arbete det krävs för att deformera ett material till dess elastiska gräns, och bestämmer energimängden som materialet kan absorbera utan permanent deformation.

Dessa egenskaper kan bestämmas från dragprovskaraktärerna genom att kartlägga materialets dragprovskurva (Figur 1).



Figur1. Dragprovskurva

Dragspänning definieras som intensiteten av materialets inre krafter att motstå förändringar i dess form.

Töjning är en förändring i materialets dimensioner orsakad av spänningar.

Det stället på kurvan där spänning och töjning är nästan proportionella, representerar materialets styvhet. I detta område kallas förhållandet mellan spänning och töjning till elasticitetsmodulen eller Youngs modul.

Vid första böjningen i kurvan (1) representerar spänningsvärdet sträckgränsen och är ett mått på materialets hållfasthet och dess motståndskraft mot permanent deformation.

Materialet kan oftast återhämta sig efter töjningar som inte uppnår sträckgränsen. Detta är ett mått på elastisk deformation. Från sträckgränsen (1) till brottgränsen (2) är töjningen så stor att materialet inte mera kan återhämta sig. Här är måttet på plastisk deformation. Arealen under kurvan representerar kraften som måste användas för att bryta sönder materialet och är ett ungefärligt mått på seghet. Återhämtningsförmågan på ett material kan läsas från arean under kurvan upp till sträckgränsen. (Goosey 1999 s. 15-18)

2.2.2 Kemiska egenskaper

En polymers motstånd mot kemikalier beror till stor del på dess molekylstruktur och varierar således mycket mellan olika plaster.

Somliga plaster kan motstå mycket starka kemikalier och lösningsmedel, medan andra kan brytas ner med svaga lösningar eller t.o.m. vatten.

Genom att studera materialets molekylstruktur kan man rätt noggrant spå hur materialet kommer att reagera i olika omständigheter.

Polymerer vars grundstomme består av endast kol-kol bindningar med hydrofoba grupper, brukar oftast ha ett bra motstånd mot oxidation och låg fuktabsorption.

Om dubbelbindningar förekommer, sjunker resistansen för oxidation men fuktabsorptionen ändras bara lite.

Molmassan hos en polymer molekyl har också stor betydelse för de kemiska egenskaperna. Ett typiskt exempel är en polymers löslighet i lösningsmedel, vilken oftast är omvänt proportionell med dess molmassa.

Svällning, absorption och polymerens permeabilitet för gaser och vätskor är också proportionella till dess molvikt. Den kemiska reaktiviteten minskar med ökad molvikt. Detta sägs bero på reaktiviteten på ändgrupperna av polymer molekylerna, vilka oftast är de mest reaktiva delarna av hela molekylerna.

Eftersom antalet ändgrupper är omvänt proportionellt med molmassan, väntar man att polymerens reaktivitet minskar med ökad molmassa.

Åldring av en polymer är en kemisk nedbrytning och därför är polymerens motstånd mot detta också relaterat med molmassan. Genom att öka molmassan har man kunnat minska nedbrytningen orsakad av syre, ozon, fukt och UV-strålning. (Goosey 1999 s. 19-21)

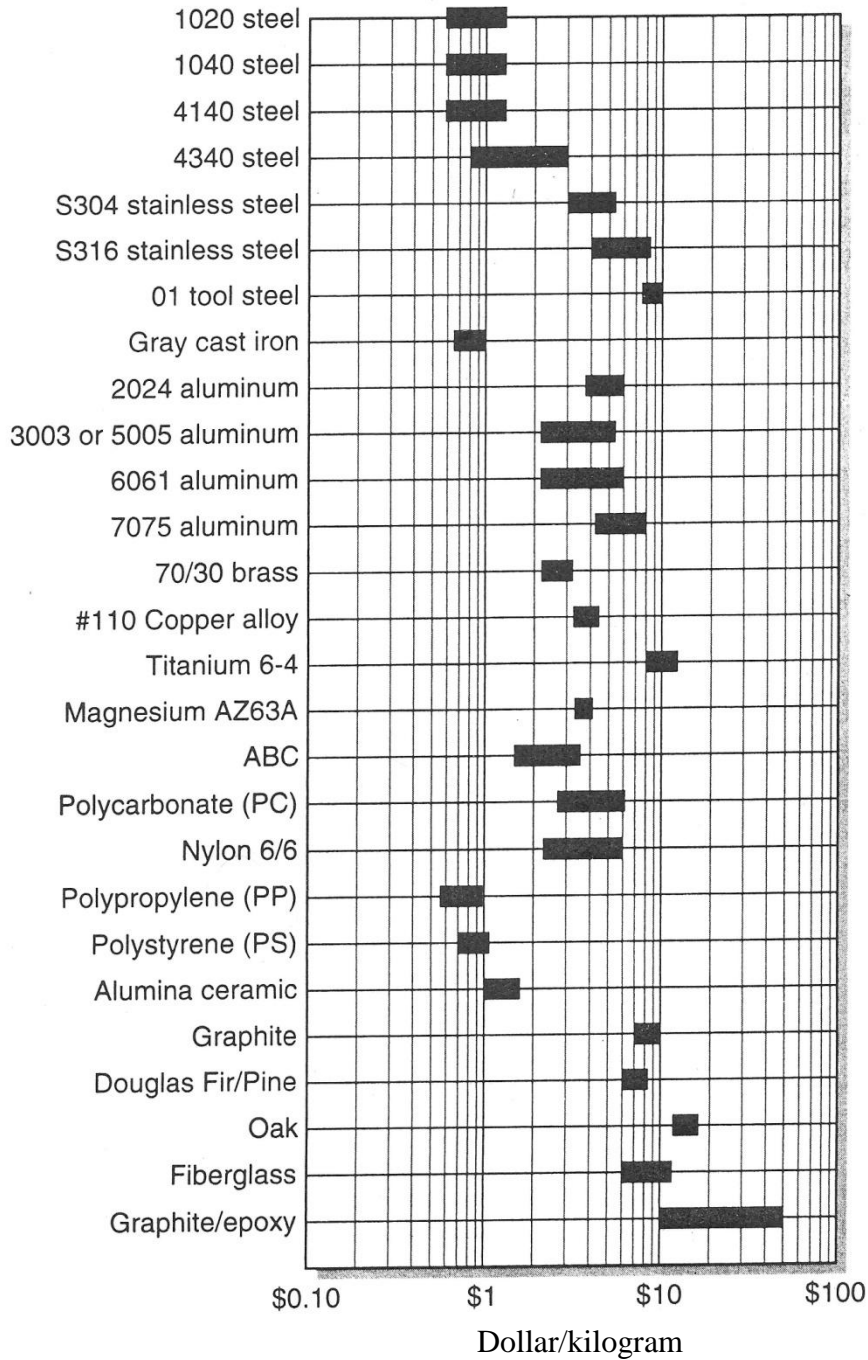
2.2.3 Fysikaliska egenskaper

Vid val av plastmaterial för användning med elektricitet eller elektronik måste också många andra viktiga egenskaper beaktas.

Plaster har ofta en lägre densitet än de material som de skall ersätta, t.ex. metall. Detta är en stor fördel vid applikationer där vikten måste minimeras. Eftersom plaster säljs enligt vikt blir ett föremål tillverkat av ett material med lägre densitet billigare. En aspekt värd att beakta, då som materialkostnaderna måste minimeras.

Från tabell 3 kan man läsa förhållandet mellan priser på olika material. Det går att se att vanligare polymerer som polypropen och polystyren är i samma prisklass som de billigaste stålmaterialen. Också den mest använda plasten polyeten, som fattas från tabellen, faller in i samma prisklass vid lite under 1\$/kilogram. Rostfri stål är redan mångfaldigt dyrare. Prisinformationen i tabellen är en aning föråldrad men förhållandet av priser mellan olika material har hållits relativt konstant.

Tabell 3. Materialkostnader. (Ulrich &Eppinger)



Egenskaper som utvidningskoefficient, värmeledningsförmåga, termisk stabilitet, smältpunkt och glasomvandlingstemperatur måste också tas i beaktande vid val av material.

Det är viktigt att känna till utvidgningskoefficienten på en polymer, speciellt när den kommer i nära kontakt med ett annat material med annan koefficient. Plast har oftast en mycket högre utvidgningskoefficient än andra material som t.ex. metall eller keramer.

Utvidgningskoefficienten bestäms delvis av molekylmassan för att polymerens ändgrupper spelar en stor roll. Genom att öka på molekylmassan med tvärbindingar kan man minska på utvidgningen. Därför är det allmänt att man använder sig av fyllnadsmedel då utvidgningen inte får vara stor.

Värmeledningsförmåga anger den värmemängd, som vid viss temperatur leds genom en kropp med bestämt tvärsnitt och fixerad tjocklek per tidsenhet (Klason 1987 s.41).

Plaster har vanligtvis en låg värmeledningsförmåga och används ofta som en värmeisolator. Inom elektronik vill man dock att plasten skall leda bort så mycket värme som möjligt. Med tillsatsämnen som kristallin kiseldioxid eller aluminiumoxid åstadkommer man en bättre värmeledning. En av de bästa elektriskt isolerande men värmeledande mineralerna är berylliumoxid (BeO). Berylliumoxid är dock i pulverform en carcinogen substans, vilket innebär att det är ofarligt i fast form men plast som innehåller BeO får inte utsättas för sånt mekaniskt arbete att pulver kan uppstå.

Eftersom plaster är organiska material är de mottagliga för reaktioner såsom termisk nedbrytning, oxidation och hydrolys. Vid val av material måste detta tas i beaktande.

Termisk stabilitet är i direkt relation till molekylmassan och polymerens molekylstruktur eftersom instabilitet vid höga temperaturer beror på polymermolekylernas reaktiva ändgrupper. Termisk stabilitet kan förbättras genom att man minskar på reaktiva orenheter. Tvärbindingar minskar också reaktiviteten.

Molekylstrukturen spelar också en stor roll för att kunna förutse termisk stabilitet, aromatiska och mycket elektronegativa element brukar förbättra termisk stabilitet och oxidationsstabilitet.

(ex. väteatomerna i polyeten kan ersättas med elektronegativa fluoratomer för att få polytetrafluoreten med mycket hög termisk stabilitet)

Både smältpunkt (T_m) och glasomvandlingstemperatur (T_g) har en stor betydelse för de mekaniska egenskaperna av materialet. Under glasomvandlingstemperaturen är materialet hårt och skört medan det är visköst och gummiartat vid temperaturer högre än T_g .

T_g bestäms av molekylstrukturen. De viktigaste faktorerna som inverkar på det är flexibilitet, symmetri och storlek på molekylerna. (Goosey 1999 s. 21-24)

2.2.4 Färgpigment och additiver

För att få en plast i en viss färg eller om man vill ändra på dess egenskaper med tillsatssämnen, brukar de blandas i förväg ihop till en s.k. masterbatch. När man tillverkar en masterbatch strävar man till att få en så homogen blandning som möjligt. Masterbatchen tillverkas med en extruder som klarar av att finfördela och blanda additiverna och polymeren med rotor eller skruv.

Till först görs det en torr blandning av pulveriserat pigment och polymer som rörs om i maskinen. Man försöker sprida pigmenten så jämnt som möjligt på polymerens yta, så att de största pigment aggregaten sönderdelas.

Sedan värms blandningen tills den smälter och den rinnande polymeren fastnar i pigmentet. När polymeren börjat fastna i pigmentet söndras de sista pigment aggregaten av skjuvkrafter. När blandningen är homogen har pigmenten blivit disperserade och den är klar för granulering och torkning. (Järvinen, 2008)

Om man gör en masterbatch med kolfiber är det själ att komma ihåg att kolfibrerna är så sköra att de brister om man blandar för länge. Detta kan ändra på materialets önskade egenskaper.

3 TILLVERKNING AV HALVLEDARE MED OPTISK LITOGRAFI

Eftersom elektriska apparater hela tiden minskar i storlek, är man tvungen att framställa allt mindre och mindre komponenter. Framställning av halvledare är ett område som påverkas starkt av denna trend.

Mikrolitografi är det vanligaste sättet att tillverka små integrerade kretsar med hög noggrannhet.

Levinson (2001) behandlar i boken *Principles of lithography* grunderna av en optisk litografisk process.

Genom spin-coating appliceras ett tunt lager ljuskänslig polymerlösning kallad fotoresist på en kiselskiva med kiseldioxid beläggning, skivan snurras vanligtvis 1200 – 4800 varv i minuten i 30 – 60 sekunder och lösningen jämnar ut sig till ett 0,1-2,5 μ m tjockt lager. De vanligaste polymererna som används som fotoresist är:

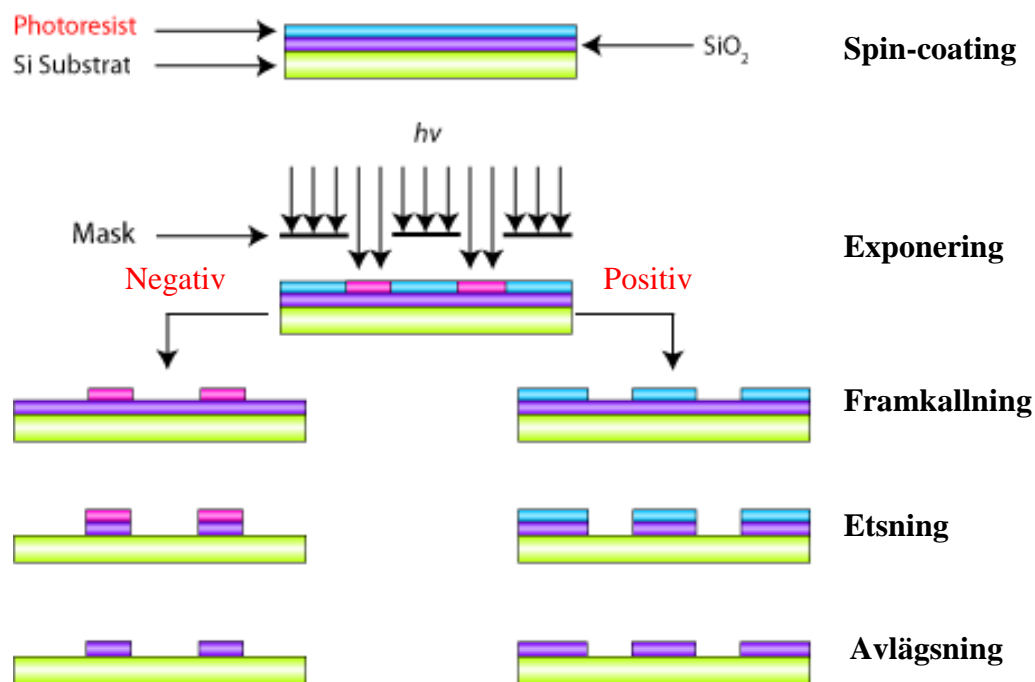
- Polymetylmetakrylat (PMMA)
- Poly(metylglutarimid) (PMGI)
- Fenolformaldehyd (PF)
- SU-8

Kiselskivan bakas i en ugn för att lösningsmedlen i fotoresisten skall avdunsta och man får ett hårt och jämnt lager fotoresist på skivan.

I figur 2 kan man se de olika skeden av en fotolitografisk process.

Man kan med hjälp av en fotomask och olika former av strålning behandla fotoresisten så att antingen de delar som utsatts för strålning (positiv) eller de som inte utsatts (negativ) bryts ned eller löser sig när man framkallar den i lösningsmedel.

När fotoresisten har fått den önskade formen kan man etsa, dopa eller lägga till material på kiselskivan och fotoresisten kan tas bort. Vanligen bakar man skivan mellan varje steg för att minska på spänning i polymeren, för att få bättre fäste för materialen eller för att få materialen att hålla bättre form under processen.



Figur 2. Fotolitografisk process (www.photochembgsu.com)

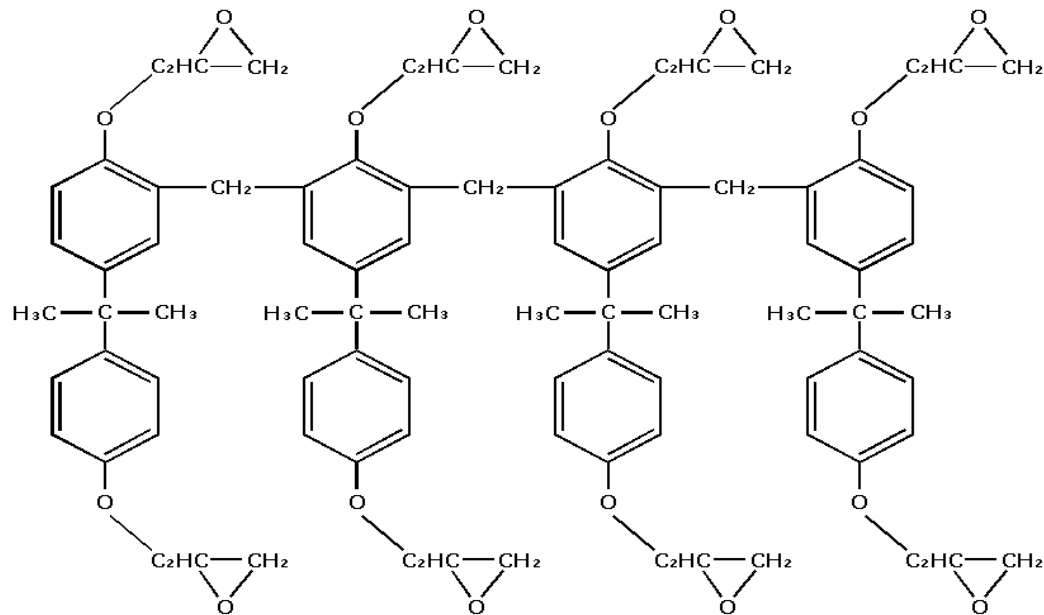
SU-8

SU-8 är ett epoxibaserat material som är utvecklat för negativa fotoresister som kräver hög noggrannhet. Fotokänsligheten för SU-8 ligger vid 300-400nm vilket gör att det kan bearbetas med konventionell fotolitografi.

För att materialet har hög grad tvärbindingar är det termiskt stabilt upp till 200°C och är kemiskt stabilt efter framkallning.

Det är lösligt i många organiska lösningsmedel och man kan göra lösningar som innehåller mycket fasta partiklar, detta tillåter att man kan belägga substratet med ett relativt tjockt lager med endast en spin-coating operation.

Cyklopentanon eller gamma-butyrolakton används oftast som lösningsmedel i samband med SU-8. (MicroChem)



Figur 3. SU-8 molekyl. (www.martynkey.net)

3.1 Fotoresist

Fotoresister kan delas upp i två huvudtyper, negativa och positiva.

I en negativ resist försöker man med strålning förstärka de områden som exponeras, så att de blir olösliga i lösningsmedel. I en positiv resist försöker man försvaga de exponerade områden och göra dem mera lösliga.

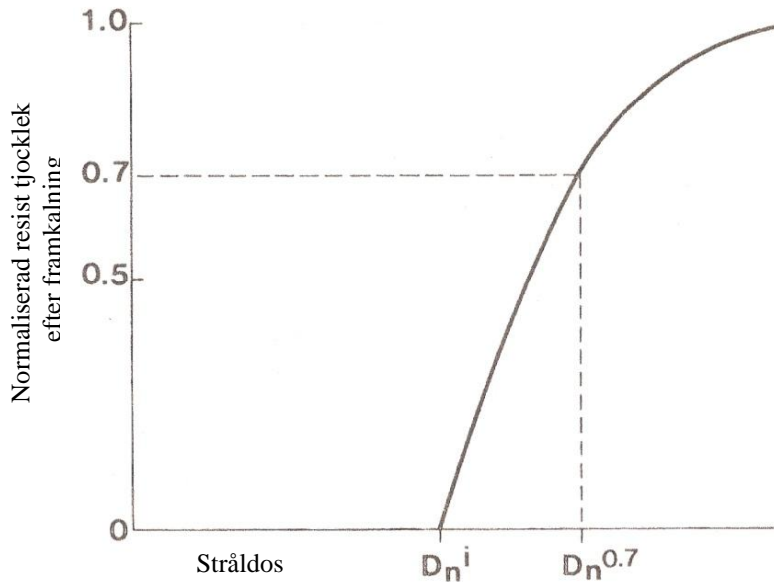
3.1.1 Negativ

För att få en negativ fotoresist ges strålning genom fotomasken på det område man vill spara, det börjar bildas tvärbindingar i det exponerade området och molekylmassan ökar. Tvärbindingarna och större massa gör materialet olösligt och de oexponerade delarna av materialet kan lösas bort med passligt lösningsmedel som ofta kallas framkallarvätska.

Om strålningen inte är tillräcklig för att bilda tvärbindingar löses hela fotoresisten. När strålningsdosen ökas närmar man sig den så kallade geldosen, med det menas en så stor dos strålning att lösningsmedlet kan penetrera polymermatrisen men inte lösa upp den. Om dosen är för stor fastnar fotoresisten på kiselskivan och det går inte att få bort den i

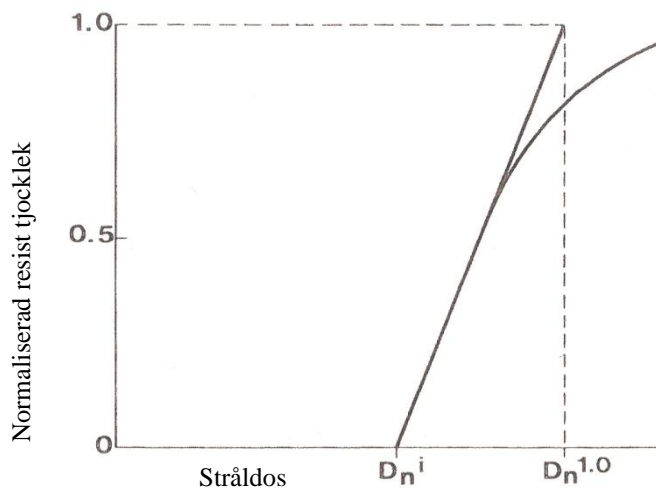
slutet av processen. För att fotoresisten absorberar strålning får undre delarna av den inte lika stor dos, därför ges ofta en liten överdos för att kompensera detta.

Känsligheten hos fotoresisten kan mätas genom att utsätta den för olika doser av strålning och mäta tjockleken på det resterande materialet (Figur 4).



Figur 4. Stråldosens inverkan på resistens tjocklek. (Clements, red. Goosey)

Kontrasten kan mätas från samma kurva som känsligheten och definieras som gradienten av den lineära delen av kurvan $\gamma = 1/(\log D_n^{1.0} - \log D_n^i)$



Figur 5. Kontrast, negativ resist. (Clements, red. Goosey)

var $D_n^{1.0}$ är dosen som krävs för att 100% av fotoresisten stannar kvar, extrapolerat från den lineära portionen (Figur 5).

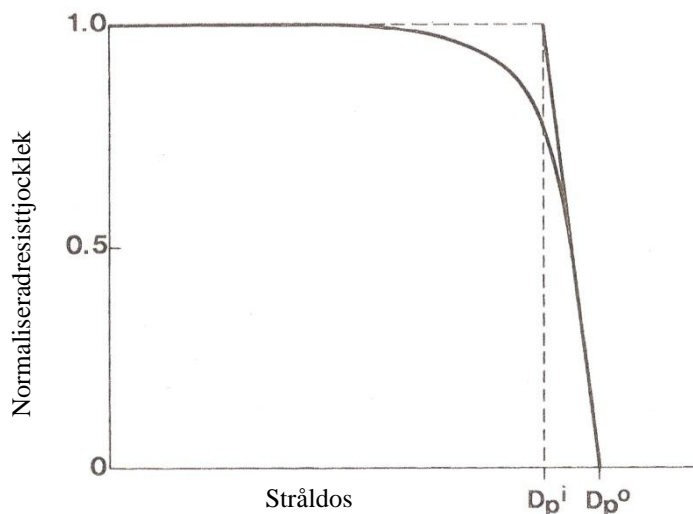
Kontrasten är oberoende av molekylmassa men är kraftigt beroende av spridningen av molekylmassan i en polymer. Vanligtvis har polymerkedjor en ganska stor spridning av molekylmassa och för att geldosen är beroende av vikten på en polymer, blir kontrasten mindre desto större spridningarna av molekylmassan och geldosen är.

Eftersom resolutionen är direkt relaterad med kontrasten vill man åstadkomma så hög kontrast som möjligt. (Goosey s. 209-214)

3.1.2 Positiv

En positiv fotoresist framställs på samma sätt som en negativ med den skillnaden att strålning appliceras på de områden man vill få mera lösliga, oftast genom degradation.

Målet är att ge en så stor dos (D_p^0) att resisten löser sig vid framkallning utan att påverka tjockleken på det oexponerade området.(Figur 6)



Figur 6. Kontrast, positiv resist. (Clements, red. Goosey)

Känsligheten kan igen mätas genom att mäta tjockleken på fotoresisten efter olika strålningsdoser.

Kontrasten bestäms också som tidigare, som gradienten av den lineära delen av kurvan $\gamma = 1/\log(D_p^0 - D_p^i)$ där D_p^i är den extrapolerade dosen var 100% av resisten stannar kvar.

Det är möjligt att förbättra känsligheten på en positiv resist genom att låta den stanna kvar i framkallningsvätska en aning för länge så att lösningsmedlet börjar komma åt de oexponerade områdena, som en nackdel blir dock kvarblivande materialet tunnare vilket kan leda till att fel uppstår.

I en positiv resist är kontrasten relaterad till förändringar i molekylvikten och polymerens löslighet.

Då strålning av olika typ har varierande spridning och diffraktion, bestäms fotoresistens resolution av dess kemiska egenskaper och framkallningsmetod. (Goosey s. 209-214)

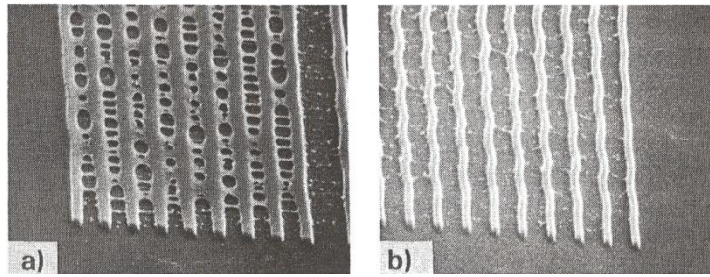
3.2 Deformationer

Vid tillverkning sker deformationer på grund av värmeflödet då resisten bakas eller etsas, under framkallning kan det också förekomma svällning av materialet.

Svällning sker när polymeren börjar lösa sig. Lösningsmedlet tränger sig in i matrisen med den påföljden att volymen ökar kraftigt. Om krafterna mellan lösningsmedlet och polymeren är större än krafterna mellan polymerkedjorna i matrisen bryts den ner och det bildas en lösning.

Svällning är distorsion i resisten som orsakas av att lösningsmedel kommer in i de olösliga delarna när man tvättar bort de lösliga delarna. Detta kan leda till *bridging* (Figur 7a) där linjer belägna bredvid varandra sväller upp och kommer i beröring med varandra, när lösningsmedlet avlägsnas krymper resisten men det förblir ”broar” mellan linjerna.

Eftersom resisten är hårt fäst på kiselskivan, skapar svullnaden spänningar som kan deformera resisten, detta kallas *buckling*(Figur 7b).



Figur 7. a) bridging b) buckling (Plessey Research Ltd.)

Båda deformationerna påverkar fotoresistens noggrannhet och kan leda till brott i den slutliga produktens ledande banor.

Det går att minska på svällning genom att använda polymerer med mindre molmassa, vilket leder till att det bildas en mindre mängd gel i materialet.

Termiskt flöde uppstår i en resist då det bearbetas i eller över glasomvandlingstemperatur. Vanligtvis arbetar man med resister i rumstemperatur, då kan inte molekylerna röra på sig och materialet hålls i glas liknande form. Om resisten bearbetas i högre temperatur än T_g börjar molekylerna röra på sig och materialet blir gummiaktigt och flytande. (Goosey s. 214-215)

4 INKAPSLING OCH LIMNING AV ELEKTRISKA KOMPONENTER

Elektriska komponenter inkapslas ofta för att skydda dem från t.ex. fukt eller smuts.

Vanligtvis har man en färdig produkt som bara får en skyddande beläggning.

Med moderna material och metoder kan elektriska komponenter tillverkas så att den skyddande beläggningen är det egentliga skalet.

4.1 Inkapsling

Ett allmänt sätt att skydda elektriska komponenter är att inkapsla dem i plast, förr använde man glas, keram eller metall för detta. Med nya plastmaterial har man kunnat skära ner på kostnader och produktionstid, dessutom har man ett stort urval av lågtrycks produktionsmetoder.

Den överlägset vanligaste metoden är sprutpressning, där sätts komponenten man vill skydda i en kavitet i formen och sedan fylls kaviteten genom att pressa in smält plast. En fullt automatiserad produktionslinje kan ha en cykeltid på under en minut och under varje cykel kan flera hundra produkter inkapslas, detta gör att processen är väldigt passande för massproduktion.

Epoxibaserade hartser är de vanligaste materialen som används, till några applikationer används silikon. Polyuretaner och polyamider förekommer, men i mindre volym. När epoximaterial används som material för inkapsling måste man ta i beaktande att materialen är brandfarliga, flamskyddsmedel bör tillsättas vid behov.

Nya material och produktionsmetoder utvecklas dock hela tiden, ett exempel är macromeltgjutning. Det är en lågtrycks process med vilken elektriska komponenter inkapslas med smältlim som är vanligtvis polyamid-baserat.

Fördelar med denna metod är att man kan använda sig av aluminium former vilka inte bara är billigare utan har också en bättre värmeledningsförmåga. Då smältlimet sprutas in i formen behöver det ha en temperatur på endast 180-240°C och ett tryck på 5-40 bar räcker för att fylla formen, detta skär ner på kostnaderna jämfört med konventionell sprutformning.

Vid användning av två-komponent- eller epoxi-baserade harts kan det vara att produkten måste härda i flera timmar, t.o.m. dagar, och under tiden kan den ge ifrån sig

värme och det kan avdunsta lösningsmedel, detta ställer krav på ventilation och förvaring vilka igen höjer på produktionskostnaderna.

I smältlimmet sker ingen kemisk reaktion vilket betyder att när produkten kommer ut ur kaviteten är den klar. (Henkel broschyr)

4.2 Limning

Då ytkomponenter monteras på ett kretskort brukar man använda sig av två olika metoder, antingen limmas komponenten på kretskortet och sedan löds det fast, eller så applicerar man på kontaktytorna en lödpasta som smälter och löder ihop delarna när hela kretskortet exponeras för värme.

Som lim använder man antingen akryl eller epoxi.

Akryllimmet härdas i två steg, först med UV-strålning vilket gör att ytan på limmet torkar och förhindrar limmet från att rinna. Sedan värmehärdas det i 130-150°C så att också de oexponerade områdena härdas.

Epoxilim härdas endast med värme, normalt i 110-160°C.

Lödpasta består av en blandning av flussmedel och en metallpulverblandning. Flussmedlet som består till största del av organiska hartser gör pastan mera rinnande och skapar ett skydd mot oxidation. Normalt använder man tenn-, bly- eller kopparpulver i 50:50 förhållande med flussmedlet.

Pastan kan appliceras med en patron eller tryckas på kretskortets kontaktytor, det vanligaste sättet är dock att använda en schablon.

Efter att ha spridit ut pastan genom hålen på schablonen, kan komponenterna placeras på kretskortet. Den klubbiga pastan fungerar som lim tills skivan värms upp, vanligtvis i en IR-ugn. Pastan smälter och komponenterna löds fast, det kvarblivande flussmedlet kan sedan tvättas bort vid behov. (Loctite s. 184-210)

Till sist kan kretskortet beläggas med skyddsmedel som skyddar emot:

- Korrosion av lödpunkter
- Fukt och mögel
- Bränsle, hydraulikvätska
- Lösningemedel
- Temperaturförändringar
- Damm, smuts, mekaniskt arbete

Som skyddsmedel används:

- Polyuretan
- Silikon
- Akryluretan
- UV-härdade material

5 KONDUKTIVA POLYMERER

Den första konduktiva polymeren uppfanns 1976 när en forskningsgrupp ledd av professor Hideki Shirakawa i misstag polymeriserade acetylen med 1000 gånger för mycket katalysator.

Resultatet blev en silveraktig polyacetylen film som hade en förmåga att leda el.

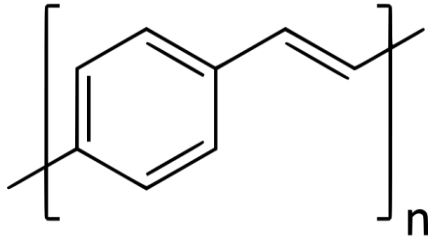
Vid fortsatta undersökningar märkte man att genom att oxidera materialet med jodånga höjdes elledningsförmågan 10^8 faldigt vilket närmar sig konduktiviteten av silver. (MacDiarmid 1990)

Sedan denna händelse har man forskat och utvecklat ledande polymerer och det är ett aktuellt område ännu idag där nya användningsändamål uppstår ständigt.

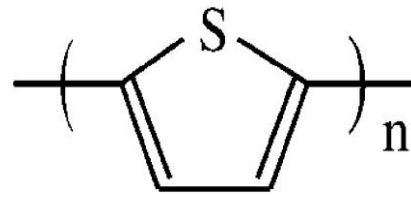
Vanligaste ledande polymererna idag:

- Polyfenylvinylen (PPV)
- Polytiofen (PT)
- Polyanilin (PANI)
- Polyparafenylen (PPP)
- Polypyrol (PPY)
- Polyfenylensulfid (PPS)
- Polyacetylen (PAC)

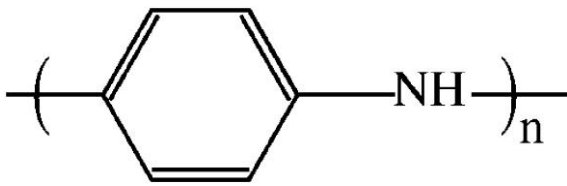
Strukturformlerna är givna på följande sida:



Polyphenylvinylen.



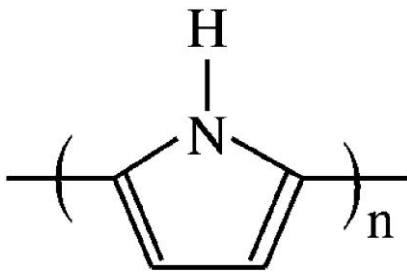
Polythiophen.



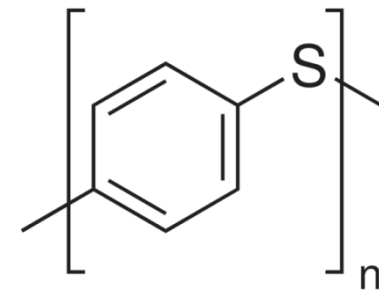
Polyanilin.



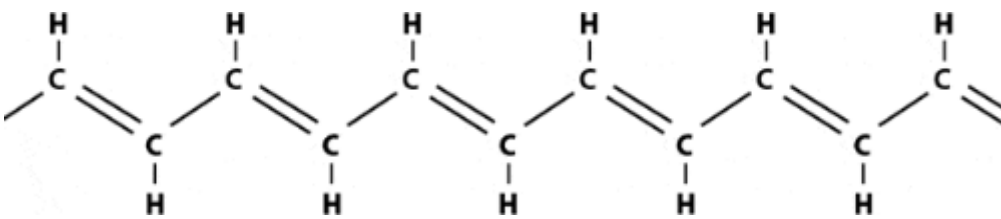
Polyparafenylen.



Polypyrol.



Polyphenylensulfid.



Polyacetylen.

Figur 8. Strukturformler. (www.cnx.org)

Det enklaste sättet att få ett polymert material ledande är att använda finfördelade ledande tillsatssämnen som t.ex. aluminium, guld, silver eller grafit. I detta fall utgör polymeren ett matrismaterial och de finfördelade metall- eller grafitpartiklarna fungerar som ledare.

Vanligtvis använder man 20-25% tillsatssämnen, det är mycket och leder ofta till förändringar i t.ex. materialets mekaniska egenskaper eller utseende.

Ett annat sätt är att oxidera materialet så att en elektron avlägsnas från polymerkedjan, den tomma platsen blir positivt laddad och attraherar en ny elektron från ett annat ställe i polymerkedjan, den nya tomma platsen fylls igen från ett annat ställe o.s.v.

Polymerer som gjorts konduktiva med dessa metoder kallas manipulerade elektriskt ledande material.

Till egentliga ledande polymerer kallar man sådana polymerer vars konduktivitet baserar sig på egenskaper i polymerkedjans grundstruktur. Alla ledande polymerer har en konjugerad uppbyggnad som består av alternerande enkel- och dubbelbindningar mellan kolatomerna i polymerkedjan.

Konjugerad uppbyggnad behövs för att dubbelbindningar strävar till att bli enkelbindningar och då ger den lättare ifrån sig den andra elektronen, på så sätt kan laddningen flytta sig längs med polymerkedjan och från en kedja till en annan.

Den konjugerade uppbyggnaden ensam räcker i praktiken inte för att åstadkomma bra konduktivitet, det går att förbättra elledningsförmågan genom att blanda med i plasten ämnen som oxiderar eller reducerar det, d.v.s. man dopar det. (Antila s. 258-259)

Konduktiva polymerer är ur ekonomisk vinkel det snabbast växande området inom plastmaterial. År 2010 stod de för ett marknadsvärde på 1,9 miljarder dollar. Enligt prognoser kommer det att stiga till ungefär 3 miljarder dollar till år 2015. (Market research)

6 DISKUSSION

Redan då jag påbörjade arbetet visste jag att det gällde ett stort område och att det skulle bli svårt att avgränsa arbetets omfång. Under arbetets gång hade jag möjlighet att välja många olika riktningar men som en grund princip försökte jag hålla mig till sådana områden där informationen inte föråldras så snabbt.

Plast är ett otroligt mångsidigt material och även om plastindustrin redan är en stor industri är det en växande industri. Nya material och metoder att tillverka nya material utvecklas hela tiden.

Om inte elektriska eller elektroniska komponenter innehåller plast så då har de troligen tillverkats med apparatur gjort i plast eller så är de förpackade i plast, det finns så gott som alltid ett samband.

Även om man började använda plaster inom elektronikindustrin för deras isolerande egenskaper har man senare börjat utnyttja deras halvledande och konduktiva egenskaper.

I dag är tyngdpunkten inte mera lika fokuserad på de isolerande egenskaperna och marknaden för konduktiva polymerer ökar hela tiden.

KÄLLOR

- Antila, Anna-Maija; Karppinen, Maarit; Leskelä, Markku; Mölsä, Heini&Pohjankallio, Maija. 2000. *Tekniikankemia*. OyEdita Ab. ISBN 951-37-2790-4
- Braithwaite, Nicholas & Weaver, Graham. 1990. *Electronic materials*. Butterworth scientific Ltd. ISBN 0-408-02840-8
- Callister, William D. 2007. *Materials science and engineering an introduction*. ISBN 978-0-471-73696-7
- Goosey, Martin T. 1999. *Plastics for electronics*. Springer. ISBN 9780412725609
- Henkel. Macromelt molding broschyr.
- Järvinen, Pasi. 2008. *Uusi muovitieto*. Muovifakta Oy. ISBN 978-952-92-3558-2
- Klason, Carl; Kubát, Josef. 1987. *Plaster materialval och materialdata*. Sveriges mekanförbund. ISBN 91-524-0915-5
- Levinson, Harry J. 2005. *Principles of lithography*. The international society of optical engineering. ISBN 0-8194-5660-8
- Loctite. 1998. *Worldwide design handbook*. Loctite european group.
- Phillips, James Charles. 1973. *Bonds and Bands in Semiconductors. Materials science and technology*. New York: Academic Press. ISBN 978-0125533508
- Ulrich, Karl & Eppinger, Steven. 1999. *Product design and development*. ISBN 978-0072296471

WWW

- Allen, Ryne C. ESD bags: to shield or not to shield.
<http://www.esdjournal.com/techpaper/ryne/esdbags.htm>
Hämtat 28.5.2012
- Connexion. Chemistry of electronic materials.
<http://cnx.org/content/m25670/latest/?collection=col10719/latest>
Hämtat 8.4.2012

- Dynalabcorp. Physical properties & chemical resistance of polymers.
<http://www.dynalabcorp.com/files/Use%20and%20Care%20of%20Plastics.pdf>
Hämtat 29.5.2012.
- Market research. Conductive polymers BCC research. 1.10.2010.
<http://www.marketresearch.com/BCC-Research-v374/Conductive-Polymers-6644263/>
Hämtat 12.5.2012
- MicroChem. SU-8 resists: FAQs.
http://www.microchem.com/products/su_eight_faq.htm
Hämtat 26.4.2012
- Outreach. Center for photochemical sciences.
<http://www.photochembgsu.com/home2.html>
Hämtat 12.4.2012
- Plastics Europe. Plastics – The facts 2010.
http://www.plasticseurope.org/documents/document/20101006091310-final_plasticsthefacts_28092010_lr.pdf
Hämtat 3.5.2012
- Plastics historical society. An introduction to plastics.
<http://www.plastiquarian.com/index.php?id=13&subid=146>
Hämtat 24.5.2012
- Radio-electronics. Resources and analysis for electronics engineers: Electrostatic tutorial.
<http://www.radio-electronics.com/info/electronics-design/esd/what-is-basics-electrostatic-discharge-tutorial.php> Hämtat 24.5.2012
- Tufts university. 2012. SU-8 Photoresist processing.
http://engineering.tufts.edu/microfab/index_files/SOP/SU-8%20Processing.pdf
hämtat 26.4.2012
- U.S. department of energy. 1990. R&D accomplishments: Alan McDiarmid. Conductive polymers and plastic batteries.
<http://www.osti.gov/accomplishments/macdiarmid.html>
hämtat 11.4.2012