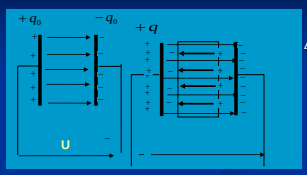
Dielektryki

Cechy dielektryków

- Słabe przewodnictwo elektryczne- w normalnych warunkach (300K i p= 1013 hPa) $\rho > 10^7\ \Omega m$
- W kryształach $E_g > 5eV$
- Zdolność do gromadzenia ładunków elektrycznych, wynikająca z polaryzacji dielektryka pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego

Dielektryki - *parametry*



Δq

$$C_0 = \frac{q_o}{U}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q_o + \Delta q}{U}$$

$$\chi = \frac{\Delta C}{C_o}$$

$$\varepsilon = \frac{C}{C_o} = \frac{C_o + \Delta C}{C_o} = 1 + \chi$$

Z punktu widzenia stanów elektrycznych, dielektryki można podzielić na trzy grupy:

Dielektryki niepolarne - dielektryki, w których nie występują stałe dipole elektryczne, co wynika z symetrycznej budowy cząsteczek dielektryka

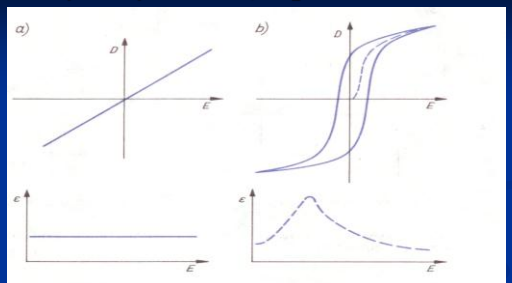
Dielektryki polarne - dielektryki o asymetrycznej budowie cząsteczek - występują w nich trwałe dipole.

Ferrodielektryki (segnetodielektryki) - dielektryki, w których w pewnym przedziale temperatury następuje polaryzacja spontaniczna.

Dielektryki stałe o polaryzowalności specjalnej:

elektrety(wytwarzające zewn. pole elektr.),
piezoelektryki (polaryzacja pod wpływem naprężenia mech.),
Piroelektryki (polaryzacja pod wpływem temperatury)

Wykresy indukcji i przenikalności

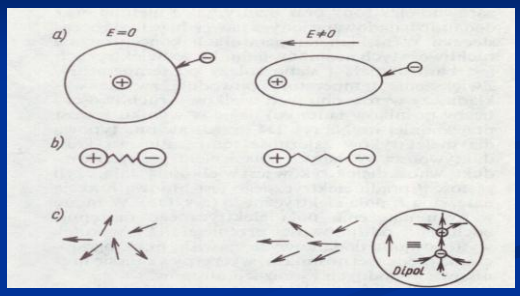


D1. Zależność indukcji i przenikalności elektrycznej od natężenia pola elektrycznego w dielektryku: a) liniowym; b) nieliniowym

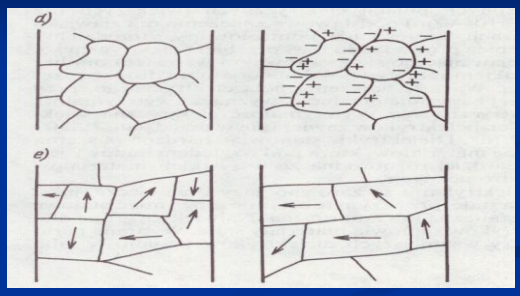
Rodzaje polaryzacji w dielektrykach

- Elektronowa
- Jonowa
- Dipolowa
- Przestrzenna
- Spontaniczna.

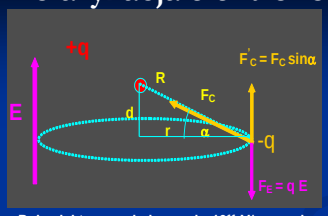
Rodzaje polaryzacji w dielektrykach



Rodzaje polaryzacji w dielektrykach



Polaryzacja elektronowa [3]



$$F_c' = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_o R^2}\sin\alpha = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_o R^2}\frac{d}{\sqrt{r^2+d^2}}$$

$$F_E = q\cdot E$$

Pole elektryczne jądra rzędu 10^{11} V/m; pola zewnętrzne rzędu 10^5 V/m; d<<r

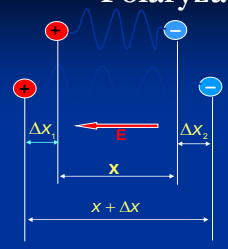
$$p_e = qd = 4\pi\varepsilon_o r^3 E = \alpha_e E$$

$\alpha_e = 4\pi\varepsilon_o r^3$ - polaryzowalność elektronowa

wektor polaryzacji : $P_e = \chi_e \varepsilon_o E; \quad \chi_e = \frac{n\alpha_e}{\varepsilon_e}$

$$\tau_E \cong 10^{-15} s$$

Polaryzacja jonowa [3]



$$F_\beta = \Delta x\cdot\beta$$

$$F_E = q\cdot E$$

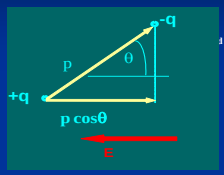
$p_j = q\,\Delta x = \alpha_j E$

polaryzowalność jonowa : $\alpha_j = q^2/\beta$

$$\tau_j \cong 10^{-13} s$$

Polaryzacja dipolowa [3]

Dipol o momencie *p=qd* znajduje się pod kątem α względem pola zewnętrznego



***Energia potencjalna dipola* :**
$U = -p_o E \cos\theta$

W zależności od θ energia potencjalna zmienia się od
$U_{min} = -p_o E$ *do* $U_{max} = p_o E$;

(dla realnych pól ~ 10^6 V/m i typowych wartości momentu rzędu 10^{-30} Cm $U_{max} = 5\times10^{-24}$ J, czyli wielokrotnie mniej, niż energia drgań cieplnych w temp. 300K $kT \approx 10^{-21}$ J)

***Stopień uporządkowania dipoli w temp. 300K nieznaczny*!!**

Własności dielektryków ciekłych

Olej transformatorowy	5.6-17MV/m	-35°C- -5°C	2.3-2.5	0.001-0.1
Kondensatorowy	20 MV/m	-45°C	2.1-2.3	0.005
Trójchlorobenzen	20	17-63	4.8	0.001
Chlorobenzen	20	-45	4.5	0.001
Trójchlorodwufenyl	20	-9	5.45	
Chlorodwufenyl	20	-18	5.8	0.001
Eter nadfluoroheksylowy	30.4	-90	1.85	0.0005

Własności olejów

- Rezystywność skrośna – 10^{14} Ωm- 10^{12} Ωm- przy zawilgoceniu i zestarzeniu maleje do 10^{8} Ωm
- Współczynnik stratności tgδ~ 10^{-3}, 10x rośnie, z temperaturą również, maleje ze wzrostem f
- Przenikalność dielektryczna ε_w,
- Wytrzymałość elektryczna, mostki zanieczyszczeń
- Gęstość
- Lepkość
- Temperatura zaplonu
- Temperatura krzepnięcia $1/T_t$=A+B/n , n- liczba atomów w cząsteczce
- Trwałość
- Zawartość kwasów, szlamu, wody i obcych cial(zawiesiny włókien papieru, bawelny, pęcherzyki powietrza, produktów utleniania oleju

Klasyfikacja materiałów stałych organicznych (3)

Łatwo topliwe	Polaryzacja slaba	Temperatura pracy od -30°C do 30°C	palne
Polimery nieobrabial-ne cieplnie	Polaryzacja slaba	od -30°C do 80°C	palne
Elastomery	Polaryzacja slaba	od -20°C do 70°C	palne
Termoplasty	Polaryzacja slaba	od -20°C do 80°C	palne
Duroplasty	Polaryzacja slaba	od -100°C do 150°C	palne

Materiały eletroizolacyjne stałe nieorganiczne (4)

Nietopliwe	Polaryzacja slaba	Temperatura pracy do 500°C	niepalne
Stapiane	Polaryzacja slaba	Temperatura pracy do 800°C	niepalne
Wypalane	Polaryzacja slaba	Temperatura pracy do 1500°C	niepalne

Dielektryki stałe o polaryzowalności specjalnej (5)

Segnetoelektryki (ferroelektryki)	Różne typy związku	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 100°C	Różna palność
elektrety	Różne typy związku	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 100°C	Różna palność
Piezoele-ktryki	Różne typy związku	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 1000°C	Różna palność
Piroele-ktryki	Różne typy związku	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 1000°C	Różna palność

Przykłady dielektryków stałych

- Nieorganiczne naturalne: mika- flogopit i muskowit (10^{10}-10^{13}Ωm, ε=6…7, tgδ=0.005…0,0004(50Hz), 800-1300kV/cm, w postaci folii i plyt (mikanity)
- Nieorganiczne sztuczne – szkla (wytw. w 1300°C i 1600°C) i ceramiki, taśmy mikowe, mikaleks – mika ze szklem borokrzemianowym, papier mikowy- samika
- Organiczne- naturalne (woski, parafiny, asfalty, woski, żywice), włókniste (drewno, bawelna, len konopie juta, jedwab naturalny , welna) i sztuczne (kotopa , jedwab octanowy, jedwab wiskozowy, fibra
- Organiczne syntetyczne- elastomery i plastomery (termoplasty i duroplasty) , tworzywa złożone (i półwyroby, stylon, nylon , kapron

Mika

- adowe glinokrzemiany
  anganu rzadziej rubidu,
  lin
- Przełam: nierów
- Twardość: okolo

Flogopit

- Tworzy pokaźnych rozmiarów kryształy tabliczkowe lub płytkowe podobne do biotytu, jednak od niego jaśniejsze. Jest giętki, sprężysty, przezroczysty. Często zawiera igiełkowe wrostki rutylu. Wykazuje obecność baru, żelaza, manganu, chromu.

Flogopit, muskowit

www.erytryn.pl

Materiały nieorg. nietopliwe, $T_{rozkładu}$ niska						
Azbest	2200-3500	350-500	3-8	10^4-10^{10}	0.1-0.12	4-16
mika	2600 3500	500-750	5-9.3	10^{10}-10^{15}	0.0002-0.002	13-90
Mikaleks	2600-3900	300-430	6.5-9.2	10^6-10^8	Ok..0.005	10-22
Mikroceramika	2300-2800	0k.750	4.6-7	10^{11}-10^{13}	Ok..0.004	6-10
Materiały nieorganiczne stapiane						
szkła ołowiowe	2800-6500	ok..300	6-16.5	10^8-10^{15}	0.0005-0.008	10-45
szkła alkaliczne	ok..2500	ok..300	5-9	10^8-10^{13}	0.001-0.012	15-54

Materiały nieorganiczne stapiane (c.d.)						
szkła borowokrzemowe półtwarde	2200-3800	ok..300	4.5.-8.5	10^8-10^{13}	0.001-0.012	15-45
glinowo-borowo-krzemowe	220-2600	ok..400	3.8-7	10^{10}-10^{15}	0.001-0.003	15-45
Szkła kwarcowe	2170-2180	ok.600	3.2-4.4	10^{12}-10^{17}	0.0001-0.001	12-40
Kwarc topiony	2200-2210	ok.1000	3.8	10^{12}-10^{18}	0.0001-0.0005	12-40

Materiały ceramiczne i tlenki spiekane						
porcelana elektrotechniczna	2300-2500	Ok..600	6-7	10^{10}-10^{12}	0.008-0.012	20-30
Ceramika steatytowa	2600-2900-	ok.1000	6-8	10^{10}-10^{12}	0.0015-0.0020	15-30
Ceramika rutylowa	3500-3900	ok.1000	12-80	10^9-10^{10}	0.003-0.0008	10-20
Ceramika fosferytowa	2650-3200	ok.1000	ok.7	10^{11}-10^{12}	0.0002-0.0004	15-20

Materiały ceramiczne i tlenki spiekane						
Alundum	3400-3700	ok.1650	8-9	10^{12}-10^{13}	0.0002-0.0006	10-16
Tlenek magnezu	ok.2500	ok.1700	ok.10	@	0.002-0.006	ok.30
Tlenek cyrkonu	ok.5400	ok.1500	ok.19	#		

@- w temperaturze 800^{0}C rezystywność 4 10^2+10^5Ohmm

w temperaturze 800^{0}C rezystywność skrośna 10^3-10^4 Ohmm

Ceramiki

- Zalety: odporność na podwyższone temp. (do 400^0 C), wpływy atmosferyczne i chemiczne, wytrzymałość mechaniczna, dobre wl. elektr., nieuleganie starzeniu i zmęczeniu, łatwość i taniość wytwarzania
- Wada- skurcz 20%
- Rodzaje- steatyt, ceramika o małym tgδ (zamiast skalenia - $BaCO_3$ lub zastępując część kaolinu – korundem Al_2O_3 – ultraporcelana, tgδ~0,0006 przy f=1 MHz, 20^0C – ceramika radiotechniczna), kondensatorowa (ε_r= 55…160), elektrotermiczna (szamota, silimanit) i porcelana elektrotechniczna (50% kaolinu Al_2O_3*$3SiO_2$*H_2O +25%kwarcu +25% szpatu polnego)

Ceramiki (c.d.)

- Ceramika cyrkonowa ZrO_2+ SiO_2- trudnotopliwa, trudno obrabialna i stosunkowo kosztowna
- Kordieryt – $2MgO{\cdot}2Al_2O_3{\cdot}5SiO_2$ –niewrażliwy na nagłe zmiany temperatury, o bardzo małym współczynniku temperaturowym rezystywności
- Tlenek magnezu – grzejniki rurkowe w postaci cienkościennych rurek stalowych wypełnionych proszkiem MgO (spirale grzejne)

Elastomery

- Polimery organiczne o cząsteczkach zawierających wiązania nienasycone- kauczuk naturalny i syntetyczny , guma miękka 1-3% S, lateks, ebonit (25-50% S), kauczuki butadienowe, butadienowo-styrenowe, butylowe (niska cena, odporność na starzenia), chloroprenowy (niepalny), polisiarczkowe (tioplasty), silikonowe (polisiloksany)

Zastosowanie elastomerów

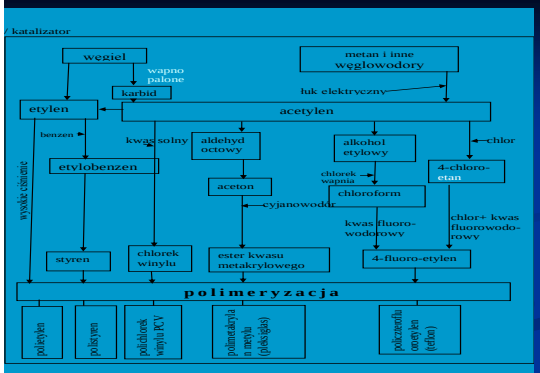
- Miękkie – izolowanie kabli i przewodów, do wyrobu przeciwporażeniowego sprzętu ochronnego- rękawice, buty chodniki, uszczelki w urządzeniach elektrycznych, kształtki izolacyjne, elementy instalacyjne teletechnicznych urządzeń
- Butadienowy- powłoki kabli
- Butadienowo styrenowy- izolacje przewodów niskiego napięcia
- Kauczuk chloroprenowy i silikonowy- powłoki kabli kopalnianych, okrętowych, samolotowych
- Kauczuk butylowy- izolacje przewodów i kabli

Termoplasty i duroplasty

- Termoplasty- topią się przy każdym nagrzewaniu i twardnieją przy każdym stygnięciu, najczęściej są to tworzywa poliaddycyjne. Nadają się do izolowania przewodów
- Duroplasty- termo- bądź chemoutwardzalne, najczęściej tworzywa polikondensacyjne, po sieciowaniu w procesie utwardzania są nierozpuszczalne i nietopliwe, mają większą wytrzymałość mechaniczną i na działanie wysokich temperatur od tworzyw termoplastycznych

Termoplasty

- Bardzo dobre wl. elektr. tgδ, ρ_s, mała higroskopijność, duża odporność na działanie czynników chemicznych, lekkie, wydajna technologia wtryskiwania i wytłaczania
- Wady- niezbyt wysoka temperatura pracy i skłonność do pełzania (stałego wzrostu odkształcenia pod działaniem sił mechanicznych, sieciowanie).
- Rodzaje- polietylen, polichlorek winylu, polipropylen, polistyren, poliamidy, poliformaldehyd, poliwęglany, poliuretany, poliestry nasycone, polimetakrylan metylu
- Termoplasty o wzmocnionej odporności cieplnej- policzterofluoroetylen, politlenek fenylu, polisulfony, poliimidy



Węglowodory, woski, bituminy i żywice naturalne						
Parafina	900	50^0C	2.2	10^{12}-10^{17}	0.0004	10-50
Chlorowane dwufenyle	1600-1950	50-300	3.9-5.2	ok.10^{13}	ok. 0.001	ok.10
Asfalty	1000-1100	35-175	2.7-3	10^4-10^{12}	ok. 0.005	5-60 MV/m
Organiczne substancje wielkocząsteczkowe nieobrabiane cieplnie						
Celuloza czysta	1400-1500	60-100	3.5- 8.0	10^8-10^{16}	0.02-0.03	30-50
Preszpan	850-1350	90	2.5-3.5	10^8-10^{15}	0.01-0.02	10-16

Organiczne substancje wielkocząsteczkowe nieobrabiane cieplnie (c.d.)						
Bibułka kon-densatorowa	750-1300	90	1.75-3.2	10^{15}-10^{16}	0.02-0.03	15
Jedwab naturalny	1370	90	4.5	10^{15}	0.01	
Elastomery						
Guma izolacyjna	1100-1800	70	2.7-6	10^{12}-10^{15}	0.005	20-35
Kauczuk butadienowy	890	70-85	2.7	10^{10}-10^{13}	0.01	10-25
Kauczuk silikonowy	1200-2300	200	2.9-10	10^9-10^{14}	0.001-0.05	10-30

Termoplasty						
Polietylen	910-960	90	2.2.-2.3	10^{15}-10^{16}	0.0001-0.0005	15-28
Teflon	2100-2300	260	2.0-2.1	10^{13}-10^{17}	0.0001-0.0005	15-60
Polistyren	980-1110	65-80	2.5-2.7	10^{15}-10^{18}	0.0001-0.0005	16-55
Polichlorek winylu	1300-1700	50-80	2.8-4.5	10^9-10^{14}	0.01-0.14	9-35
Politereftalan etylenu	1380	125	3-1.2	10^{14}-10^{17}	0.012-0.017	60

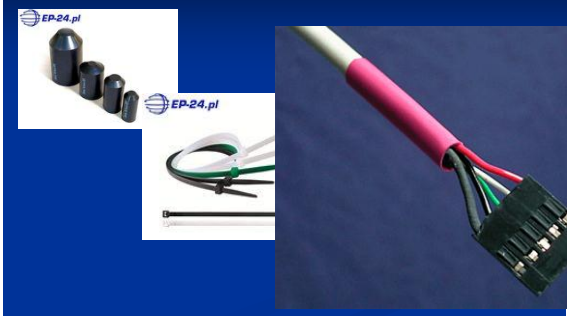
Zastosowanie termoplastów

- Termokurczliwe folie i rurki izolacyjne
- Polietylen wysokociśnieniowy-elastyczny (200MPa)- izolowanie przewodów i kabli do 30 kV, do pracy w wodzie oraz teletechnicznych
- Polietylen niskokociśnieniowy-sztywny, mech. chem. wytrzymalszy (5MPa, 120^0C), odporny na korozję naprężeniową, $T_{mięknn}$= 145^0C
- Polichlorek winylu- izolacje kabli i przewodów niskego napięcia, na powłoki kabli, giętkie rurki izolacyjne, winidur- rurki izolacyjne instalacji i naczynia akumulatorowe

Koszulka termokurczliwa

- - podłużna polietylenowa rurka używana w elektronice do izolacji przewodów. Polimeryzacja takiego polietylenu inicjowana jest promieniowaniem jonizującym. Wykazuje pamięć kształtu materiału. Kurczy się pod wpływem temperatury od 20% do 70% w zależności od producenta, grubości i rozmiaru.

http://www.ep-24.pl/Koszulki-termokurczliwe%282,1683,%29.aspx



Taśmy izolacyjne

Polietylen PE

- Folie, $(C_2H_4)_n$
- Z rozpuszczalnikiem – do impregnacji papieru
- Polimer winylowy, biała przezroczysta subst, tracąca elastyczność w -60^{0}C, $t_{mięk}$=110- 140°C, t_{dop}=ok.. 60°C(Y), po poddaniu obróbce , promieniowaniu UV, X – wyższe temp.
- Dobre wł. elektr. i mała higroskopijność (<0,05%), mała nasiąkliwość i przepuszczalność pary wodnej 2*10^{-9}g/hcm,
- Niepolarny,
- Starzenie pod wpływem tlenu i promieniowania słonecznego - fotooksydacja (dodać stabilizator 1-3% aktywnej sadzy lub poliizobutylen)- całkowita utrata wł. elektr. po 2 latach ekspozycji w klimacie umiarkowanym
- Wielkocząsteczkowy, niskociśnieniowy – odporny na działanie pleśni, małocząsteczkowy, wysokocisnieniowy- nie, ale elestyczny (stos w elektrotechnice)

Polietylen PE (c.d.)

- Wielkocząsteczkowy, niskociśnieniowy – 0.94-0.96 Mg/m^3 odporny na działanie pleśni, mniej elastyczny, twardszy, odporniejszy chemicznie
- małocząsteczkowy, wysokociśnieniowy- nie, ale elastyczny (stosowany w elektrotechnice), 0.91-0.93 Mg/m^3
- Do poprawy odporności na starzenie w świetle słonecznym dodaje się 1-2% pigmentów (chromianu ołowiu, tlenku żelaza) lub 1.5-2.5% drobnocząsteczkowej sadzy kanałowej,
- Odporny na niskie temperatury, kwasy i zasady o małym stężeniu, roztwory soli i związków organicznych
- Nieodporny na kwasy i zasady o dużych stężeniach, benzen, toluen, czterochlorek węgla, chloroform i olej mineralny

Polietylen PE (c.d.)

- Skłonność do korozji naprężeniowej (wywołanej środowiskiem korozyjnym i naprężeniami statycznymi) można ograniczyć stosując odpowiednią technologię wytłaczania izolacji i dodatek poliizobutylenu
- Dobór odpowiedniego polietylenu na izolację przewodu zależy od prędkości wytłaczania izolacji (wskaźnik płynięcia Melt Index od 0.2 do 2 i gęstość<= 0.93 Mg/m^3 i jest odwrotnie proporcjonalny do prędkości wytłaczania),
- Małe MI dla izolacji minimalizującej możliwość wyładowań niezupełnych, czyli o małej możliwości powstawania wolnych, niewypełnionych przestrzeni

Melt Index

- Liczba wyrażająca masę tworzywa w gramach, wytłoczonego przez daną dyszę pod określonym obciążeniem i w określonej temperaturze, w ciągu określonego czasu odniesienia- zazwyczaj 10 minut.
- Gęstość ρ i MI określają własności mechaniczne polietylenu, tzn. ρ rośnie, to rośnie sztywność, twardość, temperatura mięknienia i odporność chem.
- Gdy MI rośnie, to maleją: wytrzymałość na rozciąganie, odporność na korozję naprężeniową

Polipropylen PP

- T_{topn}=165°C, $t_{robocza}$=100°C (-35°C do 130°C)
- Odporny na UV, korozję naprężeniową i na działanie większości rozpuszczalników organicznych
- Niepolarny
- Nazwy handlowe – moplen
- $(C_3H_6)_n$- polimer izotaktyczny- o regularnej budowie krystalicznej

Poliizobutylen

- W elektrotechnice z polietylenem
- Zwiększona odporność na tlen
- Dobre wł dielektryczne i mech.
- Miękka elastyczna substancja d\podobna do kauczuku
- Vistanex, isolene, oppanol
- T_{tward}=-74°C, t_{dop}100°C, 180-200°C- plastyczny, 350-400°C – rozkład,
- Płyty węże, zalewy elektrotechniczne, w roztworze- jako materiał klejący i do impregnacji tkanin
- Dobra odporność chemiczne i cieplna, niehigroskopijność i odporność na działanie ozonu, nasiąkliwość i zwilżalność -0.01-0.05%
- Tlen może łatwo dostać sie w procesie wytw. (wiąże się z monomerem)

Polifluoroetyleny

- Policzterofluoroetylen- teflon >269°C (plastyczny w cienkiej folii do – 170°C, mechanicznie można obc. do – 75°C, 327°C- bezpostaciowy, 400°C – rozkład, wł elektr. nie zależą od temp. dla -70°C- +300°C
- Izolacyjny, w.cz., izolacja drutów do elektromagnesów, kable w.cz., dielektryk w kondensatorach
- polichlorotrójflouroetylen

Polichlorek winylu

- Novoplast, igelit, winidur, mipolam, vestolit, vinnol, vinilete , corvic, welvic PCV, geon, pliovic, polwinit (zmiękczony), winidur (twardy)
- Konieczne stabilizatory wł. mech. , poprawy odporności chem (wydzielenie Cl – korozja), utrata wł. mech pod wpływem tlenu
- Polichlorek winylidenu- saran, velon- odporny na wilgoć i ścieranie
- $(C_2H_3Cl)_n$

Polistyren PS

- $(C_8H_8)_n$
- niepolarny, $t_{dop\ pracy}$=75°C
- twardy, o dużej wytrzymałości na zginanie i rozciąganie
- dodatek stabilizatorów może zwiększyć odporność na UV
- odporny na działanie kwasów, zasad i oleju mineralnego, niehigroskopijny

Poliamidy PA

- **tworzywa o strukturze krystalicznej**
- **własności silnie zależą od zawartości wilgoci**
- **Duże możliwości modyfikacji dodatkami (zmiękczacze, napełniacze i stabilizatory**
- **$t_{dop\ pracy}$=140°C, słaba odporność na starzenie i UV**
- **Duża odporność na czynniki korozyjne, paliwa płynne, oleje i smary**
- **mały współczynnik tarcia, duża wytrzymałość mech- powłoki kabli i przewodów**

Poliformaldehyd POM

- Polimeryzacja formaldehydu lub trioksanu
- Struktura krystaliczna, t_{topn}= 175^{0}C
- Dobre własności elektroizolacyjne, stabilne w zakresie 40-100^{0}C
- W temp. Pokojowej nierozpuszczalny w żadnym rozpuszczalniku, ale w 100^{0}C- rozpuszczalny w fenolach i anilinie
- Odporny na działanie ługów, słąbych kwasów, olejó i benzyny
- Dobre własności dielektryczne
- Do wyrobu elementów izolacyjno-konstrukcyjnych o dobrych własnościach mechanicznych i dużej odporności zmęczeniowej

Poliwęglany PC

- Produkt polikondensacji fosgenu z dwufenolem w środowisku alkalicznym
- PC jest tworzywem sztywnym i sprężystym, o dobrych własnościach cieplnych (-140^0 C do +135^{0}C)
- Własności dielektryczne gorsze od polietylenu, ale słabo zależne od temperatury i wilgotności
- Odporne na starzenie
- Stosowane do wyrobu elementów izolacyjno-konstrukcyjnych o wysokich wymaganiach mechanicznych, izolacyjnych i cieplnych (listwy zaciskowe, osłony, elementy wyłączników i przekaźników, korpusy cewek i oporników)

Poliuretany PU

- Poliaddycja poliizocyjanianów z glikolami bądź z nasyconymi poliestrami
- Dobra wytrzymałość i elastyczność
- Odporne na działanie stężonych zasad i kwasów, mniej higroskopijne od poliamidów
- Jako masy wtryskowe, tworzywa piankowe, kauczuki, lakiery i włókna

Materiały izolacyjne włókniste

- **Naturalne** **Sztuczne** (kotopa, jedwab wiskozowy, jedwab octanowy), syntetyczne (włókna poliamidowe- nylon, stylon, perlon, kapron)
- **Organiczne** celuloza $(C_6H_{10}O_5)_n$, bawełna (acetylowana- kotopa), jedwab naturalny, len, konopie, juta
  nieorganiczne (z azbestu i szkła)
- Materiały do wyrobu taśm , sznurów i tkanin
- Materiały do wyrobu papierów i kartonów
- Cechy

1. Nasiąkliwość wynikająca z włoskowatej struktury
2. Starzenie cieplne organicznych
3. Konieczność nasycania syciwami w celu poprawy wl. mech., elektr. i cieplnych, zwiększenia przewodności cieplnej

Preszpan, papier,podkładki DIN

www.tme.eu

Produkcja

www.temtech.com.pl

ul. Obrońców Modlina 7
30-733 Kraków

- Papier do kabli energetycznych (o dużej wytrzymałości na rozciąganie)
- Do kabli telekomunikacyjnych (o małej gęstości)
- Do przewodów nawojowych (w transformatorach)

Sita molekularne

- Sorbenty molekularne- glinokrzemiany syntetyczne, zeolity Al_2O_3, SiO_2, Na_2O, K_2O i H_2O- wykazują zdolność sorpcji lotnych związków , m. in. pary wodnej, w przestrzeniach między cząsteczkowych. Stosowane jako wypełniacze w technologii hermetyzacji

Tablica 2-2. Wpływ ilości sit molekularnych w kompozycji epoksydowej hermetyzującej kondensator oraz wpływ temperatury na wskaźnik przenikalności wilgoci P_t [71]

(P_t — liczba dni, po których wzrośnie pojemność o 1 pF)

Temperatura [°C]	Ilość wypełniacza (sit molekularnych) w kompozycji [%]											
	0			10			20			30		
	Grubość warstwy hermetyzującej w [mm]											
	1	1,5	2	1	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
20	4	—	17	11	43	92*	20	80	124	25	125	275
35	2	—	5	2	14	29	6	26	51	12	36	77
50	1	—	4	2	7	13	3	11	22	5	20	24

Zastosowanie termoplastów (c.d.)

- Polipropylen- w wyższych temperaturach dopuszczlnych niż polietylen
- Polistyren- niepolarny, cienkie folie kondensatorowe w.cz., kształtki izolacyjne
- Poliamidy- powloki kabli i przewodów
- Poliformaldehyd- elementy izolacyjno-konstrukcyjne (dobre własności mechaniczne i odporność zmęczeniowa)
- Poliwęglany- elementy izolacyjno-konstrukcyjne : korpusy cewek oporników. Listwy zaciskowe, osłony, elementy wyłączników i przekaźników

Zastosowanie termoplastów (c.d.)

- Poliuretany, pianki poliuretanowe (masy wtryskowe, tworzywa piankowe, kauczuki, lakiery, włókna)
- Poliestry nasycone- izolacja lakierowa przewodów
- Polimetakrylan metylu- wykładzina w komorach gaszących odgromników wydmuchowych jako materiał gazotwórczy
- Teflon- izolacje przewodów w urządzeniach w.cz.,narażonych na podwyższone temperatury i chemiczne oddziaływania środowiska
- Polisulfony- części precyzyjne- obudowy i reflektory lamp

Zastosowanie termoplastów (c.d.)

- Polisiarczek fenylu- w stycznikach, powloki antykorozyjne
- Poliimidy (kapton)- izolacja przewodów nawojowych, izolacja żłobkowa maszyn elektrycznych, izolacja osłonowa kondensatorów, transformatoró, produkcja giętkich układów drukowanych.

Duroplasty

Fenolowo-formalde-hydowe	1250-1350	100-150	4.5-5	10^8-10^{11}	0.01-0.03	10-20
Epoksydowe	1100-1200	120	3.1-4.7	10^{10}-10^{15}	0.002-0.03	ok.15
Kontaktowe	1100-1400	120	2.8-4.1	ok.10^{12}	0.003-0.03	12-16
Silikonowe	1600-2000	200	3.6-5	10^{16}-10^{17}	0.0005-0.01	6-20

Duroplasty

- Żywice polikondensacyjne;
  -fenolowo-formaldehydowe (rezol, nowolak),
  - mocznikowo-formaldehydowe (karbamidowe T_{dop}= 100^0 C),
  - melaminowo-formaldehydowe (T_{dop}= 145^0 C),
  -anilinowo-formaldehydowe (T_{dop}= 120^0 C),
  -epoksydowe (Epidian, Araldit, niska T_{dop}, modyfikatory).

Zastosowanie duroplastów (c.d.)

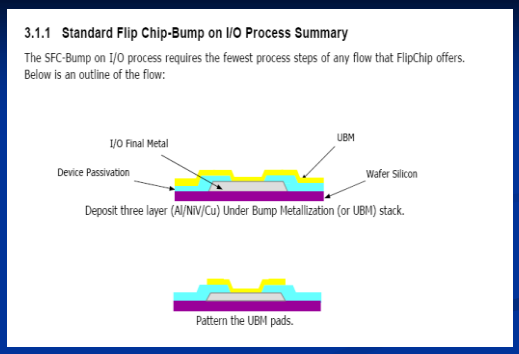
- Rezol- składnik wiążący tłoczyw termoutwardzalnych ,lepiszcze przy produkcji elektroizolacyjnych tworzyw warstwowych z papieru lub tkanin
- Nowolak- składnik niektórych lakierów elektroizolacyjnych
- mocznikowo-formaldehydowe (karbamidowe)- elementy aparatury elektromedycznej, telefonicznej, galanterii elektrotechnicznej

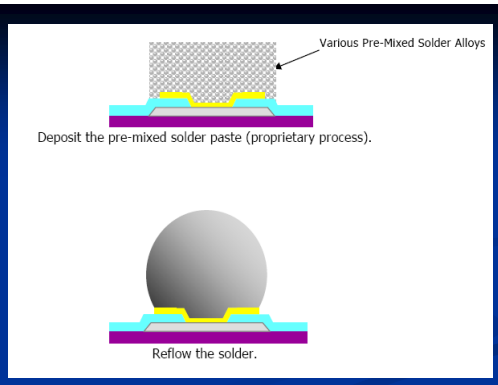
Zastosowanie duroplastów (c.d.)

- melaminowo-formaldehydowe- odporne na prądy błądzące i krótkotrwałe działanie łuku, lepiszcze tworzyw w warstwowych (w roztworze spirytusowym) i bu lakierów elektroizolacyjnych
- Żywice epoksydowe- jako żywica lana, lakier izolacyjne powlekający do wyrobu klejów i lepiszcz.

Laminat epoksydowo szklany

- o grupa laminatów (TSE) oparta o żywice epoksydowe. Powstają w wyniku nasycenia żywicą epoksydową tkaniny szklanej i sprasowaniu jej w układzie warstwowym. Laminaty szklano-epoksydowe cechują się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi i elektrycznymi. Przy niewielkim ciężarze właściwym ok. 2 g/cm^3 posiadają wysokie parametry wytrzymałościowe na zginanie i ściskanie ok. 600 MPa. Jak na tworzywa są niewrażliwe na działanie podwyższonych temperatur, nawet **do 250 °C.** Są stosowane tam gdzie wymaga się od tworzyw pewności wymiarowej i wytrzymałościowej pod dużymi obciążeniami i w podwyższonej temperaturze. Nie nadają się jednak do połączeń ruchomych (np. łożyska) bo zawarte w nim włókna szklane powodują zacieranie się materiałów. Doskonale właściwości elektryczne nadaje laminatowi żywica epoksydowa. Laminat TSE o grubości 3 mm wytrzymuje próbę napięciową ok. **50 kV**.
- Laminat szklano-epoksydowy (TSE) może występować z warstwą miedzi np. 17, 35 lub 70 mikrometrów i wówczas tworzy laminat typu **FR-4** do obwodów drukowanych **(PCB**), mających szerokie zastosowanie w elektronice.





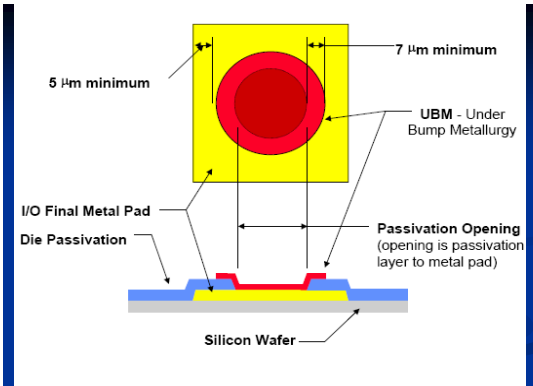


Figure 1. The Golden Rule of Flip Chip

Dielektryki stałe o polaryzowalności specjalnej (5)

Segnetoelektryki (ferroelektryki)	Różne typy związku $BaOTiO_2$	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 100°C	Różna palność
elektrety	Różne typy związku (wosk karnauba)	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 100°C	Różna palność
Piezoele-ktryki	Różne typy związku	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 1000°C	Różna palność
Piroele-ktryki	Różne typy związku	Polaryzacja silna	Temperatura pracy do 1000°C	Różna palność

Kevlar

- polimer aromatyczny, poliamid, poli (p-fenylotereftalanoamid), aramid.
- Odmiana nylonu- w kevlarze grupy amidowe tworzą łańcuch, którego ogniwami są pierścienie fenolowe, a nie ugrupowania alifatyczne.
- (-CO-NH-) – grupy amidowe pozwalają na uporządkowanie ciekłokrystaliczne

http://tworzywa.com.pl/Wiadomo%C5%9Bci/Kevlar-w-r%C3%B3%C5%BCnych-zastosowaniach-20999.html

Kevlar - właściwości

- Odporny na korozję
- Niepalny
- pięć-sześć razy większa odporność na zerwanie niż stal w przeliczeniu na jednostkę masy (gęstośc kevlaru= 1,44 g/cm³.)
- mocniejszy niż włókna szklane i węglowe

Kevlar (c.d.)

- topi się w temperaturze powyżej 400°C i nie rozpuszcza w rozpuszczalnikach organicznych, przez co nie daje się formować z niego włókien klasyczną metodą przędzenia ze stopu
- Należy formować go z cząstek rozpuszczonych i samoorganizujących się w kwasie siarkowym (Dupont)
- Zastosowanie- hełmy, kamizelki kuloodporne, w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym, narty, trampoliny, kajaki, żagle jachtów regatowych, mmembrany do głośników.

Zastosowanie kevlaru w kablach światłowodowych i telekomunikacyjnych

Włókno para-aramidowe KEVLAR® jest doskonałym **materiałem wzmacniającym kable** światłowodowe i inne kable telekomunikacyjne. W tego typu zastosowaniach kable nie mogą podlegać odkształceniom większym niż 0,5% i muszą być chronione przed naprężeniami pojawiającymi się podczas produkcji oraz instalacji (KEVLAR® zapewnia centralne i obwodowe wzmocnienie przeciwdziałające takim naprężeniom).

Własności KEVLARu® :

· **duża wytrzymałość na rozciąganie i duży moduł**, które ograniczają wydłużenie wynikające z obciążeń liniowych,

· **mała kurczliwość cieplna i niski współczynnik rozszerzalności cieplnej**, **duża odporność na pełzanie**.

· **włókno KEVLAR® jest naturalnie samogasnące,**

· **bardzo dobre właściwości dielektryczne** dla ochrony przed wyładowaniami atmosferycznymi i polami magnetycznymi,

· mały przekrój poprzeczny umożliwiający łatwą instalację kabli oraz maksymalne wykorzystanie dostępnej powierzchni,

· doskonała **odporność na działanie czynników środowiskowych,**

· **łatwa obróbka na standardowych maszynach do produkcji kabli** oraz kompatybilność z innymi materiałami stosowanymi do produkcji kabli.

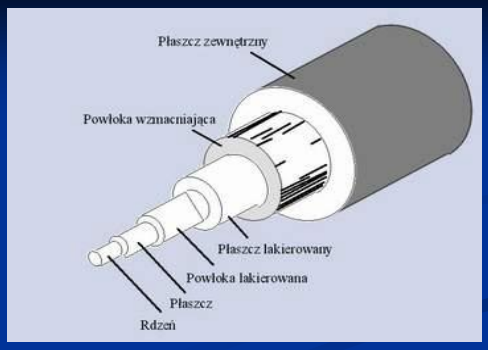
Światłowody

Zalety:

1. **duża szybkość transmisji danych**
2. **Małe straty i duża szerokość pasma**
3. **nie generują żadnych sygnałów elektrycznych i magnetycznych, dzięki czemu nie powodują zakłóceń**
4. **Są nieprzewodzące elektr., niepromieniujące i bezindukcyjne**
5. **Małe rozmiary i promień zginania (kilka cm)**
6. **lekkie**
7. **trudność podłączenia - dzięki czemu zapewniają bezpieczeństwo danych**

Wady

1. **instalację musi przeprowadzać wykwalifikowany personel**
2. **wysoka cena, wyższe koszty instalacji**



Propagacja światła

- Propagacja światła odbywa się w rdzeniu,zgodnie ze zjawiskiem całkowitego wewnętrznego odbicia, zachodzącym na granicy ośrodka optycznie gęstszego, czyli o większym współczynniku załamania n1 (rdzenia) i optycznie rzadszego n2 (płaszcza).
- prędkość światła w rdzeniu

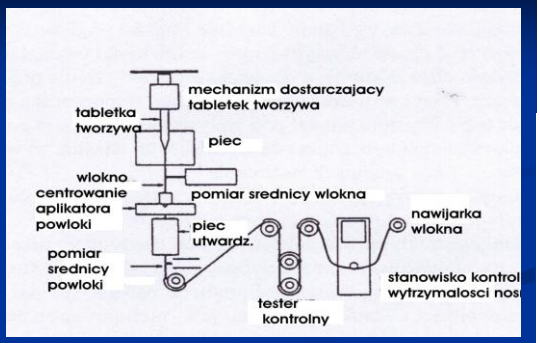
$$v = c / n1$$

$$\Delta t = \frac{L(n1 - n2)}{c}$$

Materiały stosowane

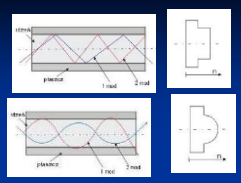
- Polimetakrylan metylu PMMA - większa przezroczystość niż szkło
- **Tworzywo termoplastyczne**
- **Monomer: metakrylan metylu**
- **Polimeryzacja wolno-rodnikowa winylu,**
- **Budowa: amorficzna**
- **Temperatura zeszklenia: 120 ^{o}C**

Proces ciągnienia włókna



Niektóre problemy

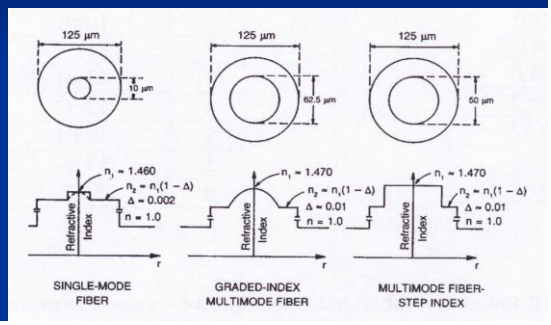
- Straty
  - Wewnętrzna absorpcja w rdzeniu (resztkowa w ultrafiolecie i podczerwieni)
  - Straty absorpcyjne spowodowane jonami zanieczyszczeń
  - Straty na rozproszenie Rayleigha;
  - Rozproszenie światłowodu
  - Straty na mikrozagięciach, klejeniach i łącznikach



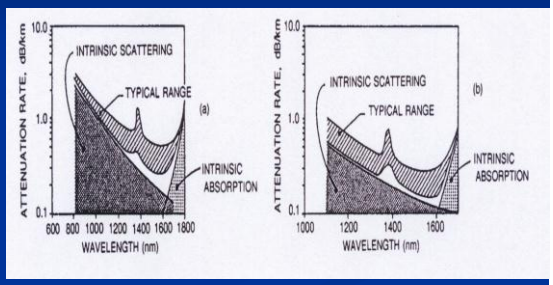
$$N(r)=\sqrt{1-d\cdot\left(\frac{r}{a}\right)^q}$$

- -średnica rdzenia, a – średnica płaszcza, q==1.8...2.2

Typowe rozmiary włókien światłowodowych



Współczynnik tłumienia w funkcji długości fali a) włókna wielomodowe o stopniowanym n b)włókna jednomodowe.



Wymagania

- Małe straty
- Duża szerokość pasma
- Odporność na warunki środowiska
- Dobra wytrzymałość mechaniczna na naprężenia występujące w trakcie produkcji, instalacji i pracy

Proces produkcji

- Wytworzenie „tabletki tworzywa" –przedformy (preform)
- Wyciąganie i powlekanie włókna
- Pomiary włókna
- Pakowanie, hermetyzacja.

Wytworzenie szklanej przedformy

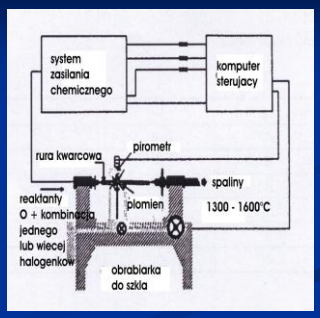
- Półwyrób o kilkunastu mm średnicy i kilkunastu cm długości, o odpowiednim współczynniku geom. i składzie chem. Wyciągalny wielokrotnie do długości kilku km i grubości włosa
- SiO_2 – szkło kwarcowe domieszkowane Ge, P, F
- Istotne dla małych strat i szerokiego pasma– czystość reaktantów i stała kontrola profilu współczynnika załamania

Metody wytworzenia przedformy

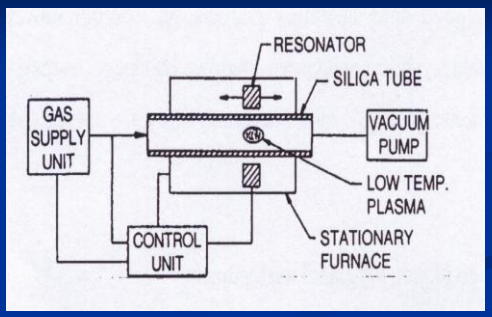
- Modyfikowana metoda osadzania chemicznego z par MCVD – AT&T Bell Laboratories;
- zewnętrzny proces osadzania z par OVD – Corning Glass Works i jego joint-ventures w Europie
- Osadzanie osiowe z par VAD- w Japonii
- osadzanie chemiczne z par niskotemperaturowej plazmy PCVD – Philips (Eindhoven- Holandia)
- Plazmowa modyfikowana metoda osadzania chemicznego z par – badania w Bell Laboratories
- Hybrydowa OVD-VAD – badania w Japonii
- Roztwór koloidalny – żel (sol-gel) – badania w wielu laboratoriach

MCVD

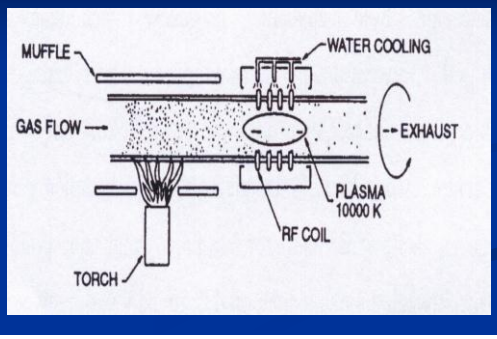
- Rura przetopionego kwarcu o wysokiej czystości i jednolitych wymiarach jest oczyszczana w kwasie i odtłuszczana i montowana w tokarce do obróbki szkła



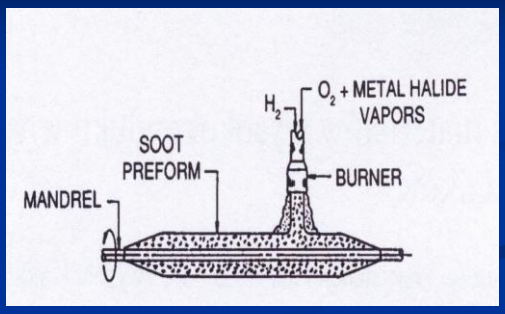
PCVD



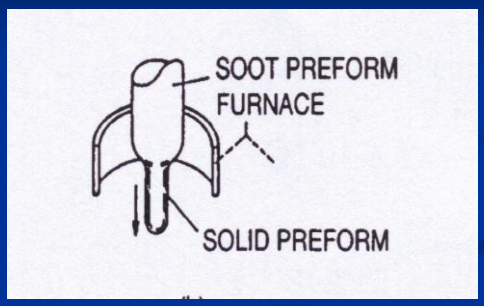
MPCVD



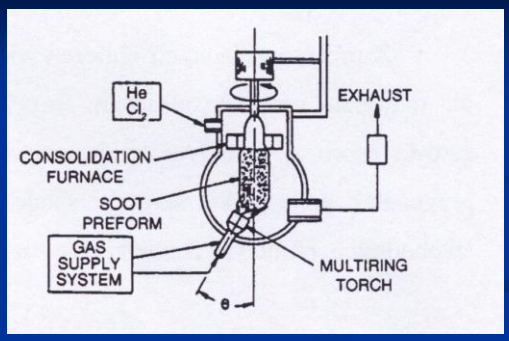
OVD (osadzanie)



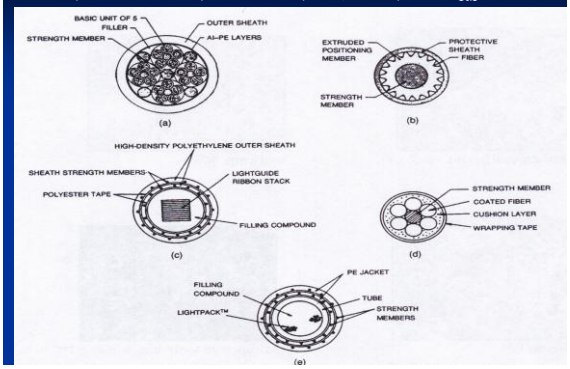
OVD (scalenie)



VAD



Kable światłowodowe a) pasowanie przestronne, b) szczelinowe, c) taśmowe, d) skręcane e) lekkie$_{TM}$



(-CO-NH-)

Hermetyzacja

Półwyroby z tworzyw sztucznych

- tłoczywo=żywica, napełniacz, plastyfikator i barwnik, tłoczywa poliestrowe, alkidowe, allilowe i epoksydowe tekstolit szklany
- Materiały warstwowe- laminaty: włóknisty nośnik+ lepiszcze z przesyconych żywic termoutwardzalnych
- Laminat fenolowo- papierowy- getinax, tekstolit, tekstolit szklany
- Lignofol- higroskopijny
- Folie elektroizolacyjne- styrofleks (z żywicy styrenowej), estrofol (polietyleno-tereftalową), kapton
- Lakiery elektroizolacyjne- pokrywające (poliwinyloacetalowe, poliamidowe, epoksydowe, poliuretanowe, poliestrowe i poliimidowe), nasycające i klejące

Zalety:

- Kompozycja nie pokrywa powierzchni nie podlegających impregnacji, a wygląd podzespołów jest estetyczny
- Cykl impregnacji jest krótki (3-5 min) i łatwy do automatyzacji, ponadto zostają wyeliminowane straty kompozycji
- Koszt urządzeń jest niski, a zużycie energii oraz pracochłonność jest mała
- Nie występują pęcherze w uzwojeniu lub utwardzonej żywicy

Hermetyzacja lakierami i emaliami

Lakiery i emalie

- Lakiery to roztwory żywic naturalnych i syntetycznych w rozpuszczalnikach
- Emalie to kompozycje które obok żywic zawierają także zawieszone cząsteczki wypełniaczy i pigmentów

Tablica 6—1. Metody nanoszenia powłok lakierniczych

Metoda	Zalety	Wady	Zastosowanie
Natrysk	szybka, dostosowana do różnorodnych kształtów; niskie koszty oprzyrządowania	trudności w pełnym i równomiernym pokryciu części o skomplikowanych kształtach; duże straty przy częściach o małych lub ażurowych kształtach	obudowy silników; zmontowane obwody drukowane; moduły elektroniczne
Zanurzanie	umożliwia szybkie pokrycie skomplikowanych i małych części, nawet wnętrza rur	konieczność ciągłej kontroli takich parametrów jak: lepkość, szybkość wyciągania itp.	małe i średnie podzespoły, zmontowane obwody drukowane, rezystory, kondensatory itp.
Pokrywanie pędzlem	zapewnia dobre zwilżenie pokrywanych części oraz dobrą przyczepność lakieru; najniższy koszt oprzyrządowania	nierównomierna grubość; pracochłonność	rezystory, kondensatory; pokrywanie antykorozyjne dużych elementów przy małoseryjnej produkcji
Pokrywanie za pomocą wałka	duża szybkość; możliwość dokładnej regulacji grubości i pokrywania w sposób ciągły	nadaje się tylko dla gładkich powierzchni; duże koszty oprzyrządowania	maskowanie obwodów drukowanych przed montażem
Sitodruk	pokrywanie selektywne przez maskę; zapewnia uzyskanie dokładnej założonej grubości	można pokrywać tylko powierzchnie płaskie lub powierzchnie walców; kosztowne oprzyrządowanie	maskowanie obwodów drukowanych przed montażem; pokrywanie mikroukładów
Elektroforeza (pokrywanie w ciekłym ośrodku naładowanymi cząstkami w polu elektrycznym)	łatwa regulacja grubości i jednorodności; części zwilżone po myciu nie muszą być suszone; tania przy masowej produkcji	ograniczenia w rodzajach pokryć, które muszą mieć specjalnie przystosowany skład	pokrywanie antykorozyjne metali, np. części głośników, kubków do kondensatorów
Osadzanie z fazy gazowej w próżni	ultracienkie pokrycia bez otworków; możliwość selektywnego pokrywania przez maski; możliwość układania warstw polimerów nie występujących jako lakiery lub żywice	bardzo duże koszty urządzeń	pokrywanie układów mikroelektrycznych rdzeni ferrytowych, obwodów drukowanych

Tablica 6—1 (cd.

Metoda	Zalety	Wady	Zastosowanie
Natrysk elektrostatyczny	duża wydajność przy pokrywaniu skomplikowanych powierzchni; łatwa automatyzacja	wysoki koszt urządzeń; wymagane specjalne lakiery	pokrywanie antykorozyjne metali, np. części głośników, radiatorów itp.
Polewanie	duża wydajność, nadaje się do automatyzacji, mała pracochłonność	nadaje się tylko do małych części o nieskomplikowanych kształtach	pokrywanie rezystorów, kondensatorów ceramicznych i innych małych cylindrycznych i płaskich podzespołów

Zalety:

- Niskie koszty robocizny i surowców
- Małe zmiany wymiarowe pokrywanych podzespołów
- Możliwość uzyskania pokryć o bardzo różnorodnym składzie w tym takich pokryć, które nie występują jako samodzielne tworzywa
- Możliwość nanoszenia różnorodnymi metodami dostosowanymi do rodzaju podzespołu, w tym także nanoszenia selektywnego na wybrane powierzchnie
- Dobre odprowadzenie ciepła – dzięki małej grubości pokrycia

Lakiery stosuje się głównie do:

- Pokrywania obwodów drukowanych
- Maskowania złączy półprzewodnikowych
- Pokrywania rezystorów węglowych, drutowych i metalizowanych
- Pokrywania kondensatorów ceramicznych
- Antykorozyjnej ochrony kubków, obudów i innych części metalowych zespołów i podzespołów

Przypadki pokrywania obwodów drukowanych lakierami:

- Pokrycie stanowi tylko czasową ochronę nie zamontowanego jeszcze podzespołami obwodu drukowanego
- Pokrycie stanowi trwałą ochronę ścieżek miedzianych przed warunkami atmosferycznymi i nie ulega uszkodzeniu w kąpieli lutowniczej
- Pokrycie nanosi się po zamontowaniu podzespołów

Pokrywanie złączy i powierzchni półprzewodnikówi

Parylen (Parylen N, C, D, HT)-otrzymywany np.. w wyniku ogrzewania paracyklofanu w częściowej próżni w 150^{0}C, polimeryzuje podczas osadzania na powierzchni.

Znajduje zastosowania w elektronice w CVD przy niskim ciśnieniu .

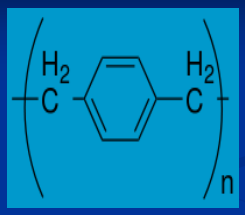
Daje pokrycia o dużej rezystywności, hydrofobowe i chemicznie odporne i chroniące przed ośrodkiem organicznym jak i nieorganicznymi- silnymi kwasami, zasadami, gazami i parą wodną.

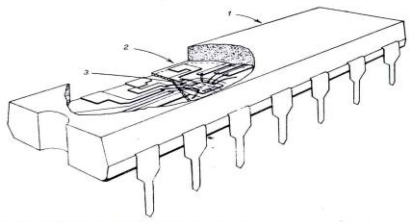
Jest stosowany też w kondensatorach o dużej niezawodności.

- Daje pokrycia o dużej rezystywności, hydrofobowe i chemicznie odporne i chroniące przed ośrodkiem organicznym jak i nieorganicznymi- silnymi kwasami, zasadami, gazami i parą wodną. Wytrzymuje duże napięcia przebicia i ma małą stała dielektryczną.
- Jest stosowany też w kondensatorach o dużej niezawodności i w elektronice kosmicznej i militarnej..
- Znajduje zastosowania w elektronice w CVD przy niskim ciśnieniu , jako pokrycia dielektryczne o wysokiej odporności na korozję, hydrofobowe, termicznie stabilne do 350^{0}C, o niskich naprężeniach mechanicznych . Może być też stosowany do pokryć dielektrycznych rdzeni i cewek. Jest nieścieralny, a zarazem ma mały współczynnik tarcia (pokrywa się nim igły do akupresury), mało podatny na gazy o dużej impedancji. Pokrycia parylenem są też biokompatybilne i biostabilne, przezroczyste i bardzo równomierne nawet na brzegach. Stosuje się go również jako warstwy barierowe, w elektronice mikrofalowej i w

Parylen (c.d.)

- Jego podstawowe zalety to:
- doskonałe własności elektryczne i fizyczne,
- wyjątkowa dobra ochrona przed rdzą i korozją
- silna odporność na rozpuszczalniki,
- dobra ochrona przed gazami, słabe gazowanie
- termiczna stabilność w atmosferze tlenu
- odporność na promieniowanie w atmosferze wolnego tlenu. [2,3,4,5,6]
- bardzo precyzyjne pokrycia hermetyzujące- płaskie, ostre brzegi





Rys. 6-3. Przyrząd półprzewodnikowy hermetyzowany metodą zaprasowania przetłocznego z ochronną warstwą amortyzującą
1 — tłoczywo; 2 — warstwa amortyzująca; 3 — struktura półprzewodnikowa

Żywice naturalne

- Bezpostaciowe , kruche i twarde w temperaturze pokojowej.
- Rodzaje:
  - Roślinne- kalafonia i kopale kopalne
  - Zwierzęce- szelak

Kalafonia

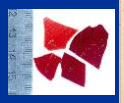
- Drogą destylacji z żywicy sosnowej, łatwo rozpuszczalna w oleju mineralnym i roślinnym , benzynie, eterze, terpentynie , acetonie i spirytusie, termoplastyczna ($t_{mięk.} = 80^0C$),
- Używana do zalew kablowych i syciw izolacyjnych, do zagęszczania oleju mineralnego, nasycającego izzolację papierową kabli ziemnych
- Stopiona z gliceryną – jako składnik lakierów olejno-żywicznych, nadających błonom lakierowanym odpowiednią twardość i połysk

Kopale

- Trudnotopliwe (120-280^{0}C), stabilne chemicznie i dość odporne na działanie tlenu i wilgoci
- Używane jako składniki lakierów powierzchniowych, tworzących bardzo twarde błony, odporne na działanie czynników chemicznych, bardzo twarde
- Żywice drzew podzwrotnikowych, kopalne, bursztyn, oczyszczane przez przetopienie i destylację

Szelak

- Materiał termoutwardzalny – pow.120^{0}C- nietopliwy i nierozpuszczalny, jest produktem rafinacji wydzieliny czerwców



- Używany w postaci roztworu spirytusowego jako lakier kryjący lub klejący o doskonałej przyczepności do miedzi i stali
- Jako lepiszcze w mikanitach
- Do produkcji politury (http://pl.wikipedia.org/wiki/Szelak)

Asfalty

- Naturalne- łatwopalne, termoplastyczne (30^0 do 140^{0}C), rozpuszczalne w benzynie, benzolu, eterze i terpentynie, czarne, nierozpuszczalne w wodzie i niehigroskopijne, chemicznie obojętne
- Sztuczne-
  - ponaftowe (mniej siarki i tlenu niż w naturalnych , ale również używane do produkcji syciw, lakierów i zalew izolacyjnych w kablach)
  - powęglowe (kruche, niezbyt dobrze izolujące, do produkcji suchych ogniw galwanicznych).

Woski

- **Budowa półkrystaliczna, temp. topnienia ~50^{0}C- 100^{0}C, mała wytrzymałość mechaniczna, termoplastyczność, hydrofobia, duży skurcz, ε_r = 2-3, ρ_v=10^{12}-10^{16}Ωm, K_v=10-50 kV/mm, łatwo rozpuszczalne w benzynie, nierozpuszczalne w spirytusie**
- **Jako syciwa dielektryków włóknistych, składnik syciw złożonych oraz zalew**
- **Woski naturalne- mineralne (parafina C_nH_{2n+2}, makroparafina, cerezyna i ozokeryt, wosk montana, roślinne- karnauba i zwierzęce- pszczeli)**
- **Woskol- duże ε_r, stabilnośc chemiczna , niepalność (chlorowany naftalen $C_{10}H_8$), odporność na utlenianie, jako syciwo papierów kondensatorowych**

Materiały włókniste

- Naturalne i sztuczne
- Organiczne (ulegające starzeniu cieplnemu)- drewno, len , bawełna, konopie, juta, jedwab naturalny, wełna, kotopa, jedwab octanowy, wiskozowy, fibra) i nieorganiczne- syntetyczne- stylon, nylon, kapron, z azbestu i szkła
- Do wyrobu taśm, sznurów i tkanin oraz materiały do wyrobu papierów (z celulozy siarczanowej) i kartonów
- Nasiąkliwość

Przykłady- **Bibułka kondensatorowa 0,009 mm, ε_r = 2- , ρ_v=10^{10}-10^{16}Ωm, K_v=15 kV/mm przy 50Hz**

Papier kablowy 0.12 mm, wytrz. mech., nasycany olejem kablowym

Starzenie cieplne izolacji

- nieodwracalne zmiany chemiczne z czasem, wpływające na pogorszenie własności dielektrycznych- silnie zależne od temperatury (średnio 20-30 lat w temperaturze maksymalnej dla danej klasy izolacji)
- Okres trwałości określa wzór Montsingera

$$t = t_0 e^{-k\Delta\vartheta}$$

t- trwałość izolacji w podwyższonej temperaturze roboczej, t_0- trwałość izolacji w temperaturze przyjętej dla danej klasy izolacji, k – stała zależna od rodzaju i klasy materiału izolacyjnego, Δυ- przyrost temperatury powyżej wartości określonej klasą izolacji

Klasy ciepłoodporności izolacji

Klasa	Y	A	E	B	F	H	C	220	250
T, K	363	378	393	403	428	453	423	493	523

- Y,A, E- materiały izolacyjne pochodzenia organicznego
- B, F, H – materiały nieorganiczne z lepiszczami organicznymi
- 200…250, 275 itd..- materiały nieorganiczne bez lepiszczy – kwarc, mika, szkło , porcelana i związki fluoroorganiczne

Własności wody

- H_2O- związek chemiczny, w którym występują cząsteczki zdysocjonowane i zasocjonowane.
- Odległości między centrami atomów H i O= $0.96*10^{-10}$ m
- rozmiar cząsteczki w najszerszym miejscu = $2,76*10^{-10}$m
- masa cząsteczkowa 18,015
- moment dipolowy cząsteczki = $6,14*10^{-30}$Cm
- kąt pomiędzy wiązaniami –OH- 104^0-109^0
- energia dysocjacji 494 J/mol

Własności wody (c.d.)

- cząsteczki ulegają polaryzacji elektronowej i dipolowo-relaksacyjnej
- przenikalność dielektryczna w temp. 20^0C = 80-81
- rezystywność skrośna wody
  idealnej (teoret.) $2,6*10^9$Ωm
  po handlowej destylacji ok.. $6*10^6$ Ωm
  deszczowej $6*10^6$ Ωm
- współczynnik strat dielektrycznych przy 10^7 Hz =0.3, przy 10^9 Hz = 0.03- 0.01

Własności wody (c.d.)

T, ^{0}C	ε
0	88,0
10	84,11
18	81,07
20	80,36

25	78,54
50	69,94
80	60,78
100	55,33

Klasyfikacja dielektryków ciekłych(2)

Substancje używane jako ciecze lub pary	Org.	Polaryza-cja slaba	Od -60°C do 150°c	Palność różna
Ciecze izolacyjne	Org.	Polaryza-cja slaba	Od –30°C do 105°C	Palność różna
Rozpusz-czalniki	Różne typy związku	Polaryza-cja silna	0o 0°C do 95°C	Palność różna

Rodzaje olejów

- Mineralne – węglowodory naftenowe (cykloheksan, t_k=-50^{0}C, odporne na utlenianie), parafinowe (heksan, -5^{0}C) i aromatyczne (benzen, nieodporne na utlenianie), ρ_V~$10^{14}\Omega$m, tgδ ~10^{-3} (20^{0}C,50Hz)- rośnie gdy T rośnie oraz maleje gdy częstotliwość rośnie
- roślinne (wysychające i niewysychające),
- Syntetyczne –silikonowe, chlorowane dwufenyle.
- Parametry- współczynnik stratności dielektrycznej, wytrzymałość dielektryczna (łańcuch pęcherzyków gazowych, lepkość względna, liczba kwasowa), odporność na utlenianie (inhibitory)
- Zastosowanie- transformatorowe, kondensatorowe, kablowe, wyłącznikowe

Oleje mineralne

- Destylacja r.n.- benzyna, nafta, olej mineralny, olej smarowy, olej cylindrowy, wazelina i asfalt
- Olej mineralny jest mieszaniną cieklych węglowodorów:
  - Naftenowych $C_nH_{2n,}$ pierścieniowa budowa cząsteczek- cykloalkany np..: cykloheksan C_6H_{12}, niska T_{krz}=-50^{0}C, odporne na utlenianie (min 50%)
  - Parafinowych – C_nH_{2n+2}, liniowa b.cz.np. heksan $C_6H_{14,}$ mniej odporne na utlenianie, T_{krz}=-5^{0}C
  - z domieszką węglowodorów aromatycznych- $C_nH_{n,}$ benzen $C_6H_{6,}$ nieodporne na utlenianie (nienasycone, po utlenieniu- gęsty, lepki szlam)- wpływają stabilizująco na własności oleju