

Foliové odpory

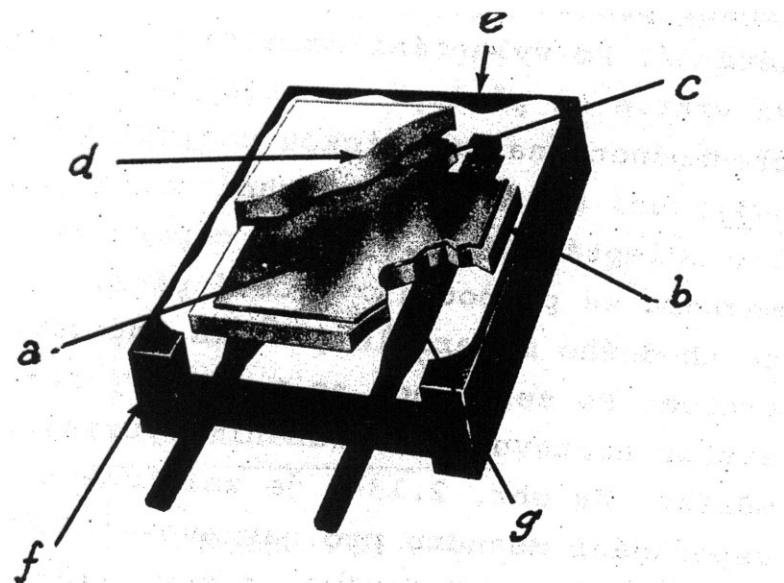
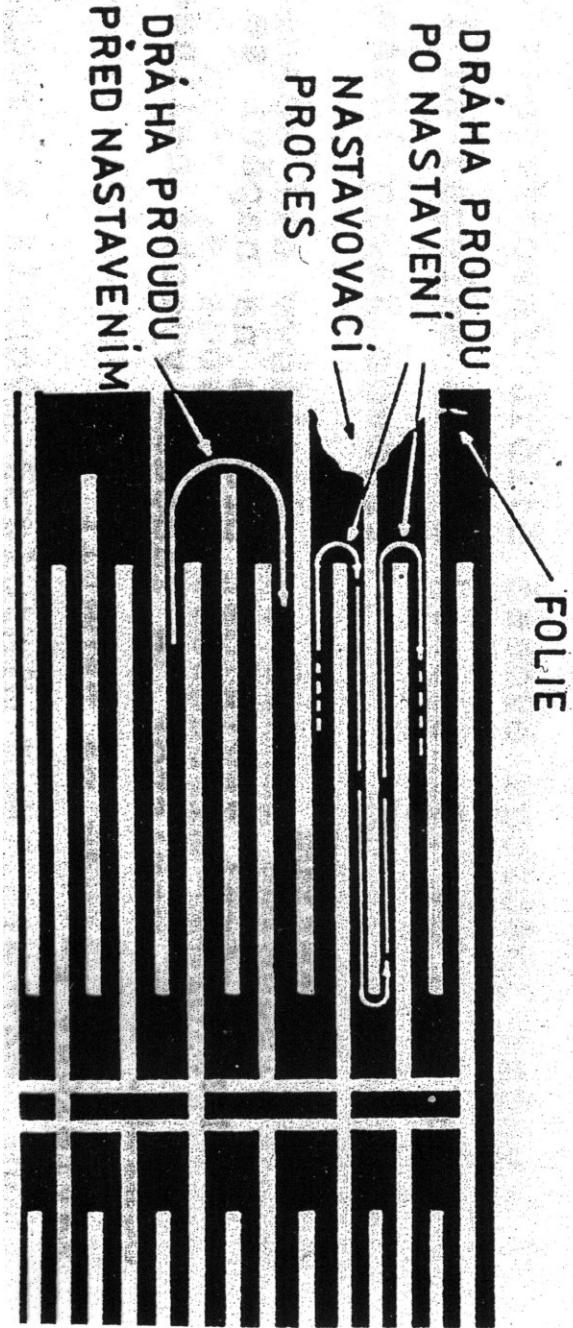


Odpor tvoří tenká kovová vrstva (5 μm) s vlastnostmi homogenního vodiče

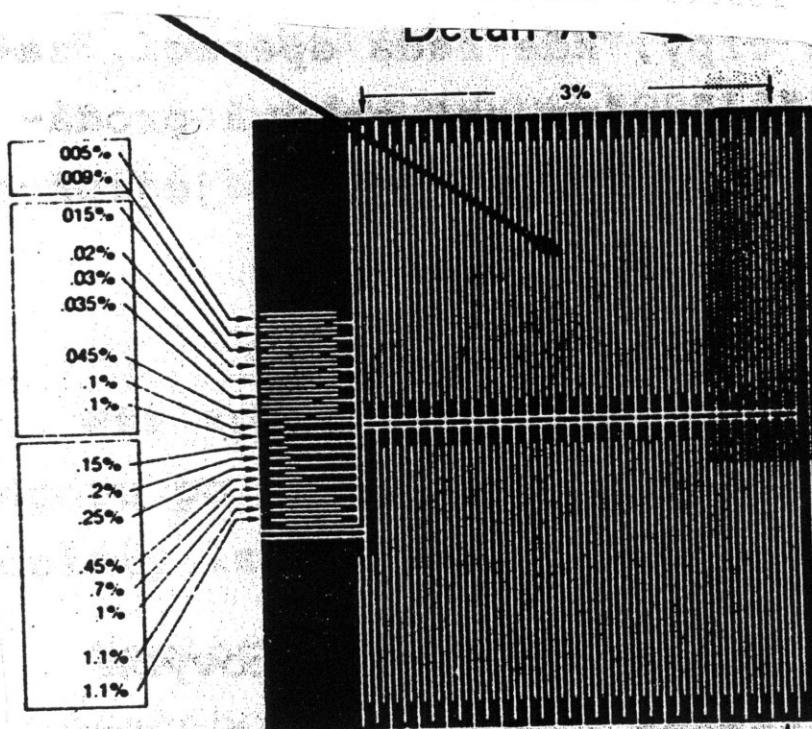
Rezistorová folie NiCr se vyrábí válcováním spolu s jiným materiélem, který lze dobře odleptat bez poškození folie

Dále se z rezistorové folie fotolitograficky vyrobí odporový meandr a ten se přilepí na keramickou podložku

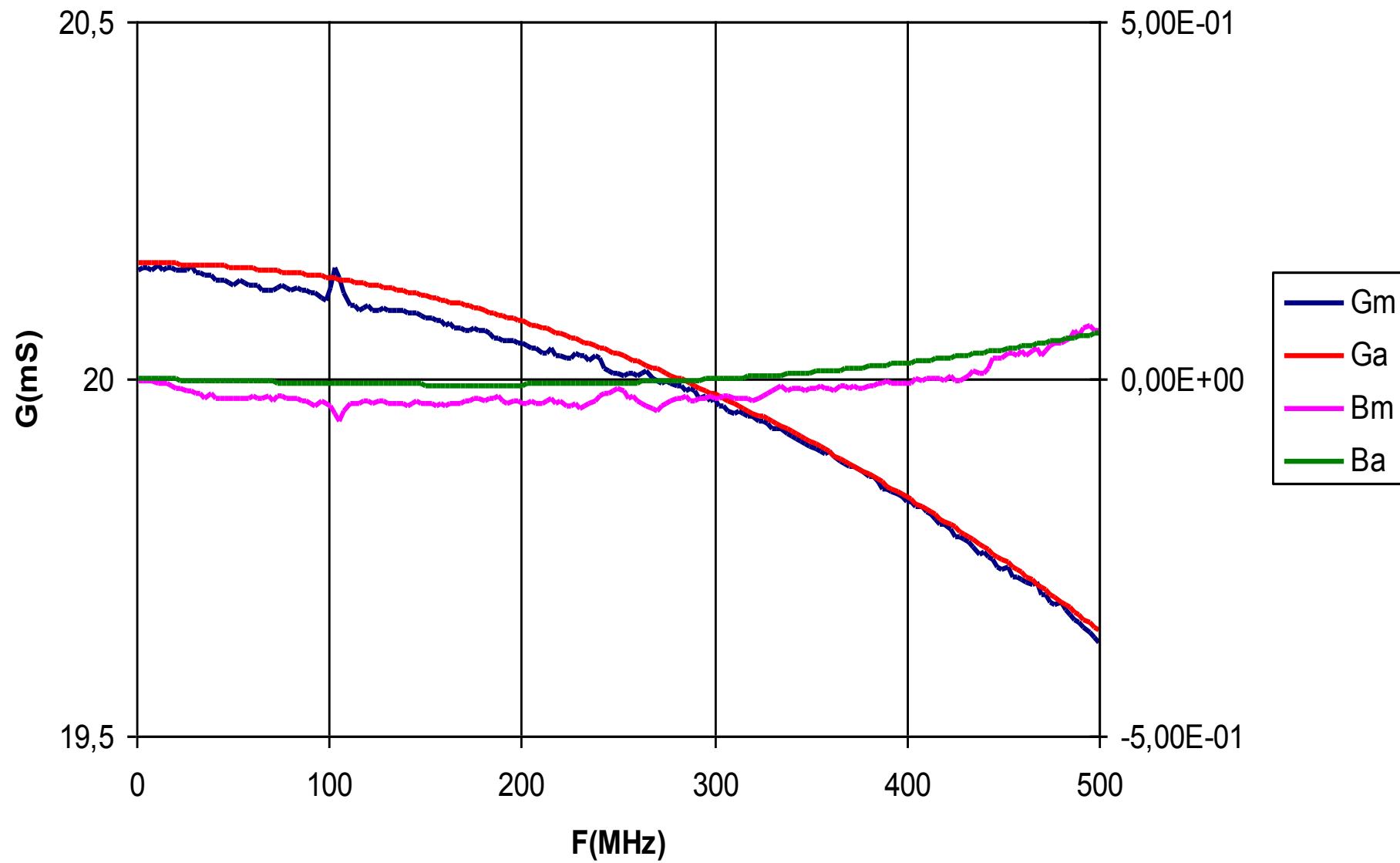
Po vytvrzení lepidla se odleptá nosná folie, přibodují vývody, odpor se najistuje a zapouzdří

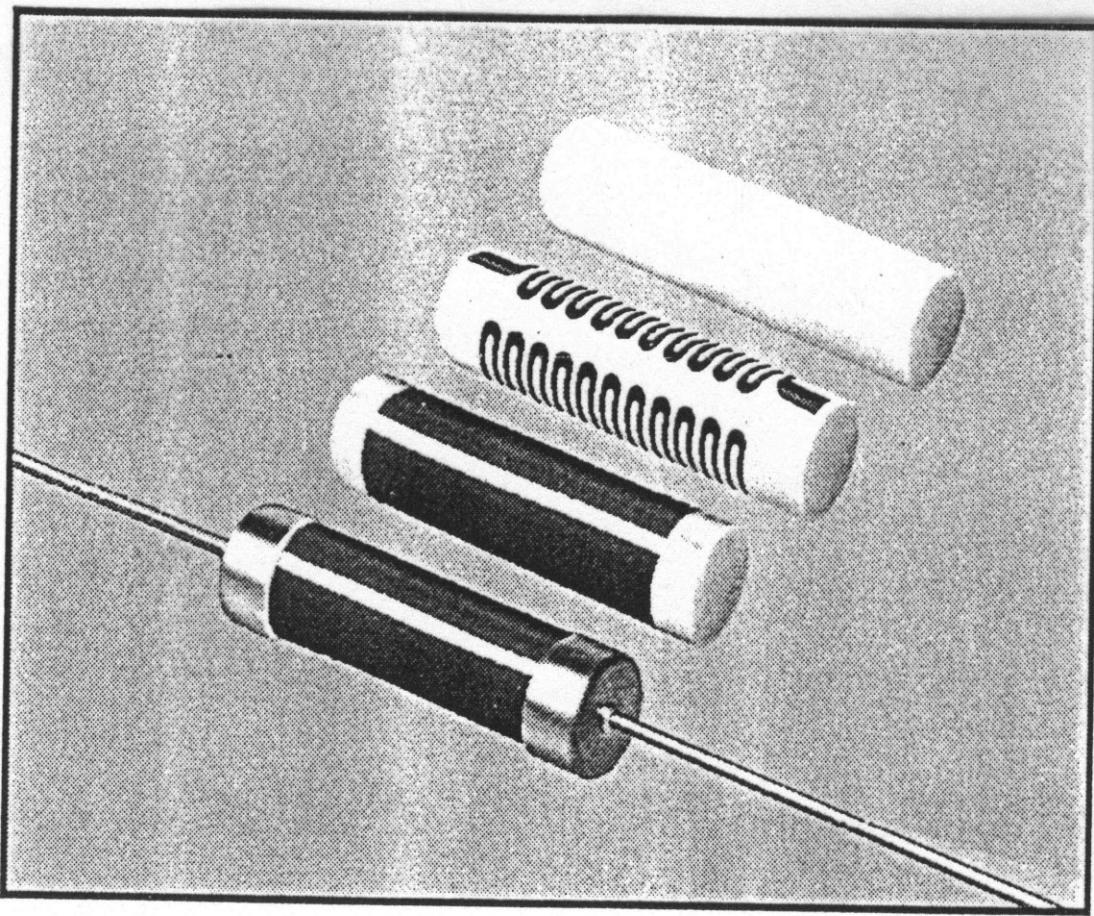
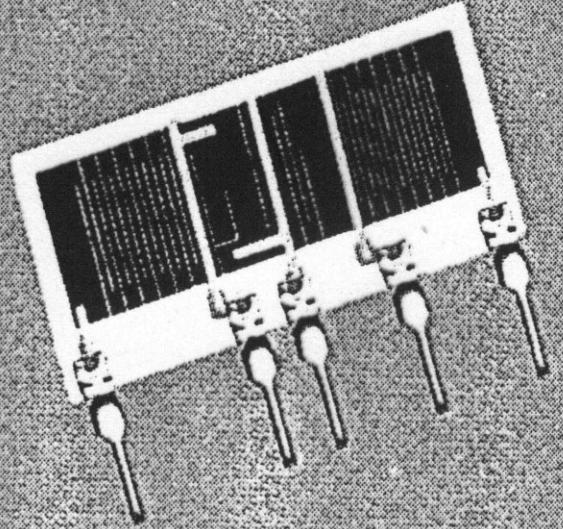


Obr. 2-13-5 Řez foliovým rezisto-rem

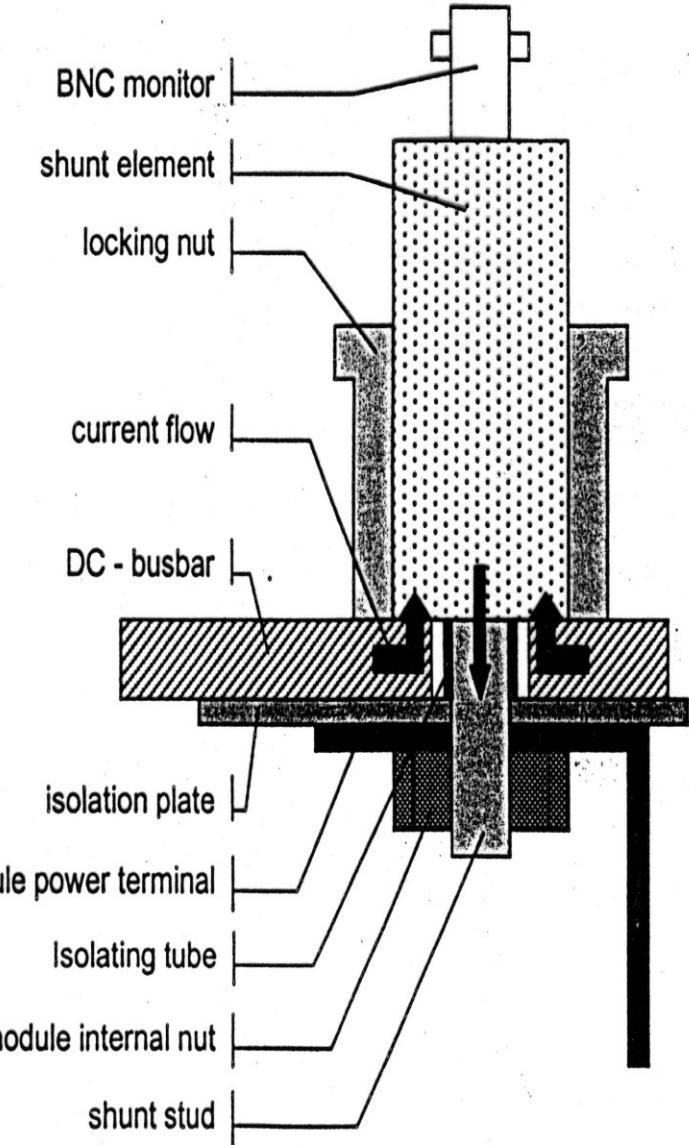


Odpór RFP 250-50 do 500 MHz





KOAXIÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ FOLIOVÉHO BOČNÍKU



Picture 4: SBNC shunt insertion, sketch

HMOTOVÉ ODPORY

Odpor je tvořen těliskem z materiálu s velkým měrným odporem

KERAMICKÉ MATERIÁLY: keramika znečistěná kysličníky kovu, grafitem silitem (SiC). Keramika se pálí, vývody tvoří pokovení tělska a kovové spony

SYNTETICKÉ MATERIÁLY: pryskyřice plněné uhlíkem, grafitem, mastkem.

Ze syntetické hmoty se lisují tělska, někdy se zalisovanými přívody

Vyrábí se zejména v Americe, fenol-formaldehydová pryskyřice s grafitem, dříve hodně, dnes speciální výrobky

VLASTNOSTI mají nevalné, velký TKR -10^{-3}K^{-1} , napěťová závislost 10^{-2} V^{-1}

HODÍ SE zejména na velká impulzní zatížení, protože teplo se vyvíjí v celém objemu odporového tělesa, takže potřebují hodně energie na ohřátí, i když se teplo nestačí rozvést – **TLUMICÍ ODPORY** ve VF obvodech, u bleskojistek

LACINÉ VÝKONOVÉ VF ODPORY - umělé zátěže vysílačů

TLUSTOVRSTVÉ REZISTORY

Tyto rezistory byly původně používány v hybridních integrovaných obvodech, v současné době jsou touto technologií vyráběny některé rezistory určené pro povrchovou montáž.

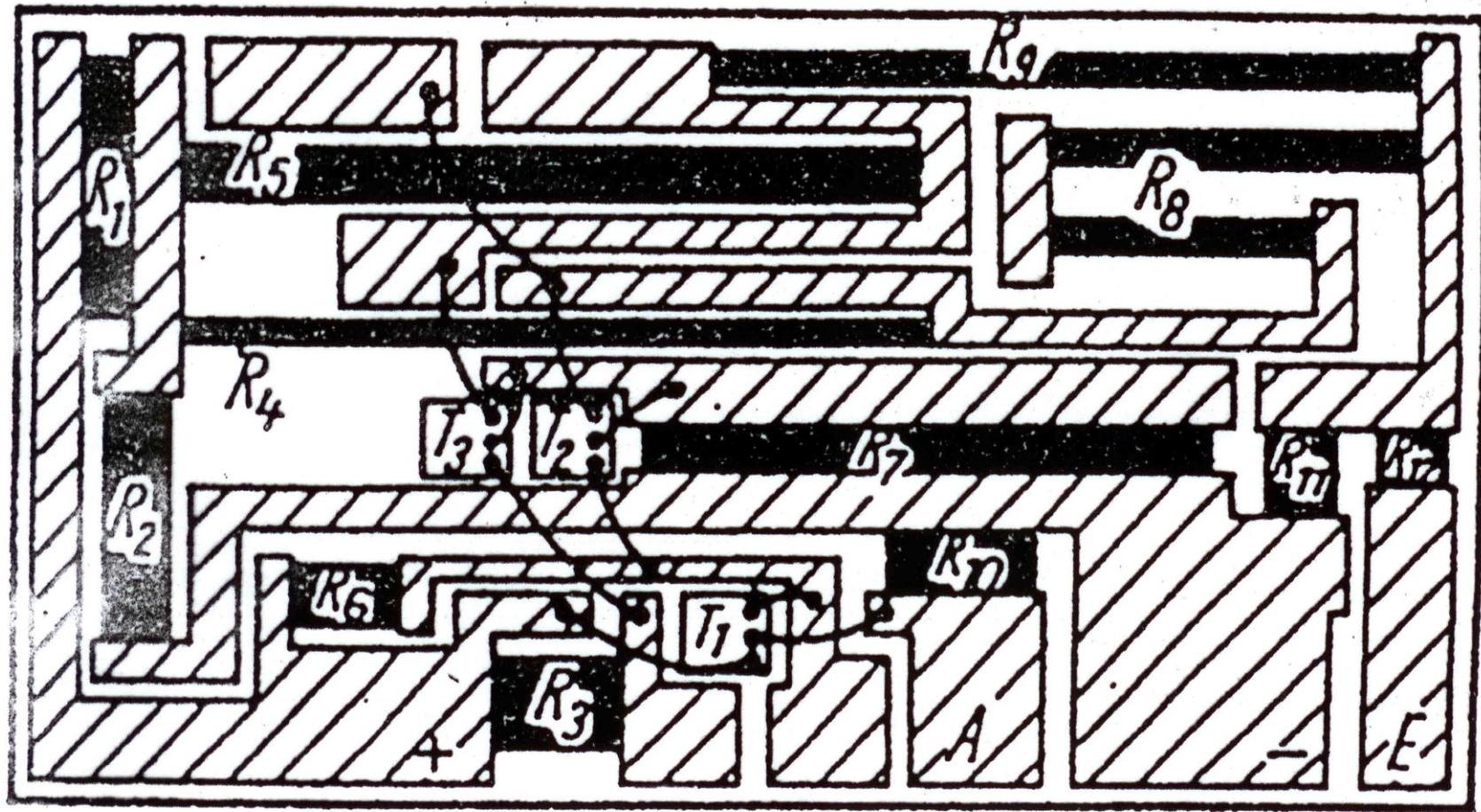
Vlastnosti jsou podobné vlastnostem vrstvových rezistorů.

Tlusté vrstvy, odporové i spojovací vodivé sítě jsou nanášeny z past sítotiskovou technikou a vypalovány v tunelových pecích s přesně definovaným průběhem teploty.

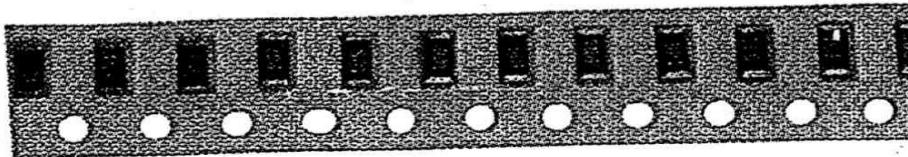
Nastavování jmenovité hodnoty odporu se provádí laserem odpařením části odporové dráhy nebo jejím odbrušováním pískováním nebo přerušováním můstků.

Vývody jsou tvořeny vodivou pastou, která se může přímo pájet.

Složitější sítě a výkonové odpory mívají vývody, které jsou nejčastěji tvořeny připájenými pocínovanými měděnými vodiči, povrchová ochrana fluidizací.



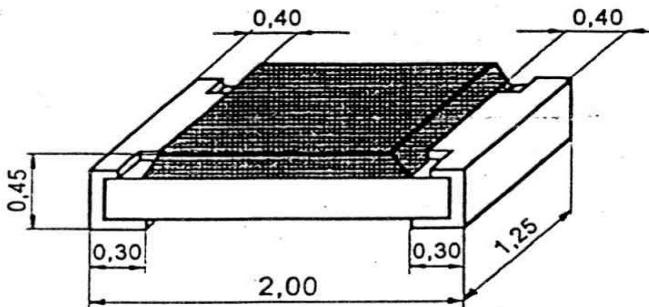
SMD REZISTORY PEVNÉ



Velikost 0805 (2.0x1.25x0.45mm)

Typ CR0805, TK200 5%

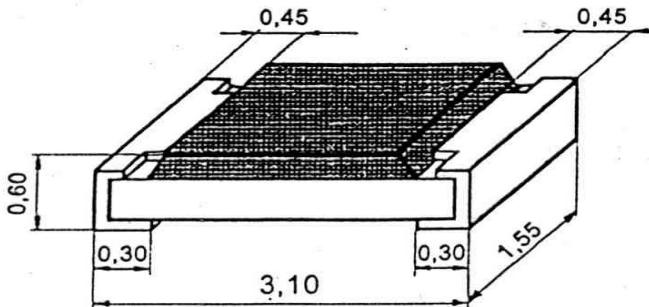
0,125W, řada E6 1R-10M



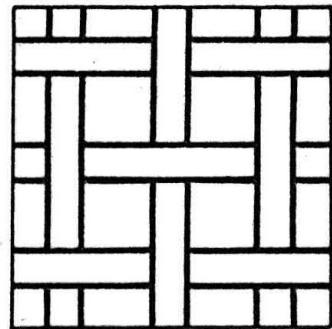
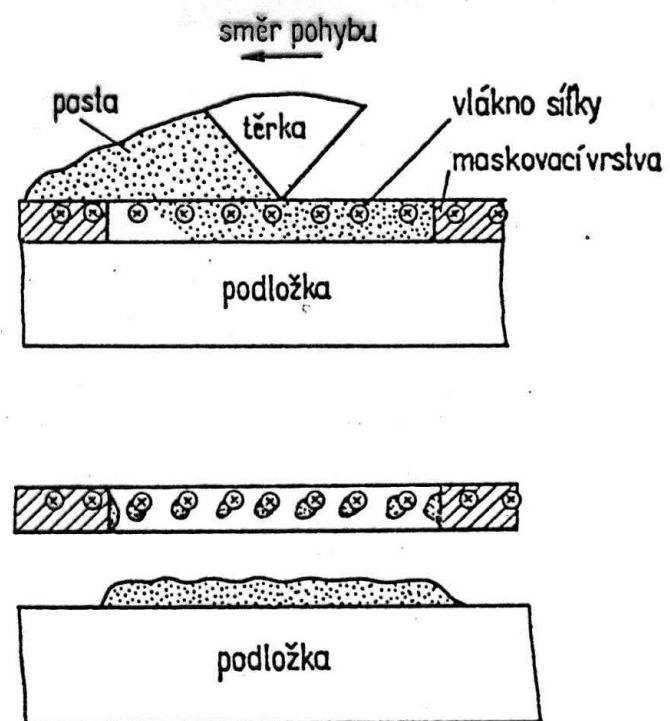
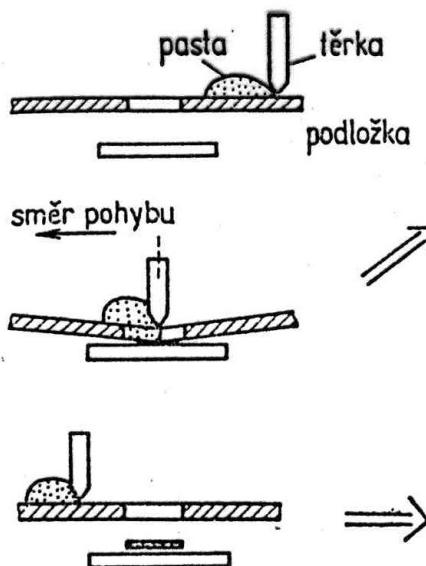
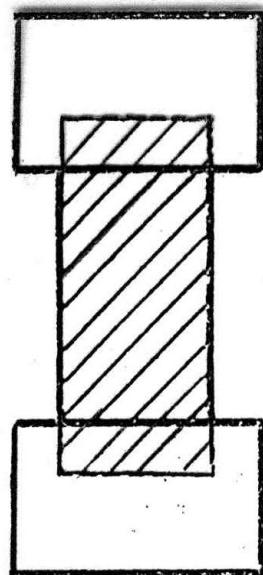
Velikost 1206 (3.2x1.6x0.6mm)

Typ CR1206, TK200 5%

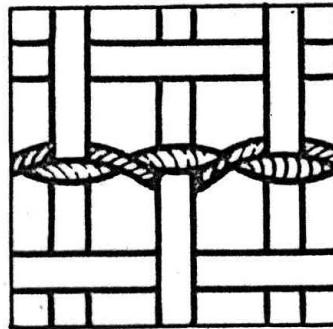
0,25W, řada E6 0R, 1R-10M



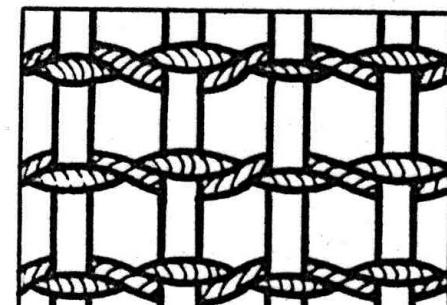
SÍTOTISK



JEDNODUCHÁ
VAZBA

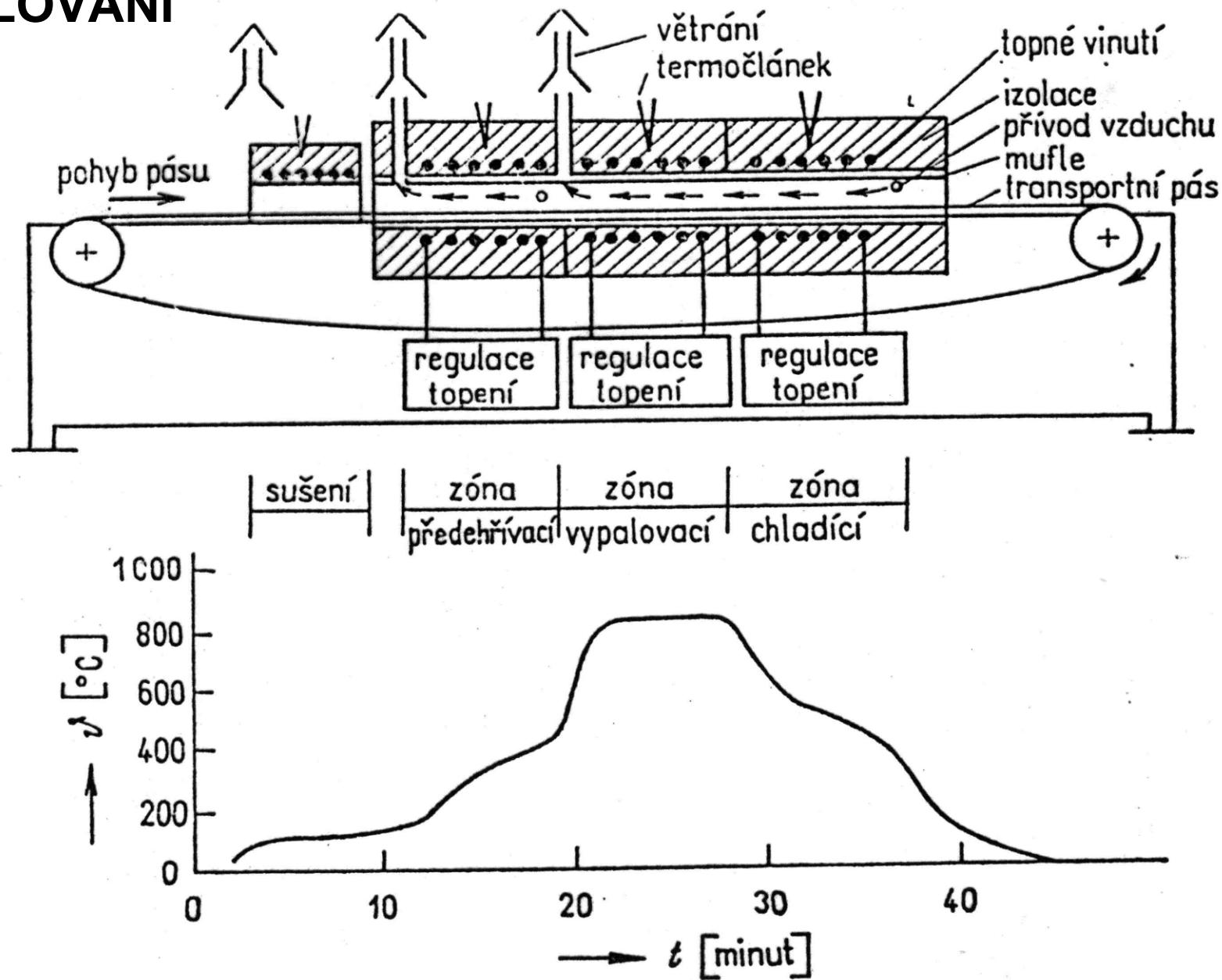


POLOVIČNĚ
SÍŤOVANÁ VAZBA



PLNĚ SÍŤOVANÁ
VAZBA

VYPALOVÁNÍ



PASTY

Vždy obsahují skelnou fritu, jemné částice kovu nebo kysličníku a organický nosič (terpinol) Při výpalu terpinol shoří, kov se slinuje se sklem a všechno se slepí s podložkou

VODIVÉ PASTY 60-70% kovu, částice nesmí být smáčeny sklem, musí mít kontakt. Pasty musí vydržet pájení 30-120 s při 220 °C

Ag Pd (25 %) aby se vrstva nerozpouštěla v SnPb pájce Výpal 10 min, 850 °C, odpor 10-30 mΩ/čtverec

Ag Pt (4 %) s přídavkem kysličníků Cu a skelnou fritou výpal 10 min, 850 °C, bez skelné frity výpal 930 °C odpor 2-10 mΩ/čtverec

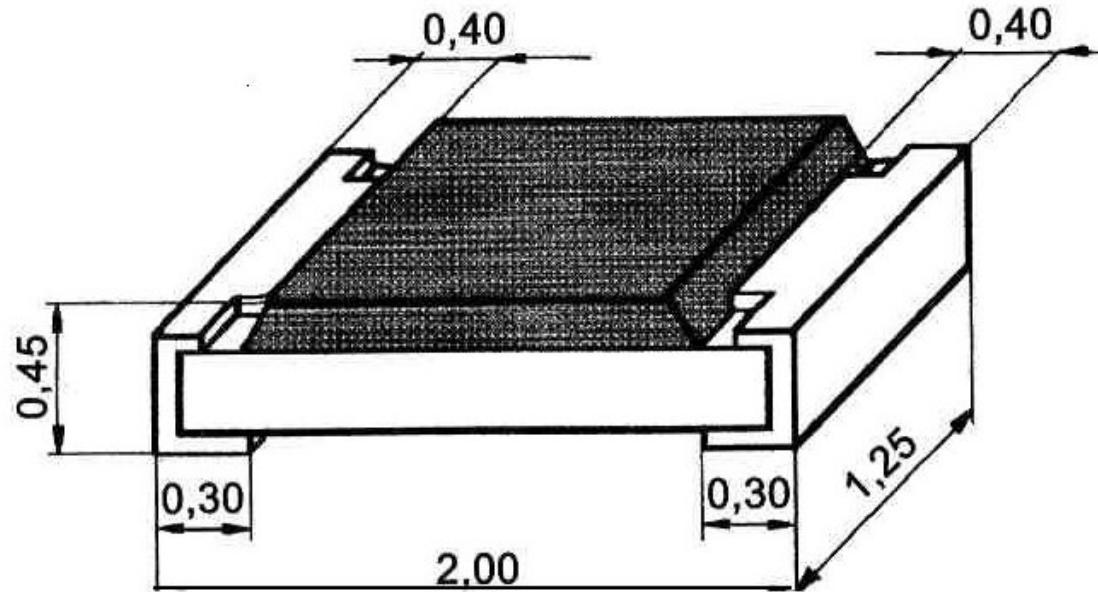
ODPOROVÉ PASTY směs se velmi dobře homogenizuje, při míchání se mele v kulových mlýnech na 0,2 až 2 µm. Odpor musí mít požadovaný R/čtverec, TKR, stabilitu

Pd Ag kovové prášky a skelná frita (borosilikátové, hlinitosilikátové sklo). Pd se při výpalu oxiduje, vzniká i PdAg R/čtverec 1 - 300 k, TKR 10^{-4} , výpal vyžaduje velikou přesnost, aby pasta správně oxidovala (1 °C).

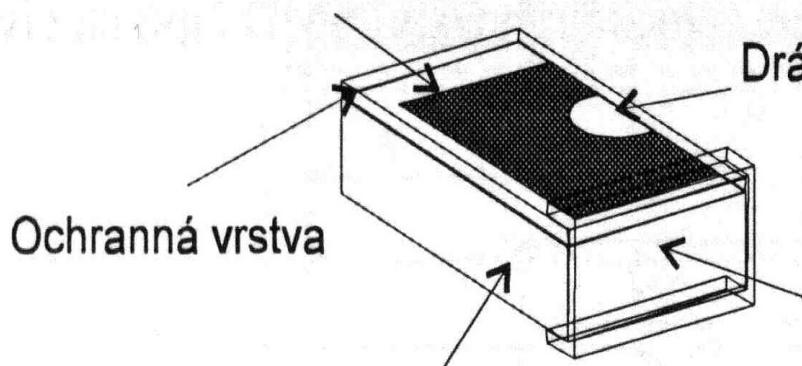
Ru pasty, kovové Ru nebo RuO₂ (rutil),skelná frita. R/čtverec 0,5 až 200 k, TKR 10^{-5} , výpal vyžaduje opět velikou přenosnost, aby pasta správně oxidovala

IrPt pasty R/čtverec 1Ω až 10 kΩ, TKR 10^{-4} , méně citlivé na vypalovací teplotu a dobu výpalu

ODPORY PRO POVRCHOVOU MONTÁŽ 0805



Odporová vrstva



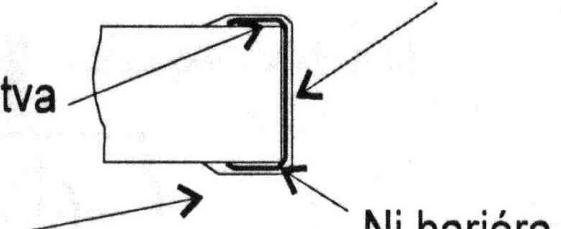
Podložka Al₂O₃

Drážka po trimování

Kontaktní vrstva

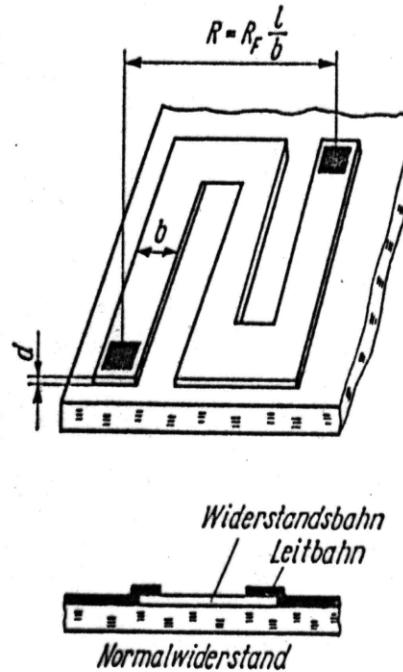
Koncový vývod

Povrch Sn/Pb



Ni bariéra

TENKOVÝ RSTVÉ ODPORY



Material	Beschichtungsverfahren	R_F Ω/\square	Widerstands- bereich Ω	TK $10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	Toleranz %	Flächen- belastun W/cm^2
Cr/Ni Gewichts- verhältnis 20/80	Aufdampfen aus zwei Quellen, Katoden- zerstäubung	50 ... 500	100 ... $5 \cdot 10^5$	+50 ... +100	$\pm 5 \dots \pm 10$	
Ta	Katodenzerstäubung	100 ... 5000 (25 ... 80) m. Au-Diff.	100 ... 10^6	± 200	$\pm 5 \dots \pm 10$	
Ta ₂ N, TaN	reaktive Katoden- zerstäubung	200 ... 1000	10 ... $3 \cdot 10^4$	+50 ... -200	± 10	Glas- substrat 0,3
Cr/SiO mit 90 Atom% Cr 65 Atom% Cr 50 Atom% Cr	Aufdampfen aus zwei Quellen	10 ... 120 100 ... 600 600 ... 3000	$10^5 \dots 10^6$	-55	± 8	
SnO ₂	Aufdampfen, reaktive Katodenzerstäubung von Sn in Ar/O ₂ -Atmosphäre	25 ... 5000	$2 \cdot 10^4 \dots 10^8$	-1500 ... +50	± 15	

Odpory využívají výhodné vlastnosti tenkých vrstev – dost velký R/čtverec, malý TKR

Základní tvar vrstva na destičce, pásek, meandr

PODLOŽKA – HLADKÁ, sklo v ohni leštěné, bezalkalické –
hlinitokřemičité, křemenné

VÝROBA VRSTVY

Napařování – ve vakuu, $10^{-6} \dots 10^{-2}$ Pa, aby vrstva nebyla znečistěná

Adhese – substrát se očistuje oleptáním v doutnavém výboji,

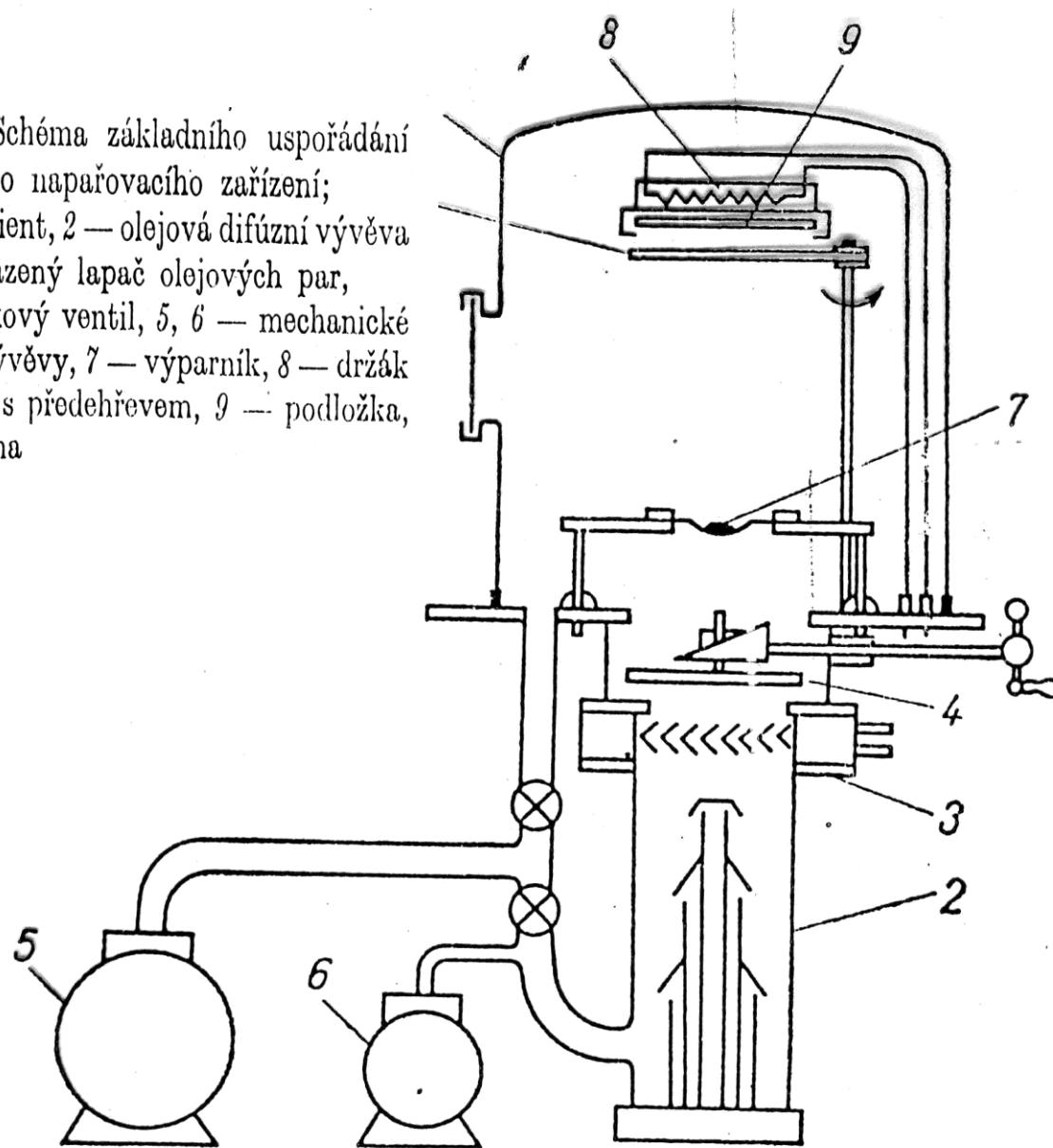
Mezivrstvy: např Cr, pro zvýšení adheze se substrát trochu předehřívá

Naprašování – vyšší tlak $10^{-2} \dots 1$ Pa , atomy materiálu jsou z terčíku uvolňovány iontovým bombardováním. Lze použít pro materiály s vysokým bodem varu i materiály nevodivé (SiO_2 , Al_2O_3). Reaktivní – atomy terčíku reagují se zbytkovou atmosférou , naprašuje se vzniklá sloučenina (SnO_2)

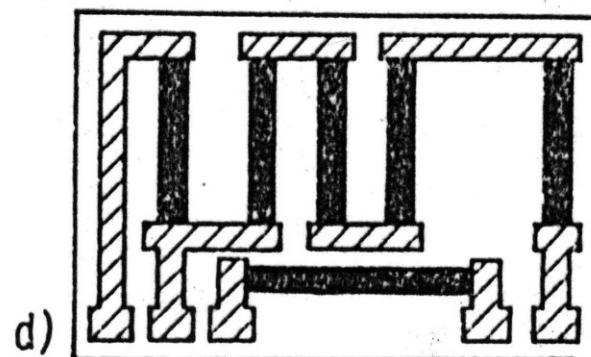
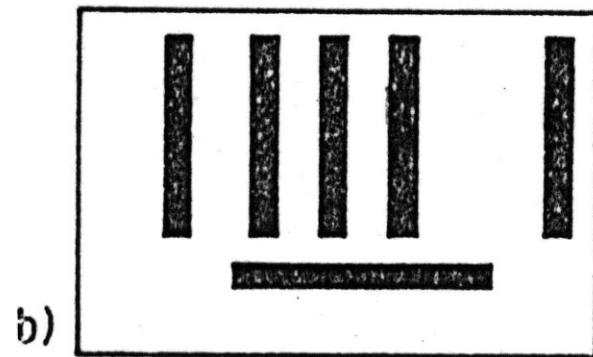
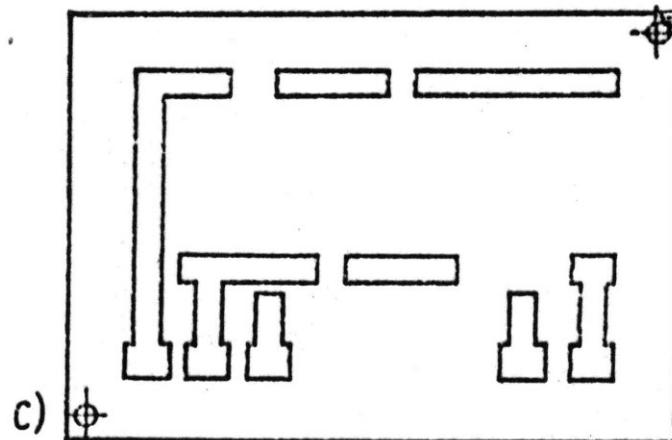
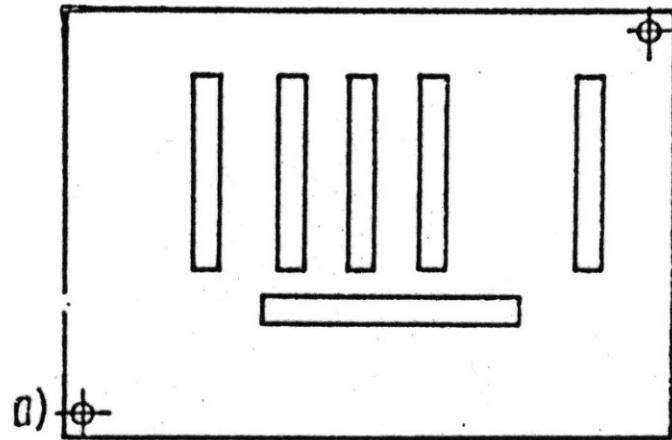
Zpracování vrstev – napařování přes masky, fotolitografie, leptání po ploše

NAPAŘOVÁNÍ: teplota 1500°C , tlak 10^{-4}Pa , tloušťka vrstvy –desítky stovky nm, TKR 10^{-5}

Obr. 35. Schéma základního uspořádání vakuového napařovacího zařízení;
1 — recipient, 2 — olejová difúzní vývěva
3 — chlazený lapač olejových par,
4 — děskový ventil, 5, 6 — mechanické
rotační vývěvy, 7 — výparník, 8 — držák
podložek s předeheřevem, 9 — podložka,
10 — clona



Masky



POUZDRA ODPORŮ

Zvláštní vlastnost: ohřívají se – pouzdro musí vydržet vysokou teplotu a umožnit odvod tepla.

Bez pouzder a povrchové ochrany – drátové odpory ze silného drátu, teploty do 500 °C, oxidace se příliš neprojeví

Lak – nejlacinější, pro uhlíkové odpory malého výkonu

Tmel – keramický, drátové a metaloxidové odpory většího výkonu, teploty do 300 °C

Smalt – sintrovaná skelná frita, drátové odpory většího výkonu, teploty do 300 °C

Sklo – hermetické pouzdro, odpory vysokých hodnot, pro VN

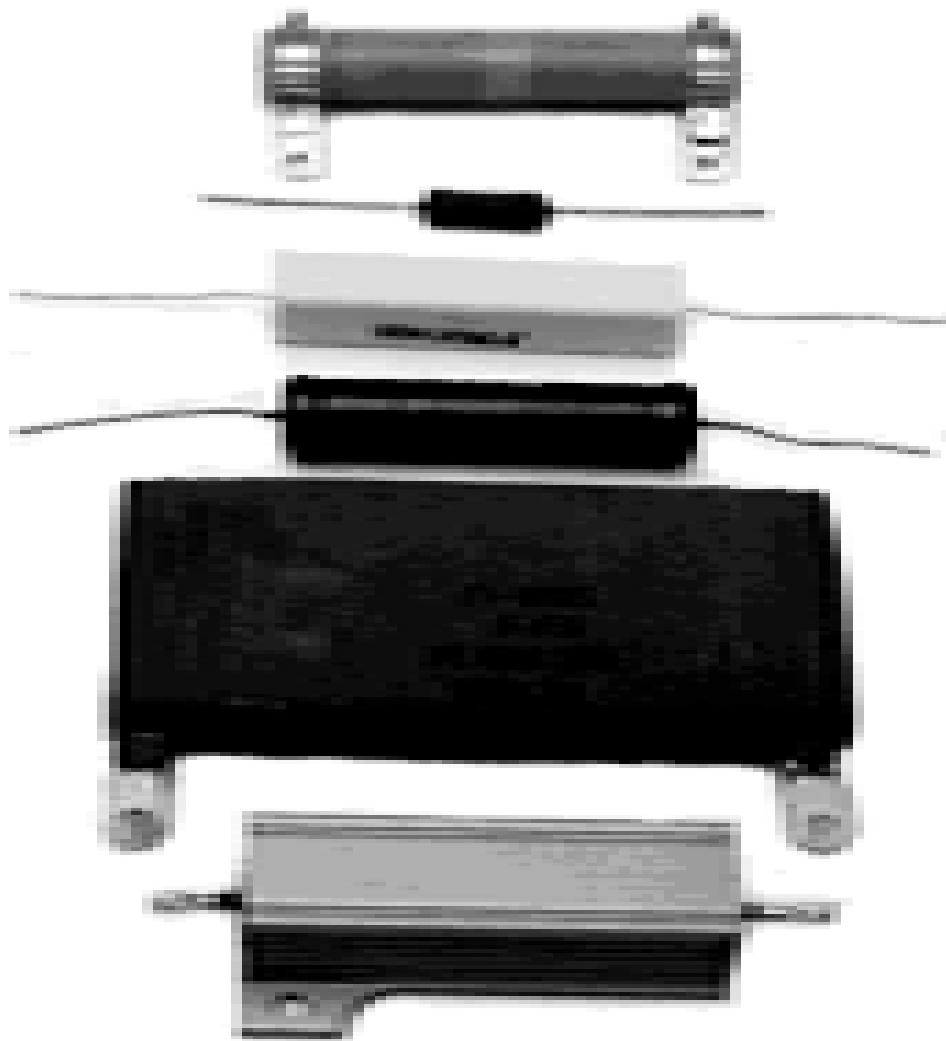
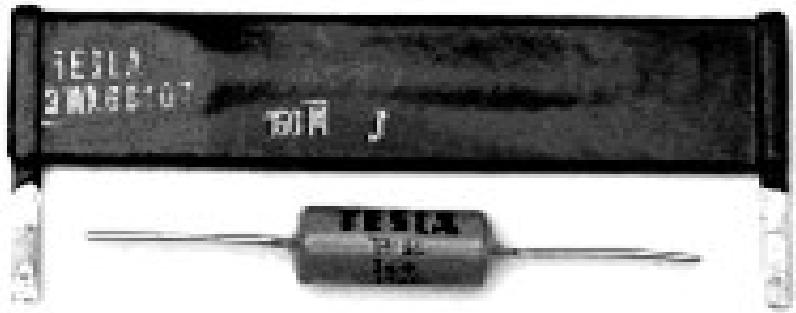
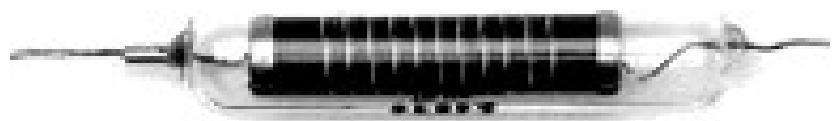
Kovové pouzdro - drátové odpory většího výkonu pro montáž na chladič

Fluidizace – tlustovrstvé odpory a sítě

Silikonový kaučuk – tenkovrstvé odpory a sítě

Plastová pouzdra - zvláštní typy R (foliové, tenkovrstvé), izolovaná montáž na chladič

Keramická pouzdra (s kovovými díly) – pouzdra výkonových odporů, zejména pro VF. Pro snazší přestup tepla použití izolantů s vysokou tepelnou vodivostí – Al_2O_3 , AlN, BeO



VLASTNOSTI REZISTORŮ

ELEKTRICKÝ ODPOR

Disipovaný výkon

Elektrický odpor

Ztrátový výkon

Teplotní závislost

Maximální provozní napětí a napěťová závislost
odporu

Kmitočtová závislost

Šum

Stárnutí

VELIKOST ODPORU je základní jmenovitá hodnota, vyráběné hodnoty jsou podle dříve zmiňovaných řad. Rozsah výrobitevních hodnot je dán technologií výroby. Obvyklé hodnoty pro všechny odpory jsou od $0,1 \Omega$ do $10 M\Omega$, pro drátové odpory asi do $100 k\Omega$.

Odpory kovové (drátové, foliové) existují od zlomků m Ω , odpory tlustovrstvé, lakosazové existují i řádu T Ω .

TEPLOTNÍ ZÁVISLOST ODPORU TKR

$$R_T = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

α teplotní koeficient, obvyklý požadavek MINIMÁLNÍ

Čisté kovy $2-10 \cdot 10^{-3} /K$: Fe ~10, W Mo~5,5 , Cu~4, Pt~3,8

Slitiny mají menší: Ms ~ $1,5 \cdot 10^{-3}$

Odporové slitiny: Kanthal Fe86Cr12Al2 ~ $0,06 \cdot 10^{-3}$ (R=1,45)

Chromnikl Ni78Cr20Mn2~ $0,11 \cdot 10^{-3}$ (R=1,1)

Manganin Cu86Mn12Ni2 ~ $0,02 \cdot 10^{-3}$ (R=0,43)

Konstantan Cu54Ni45Mn1 ~ $0,03 \cdot 10^{-3}$ (R=0,5)

Novokonstantan Cu83Mn12Al4Fe1~ - $0,04 \cdot 10^{-3}$ (R=0,45)

Vrstvy – směsi vodičů a nevodičů mají α kladné i záporné, někde u 10^{-4}

Materiály s velkým odporem jsou obvykle horší.

Laky, odporové hmoty (silit) mohou mít 10^{-2}

NAPĚŤOVÁ ZÁVISLOST ODPORU – NELINEARITA

Velká: $\beta = \frac{R_{U_2} - R_{U_1}}{(U_2 - U_1)R_{U_1}}$

Při maximální zátěži může být i 10% (hmotové, lakovazové odpory)

LINEÁRNÍ ODPORY – β velmi malá ($< 10^{-6}$), při statickém zatížení převažuje vliv teploty. Měří se střídavým signálem vyššího kmitočtu, aby ke změnám teploty během periody nedocházelo.

$$THI = \frac{U_3(\mu V)}{U_1^3(V)}$$

Velká nelinearita je obvykle známkou vady při výrobě, může vadit při použití

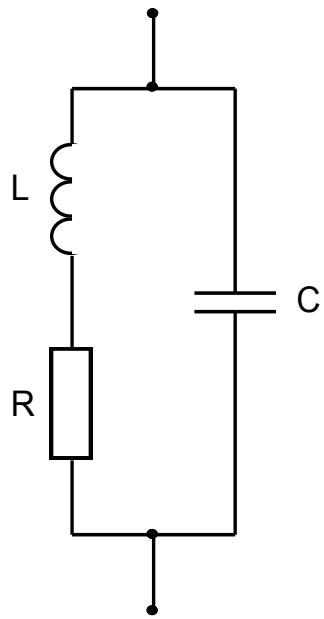
Podle nelinearity s někdy odpory třídí, **kvalitní odpory nejsou nelineární**

MAXIMÁLNÍ PROVOZNÍ NAPĚTÍ

Maximální provozní napětí je důležitým údajem u rezistorů s vysokou hodnotou odporu, u kterých napětí odpovídající jmenovitému ztrátovému výkonu je poměrně vysoké (TR194: $P = 1,6\text{W}$, $R = 10 \text{ M}\Omega$, $U = 4\text{kV}$) nebo pulzním provozu rezistoru.

Maximální provozní napětí určují potom i další hlediska, např. elektrická pevnost rezistoru a jeho izolace nebo napěťová nelinearita odporu. Na jejich základě je výrobcem stanovena hodnota napětí, které nesmí být překročeno.

KMITOČTOVÁ ZÁVISLOST IMPEDANCE



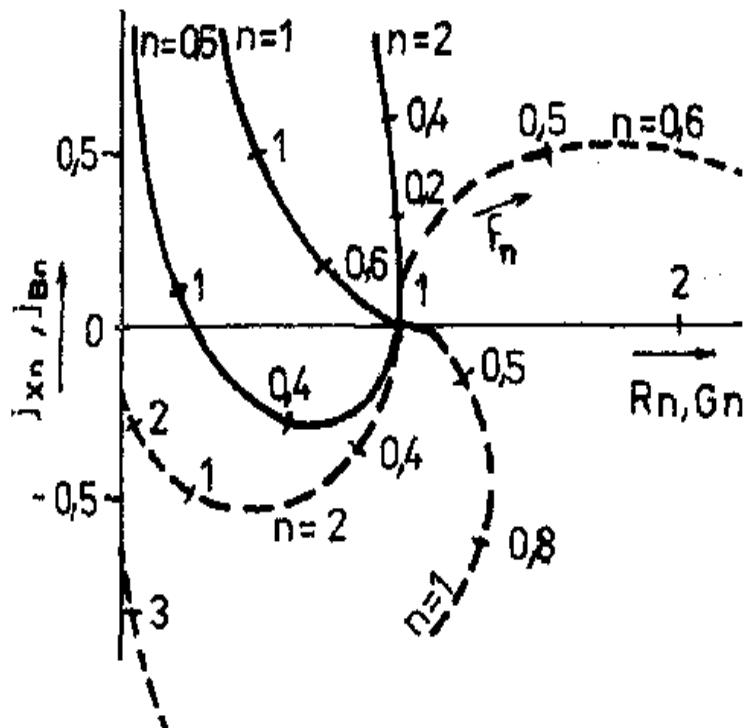
Vlastnosti běžných rezistorů lze poměrně přesně a v širokém rozmezí kmitočtů reprezentovat náhradním obvodem podle obr., který je složen ze tří prvků se soustředěnými parametry: odporu R , který reprezentuje hlavní parametr a indukčnosti L a kapacity C , které reprezentují parazitní parametry rezistoru .

$$Y = \frac{1}{Z} = j\omega C + \frac{1}{R + j\omega L}$$

$$G = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} \quad B = \frac{R^2 C - L + \omega^2 L^2 C}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad Z_V = \sqrt{L/C} \quad n = \frac{R}{Z_V}$$

$$f_n = \frac{f}{f_0} \quad G_n = GR = \frac{n^2}{f_n^2 + n^2} \quad B_n = R \cdot B = n \cdot f_n \frac{f_n^2 + n^2 - 1}{f_n^2 + n^2} \quad f_n = \frac{f}{f_0}$$



Normované imitance náhradního obvodu rezistoru:
admitance —

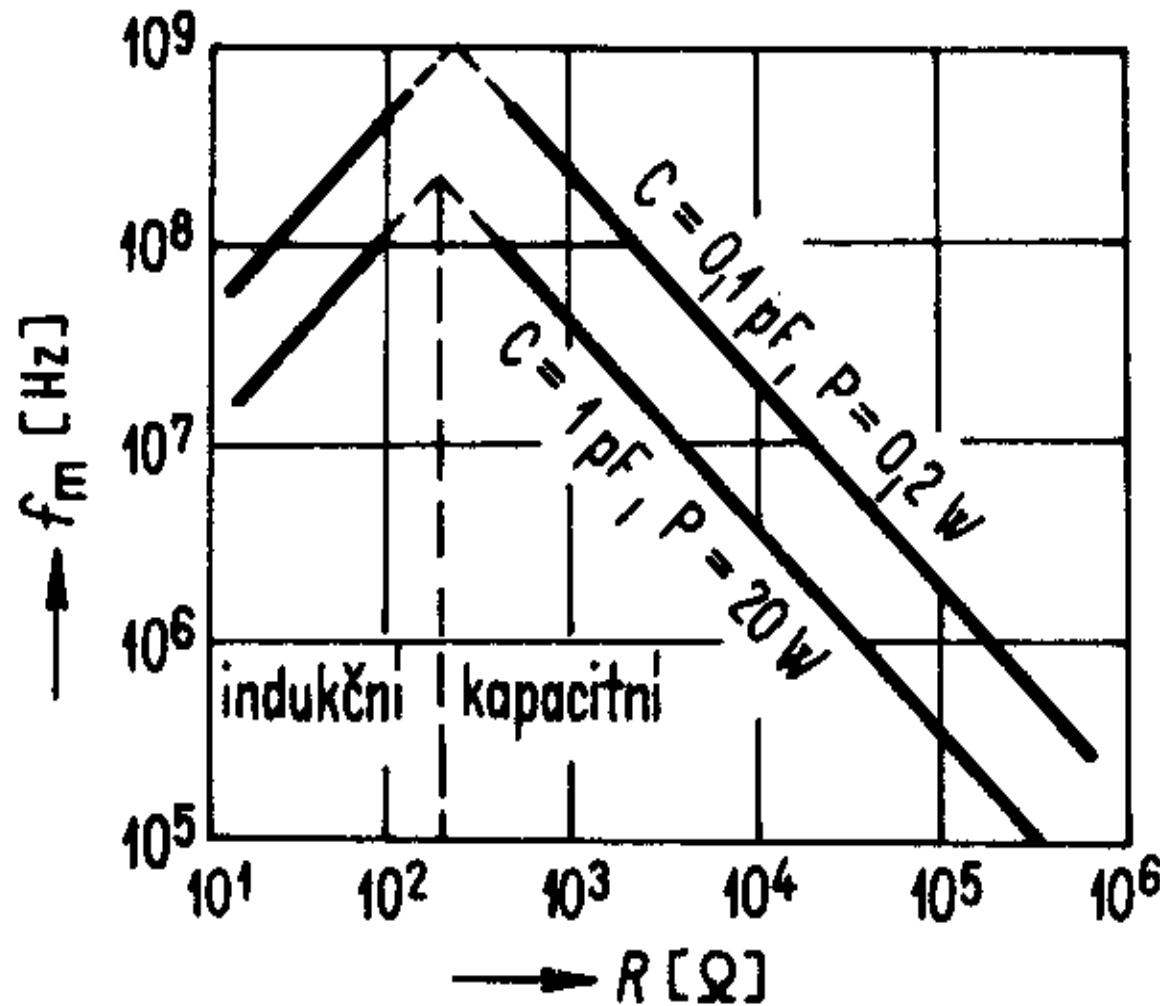
impedance — —

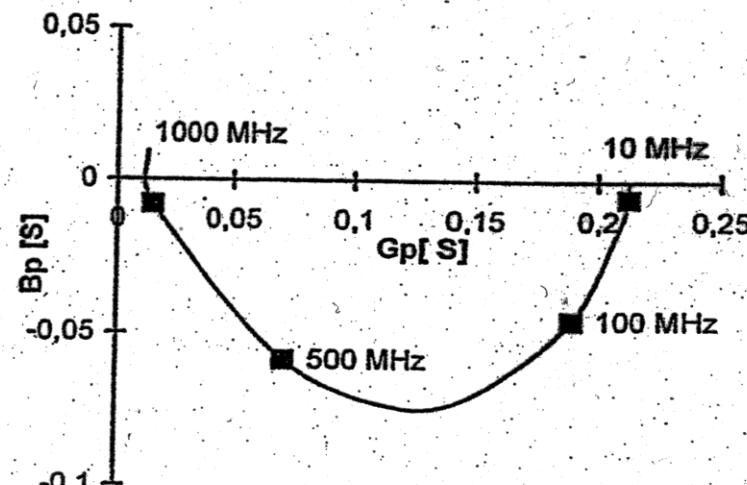
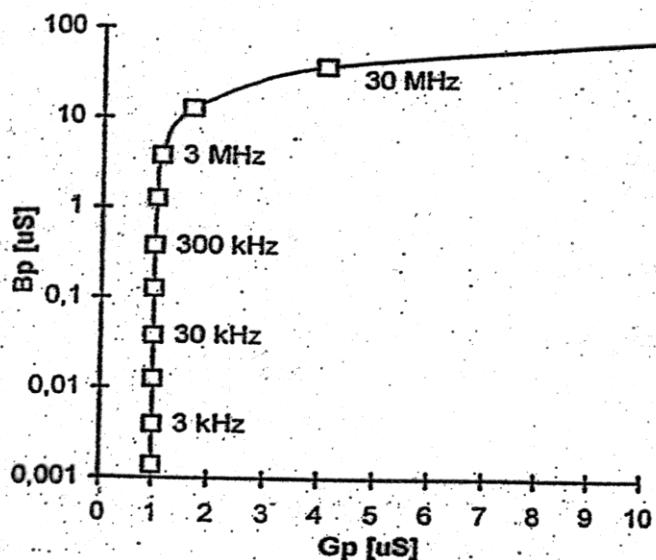
mezní stavy: velké odpory $n \gg 1$ RC

malé odpory $n \ll 1$ RL

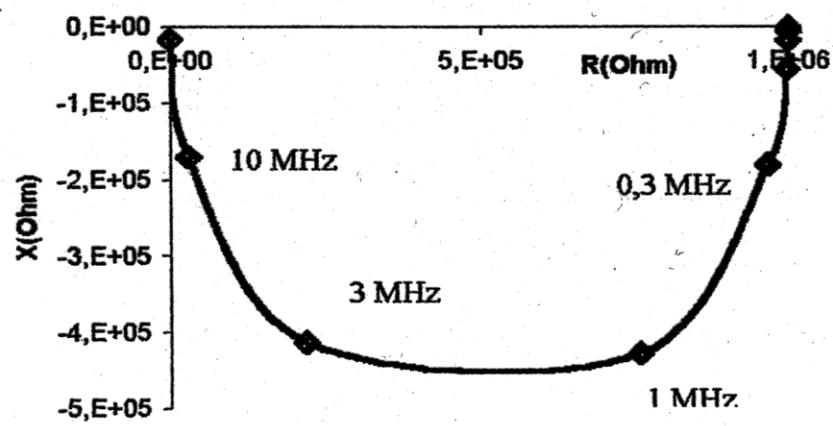
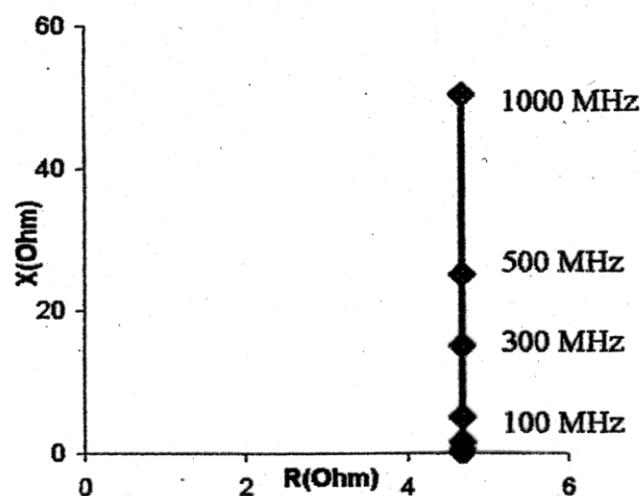
$n=1$ širokopásmové odpory

MEZNÍ KMITOČET



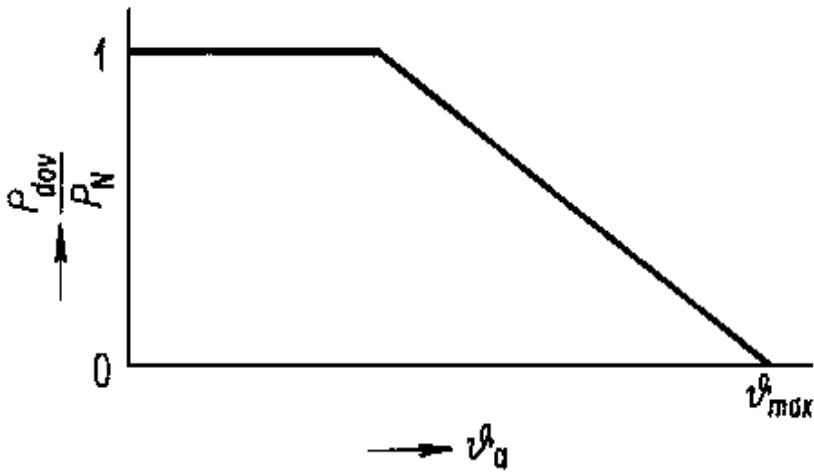


Obr. 5.1.3. Kmitočtová závislost složek komplexní admitance rezistorů SMA0207
 $1 \text{ M}\Omega / 0,6 \text{ W}$ a $4,7 \Omega / 0,6 \text{ W}$



MAXIMÁLNÍ ZTRÁTOVÝ VÝKON

Maximální ztrátový výkon rezistoru je dán rovnováhou mezi elektrickým výkonem přiváděným do rezistoru a množstvím tepla, které je z něho za jednotku času vyzářeno do okolního prostoru, přestoupí do okolního prostředí a je odvedeno stykovými místy rezistoru. Protože výkon odváděný libovolným způsobem z rezistoru roste s jeho teplotou a klesá s rostoucí teplotou okolí, je ztrátový výkon rezistoru funkcí obou těchto teplot. Maximální provozní teplota rezistoru je stanovena tak, aby nebylo příliš urychleno stárnutí rezistoru a aby nebyly vysokou teplotou nepřípustně ovlivněny parametry rezistoru (TKR).



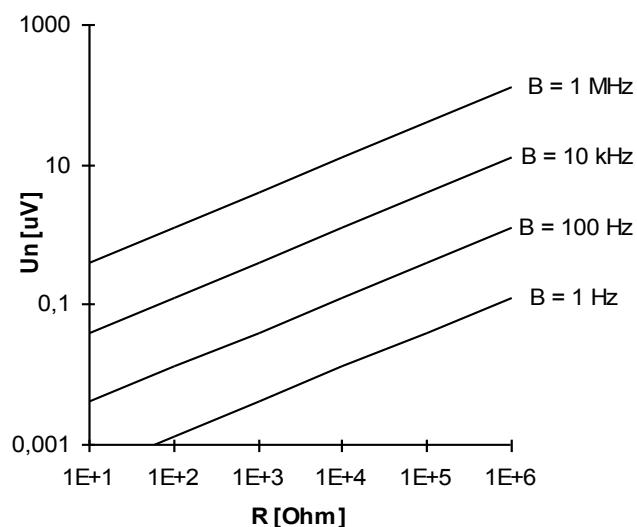
Maximální ztrátový výkon je proto určen pro definovanou maximální teplotu okolí (např. 70°C) a jmenovité podmínky chlazení (volné proudění vzduchu o atmosférickém tlaku kolem součástky, součástka není ohřívána z cizích zdrojů tepla). Pokud nejsou tyto podmínky dodrženy, nesmí být rezistor zatížen maximálním jmenovitým ztrátovým výkonem.

ŠUM REZISTORU

Šum rezistorů, respektive existence šumového napětí na jejich svorkách je základní fyzikální vlastností rezistorů, stejně jako všech součástí a obvodů, které mohou disipovat elektrický výkon.

$$\overline{u_n^2} = 4k\theta BR$$

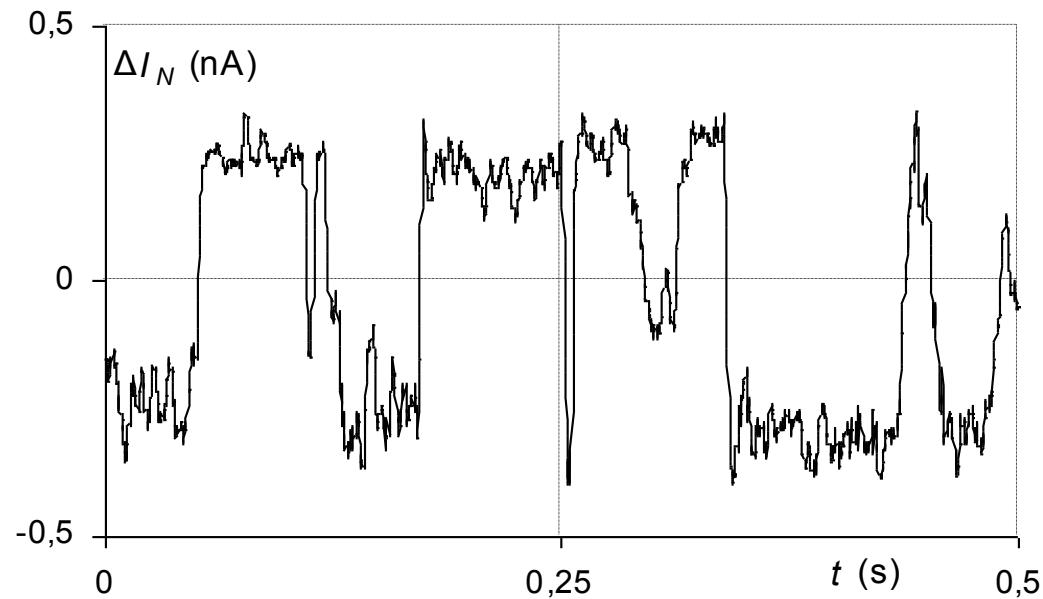
- kde u_n je střední hodnota šumového napětí
k Boltzmannova konstanta $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
 θ absolutní teplota
B efektivní šířka frekvenčního pásma, ve které je napětí indikováno
R velikost ohmického odporu



Prochází-li rezistorem elektrický proud, stoupá i šumové napětí na rezistoru, často i nad hodnotu tepelného šumu. Tento proudový šum vzniká nepravidelností průchodu proudu přes potenciálové bariéry v materiálu. Projevuje se nejvíce u hmotových rezistorů a rezistorů lakosazových. Naopak u rezistorů tvořených homogenním vodičem (drátové) se proudový šum neprojevuje. Zatímco střední výkonová hustota (dP/df) tepelného šumu je kmitočtově nezávislá v širokém rozsahu frekvencí, výkon proudového šumu se stoupající frekvencí klesá.

Obr.5.1.7. Efektivní hodnota napětí tepelného šumu odporu

Ne-konstantní proud procházející rezistorem

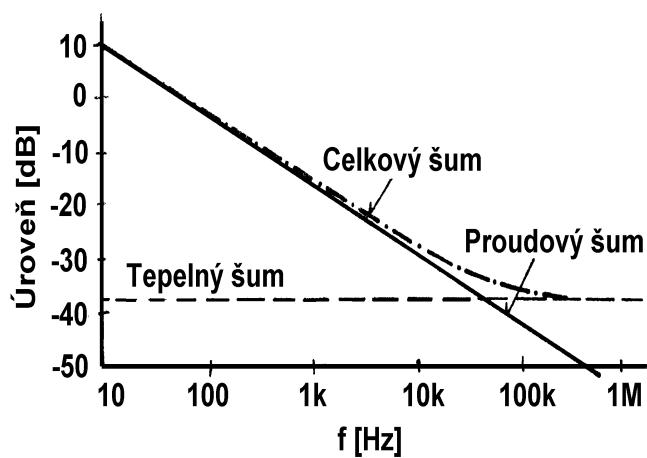


$$\overline{u_n^2}(f) = AI^\alpha R^\beta f^{-\gamma}$$

kde $u_n(f)$ je střední hodnota čtverce napětí šumu vztažená na 1Hz šíře pásma
při kmitočtu f

A	konstanta závislá na kvalitě rezistoru
I	proud procházející rezistorem
f	kmitočet
α, β	činitelé závislé na druhu rezistoru, obvykle $\alpha = 2, \beta = 2$
γ	exponent udávající kmitočtovou závislost šumu, obvykle $\gamma = 1$

Typická kmitočtová závislost šumového napětí na svorkách rezistoru, kterým protéká stejnosměrný proud, je znázorněna na obr. Proudový šum rezistorů působí potíže zvláště v citlivých nízkofrekvenčních zesilovačích s velkou citlivostí na nízkých kmitočtech. Šumové napětí generované rezistory je známkou jejich nízké kvality, může značně snížit odstup rušivých signálů celého zařízení a znamená nebezpečí vzniku poruch.



Kmitočtová závislost šumového napětí na rezistoru, kterým protéká proud

STÁRNUTÍ REZISTORU

Stárnutí rezistorů se projevuje průběžnými a nevratnými změnami jejich vlastností. Pomineme-li poruchy, resp. zvýšenou intenzitu poruch po určité době provozu, je nejdůležitější mírou stárnutí rezistorů změna jejich odporu v čase.

$$\Delta R = R_0 \frac{t}{\tau}$$

časová konstanta je exponencielně závislá na teplotě

$$\tau = \text{konst.} \cdot e^{-\frac{E_A}{kT}}$$

Zvýšení teploty vede k značnému zrychlení stárnutí: + 30 K asi 60x,
+60 K asi 600 x

Srovnání vlastností rezistorů

Druh rezistoru	uhlíkový	tenkovrstvý	metaloxidový	tlustovrstvý	drátový
tloušťka vrstvy [nm]	10 až 3000	10 až 1000	20 až 1000	10 až 30 μm	-
odpor na čtverec [Ω]	1 až 5000	20 až 1000	20 až 1000	10 až 10^5	-
TKR [ppm/K]	-200 až -800	± 100	± 300	± 300	± 30
max.teplota [$^{\circ}\text{C}$]	125	175	250	150	350
drift [%]	1	0,5	2	1	0,01 až 0,1
proudový šum	střední	velmi malý	malý	malý	zanedbatelný
nelinearita	střední	velmi malá	malá	malá	zanedbatelná

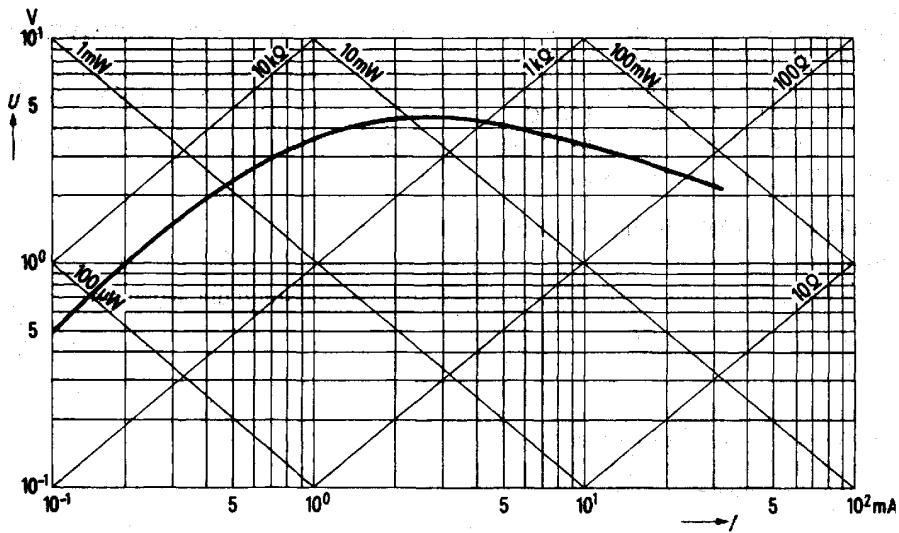
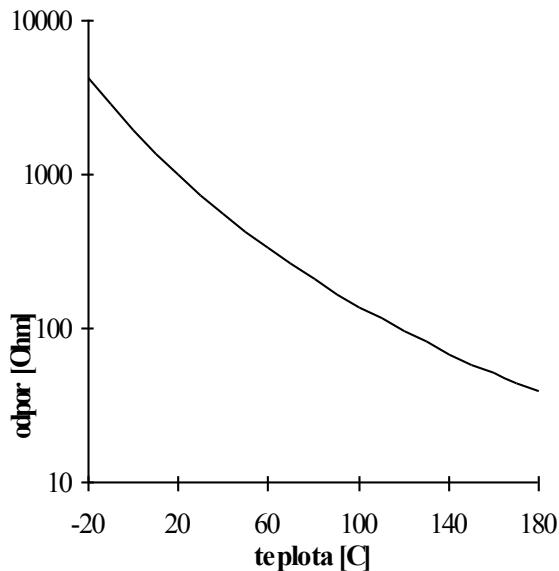
NELINEÁRNÍ ODPORY

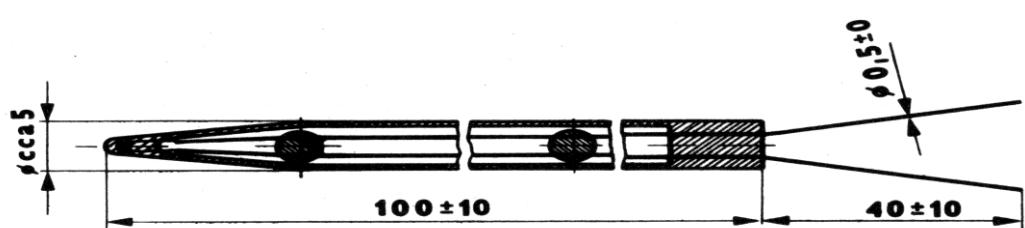
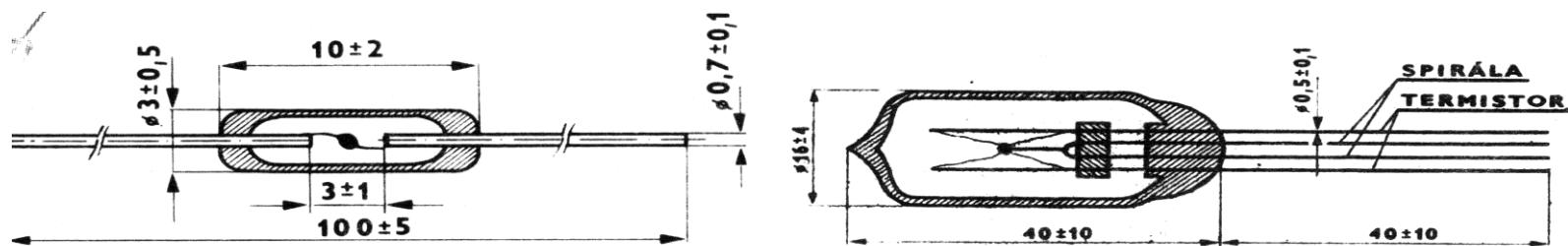
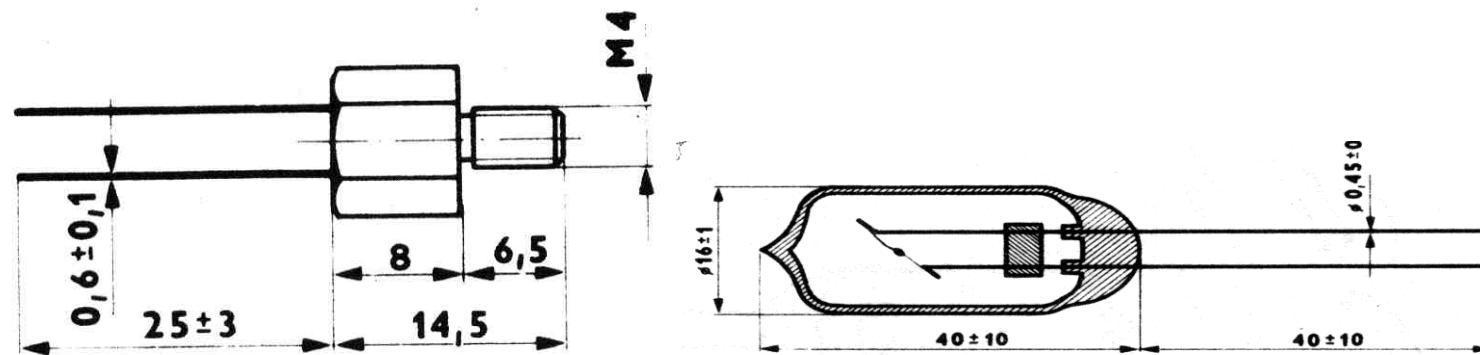
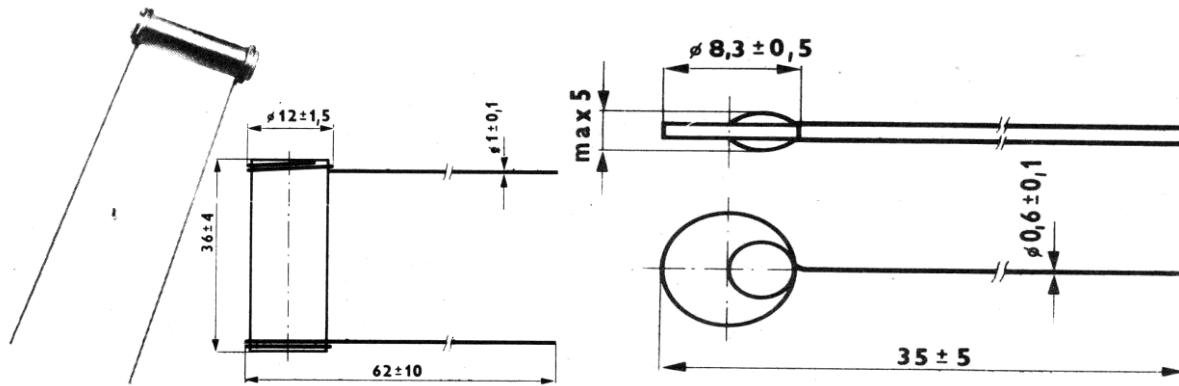
**TERMISTORY NTC, PTC
NAPĚŤOVĚ ZÁVISLÉ ODPORY VDR
FOTOODPORY**

NTC – vysoký záporný teplotní součinitel

$$R = A T^{-C} e^{-\frac{B}{T}}$$

C je blízké 0, B veliká, 1000 až 10000





KONSTRUKCE, VÝROBA

tyčinky, destičky, perličky

Spékání z polykrystalického polovodiče – kysličníky Mn, Ni, Cu, Co, V,Cr, Ti, W, hodně staré UO₂, TiO₂, CuO

Rozemletá směs kysličníků se musí dobře homogenizovat a míchat

tyčinky, destičky

Velikým tlakem (600kg/cm²) se lisují tělíska požadovaných tvarů

Výpal při teplotě 1000 až 1400°C v oxidační atmosféře

Kontaktování- vpálení Ag pasty, připájení vývodů (i ovinutí)

perličky

Na napjaté drátky z Pt slitiny (25-100μm) se nanese kapička z nevypálené hmoty

Výpal

Pouzdro – z plastu, do skla jako teploměr, do vakuových baněk

VŽDY umělé stárnutí při zvýšení teploty, aby se to ustálilo

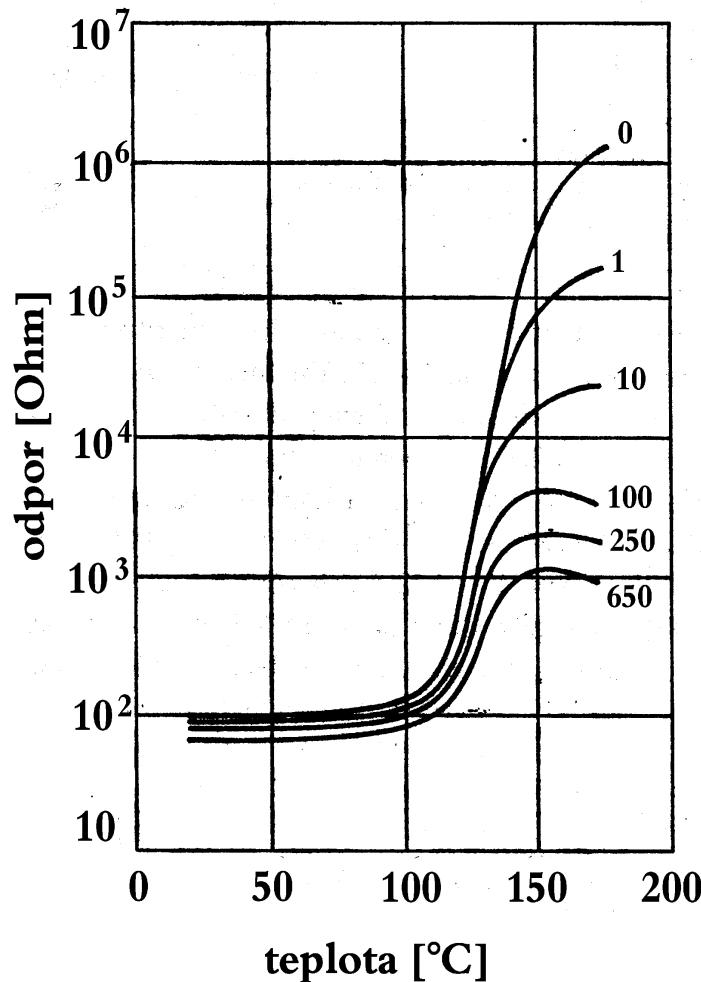
TERMISTORY PTC

Ve studeném stavu mají malý odpor, ohřátím se odpor o několik řádů zvýší

Děj je způsoben změnou permitivity feroelektrika, které je součástí materiálu, ze kterého je termistor vyroben (feroelektrická zrna, pojivo)

Nízká teplota – feroelektrická zrna-vysoké E v pojivu, vede to .

Vysoká teplota – relativně stejná permitivita i E- skoro to nevede



Charakteristika je kmitočtově i
napěťově závislá
(parametr je kmitočet, ale
s rostoucím napětím to vypadá
podobně)

KONSTRUKCE A VÝROBA

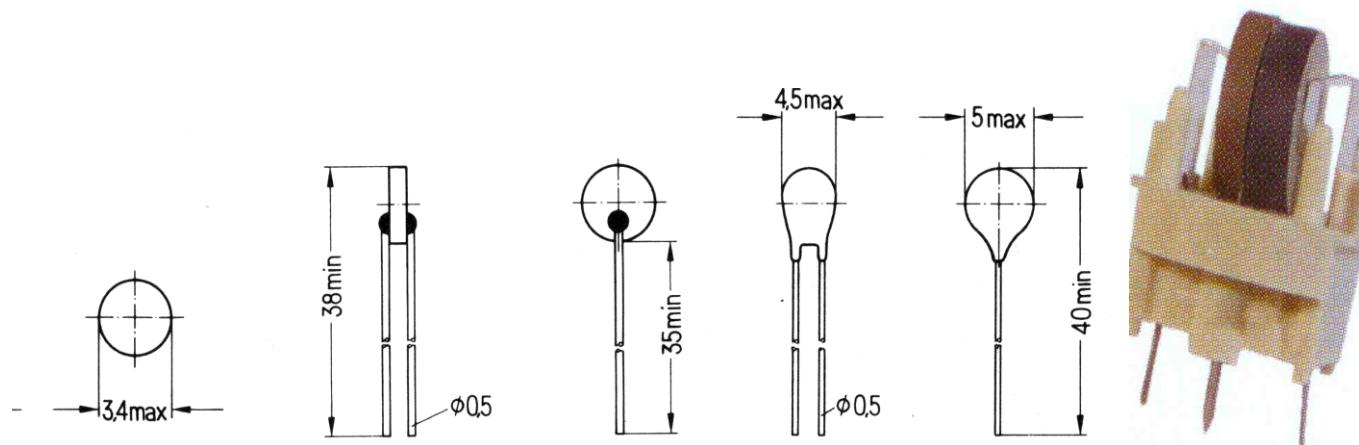
Tvar – zase hlavně tyčinky, destičky, trubičky

Materiál je spékaný, směs BaCO_3 , SrCO_3 , La_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 se mele v kulových mlýnech, žíhá -kalcinuje 1100 až 1200° C

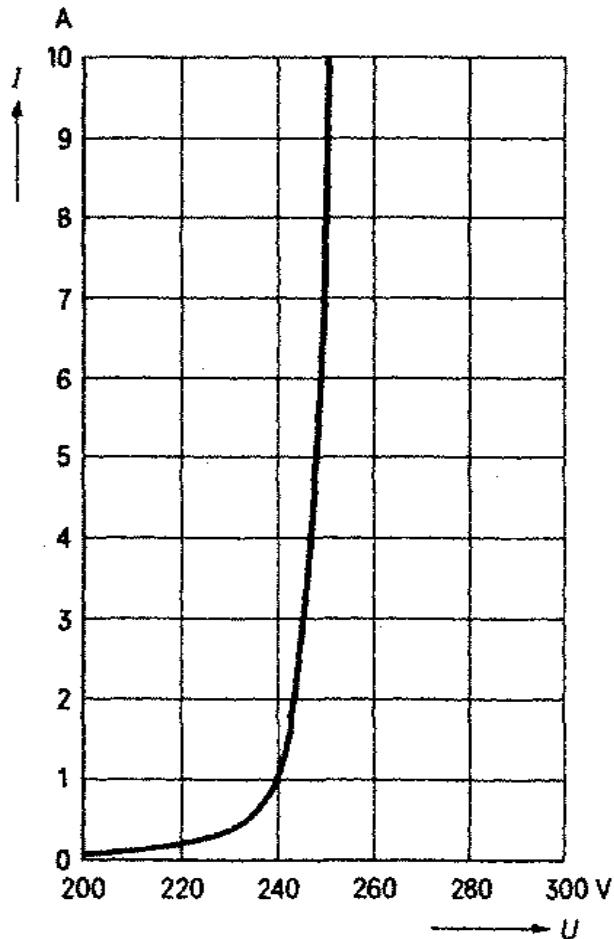
To co vznikne se znova rozemenele , hydraulicky lisuje do požadovaných tvarů a vypaluje se při teplotě 1300 až 1400° C, 0,5 až 2 hod.

Vývody ohmické, Ni, na ně se připájí přívodní vodiče

Povrchová ochrana – třeba fluidizace



NAPĚŤOVĚ ZÁVISLÉ ODPORY VDR

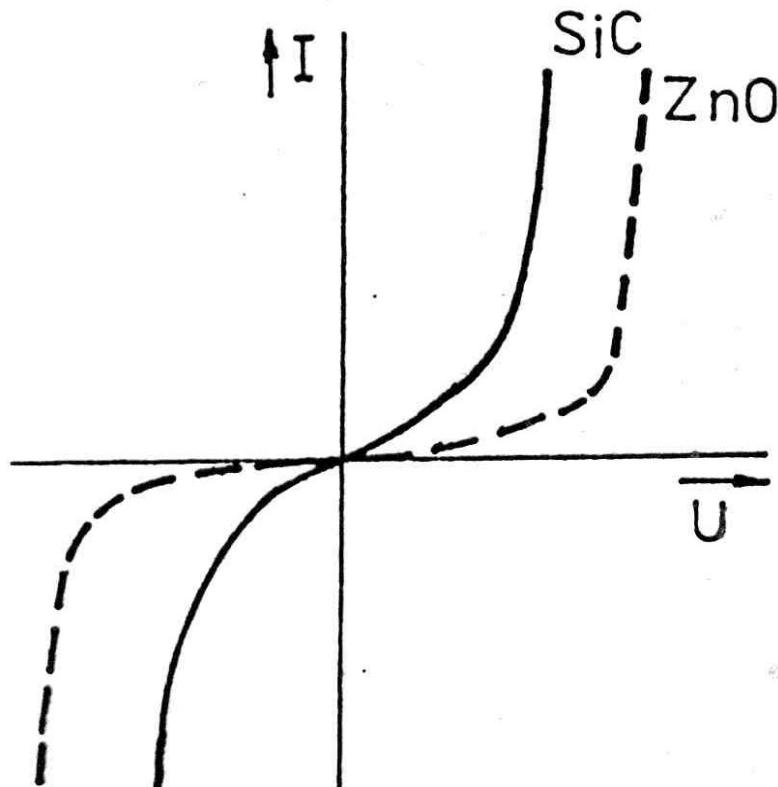


Odpor z polykrystalického polovodiče, lichá charakteristika typu mocniny.
Proud procházející prvkem od jistého napětí velmi rychle roste .

$$I = kU^\alpha$$

Pokles odporu způsoben nárůstem elektrického pole mezi zrny polovodiče, směs je ze všech stran stejná – charakteristika lichá
Odpor se zmenšuje téměř okamžitě, za 50 ns
Vliv má kmitočet, teplota, chová se to jako každý polovodič, na VF jako ztrátový kondenzátor

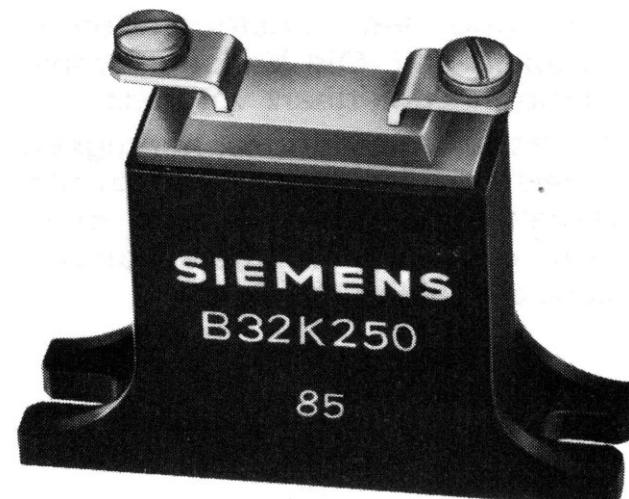
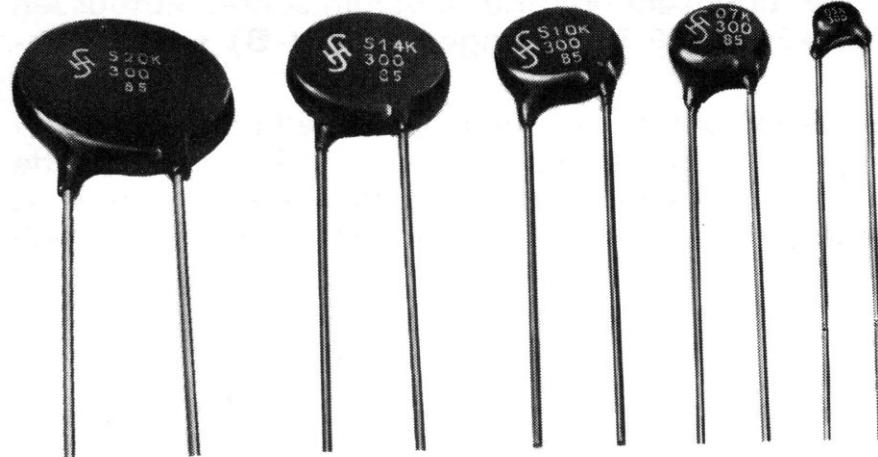
KONSTRUKCE, VÝROBA VDR



Tvar: obvykle destičky nebo terčíky lisované a spékané z polykrystalického polovodiče

Materiál: staré SiC , nové ZnO s přídavky MnO , Sb_2O_3 , MgO , Bi_2O_3 , zpevněné skelným smaltem, vpálené kovové elektrody AgPd , Au , Ni

Povrchová ochrana: epoxidová pryskyřice, zálivka. Důležitá ochrana proti vlivům okolí

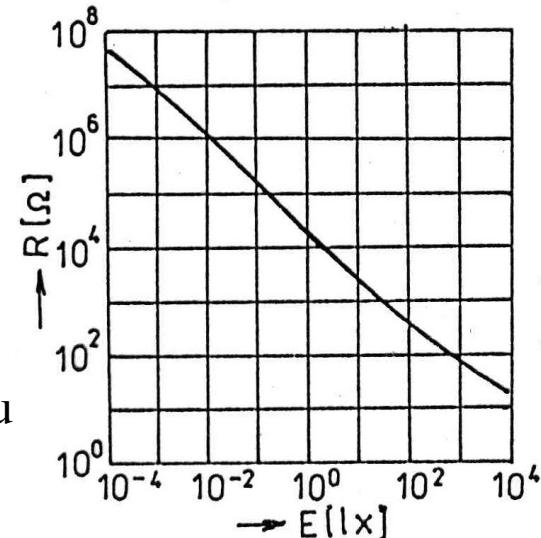


FOTOODPORY

Odpory elektricky vcelku **lineární**, odpor závisí na osvětlení odporové dráhy

Plovodičové prvky bez přechodu PN, odpor ovlivňuje vnitřní fotoelektrický jev

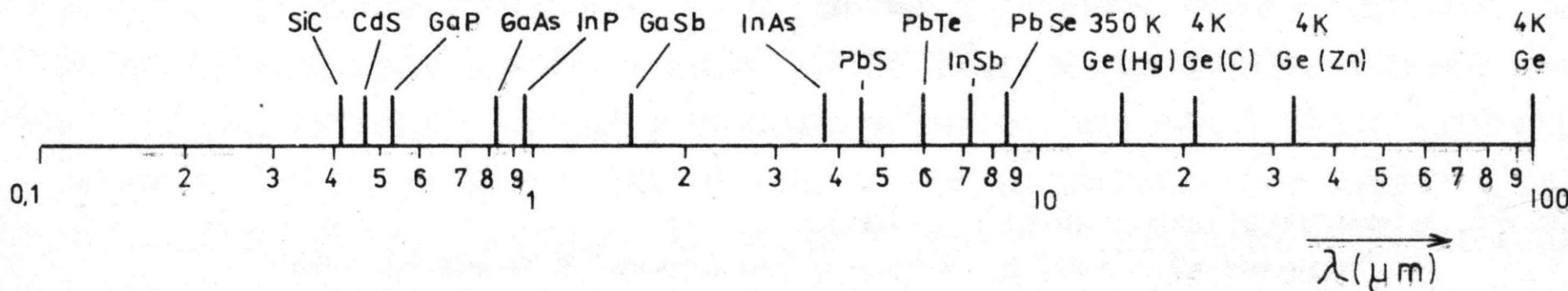
Vliv světla je popsán křivkou spektrální citlivosti polovodivého materiálu. Nejběžnější CdS, má spektrální citlivost podobnou oku Užívají se i jiné PbS, PbTe, CdSe, InAs, InSb.....



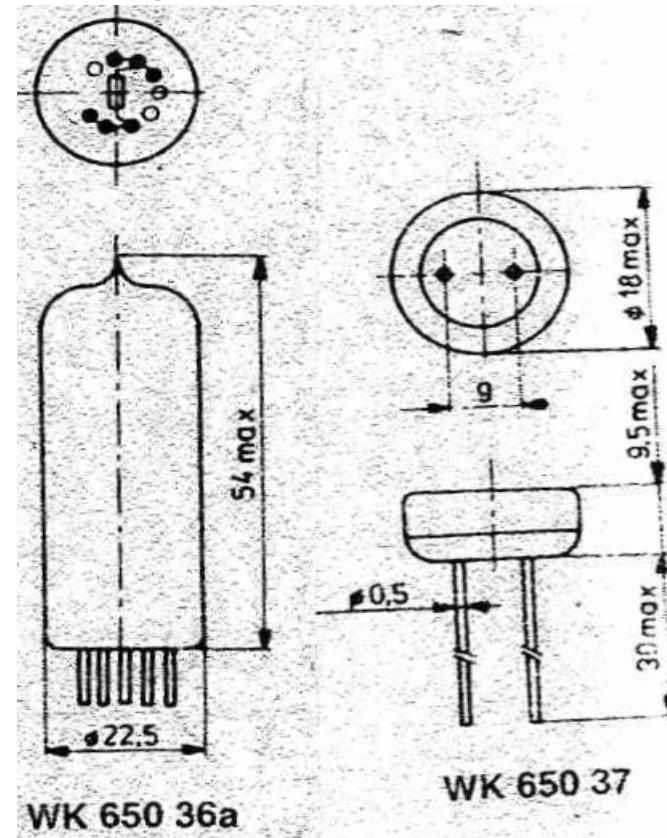
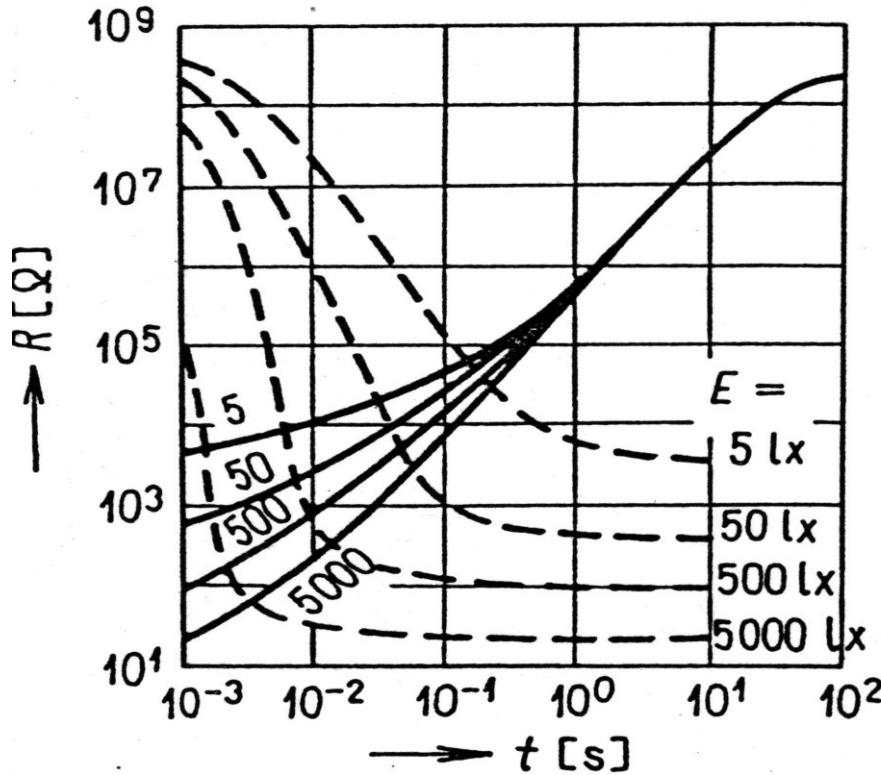
Dynamické vlastnosti – na osvětlení i zatemnění reagují fotooodpory se zpožděním, odezva na zatemnění je obvykle daleko delší než na osvětlení. CdS je velmi pomalý (1000 s), InSb je mnohem rychlejší (0,1 až 10 μs). Časová konstanta závisí na technologii při zpracování a příměsích.

$$R = kE^{-\gamma}$$

E-osvětlení, γ strmost fotorezistoru



KONSTRUKCE, VÝROBA



Vrstvička je nanesena na povrchu podložky a upravena tak, aby se na ni dalo svítit

Vrstvy se vyrábí NAPAŘOVÁNÍM, SINTROVÁNÍM, CHEMICKÝM VYLUČOVÁNÍM

Fotoodpor je citlivý na agresivní látky a vlhkost, musí být hermeticky uzavřen. Nejlepší pouzdro je SKLO , sklo a kov, na laciné se používají plasty a pryskyřice

