



Prenosové médiá 12

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.

(lubos.ovsenik@tuke.sk; tel. 421 55 602 4336)

https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM_PS_Prenosove_media/

BEZDRÔTOVÝ PRENOS (Wireless) 6

(APERTÚROVÉ (Plošné) ANTÉY)

- Štrbinové antény
- Lievikové antény
- Reflektorové antény
 - Antény s plochým reflektorom
 - Antény s uhlovým reflektorom
 - Antény s parabolickým reflektorom
- Šošovkové antény
 - Spomaľujúce šošovky
 - Urýchľujúce šošovky
- Mikropásikové antény
 - Konfigurácia mikropásikových antén
 - Mikropásikové plátkové (patch) antény
 - Mikropásikový dipól
 - Mikropásiokové štrbinové antény
 - Mikropásiokové antény s postupujúcou vlnou
 - Napájanie mikropásikových antén

Apertúrové antény (plošné)

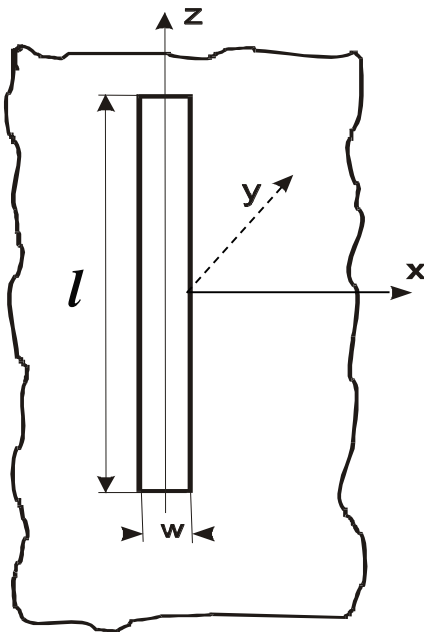
Plošné antény sú také antény, ktorých **vyžarujúcim** útvarom je v teoretickom zmysle len samotná plocha - takzvaná **apertúra plošnej antény**

- najdôležitejšími typmi plošných antén sú:
 - **štrbinové** antény
 - **lievikové** antény
 - **reflektorové** antény
 - **šošovkové** antény
 - **mikropásikové** antény
- použitie plošných antén je typické predovšetkým pre oblasť **mikrovln** (GHz)

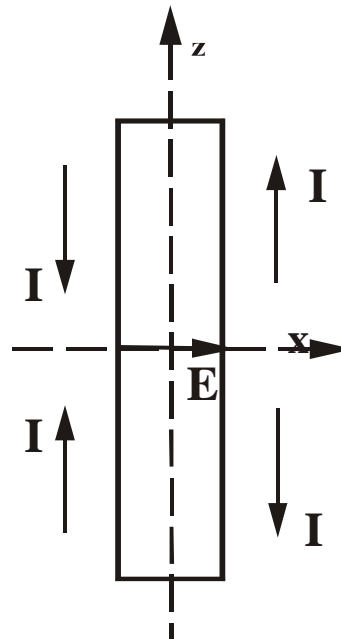
Štrbinové antény

Štrbinová anténa je tvorená **otvorom** vo vodivej ploche – tak ako sme si ju vytvorili pri elementárnych žiaričoch (elementárna štrbina)

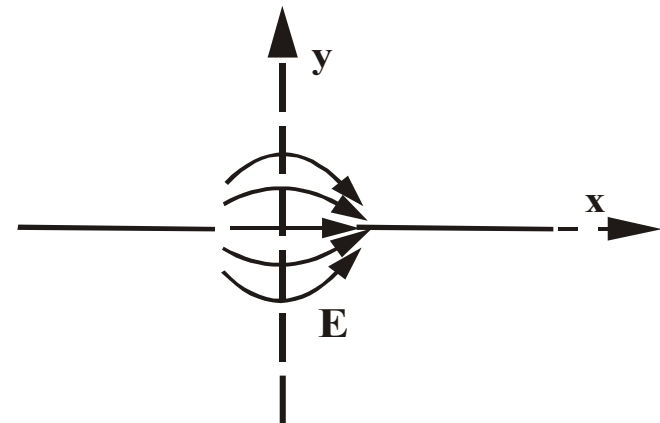
- nech šírka štrbiny **w** je omnoho menšia ako je dĺžka **l** a zároveň **$w \ll \lambda$**



Štrbinová anténa v nekonečne vodivej platni



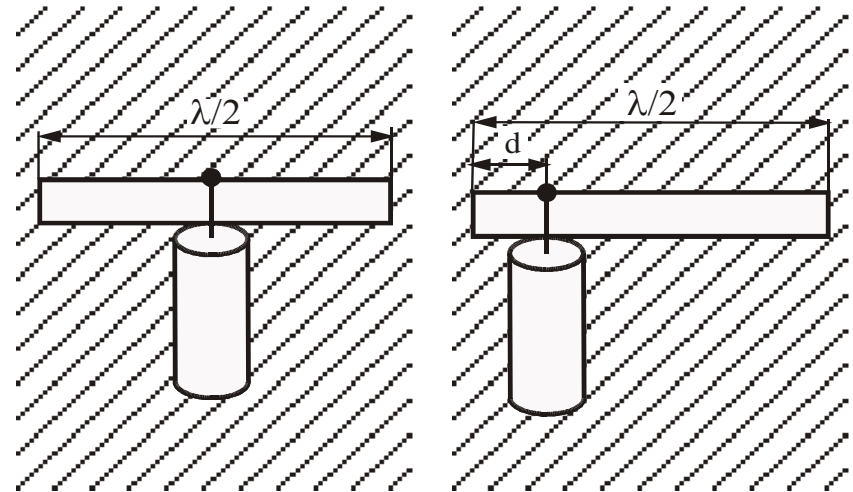
Rozloženie el. prúdu v štrbine



Rozloženie el. siločiar v štrbine

■ potom **pre polvlnovú štrbinu** platí:

- **smerová charakteristika** je rovnaká ako u **polvlnového dipólu**
- **rozdiel** je **len v polarizácii**, ktorá v prípade štrbiny je v porovnaní s dipólom **otočená o 90°**
- **vstupná impedancia** je približne **500Ω**
 - hodnota nevhodná pre budenie štrbiny pomocou koaxiálneho vedenia
 - **impedančné prispôsobenie možno uskutočniť najjednoduchšie posunutím napájacieho bodu**



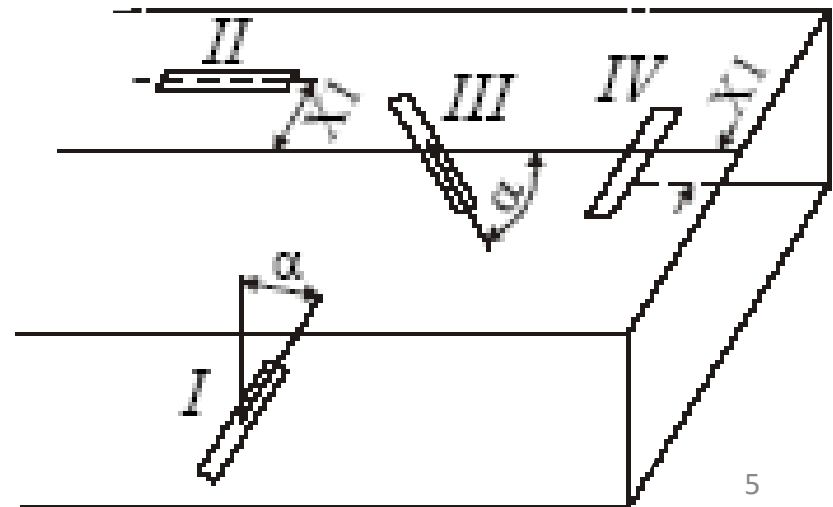
Nepripôsobené

Prispôsobené

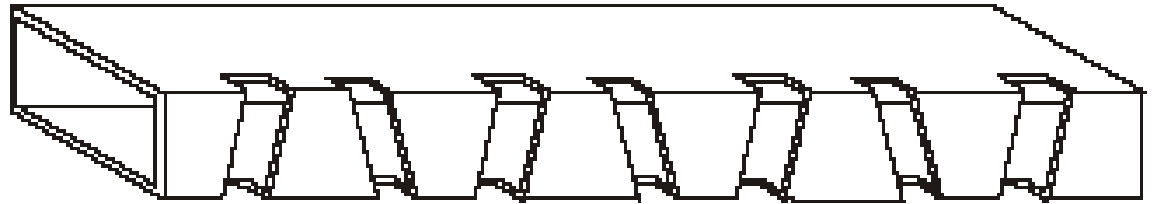
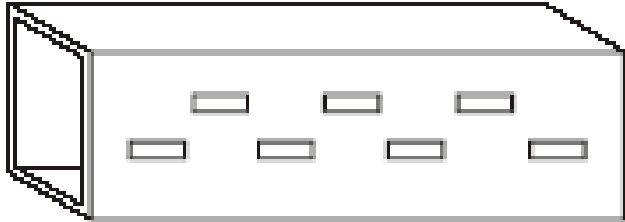
■ štrbinové antény sú veľmi rozšírené **v mikrovlnovej technike (UKV-UHF)**

■ konštruujú sa ako **štrbiny v stenách vlnovodov**

- je nutné vychádzať z podmienky, že vyžarujúca **štrbina musí pretínať smer** povrchových vln prúdov v stenách vlnovodu

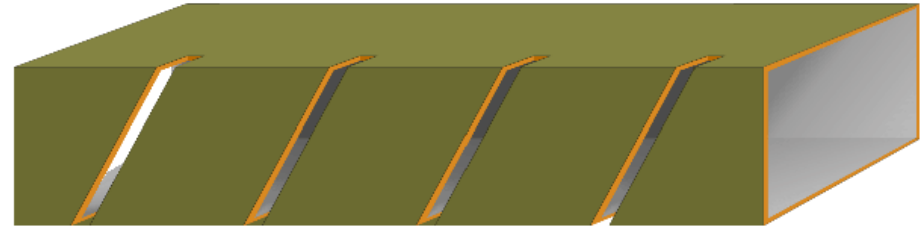


- štrbinové antény sa často združujú do **anténových sústav** podobne ako lineárne antény a **vyznačujú sa vysokou účinnosťou**

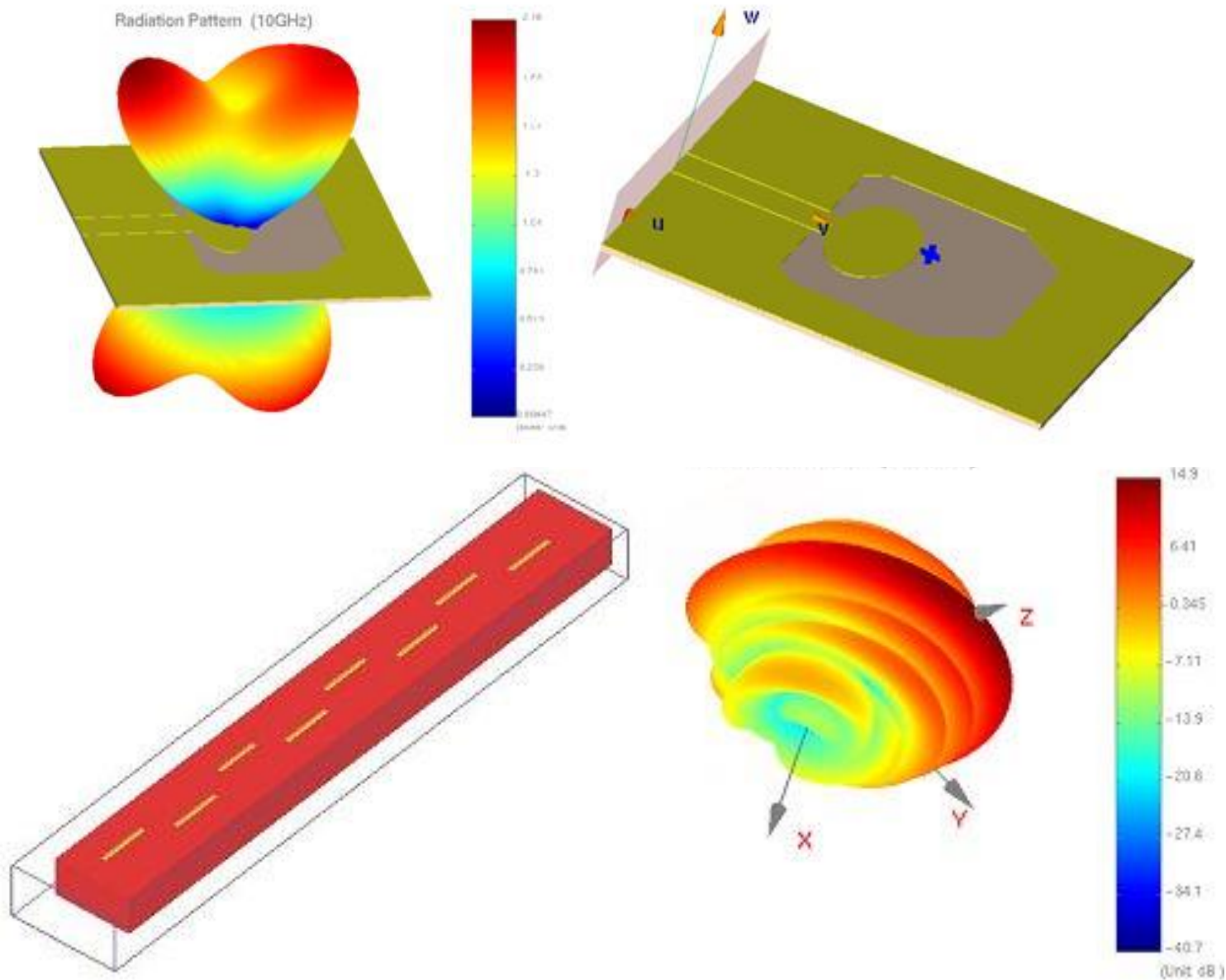


- **použitie:**

- sektorové antény pre **GSM**
- **WiFi** antény
- **GPS** antény, radary, atď.



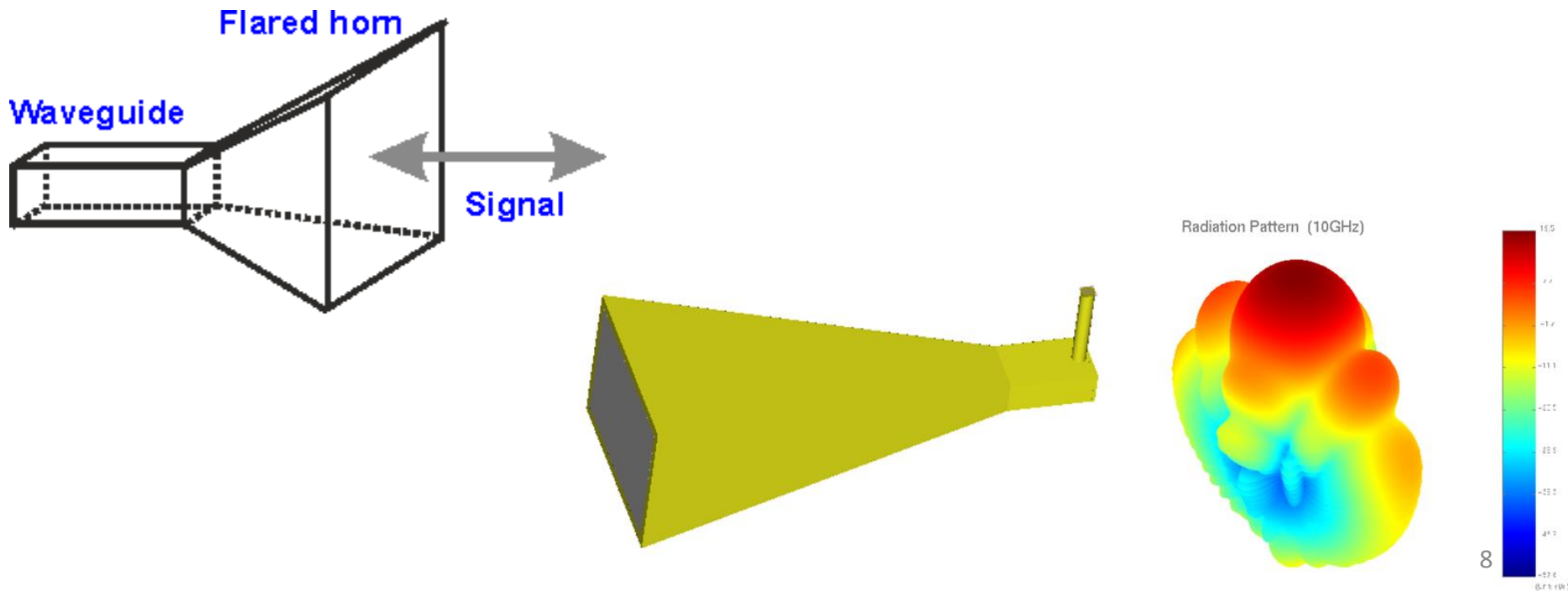
Obr. Ukážky vyžarovacích charakteristík štrbinovej antény a štrbinového vlnovodu (štrbinovej anténnej sústavy)



Lievikové antény

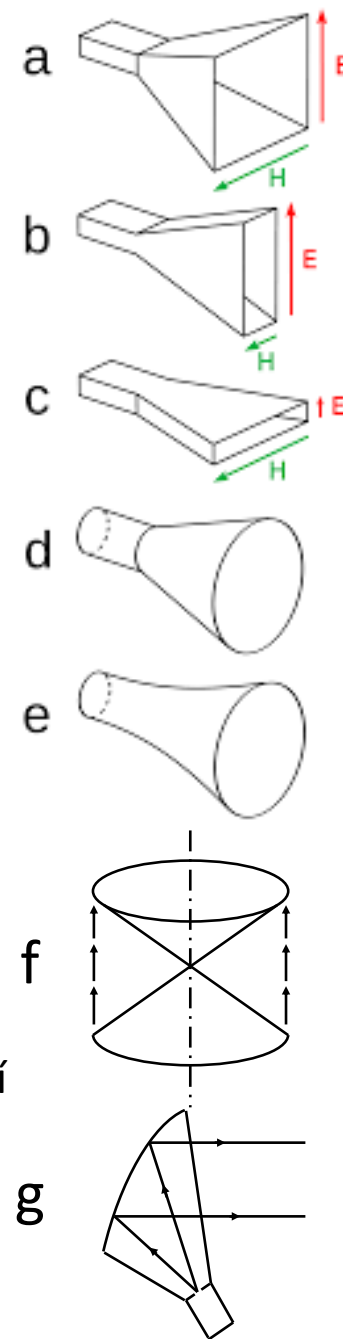
Lievikové antény najčastejšie slúžia ako primárne žiariče pre šošovkové a reflektorové antény, alebo ako referenčné meracie antény

- vznikajú **plynulým rozšírením** rozmerov vlnovodu a v podstate **impedančne prispôbujú vlnovod k voľnému prostrediu**



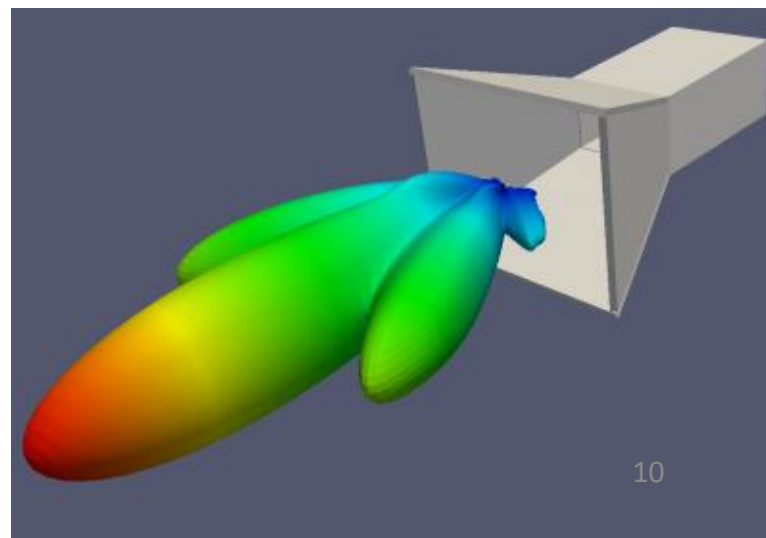
■ poznáme niekoľko **typov lievikových antény**:

- (a) **ihlanová** lieviková anténa (Pyramidal Horn)
 - používa sa pre **sústredenie vyžarovania v obidvoch rovinách symetrie vlnovodu** – napr. v **anténovej meracej technike** ako referenčná anténa so známym energetickým ziskom
- (b) lieviková anténa **typu E** (E-Plane Sectoral Horn)
 - sústreďujú **vyžarovanie v rovine E**
- (c) lieviková anténa **typu H** (H-Plane Sectoral Horn)
 - sústreďujú **vyžarovanie v rovine H**
- (d) lieviková **kužeľová** anténa (Conical Horn)
 - sústredenie **vyžarovania v obidvoch rovinách symetrie vlnovodu** – napr. ako **primárny žiaric** pre symetrickú parabolickú anténu
- (e) lieviková **exponenciálna** anténa (Exponential Horn)
 - používajú sa v aplikáciách, ktoré vyžadujú vysoký výkon, ako sú **žiarice pre komunikačné satelitné antény** a **rádiové teleskopy**
- (f) lieviková **dvojkúžeľová** anténa (Double Conical Horn)
 - polarizácia elm vlny vyžarovanej dvojkúžeľovou anténou závisí od spôsobu napájania a môžu byť **horizontálna** i **vertikálna**
- (g) **lievikovo-parabolická** anténa (Parabolic-Horn)
 - výhodou tejto antény je **odstránenie fázových odchýlok v apertúre**



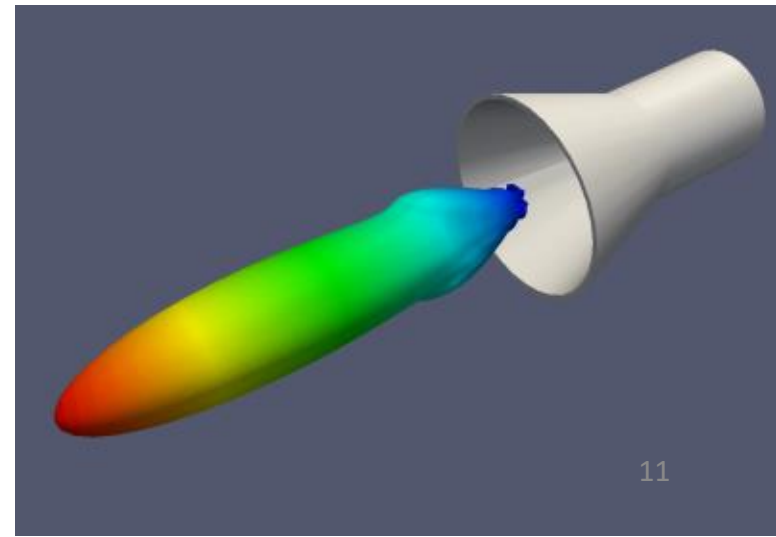
Ihlanová lieviková anténa

- **používajú** sa len pri vlnových dĺžkach menších ako 10 cm, t.j. pre **mikrovlny - UKV** (3-30 GHz; 100-10 mm)
 - aby sa odrazy na konci vlnovodu čo najviac potláčali, treba nastaviť jeho prierez na vlnový odpor priestoru
 - z tohto dôvodu sa vlnovod na konci rozšíri do tvaru lievika
- ak sa má **energia vyžiariť do určitého smeru**, lievikovito ukončený vlnovod sa **umiestni do ohniska** parabolického zrkadla orientovaného na smer vyžarovania
- **použitie** napr.:
 - meracia referenčná anténa
 - UWB radarová technika (senzory,...)
 - žiarič reflektorových antén, atď.



Kuželová lieviková anténa

- používajú sa pri vlnových dĺžkach VKV (30-300 MHz; 10-1 m), ale aj pre mikrovlny - UKV (3-30 GHz; 100-10 mm)
 - aby sa odrazy na konci vlnovodu čo najviac potláčali, treba nastaviť jeho prierez na vlnový odpor priestoru
 - z tohto dôvodu sa vlnovod na konci rozšíri do tvaru lievika
- použitie napr.:
 - meracia referenčná anténa
 - UWB radarová technika (senzory,...)
 - žiarič reflektorových antén, atď.

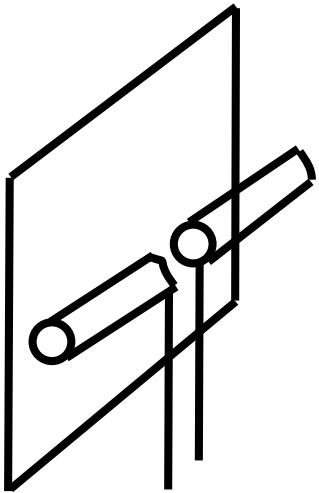


Reflektorové antény

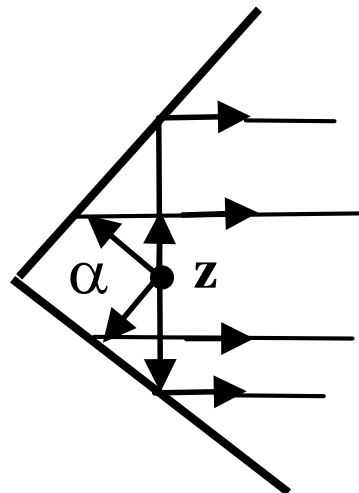
Pomocou **reflektora** vhodnej veľkosti, tvaru a vhodne ožarovaného primárnym žiaričom **možno získať** požadovanú smerovú charakteristiku

- poznáme **7 základných tvarov** reflektorov:
 - 1) **rovinný** reflektor (plochý)
 - sa používa predovšetkým na **ohraničenie vyžarovania do jedného polpriestoru**
 - (2) **uhlový** reflektor
 - dva rovinné reflektory, ktoré sa pretínajú pod určitým uhlom
 - **väčší energetický zisk** a **ostrejšia smerová charakteristiku**
 - (3) **pravouhlý** reflektor **bez** primárneho žiariča
 - používa ako **pasívna anténa**
 - jej charakteristickou vlastnosťou je schopnosť odrážať elm vlny späť do smeru, dokiaľ na ňu dopadli

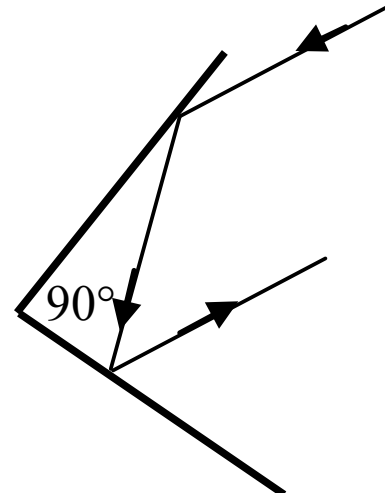
Obr. Typy reflektorov



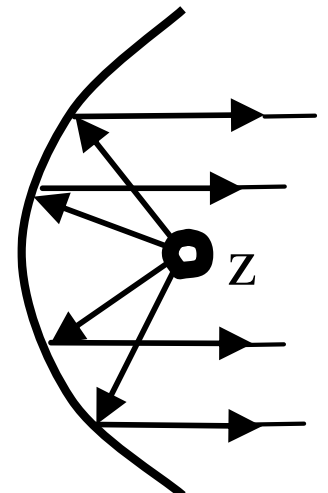
plochý



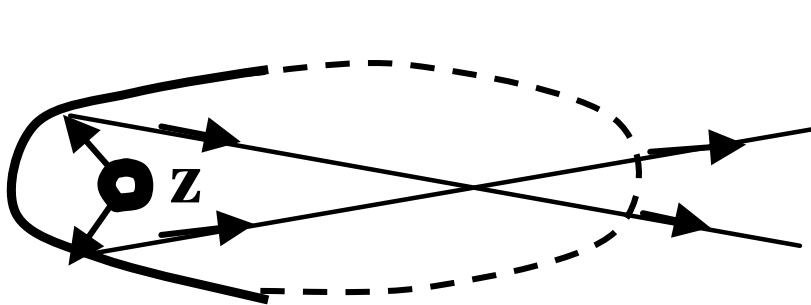
uhlový



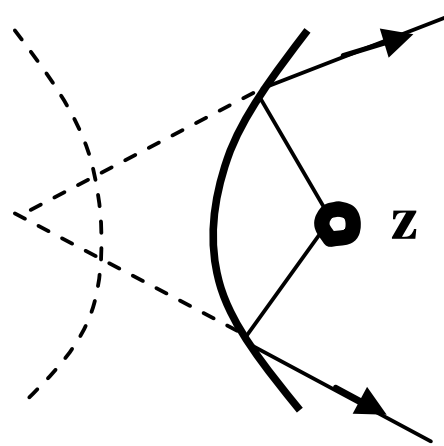
pravouhlý



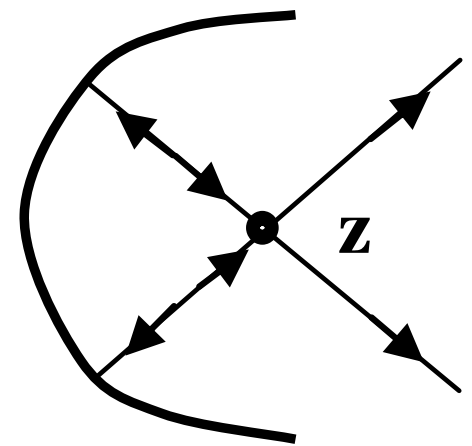
parabolický



eliptický



hyperbolický



guľový

Z- primárny žiarič

- (4) **parabolický** reflektor
 - veľká smerovosť
 - apertúra je rádovo 10^1 až $10^2 \lambda$
 - lúče vyžarované z bodového zdroja umiestneného v ohnisku vytvárajú po odraze od parabolického reflektora rovnobežný zväzok
 - vlnenie odrazené od reflektora musí byť vo fáze s vlnením, ktoré vychádza z primárneho žiariča
- (5) **eliptický** reflektor
 - odráža lúče vystupujúce z jedného ohniska tak, že sa opäť sústreďujú v mieste druhého ohniska
- (6) **hyperbolický** reflektor
- (7) **guľový** reflektor

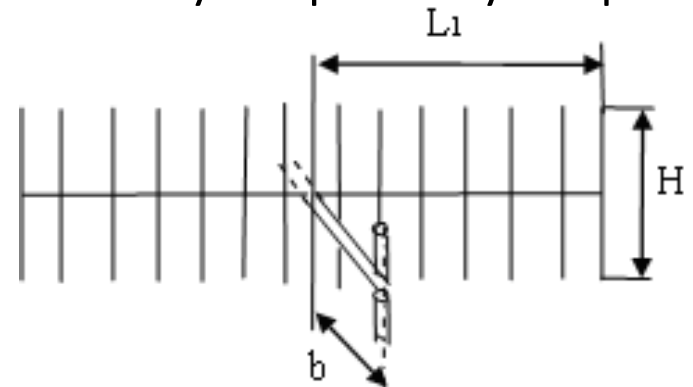
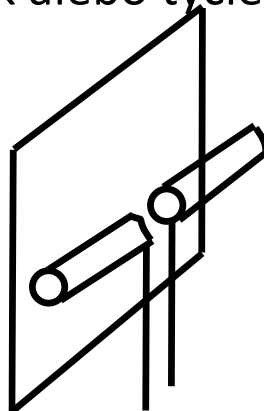
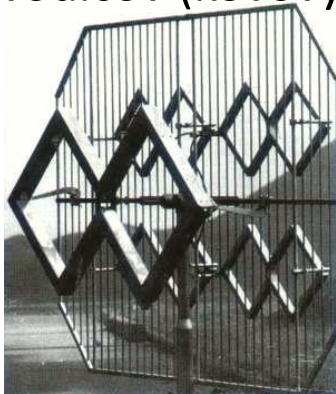
■ **použitie** napr.:

- TV prenos (DVB-S)
- skúmanie kozmu
- WiFi, GSM, atď.



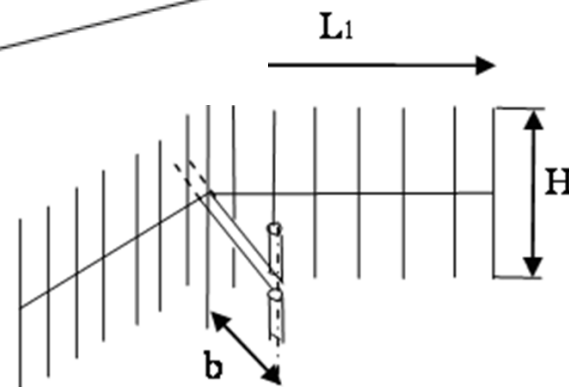
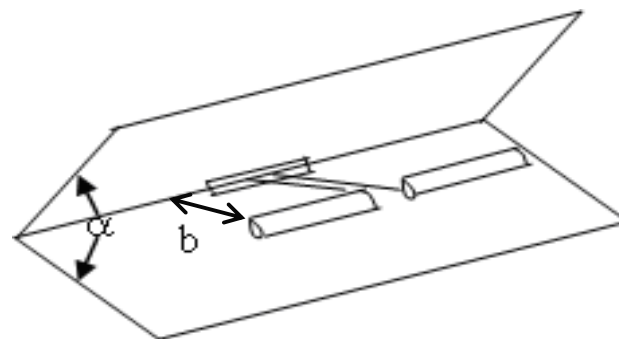
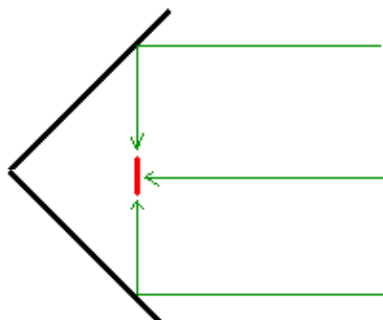
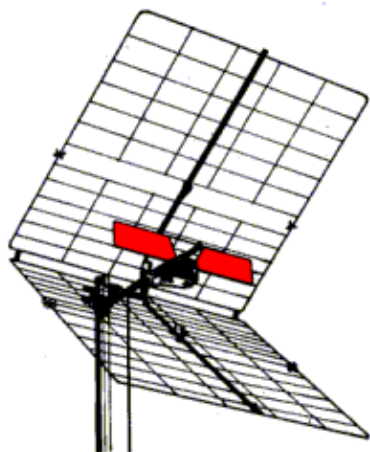
Antény s plochým (rovinným) reflektorem

- v ideálnom stave pre
 - nekonečne dokonalý vodivý rovinný reflektor
 - výsledná smerová charakteristika takejto antény (plochý reflektor), závisí predovšetkým od vzdialenosti primárneho žiaríča (napr. polvlnového dipólu) od reflektora
- v skutočnosti
 - má reflektor konečné rozmery, čoho dôsledkom je, že elm pole za reflektorom nie je nulové
 - intenzita elektrického poľa za reflektorom závisí od pomeru rozmerov reflektora a vlnovej dĺžky a dĺžky antény
 - pri nie príliš veľkých frekvenciách reflektor môže byť tvorený sústavou vodičov (kovových rúrok alebo tyčiek) rovnobežných s primárnym dipólom



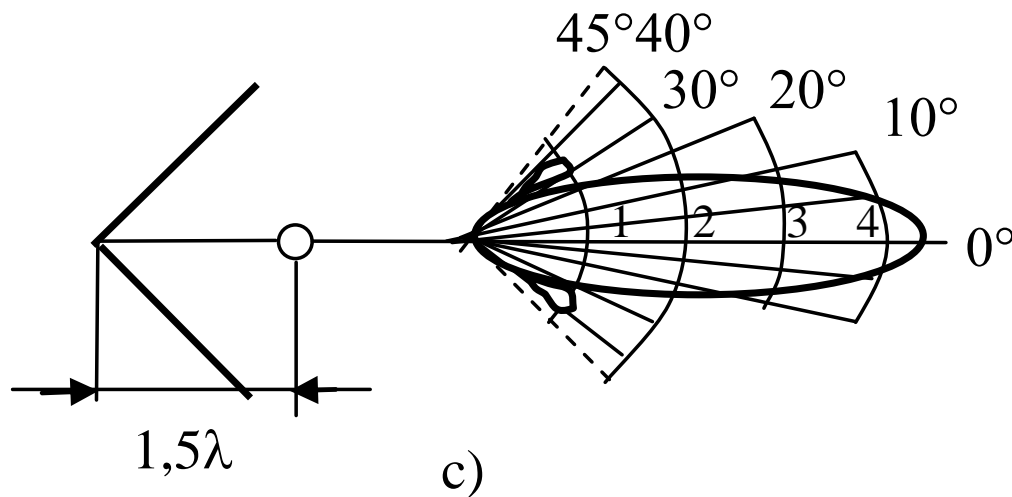
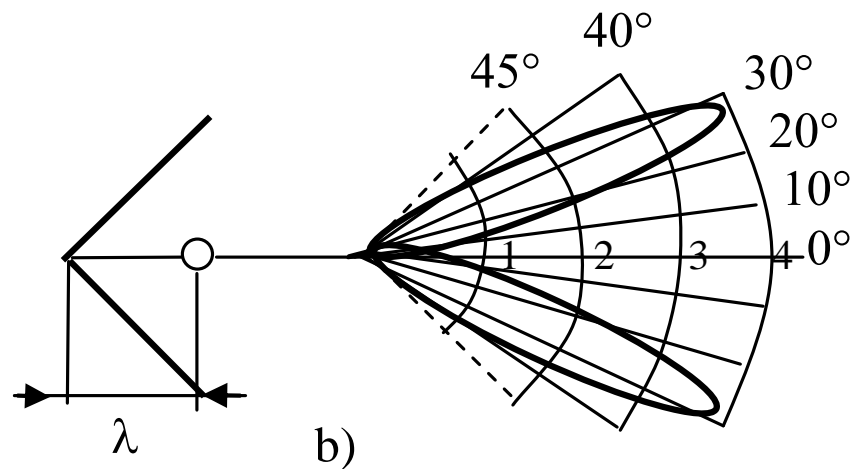
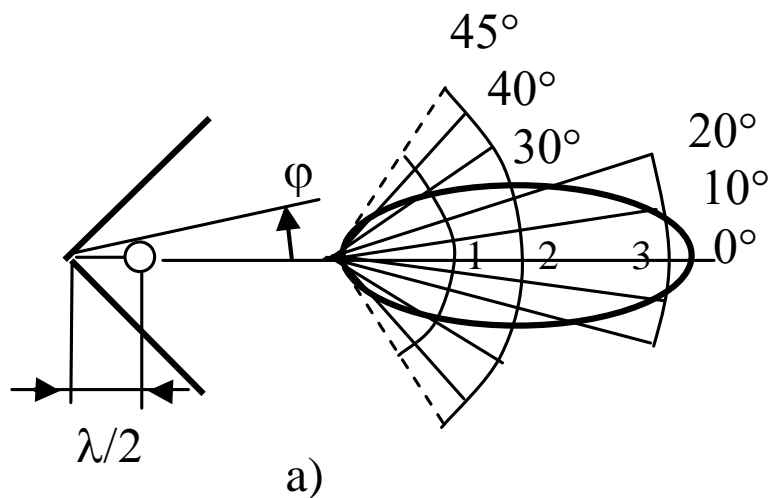
Antény s uhlovým reflektorem

- sa používajú vtedy, keď požadované rozmery apertúry sú niekoľko násobkom vlnovej dĺžky
- v ideálnom stave pre
 - nekonečne dokonalý vodivý rovinný reflektor
 - výsledná smerová charakteristika takejto antény (plochý reflektor), závisí predovšetkým od vzdialenosti „ b “ primárneho žiariča (napr. polvlnového dipólu) od reflektora



- v skutočnosti
 - má reflektor konečné rozmery
 - a vzniká aj nevelké vyžarovanie antény v spätnom smere

Obr. Smerové charakteristiky antény s uhlovým reflektorom pre $\alpha=90^\circ$ a pre (a) $b=0,5\lambda$; (b) $b=\lambda$; (c) $b=1,5\lambda$



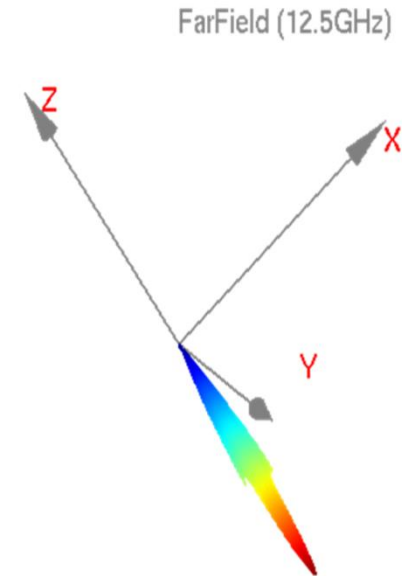
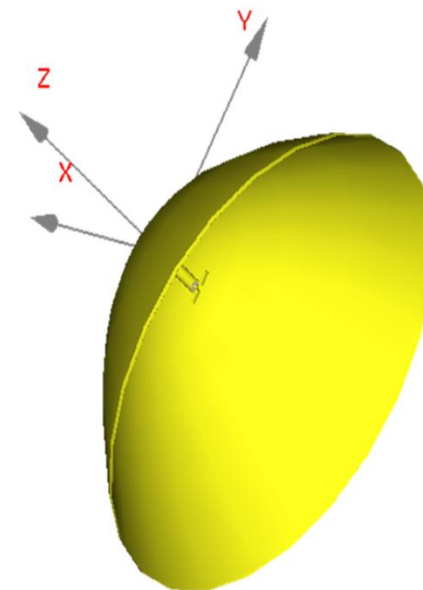
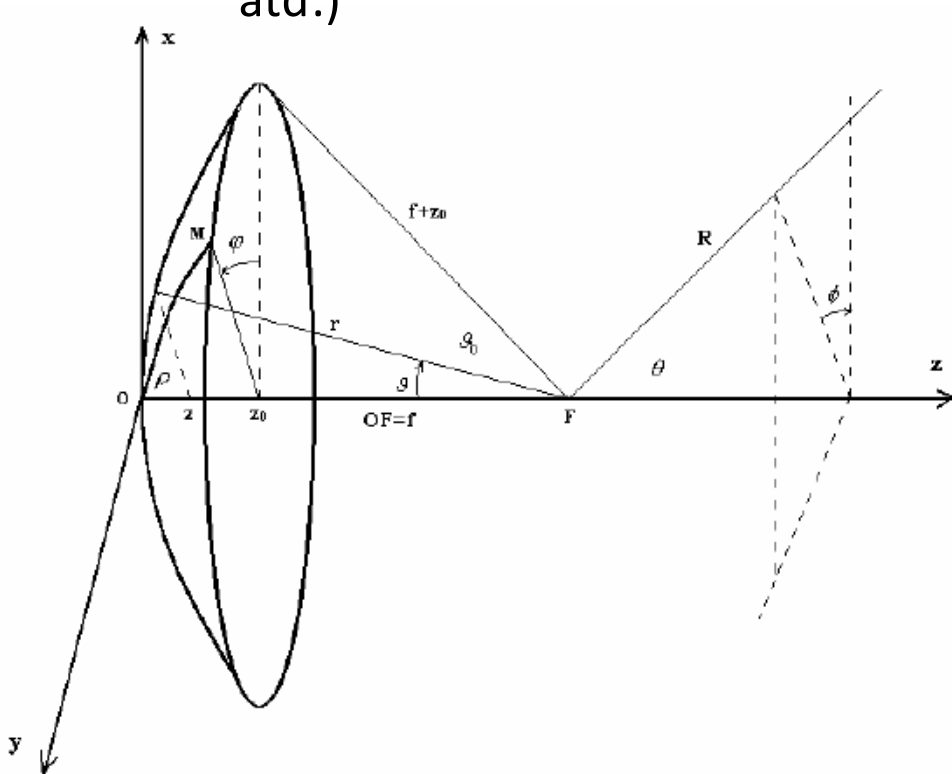
Antény s parabolickým reflektorem

- parabolické antény nachádzajú široké **uplatnenie** predovšetkým v **oblasti veľmi vysokých frekvencií (VKV)**
 - **vyplýva** to z
 - ich **jednoduchej konštrukcie**
 - možnosti získať **smerové charakteristiky rôznych tvarov**
 - **veľkej smerovosti**
 - **nízkej šumovej teploty, atď.**
- parabolické antény sa **používajú** v
 - **rádiolokácií**
 - **smerových rádiových spojoch**
 - **kozmickej komunikácii**
 - **rádioastronómii a pod.**
- používajú sa **reflektory tvaru**
 - **rotačného paraboloidu**
 - **aj tvaru parabolického valca**



Parabolická anténa s jedným reflektorom

- **elm pole vyžarované takouto anténou je superpozíciou poľa vytvoreného**
 - reflektorom
 - priameho vyžarovania primárneho žiariča (zdroja)
 - a polí vytváraných všetkými kovovými súčastami antény, v ktorých sa indukujú vysokofrekvenčné prúdy (podpery antény, napájacie vedenie, atď.)



Parabolická anténa s hlavným a pomocným reflektorom

- okrem parabolickej antény s **jedným reflektorom a primárnym žiaričom umiestneným v ohnisku reflektora** sa v praxi často používajú zložitejšie antény, ktoré **pozostávajú z dvoch alebo viacerých reflektorov**
 - antény sú **tvorené hlavným a pomocným reflektorom**, pričom **primárny žiarič je umiestnený vo vrchole hlavného parabolického reflektora**
 - **tvár pomocného reflektora závisí od jeho polohy** vzhľadom na ohnisko hlavného reflektora
 - **všeobecná rovnica pomocného reflektora** je

$$r = f' \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon \cos \Theta}$$

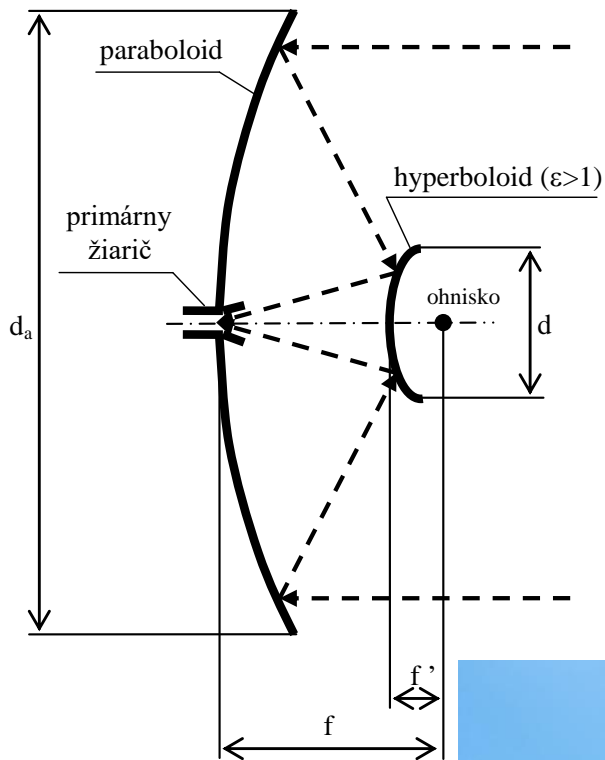
f' – vzdialenosť vrcholu pomocného reflektora od ohniska hlavného reflektora

ε - excentricita pomocného reflektora

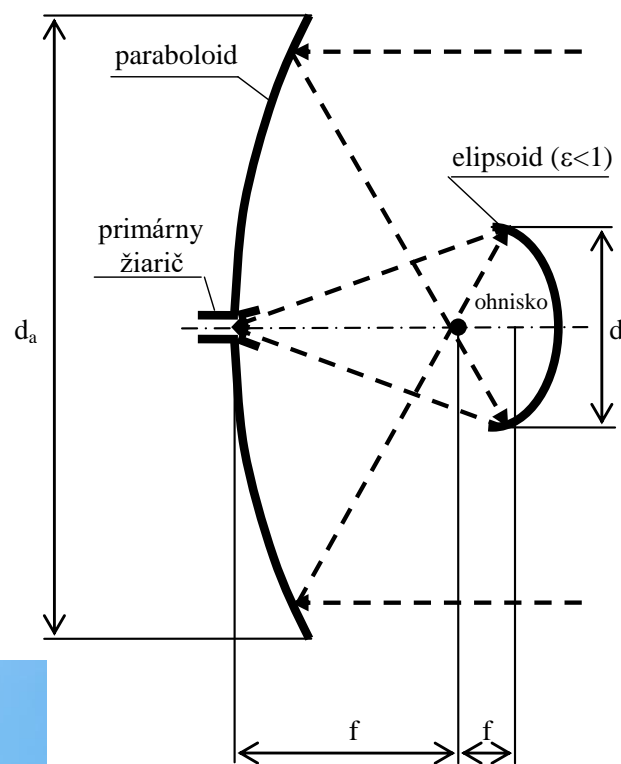
- excentricita môže nadobúdať hodnotu (menšiu, väčšiu alebo rovnú jednotke) v závislosti od vzájomnej polohy pomocného reflektora, ohniska a primárneho žiariča
 - $\epsilon < 1$ - **rovnica elipsoidu** - dostávame anténu **Gregorianovu**, v ktorej je pomocný reflektor umiestnený za ohniskom hlavného reflektora
 - $\epsilon > 1$ - **rovnica hyperboloidu** - dostávame anténu **Cassegrainovu**, v ktorej je pomocný reflektor umiestnený medzi ohniskom hlavného reflektora a jeho ohniskom
 - v oboch prípadoch primárny žiarič musí byť umiestnený v druhom ohnisku pomocného reflektora!!!
 - $\epsilon = 1$ - **rovnica paraboloidu** - dostávame anténu, v ktorej obidva reflektory majú spoločné ohnisko - ako primárny žiarič je použitá **lievikovo–parabolická** anténa
 - pre veľmi veľké ohniskové vzdialenosti sa používa **Visocekasova** anténa

Obr. Dvojreflektorové parabolické antény

anténa Cassegrainova



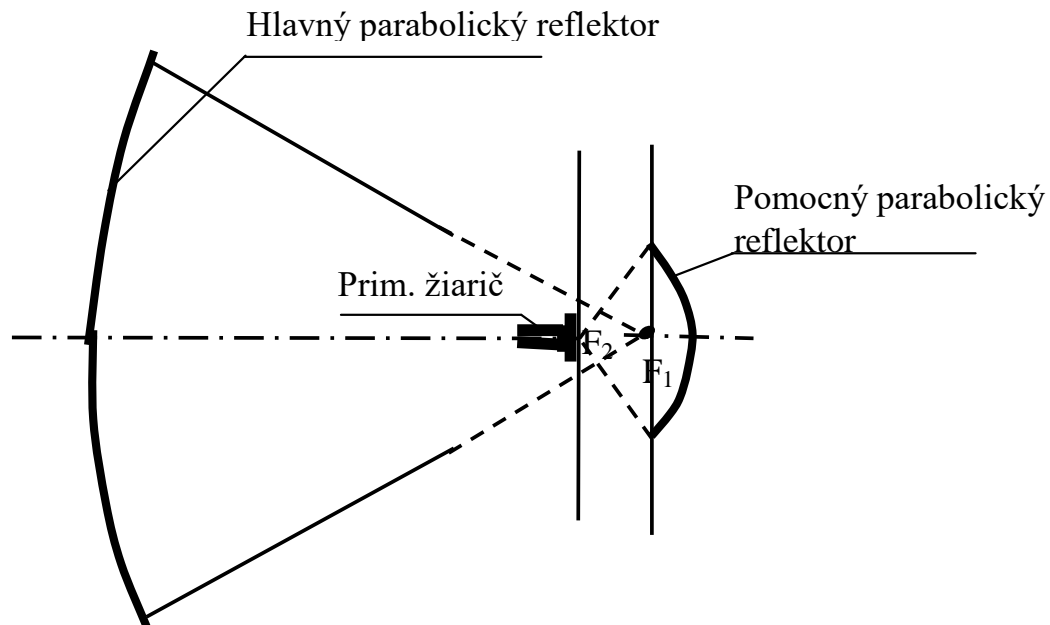
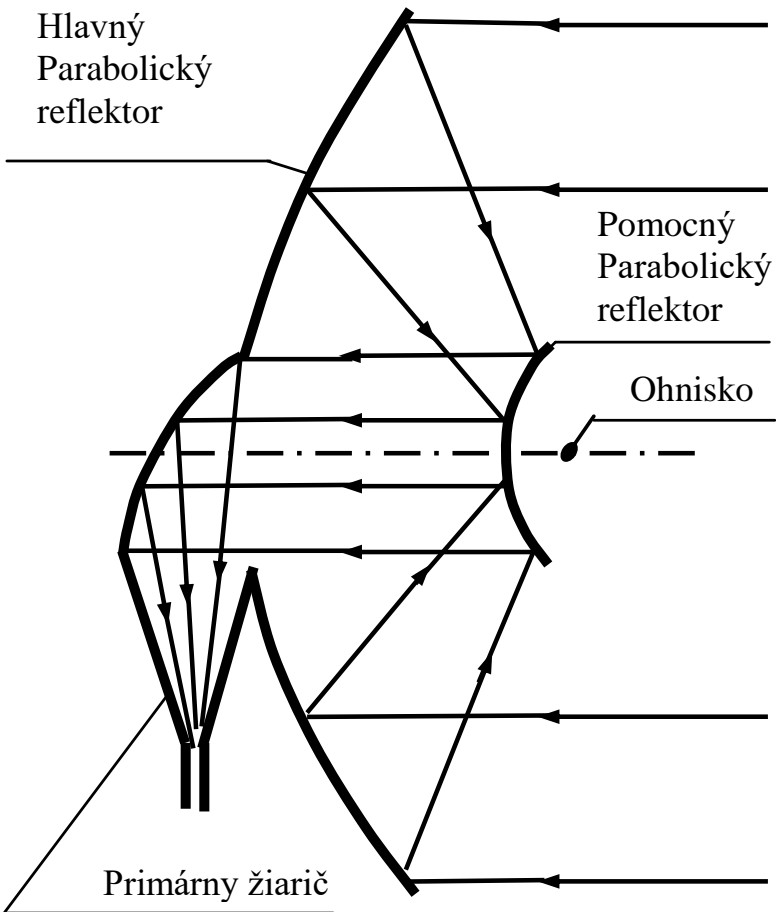
anténa Gregorianova



Obr. Dvojreflektorové parabolické antény

s parabolickým pomocným reflektorem

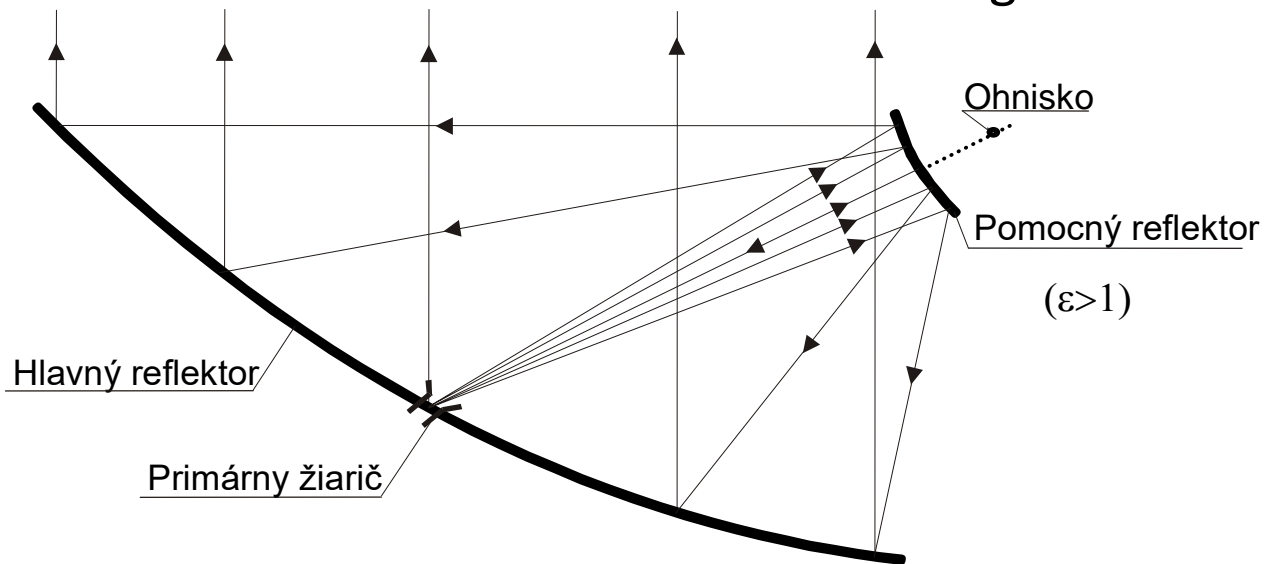
Visocekasova parabolická anténa



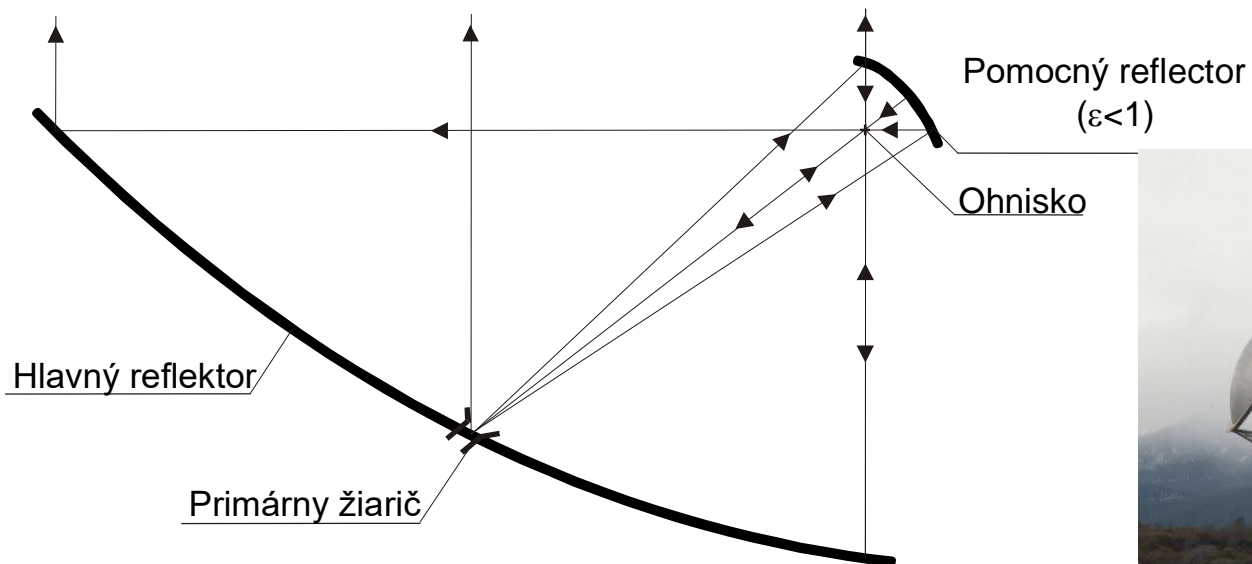
- **hlavnou nevýhodou symetrických parabolických antén** je **tienenie** časti apertúry hlavného reflektora primárnym žiaričom alebo pomocným reflektorom
 - túto nevýhodu čiastočne alebo úplne **odstraňujú nesymetrické parabolické antény**
 - s **hyperbolickým** a **eliptickým reflektorom**, ktoré **častočne vylučujú** tienenie apertúry pomocným reflektorom
 - **lievikovo–parabolické** antény majú **úplne odstránené** tienenie apertúry

Obr. Nesymetrické parabolické antény

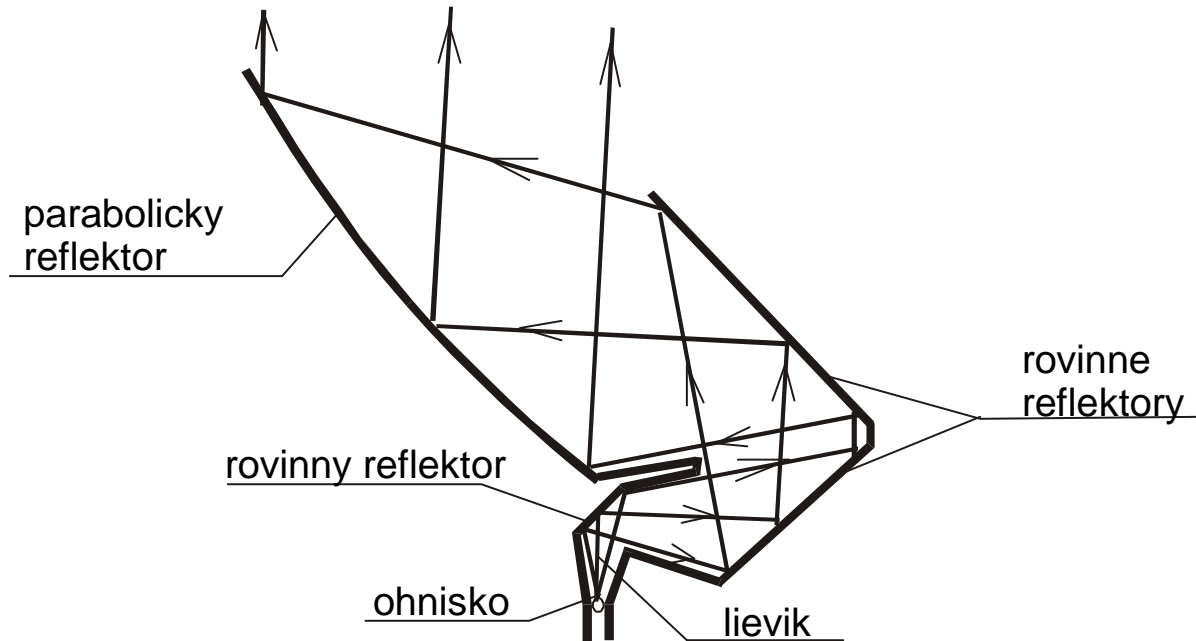
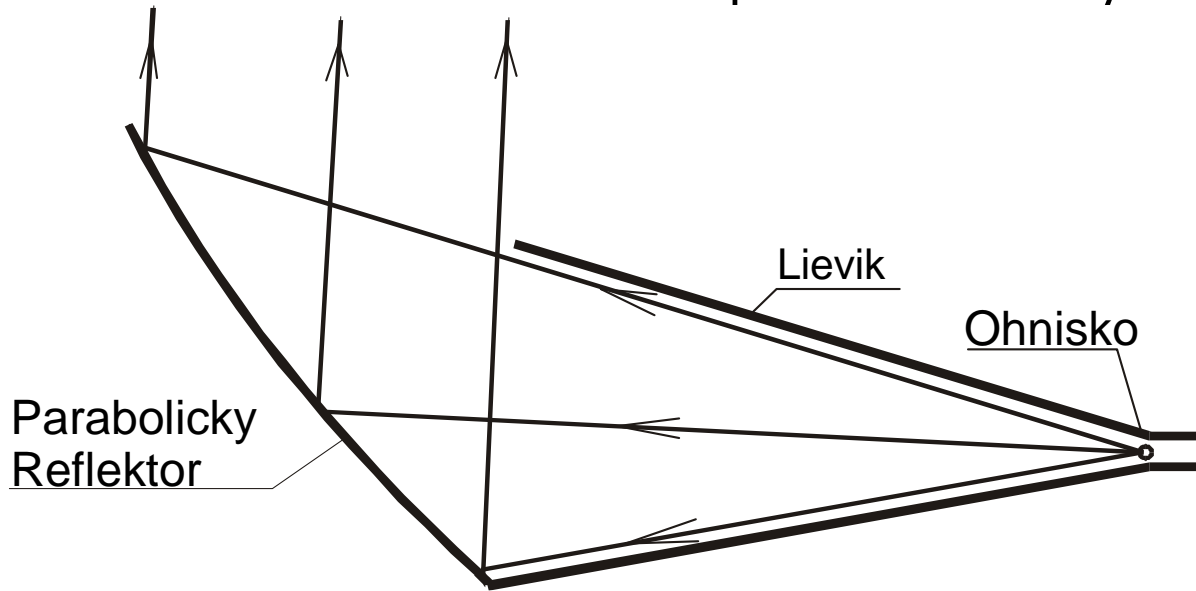
anténa Cassegrainova



anténa Gregorianova

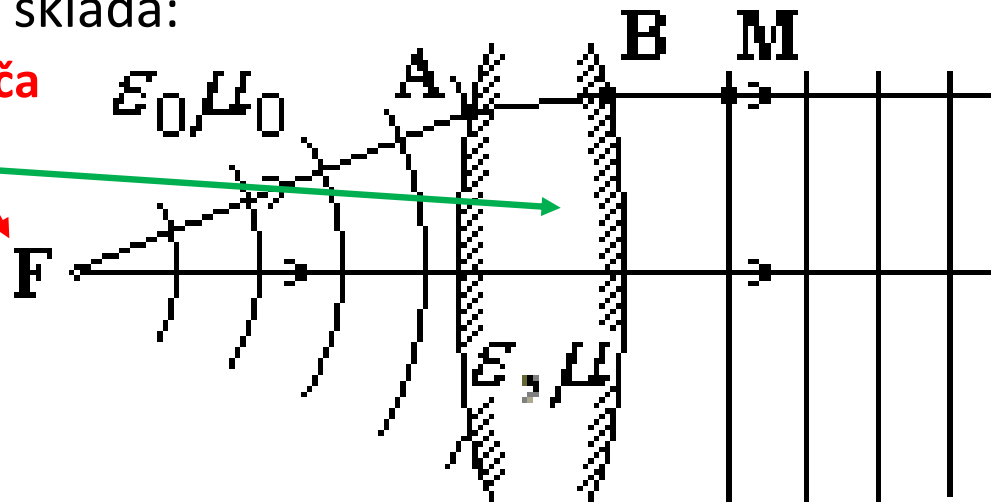
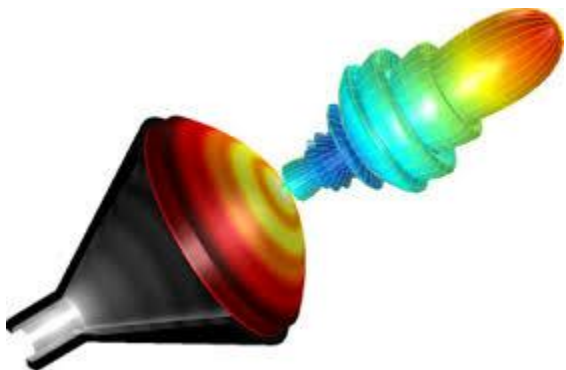
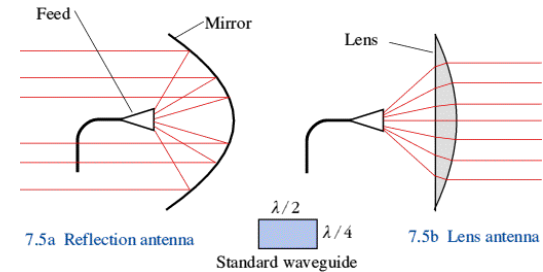


Obr. Lievikovo - parabolické nesymetrické antény



Šošovkové antény

- pri anténach s parabolickým reflektorom sme videli, ako možno z rozbiehavého zväzku lúčov získať zväzok kvázirovnobežný, a tak podstatným spôsobom zväčšiť
 - smerovosť
 - a zisk antény
- rovnakú funkciu však možno dosiahnuť
 - aj prechodom lúčov cez časť priestoru vhodného tvaru, v ktorej je fázová rýchlosť elm vln iná, ako fázová rýchlosť vo voľnom prostredí
 - tento princíp je známy z optiky a príslušné optické prvky sa nazývajú šošovky
- šošovková anténa sa skladá:
 - z primárneho žiariča
 - a šošovky

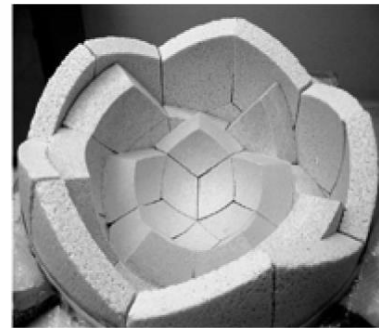
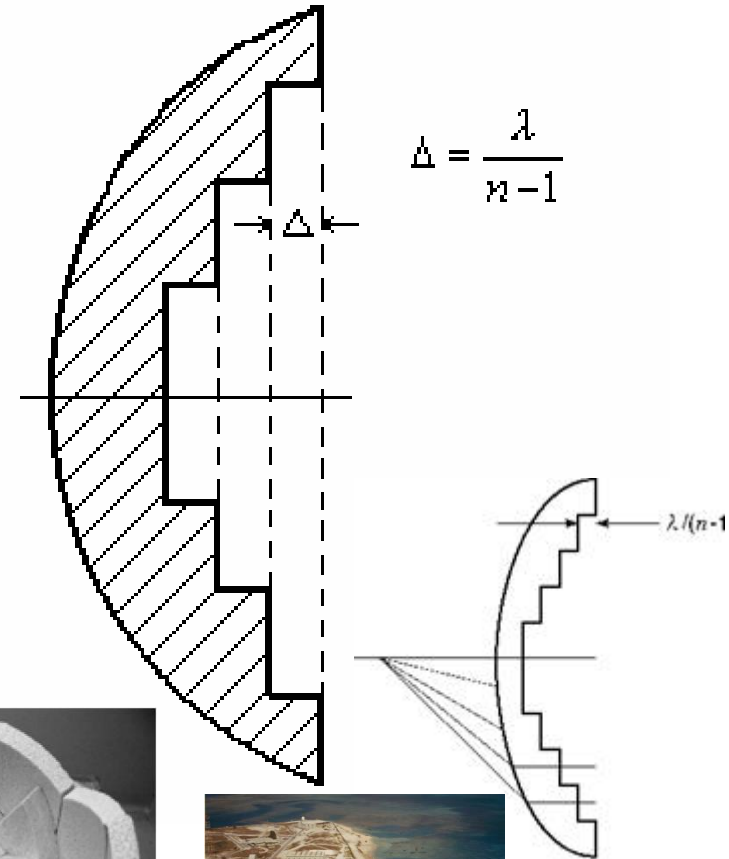
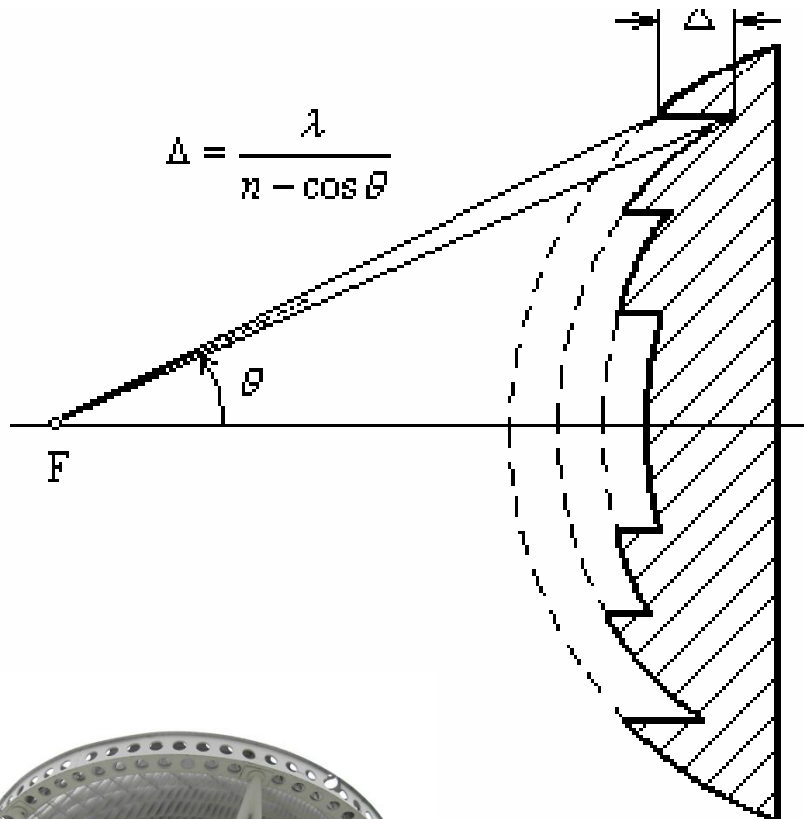


- **princíp práce mikrovlnovej šošovky** (pre tieto pásma sa šošovkové antény používajú) spočíva v tom, že šošovka, cez ktorú prechádza vlnenie, **predstavuje prostredie s indexom lomu rôznym od jednotky**
- takéto prostredie (na rozdiel od prirodzených dielektrík) nazývame **umelým dielektrikom**
- šošovky vyrobené z umelého dielektrika preto môžu byť
 - **spomaľujúce** ($n > 1$)
 - alebo **urýchľujúce** ($n < 1$)
 - index lomu šošovky preto môže byť väčší alebo menší ako jednotka
- šošovky s veľkou apertúrou a tvarom sa vyznačujú **veľkou hrúbkou** a z toho vyplývajúcim **veľkým tlmením** prechádzajúcej vlny
 - preto sa šošovkové antény často konštruujú s použitím tzv. **zónovaných šošoviek**
 - zónovanie (odstránenie časti materiálu) sa uskutočňuje na strane
 - **primárneho žiariča**
 - alebo **apertúry**
- **použitie** napr.:
 - meracie antény (senzorové systémy počasia,...)
 - telekomunikačné – satelitná komunikácia (lode), lietadlá, atď.

Obr. Zónované šošovky - spomaľujúce

strana primárneho žiariča

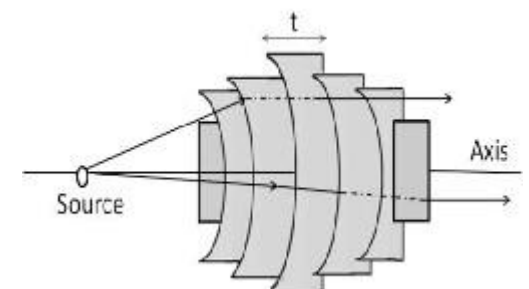
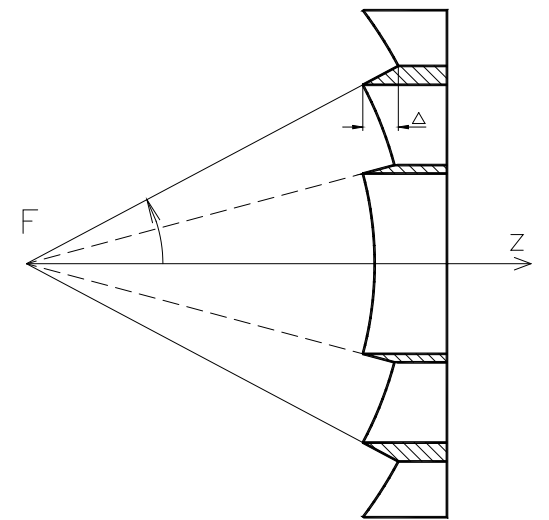
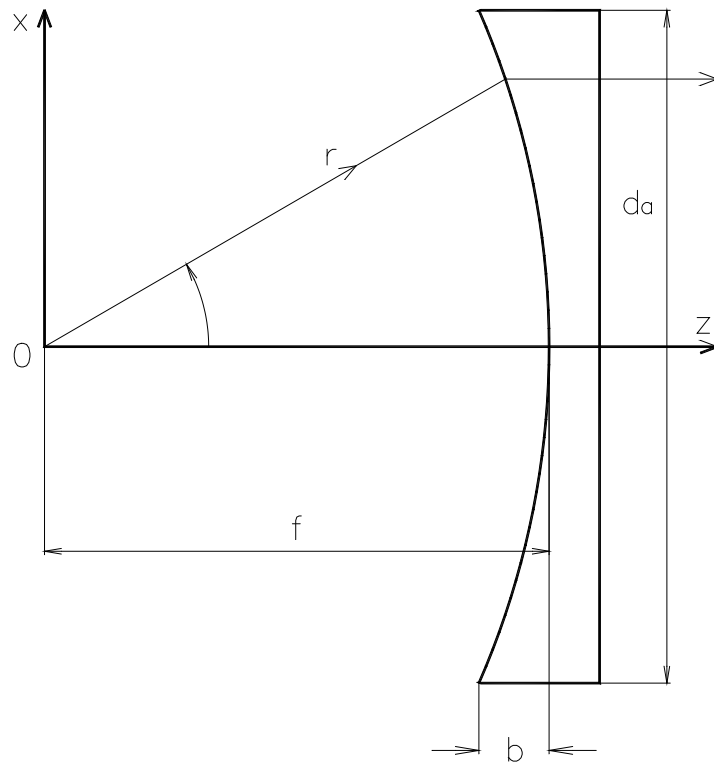
strana apertúry



Obr. Zónované šošovky - urýchľujúce

kovová šošovka

zónovanie kovovej šošovky a vznik zatienených zón

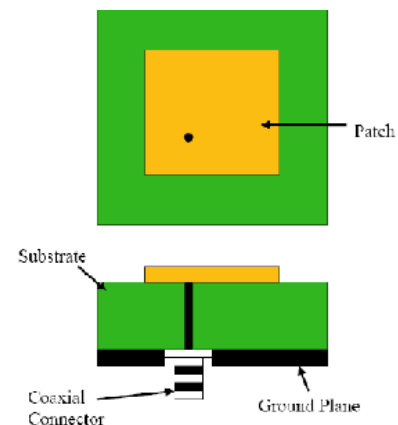
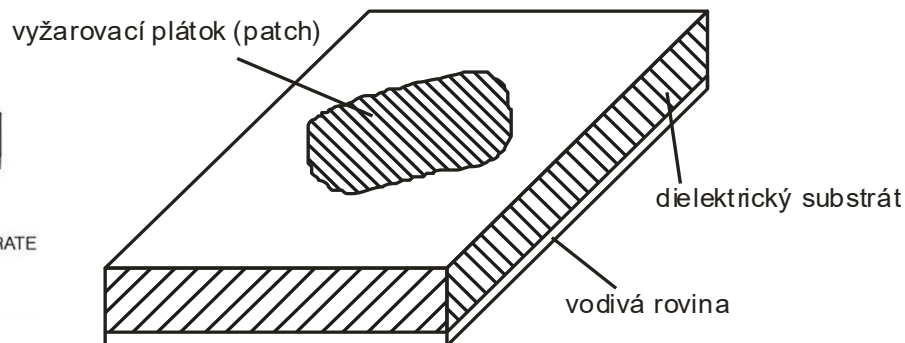
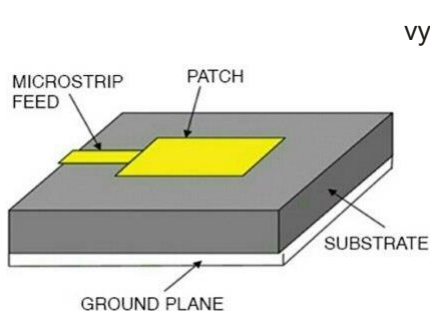


Mikropásikové antény

- **začiatky použitia** mikropásikových vedení sa objavujú okolo roku **1950**, keď sa zistilo, že obvody zložené z mikropásikov **sú schopné vyžarovať a prijímať elm vlny**
 - **1953** - bola prvýkrát navrhnutá koncepcia mikropásikových žiaričov pánom Deschampsom
 - **1955** - patent vydaný vo Francúzku na mená Gutton a Baissinot
 - **70-te roky 20. str.** – búrlivý rozvoj s pokrokom v:
 - dostupnosti a v kvalite technológii dielektrických podložiek (**substrátov**) s nízkymi tangenciálnymi stratami a atraktívnymi tepelnými a mechanickými vlastnosťami
 - jednoduchosť, nízka hmotnosť a malé rozmery
 - nízke náklady
 - zlučiteľnosť s integrovanými obvodmi
 - podobné konfigurácie
 - tvarovo prispôsobiteľné zakriveným povrchom rôznych telies
 - prvé praktické antény boli vyvinuté Howellom a Munsonom
 - **1980** - dochádza k prudkému rozvoju mikropásikových antén a najmä teoretickému zvládnutiu všetkých problémov s nimi spojených

ZLOŽENIE MIKROPÁSIKOVÝCH ANTÉN

Mikropásiková anténa v jej najjednoduchšom prevedení pozostáva z vyžarujúceho plátka (patch) na jednej strane dielektrického substrátu ($\epsilon_r \leq 10$) ktorý má vodivú rovinu na svojej druhej strane



■ mikropásiková anténa:

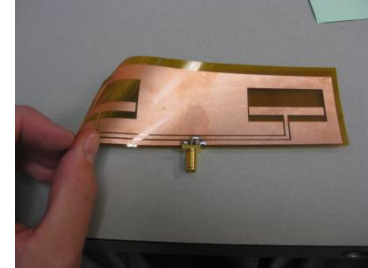
- plátok (patch), môže nadobúdať hocijaký plošný tvar (používajú sa hlavne regulárne tvary pre zjednodušenie analýzy a určenie charakteristík) a je vytvorený:
 - zlata
 - alebo mede
- ideálne by mala byť dielektrická konštanta substrátu malá ($\epsilon_r \leq 2,5$) pre zväčšenie okrajových polí, ktoré sú zodpovedné za vyžarovanie
- iné (vyššie) výkonové požiadavky môžu požadovať použitie substrátových materiálov, ktorých dielektrické konštanty majú byť väčšie ($\epsilon_r > 2,5$)

VÝHODY A NEVÝHODY MIKROPÁSIKOVÝCH ANTÉN

Mikropásikové antény majú niekoľko výhod v porovnaní s tradičnými mikrovlnovými anténami a preto veľa ich aplikácií pokrýva široké frekvenčné pásmo rádovo **od 100 MHz do 100 GHz**

■ **výhody** mikropásikových antén (výber):

- nízka hmotnosť, malé rozmery, nízko profilové
- nízke výrobné náklady, možnosť hromadnej výroby
- môže byť ľahko včlenená do mikrovlnových integrovaných obvodov
- napájacie vedenia a prispôsobovacie prvky môžu byť vyrobené súčasne s anténovou štruktúrou, atď.

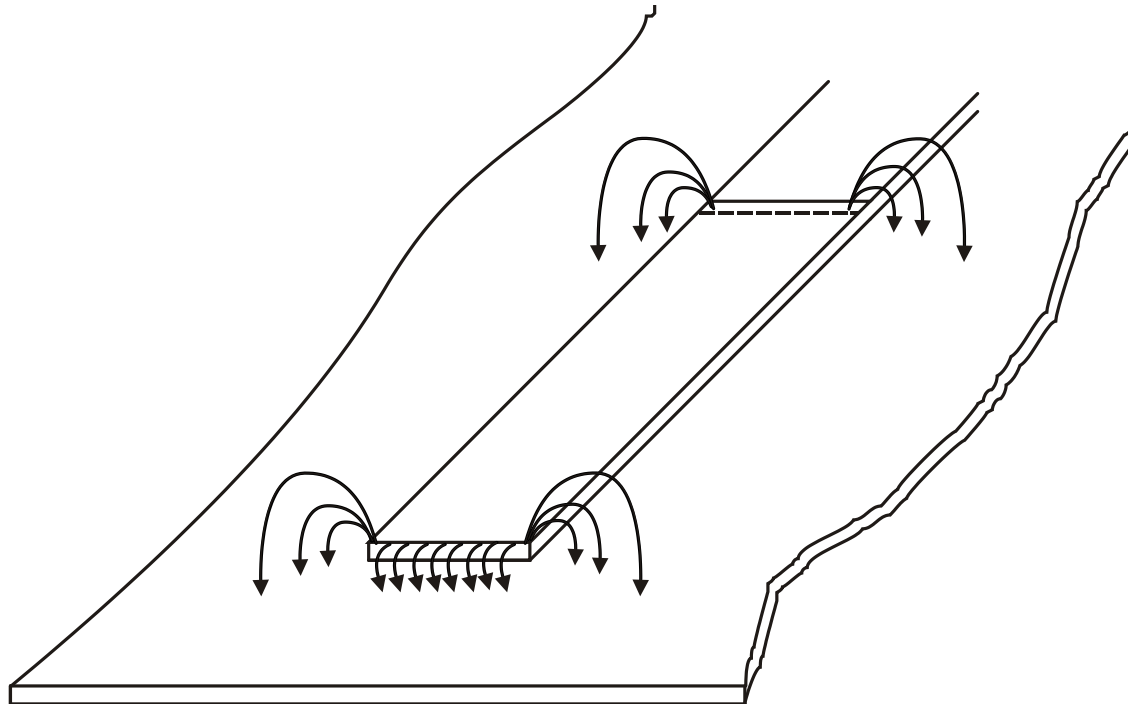


■ **nevýhody** mikropásikových antén (výber):

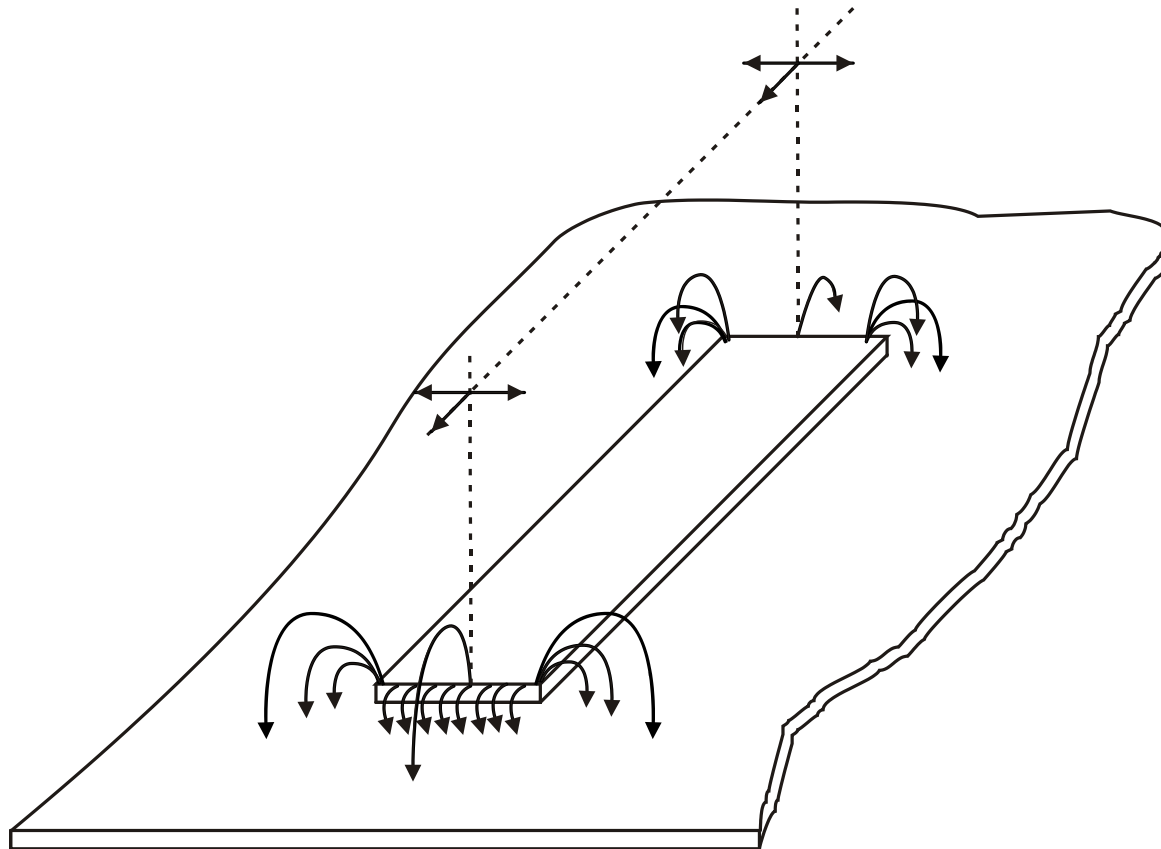
- úzka šírka pásma a tolerančné problémy
- nízky zisk (približne 6dB)
- značné ohmické straty v napájacej štruktúre poľa
- mikropásikové antény väčšinou vyžarujú do polpriestoru
- sú požadované zložité napájacie štruktúry pre vysoko-výkonné polia
- schopnosť nižšej výkonovej spracovateľnosti (približne 100W)
- znížený zisk a účinnosť, atď.

MECHANIZMUS VYŽAROVANIA MIKROPÁSIKOVÝCH ANTÉN

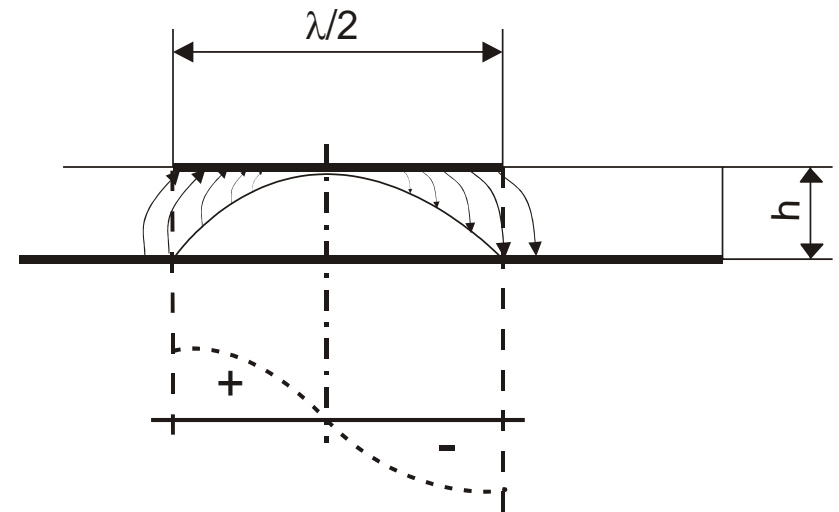
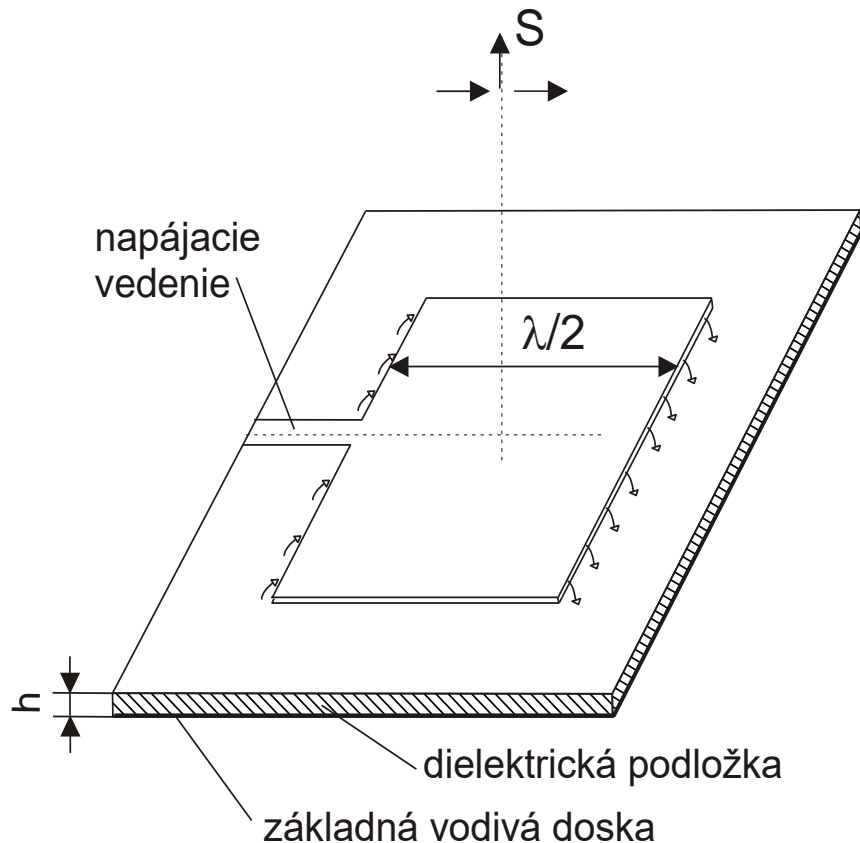
- vyžarovanie z dlhého mikropásikového vedenia
 - siločiarly sú rozložené súmerne po obidvoch stranách vedenia, takže zložky elektrického poľa pôsobia proti sebe a nevzniká žiadne podstatné vyžarovanie elektromagnetickej energie
 - môže byť podstatne redukované ak použitý substrát je tenký a má vyššiu relatívnu dielektrickú konštantu (ϵ_r)



- **vyžarovanie z krátkeho** mikropásikového vedenia (štruktúra podobná mikropásikovej anténe)
 - siločiarly sú rozložené **súmerne po obvode (4 strany) vedenia**, takže zložky **elektrického poľa pôsobia proti sebe** a nevzniká žiadne podstatné vyžarovanie elektromagnetickej energie
 - elektrické zložky elm. poľa v priestore sú v **protifáze** a to pre obidva konce vedenia (pozdĺžny a priečny smer)



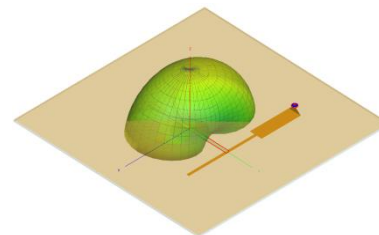
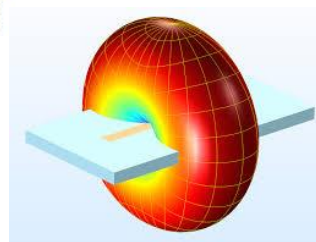
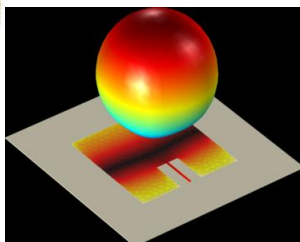
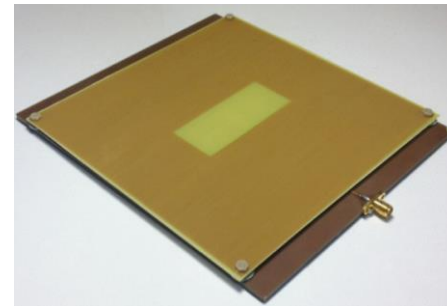
- **vyžarovanie mikropásika** – pozdĺžny smer mikropásikového vedenia je rovný polovici vlnovej dĺžky
 - elektrické zložky elm poľa **na oboch koncoch mikropásika budú vo fáze** (v dôsledku sínusového rozloženia poľa pozdĺž vedenia) a **nastane vyžarovanie energie v smere kolmom** (S) k rovine mikropásikového vedenia
 - sú používané **hrubé substráty s nízkou permitivitou** (ϵ_r) - lepšia účinnosť vyžarovania



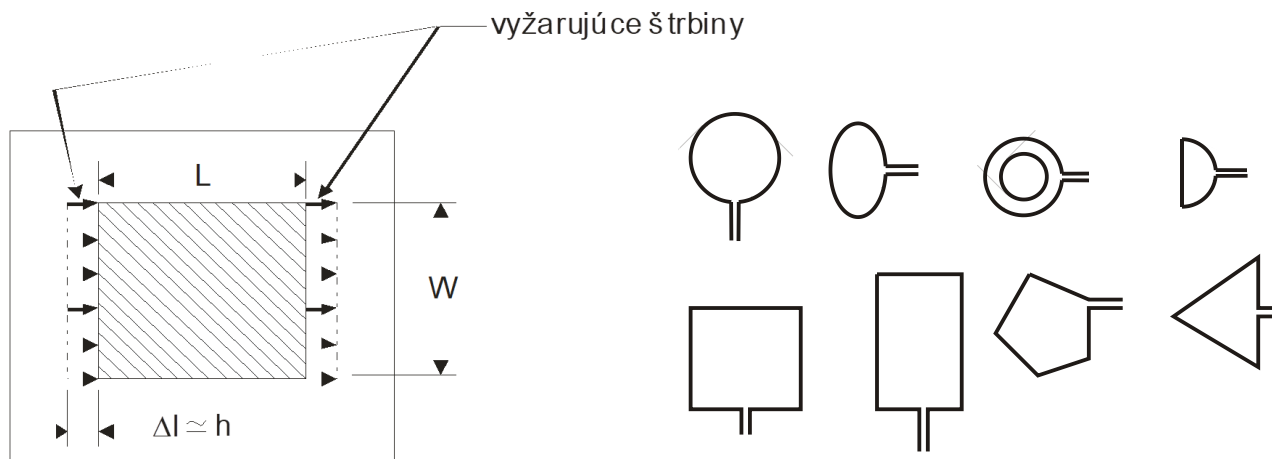
Konfigurácia mikropásikových antén

Mikropásikové antény možno realizovať v rôznych tvaroch a rozmeroch

- môžeme ich rozdeliť do štyroch základných skupín
 - mikropásikové plátkové (patch) antény
 - mikropásikový dipól
 - mikropásikové štrbinové antény
 - mikropásikové antény s postupujúcou vlnou



MIKROPÁSIKOVÉ PLÁTKOVÉ (PATCH) ANTÉNY

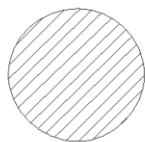


- **základné parametre** mikropásikových patch antén
 - rôzne tvary plátka ale **najviac používané pravouhlé**
 - typický zisk: **5~6dB**
 - šírka hlavného laloka: **70~90 stupňov**
 - vodivá základňa pod plátkami (patchmi), t.j. **vyžaruje len do polpriestoru**
 - šírka vyžarujúcej štrbiny približne rovná h (h - hrúbka substrátu)
 - hrúbka (h) dielektrického substrátu je **$0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$**
 - dĺžka (L) plátka je zvyčajne **$0,3333\lambda_0 < L < 0,5\lambda_0$** (λ_0 - vlnová dĺžka vo voľnom priestore)
 - šírka (W) plátka je **$W \approx 0,5\lambda_0$**
 - dielektrická konštanta (ϵ_r) substrátu je v rámci **$2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$**

■ mikropásikové patch antény delíme do troch podskupín na základe tvaru plátku



štvorec



kruh



kruh s výrezom



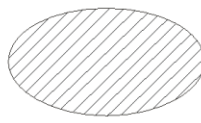
polkruh



kruhový výsek



obdĺžnik



elipsa



eliptický prstenec



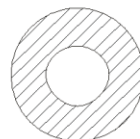
polprstenec



prstencový výsek



rovnos tranný trojuholník



prstenec



päťuholník



šesťuholník s vnútorným kruhovým výrezom



kruh s excentrickým kruhovým výrezom



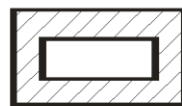
H - útvar



U - útvar



L - útvar



obdĺžnik s vnútorným kruhovým výrezom



pravouhlý rovnoramenný trojuholník



križ

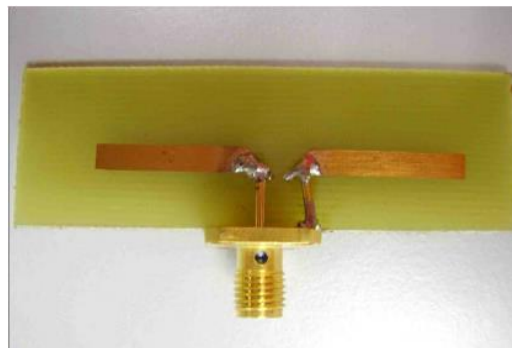
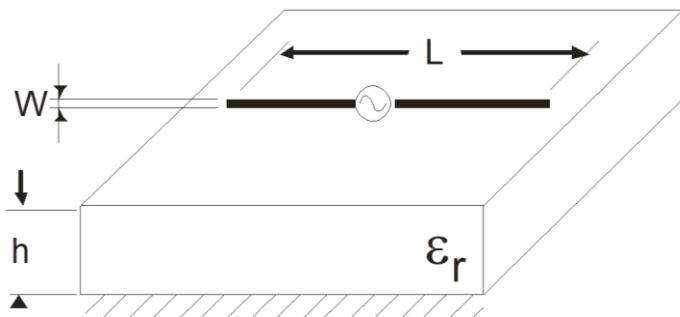


T - útvar

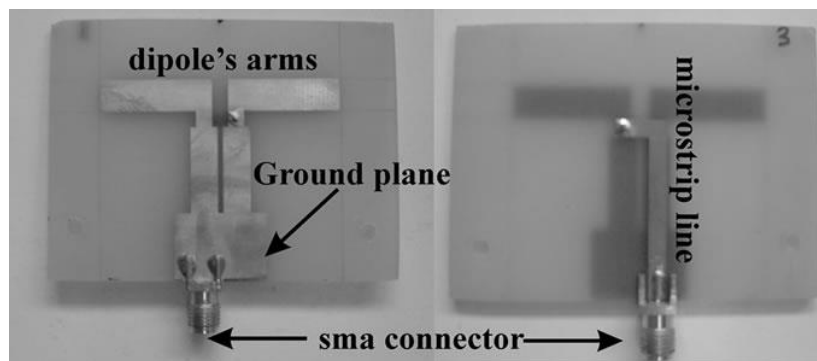
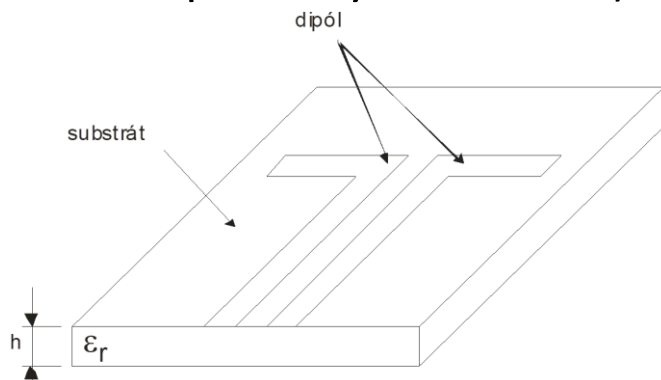


lichobežník

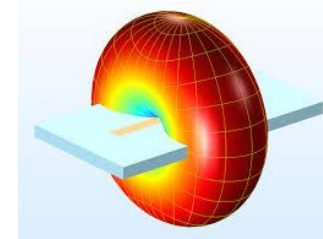
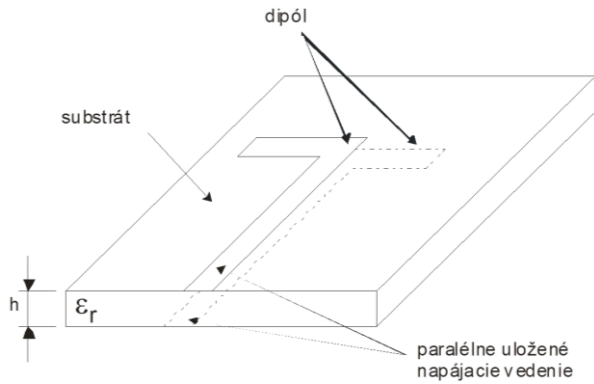
MIKROPÁSIOKOVÉ DIPÓLOVÉ ANTÉNY



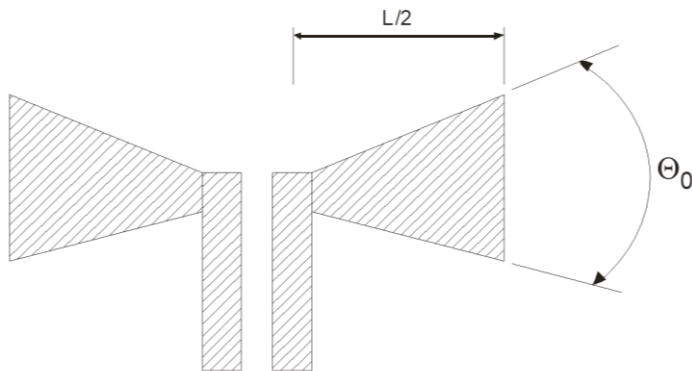
- **základné parametre** mikropásikových dipólových antén
 - je to vlastne mikropásikový plátok, ktorého šírku (W) považujeme za približne nulovú
 - šírka (W) vyžarujúceho elementu je bežne menšia ako $0,05\lambda$ (λ - vlnová dĺžka vyžarovaného signálu)
- **poznáme niekoľko rozdielnych konfigurácií** a medzi základné patria
 - **jednostranný**, sústredne napájaný (pomocou priameho napájania mikropásikovým vedením) dipól s pravouhlými mikropásikmi



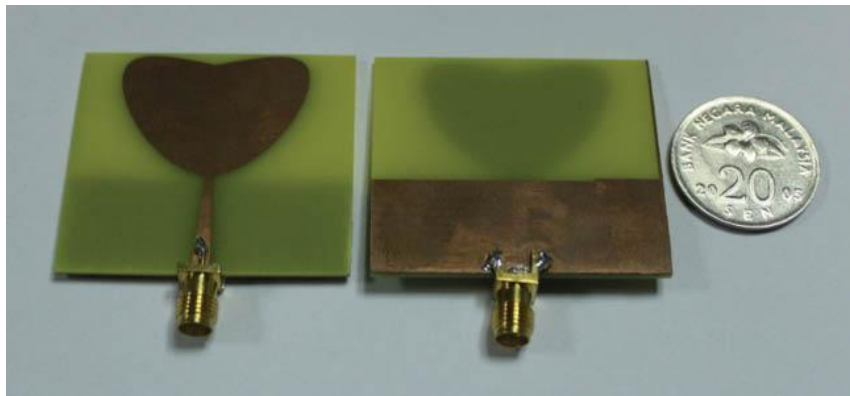
- **obojstranný**, sústredne napájaný (pomocou priameho napájania mikropásikovým vedením) dipól s **pravouhlými mikropásikmi**



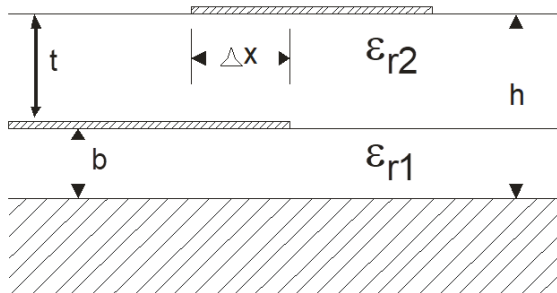
- **jednostranný**, sústredne napájaný dipól (pomocou priameho napájania mikropásikovým vedením) s **trojuholníkovými mikropásikmi** - taktiež nazývaný ako **motýlik**



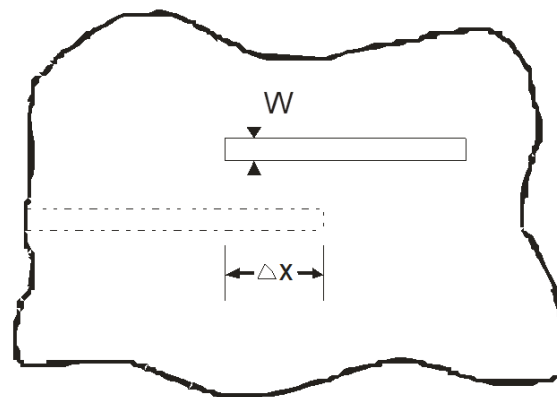
- **obojsstranný**, sústredne napájaný dipól (pomocou priameho napájania mikropásikovým vedením) **s trojuholníkovými mikropásikmi**



- **dipól s pravouhlým mikropásikom**, s napájaním viazaným tesnou blízkosťou mikropásikového vedenia

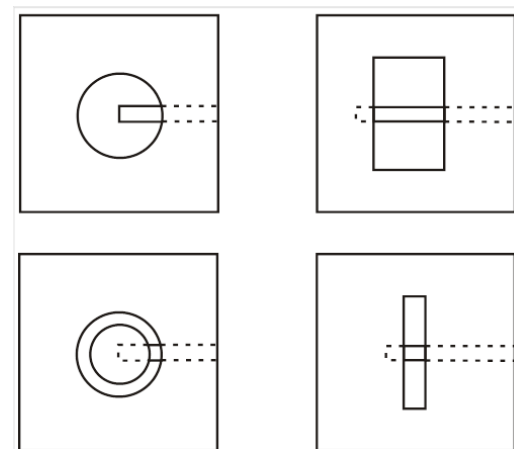
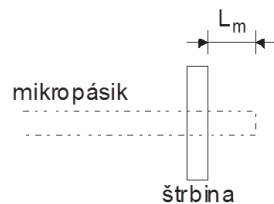
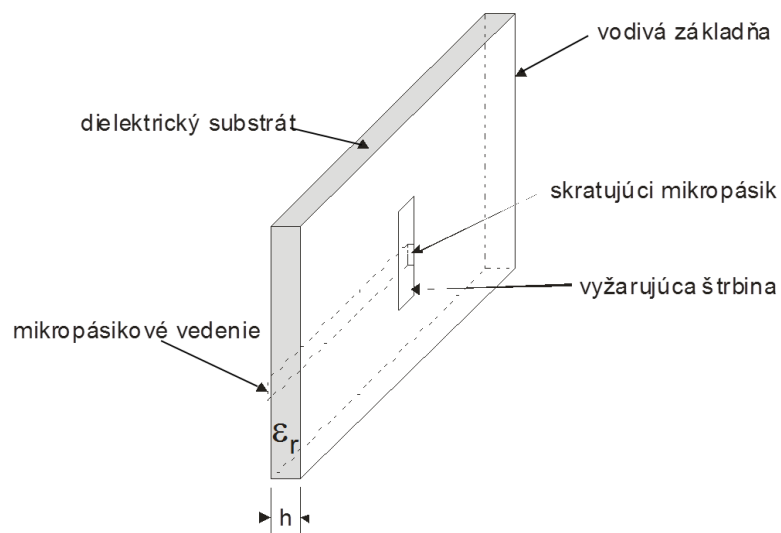


pohľad z boku



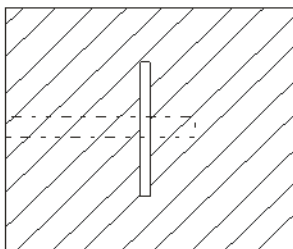
pohľad zhora

MIKROPÁSIKOVÉ ŠTRBINOVÉ ANTÉNY

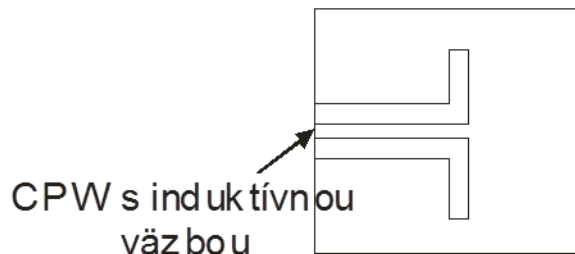


- **základné parametre** mikropásikových štrbinových antén
 - sú to vlastne **komplementárne štruktúry** k mikropásikovým plátkovým (patch) anténam
 - ak je **na jednej strane substrátu** vodivá základňa so štrbinou
 - **obojsmerne vyžarujúce**, t.j. vyžarujú do celého priestoru
 - ak **pridáme reflektor** (odrazovú platňu) na opačnú stranu substrátu vytvoríme rezonátor (dutinu)
 - tým dosiahneme **jednosmerné vyžarovanie** (t.j. vyžarovanie do polpriestoru)
 - ale **zredukujeme pracovnú šírku** pásma antény

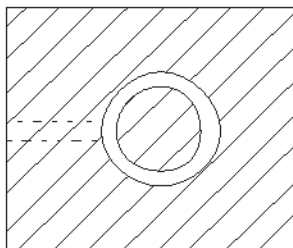
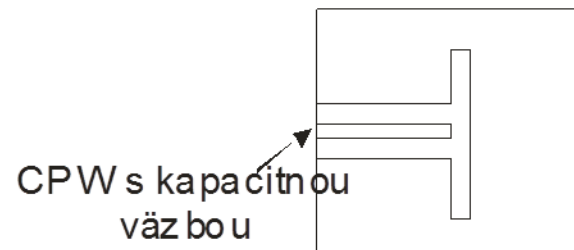
Obr. Rôzne typy mikropásikových štrbinových antén



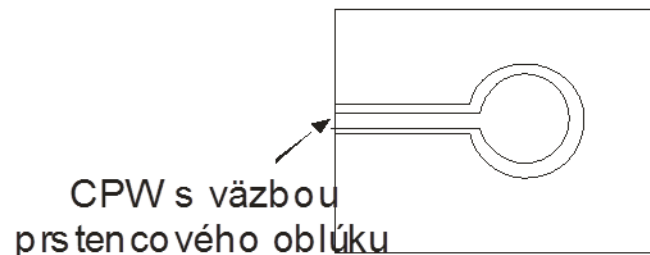
pravouhlá štrbina
s mikropásikovým napájaním



pravouhlá štrbina s CPW napájaním



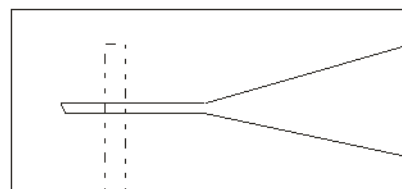
prstencová štrbina s mikropásikovým napájaním



prstencová štrbina s CPW napájaním



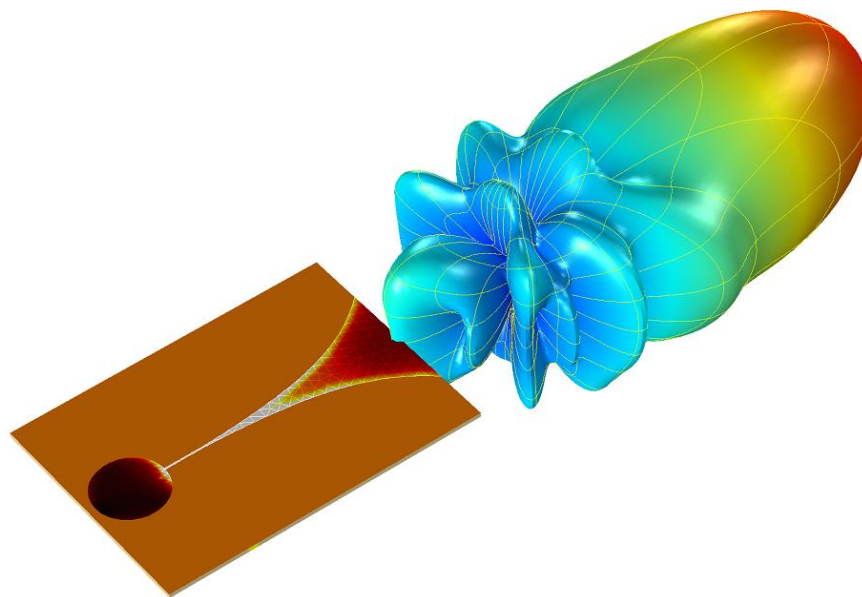
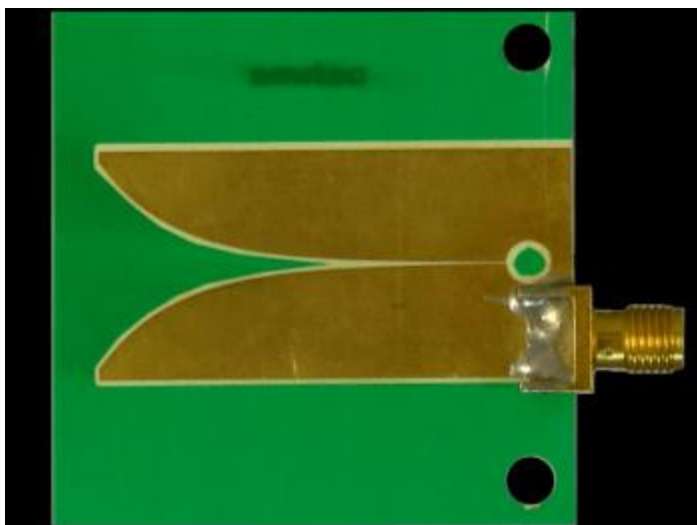
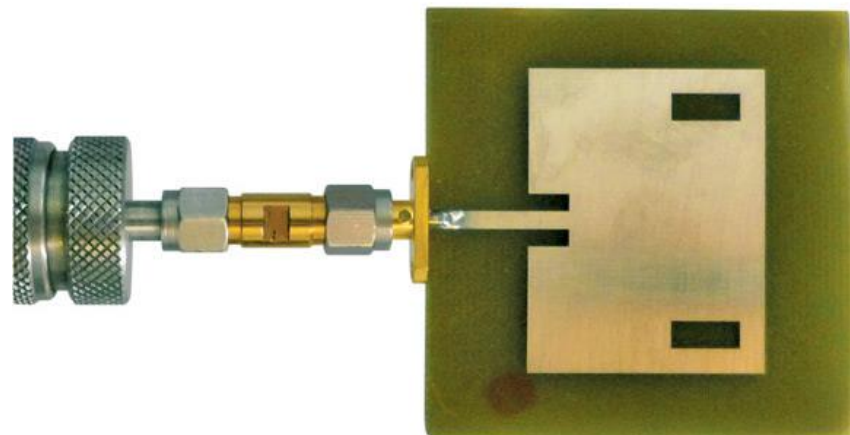
štrbina tvaru pravouhlého okruhu



kuželová štrbina

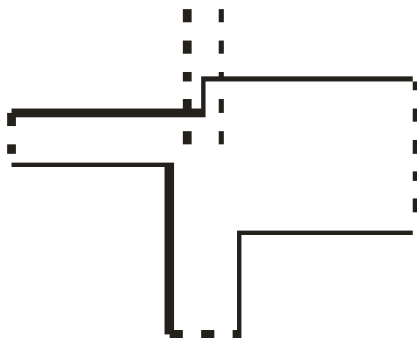
■ **použitie** napr.:

- GSM
- UWB radary
- WiFi
- WiMAX
- vojenská technika, atď.

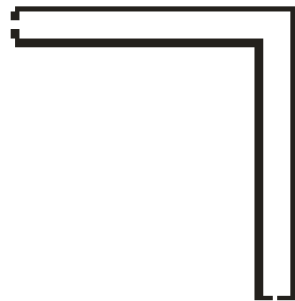


MIKROPÁSIKOVÉ ANTÉNY S POSTUPUJÚCOU VLNOU

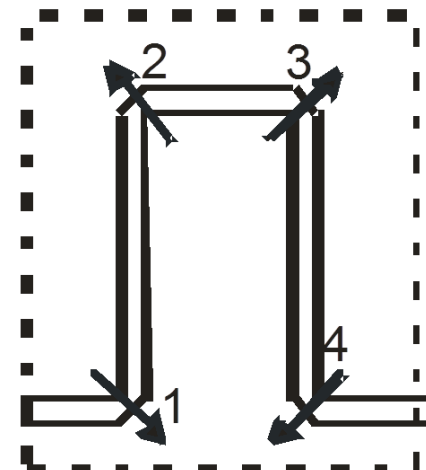
- tieto antény sú **tvorené reťazcom periodických štruktúr**, ktorých otvorený koniec je **zakončený prispôbenou odporovou záťažou**
- vyžarujúce prvky týchto antén sú vlastne **diskontinuity** na mikropásikovom vedení
 - mikropásikové diskontinuity sú napríklad
 - **ohyby** vedenia
 - alebo rôzne **spojenia** vedení (**T-spojenie**)



a)



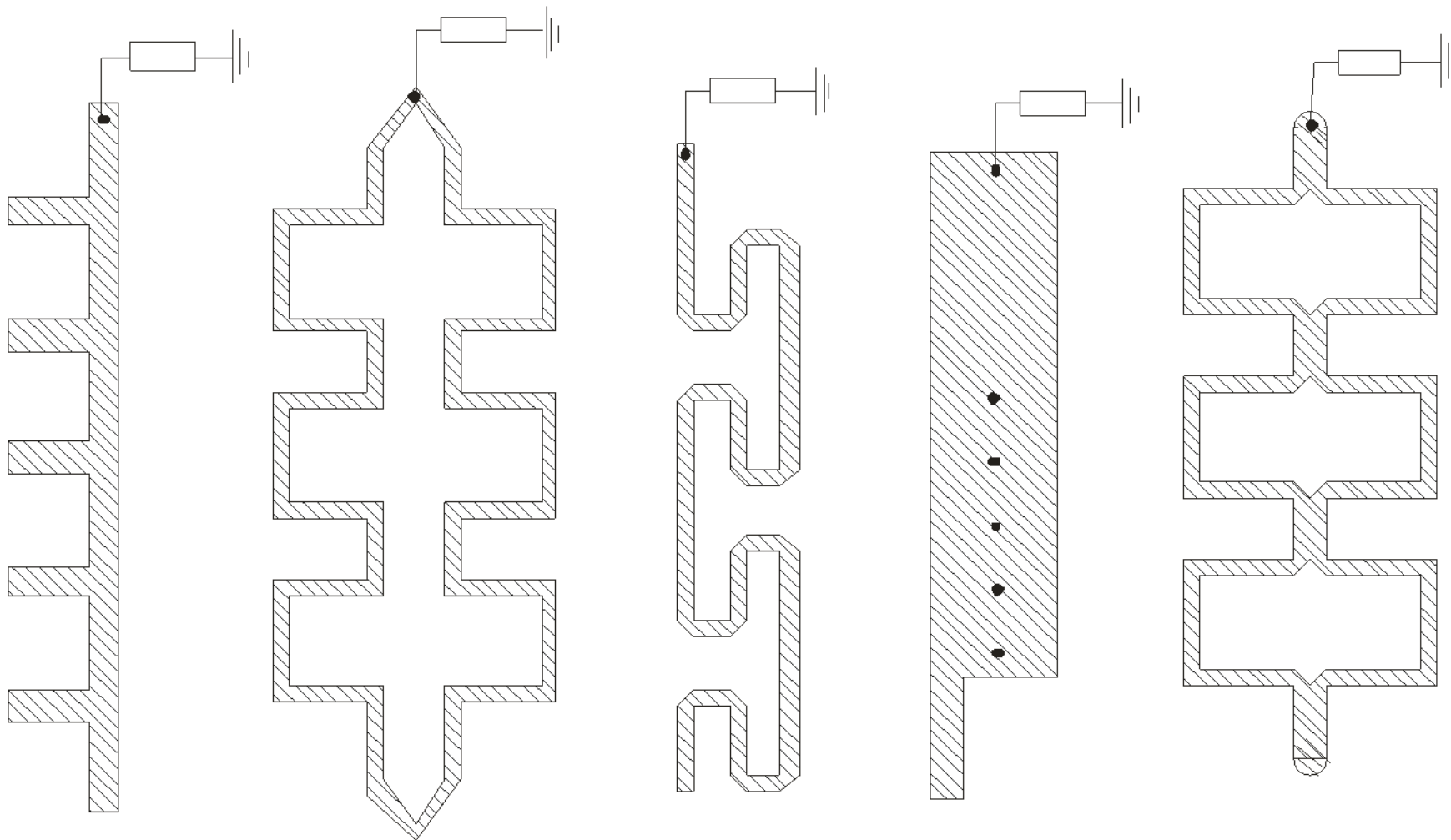
b)



Diskontinuity mikropásikového vedenia

a) T - spojenie b) ohyb

Obr. Typy periodických štruktúr mikropásikových antén s postupujúcou vlnou



Porovnanie jednotlivých typov mikropásikových antén

Charakteristiky	Plátkové (patch)	Štrbinové	Dipól
<i>Profil</i>	tenký	tenký	tenký
<i>Výroba</i>	veľmi jednoduchá	jednoduchá	jednoduchá
<i>Polarizácia</i>	lineárna aj kruhová	lineárna aj kruhová	lineárna
<i>Možnosti útvarov</i>	hocijaký útvar	väčšinou pravouhlé a kruhové útvary	pravouhlé a trojuholníkové útvary
<i>Parazitné vyžarovanie</i>	prítomné	prítomné	prítomné
<i>Šírka pásma</i>	2% až 50% (z prenášanej frekvencie)	5% až 30% (z prenášanej frekvencie)	okolo 30% (z prenášanej frekvencie)

Napájanie mikropásikových antén

Mikropásiková plátková (patch) anténa môže byť napájaná rôznymi metódami

- **napájacie metódy** mikropásikových antén môžu byť klasifikované do dvoch kategórií:
 - **kontaktné (k)**
 - je VF zdroj napojený **priamo** na vyžarujúci plátok použitím spojovacieho prvku (napr. mikropásik alebo koaxiál)
 - **nekontaktné (nek)**
 - je vytvorená **väzba** elm polom na prenos energie medzi napájacím mikropásikom a vyžarujúcim plátkom

- **ďalšie delenie:**
 - **koplanárne**
 - t.j. všetky prvky **sú** v jednej rovine
 - **nekoplanárne**
 - t.j. všetky prvky **nie sú** v jednej rovine

■ základné rozdelenie:

- (1) priame napájanie **koaxiálnym** vedením (k)
- napájanie **mikropásikovým** vedením:
 - (2) priame napájanie mikropásikovým vedením (k)
 - (3) napájanie mikropásikovým vedením väzbou cez medzeru (nek)
 - (4) priame vsunuté napájanie mikropásikovým vedením (k)
 - (5) priame asymetrické napájanie mikropásikovým vedením (k)
 - (6) napájanie viazané tesnou blízkosťou mikropásik. vedenia (nek)
 - (7) napájanie viazané apertúrou (nek)
- (8) napájanie **koplanárnym vlnovodom** (CPW)

■ najviac používané napájacie techniky sú

- priame napájanie mikropásikovým vedením
- priame napájanie koaxiálnym vedením
 - obidve sú **kontaktné metódy**
- napájanie viazané apertúrou
- napájanie viazané tesnou blízkosťou mikropásikového vedenia
 - obidve sú **nekontaktné metódy**

Porovnanie jednotlivých napájacích techník mikropásikových antén

Napájacie techniky/ charakteristiky	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	č.6	č.7	č.8
<i>Parazitné vyžarovanie z napájania</i>	väčšie	menšie	väčšie	väčšie	menšie	väčšie	väčšie	menšie
<i>Rýdzosť polarizácie</i>	slabá	dobrá	slabá	slabá	slabá	slabá	výborná	dobrá
<i>Náročnosť výroby</i>	potrebné vŕtanie a spájkovanie	ľahká	ľahká	ľahká	ľahká	požadujú sa precízne nastavenia	požadujú sa precízne nastavenia	požadujú sa precízne nastavenia
<i>Spôľahlivosť</i>	slabá kvôli spájkovaniu	lepšia	lepšia	lepšia	lepšia	dobrá	dobrá	dobrá
<i>Stanovenie vstupnej impedancie</i>	ľahké	ťažšie	ľahké	ľahké	ľahké	ľahké	ľahké	ľahké
<i>Šírka pásma</i>	2-5%	9-12%	2-5%	2-5%	2-5%	13%	21%	3%

Kontrolné otázky

- Ktoré sú najdôležitejšie typy plošných antén?
- Pre ktorú oblasť (vlnové pásmo) je typické použitie plošných antén?
- Aká je smerová charakteristika štrbinovej antény?
- Aké nejjednoduchšie impedančné prispôsobenie sa používa pri budení štrbinovej antény koaxiálnym káblom? (aj obr.)
- Z akej podmienky je nutné vychádzať pri konštrukcii štrbinových antén, ako štrbín v stenách vlnovodov?
- Konštrukcia sústav štrbinových antén napájaných vlnovodom. (obr.)
- Načo najčastejšie slúžia lieviové antény?
- Typy lieviových antén. (obr.)
- Pre aké vlnové dĺžky (frekvenčné pásmo) sa používa ihlanová lieviová antén
- Pre aké vlnové dĺžky (frekvenčné pásmo) sa používa kužeľová lieviová anténa?
- Aké sú základné tvary reflektorov pre reflektorové antény? (aj obr.)
- Ako môže byť orientovaný rovinný (plochý) reflektor (vzhľadom na primárny dipól) tvorený sústavou vodičov (kovových rúrok alebo tyčiek) pri nie príliš veľkých frekvenciách?

- Od čoho závisí výsledná smerová charakteristika antény s plochým (rovinným) reflektorom?
- Kedy sa používajú antény s uhlovým reflektorom?
- Od čoho závisí výsledná smerová charakteristika antény s uhlovým reflektorom?
- Aké sú smerové charakteristiky antény s uhlovým reflektorom pre rôzne vzdialenosti (b) primárneho žiariča od reflektora? (aj obr.)
- Pre aké vlnové dĺžky (frekvenčné pásmo) sa používajú parabolické antény?
- V ktorých komerčných a nekomerčných oblastiach sa používajú parabolické antény?
- Aký tvar reflektorov sa používa v parabolických anténach?
- Kde sa umiestňuje primárny žiarič pri parabolickej anténe s jedným reflektorom?
- Kde je umiestnený primárny žiarič pri parabolických dvojreflektorových anténach, ktoré sú tvorené hlavným a pomocným reflektorom?
- Konštrukcia Cassegrainovej dvojreflektorovej symetrickej parabolickej antény. (obr.)
- Konštrukcia Gregorianovej dvojreflektorovej symetrickej parabolickej antény. (obr.)
- Konštrukcia Visocekasovej dvojreflektorovej symetrickej parabolickej antény. (obr.)

- Konštrukcia dvojreflektorovej symetrickej parabolickej antény s parabolickým pomocným reflektorom. (obr.)
- Čo je hlavnou nevýhodou symetrických parabolických antén?
- Konštrukcia Cassegrainovej nesymetrickej parabolickej antény. (obr.)
- Konštrukcia Gregorianovej nesymetrickej parabolickej antény. (obr.)
- Konštrukcia lievnikovo-parabolickej nesymetrickej parabolickej antény. (obr.)
- Aká je konštrukcia šošovkovej antény? (aj obr.)
- Aké sú typy (druhy) zónovaných šošoviek? (aj obr.)
- V akom frekvenčnom pásme pracujú mikropásikové plošné antény?
- Aká je schopnosť výkonovej spracovateľnosti mikropásikových antén?
- Aké sú výhody mikropásikových antén?
- Aké sú nevýhody mikropásikových antén?
- Aké je základné rozdelenie (4) mikropásikových antén?
- Konfigurácie mikropásikových patch (plátkových) antén. (obr.)
- Aký je typický zisk mikropásikových patch (plátkových) antén?
- Aká je šírka hlavného laloka smerovej charakteristiky mikropásikových patch (plátkových) antén?

- Akú štruktúru (v porovnaní s patch (plátkovou) mikropásikovou anténou) má mikropásikový dipól? (aj obr.)
- Aké sú základné konfigurácie mikropásikového dipólu? (aj obr.)
- Akú štruktúru (v porovnaní s patch (plátkovou) mikropásikovou anténou) má mikropásiková štrbinová anténa? (aj obr.)
- Ako dosiahneme pri štrbinovej mikropásikovej anténe obojsmerné vyžarovanie (vyžarovanie do celého priestoru)?
- Ako dosiahneme pri štrbinovej mikropásikovej anténe jednosmerné vyžarovanie (vyžarovanie do polpriestoru)?
- Konfigurácie mikropásikových štrbinových antén. (obr.)
- Akú štruktúru má mikropásiková anténa s postupujúcou vlnou?
- Kde vznikajú diskontinuity na mikropásikovom vedení? (aj obr.)
- Konfigurácie mikropásikových antén s postupujúcou vlnou. (obr.)
- Výroba, ktorého typu mikropásikovej antény je veľmi jednoduchá?
- Ktoré sú nekontaktné (nek) typy napájania mikropásikových antén?
- Ktoré sú kontaktné (k) typy napájania mikropásikových antén?

Zoznam použitých skratiek a symbolov

- cm jednotka dĺžky (centimeter, 10^{-2})
- CPW koplanárny vlnovod (Coplanar Waveguide)
- dB jednotka tlmenia (decibel)
- DV dlhé vlny (Low Frequency (LF))
- elm elektromagnetická/é/ý
- GHz jednotka frekvencie (GigaHertz, 10^9)
- GPS globálny systém určenia polohy (Global Positioning System)
- GSM globálny systém mobilných komunikácií (Global System for Mobile Communications)
- IEEE štandardizačná agentúra (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- kHz jednotka frekvencie (kiloHertz, 10^3)
- km jednotka dĺžky (kilometer, 10^3)
- KV krátke vlny (High Frequency (HF))
- kW jednotka výkonu (kilowatt, 10^3)
- λ vlnová dĺžka
- μm jednotky dĺžky (mikrometer, 10^{-6})

- m jednotky dĺžky (meter)
- mm jednotky dĺžky (milimeter , 10^{-3})
- nm jednotka dĺžky (nanometer, 10^{-9})
- Ω jednotka elektrického odporu (Ohm)
- PA prijímacia anténa
- RF rádiové frekvencie (Radio Frequency)
- SV stredné vlny (Medium Frequency (MF))
- TV televízia (Television)
- UKV ultra krátke vlny (Ultra High Frequency (UHF))
- UWB ultra-širokopásmová komunikácia (Ultra-Wideband)
- VA vysielacia anténa
- VF vysoko-frekvenčná/é/ý
- VKV veľmi krátke vlny (Very High Frequency (VHF))
- W jednotka výkonu (Watt)
- WiFi súbor štandardov pre bezdrôtovú komunikáciu (Wireless Fidelity – „bezdrôtová vernosť“)
- WiMax bezdrôtová telekomunikačná technológia (World Interoperability for Microwave Access)



Ďakujem za pozornosť