



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Κεραίες

Ενότητα 4: Τύποι κεραιών

Δημήτρης Βαρουτάς, Αριστείδης Τσίπουρας

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Τύποι κεραιών



ΚΕΡΑΙΕΣ

ΜΑΘΗΜΑ 7ο- 8ο- 9ο

Τύποι κεραιών

ΜΔΕ Ρ/Η 2014 -2015

Δ. Βαρουτάς

Α. Τσίπουρας

Περιεχόμενα ενότητας

- ◆ Ανασκόπηση προηγούμενων...
- ◆ Κατηγορίες κεραιών
- ◆ Ασφάλεια

Ανασκόπηση Βασικών Παραμέτρων

Για όλες τις κεραιές:

1. Πυκνότητα ισχύος $w = \text{Re}\{S\}$
2. Ολική ακτινοβολούμενη ισχύς P_r

3. Αντίσταση ακτινοβολίας R_r
4. Εμπέδηση κεραιάς Z_A
5. Ισοδύναμο κύκλωμα
6. Προσαρμογή φορτίου

7. Ενεργό ύψος l_e
8. Ενεργός επιφάνεια A_e

9. Ένταση ακτινοβολίας $U(\theta, \varphi)$
10. ΗΡΒW / Bandwidth B
11. Κατευθυντική απολαβή $g(\theta, \varphi)$
12. κατευθυντικότητα D, Ω_A

13. Απόδοση ακτινοβολίας e
14. (Power in) Απολαβή G
15. T_A Θερμοκρασία
θορύβου κεραιάς

Αρχή Αντιστοιχίας

Reciprocity Theorem with Consequences

Tx = Rx Antenna

**Friis Transmission
Formula**

$$\frac{P_{received}}{P_{transmitted}} = G_A \cdot G_B \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$

Κατηγορίες κεραιών

□ Διάγραμμα Ακτινοβολίας

□ **Wire Antennas**

Θεώρημα

Ισοδυναμίας

□ **Aperture Antennas**

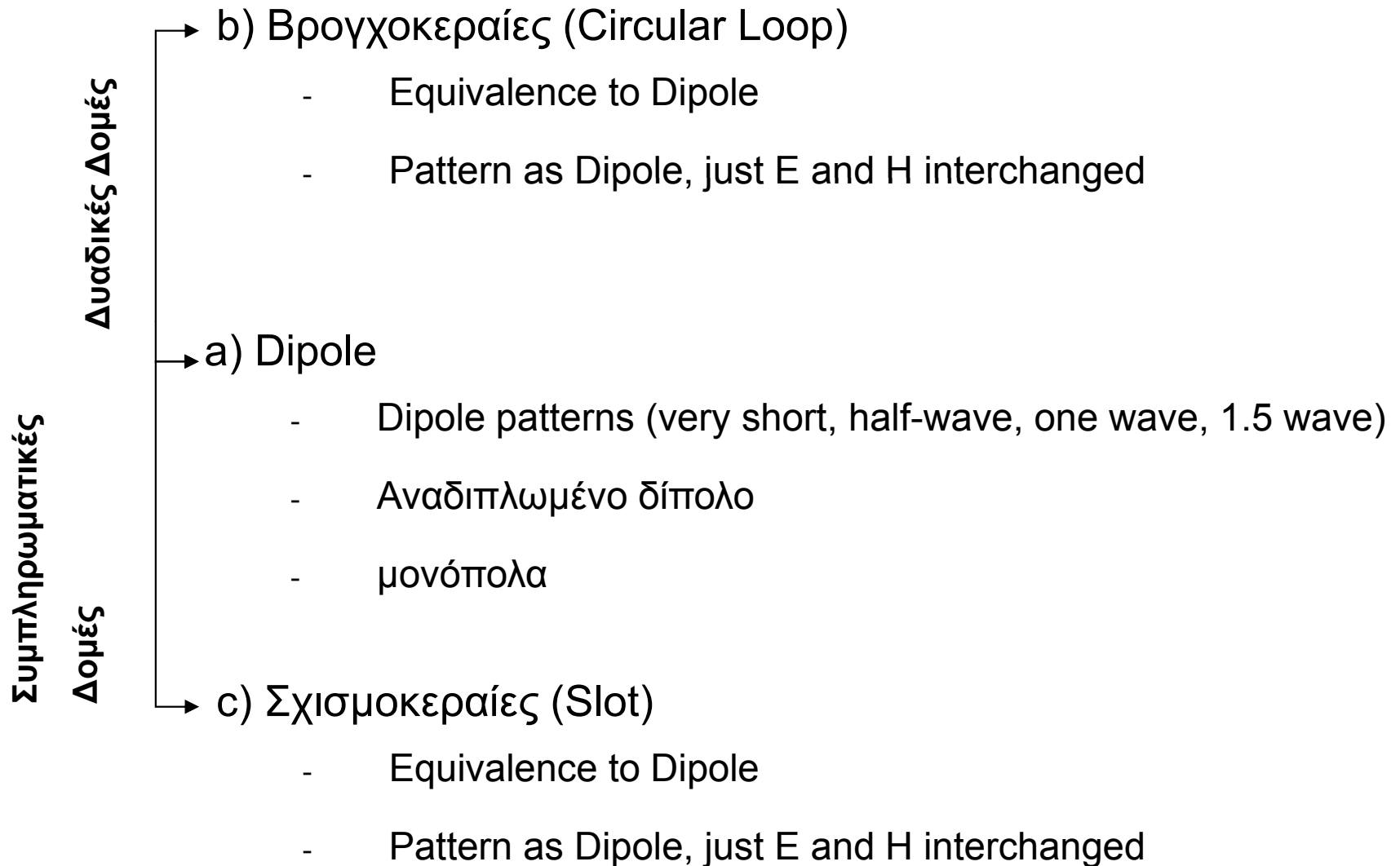
□ **Στοιχειώδεις κεραιές**

- Dipole, Loop, Helix
- Slot, Horn, Frequ. Indep.

□ **Σύνθετες κεραιές**

- Arrays (linear, planar, Yagi)
- Reflectors (corner, parab.)

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ



Γραμμικές κεραίες -Wire Structures

- a) Dipole
- b) Cross Dipole (any polarisation)
- c) Loop Antenna
- d) Helix Antenna (circular polarisation)
- e) Frequency Independent Antenna (high bandwidth)

- f) Uda-Yagi Antenna (parasitic elements)

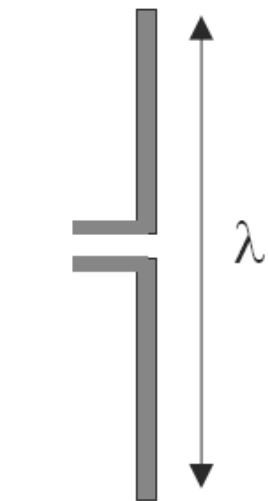
- g) Linear Antenna Array
- h) Planar Antenna Array

κεραίες Επιφανείας - Aperture Structures

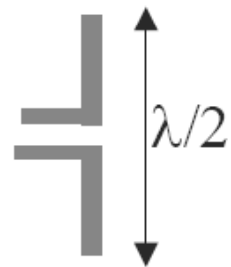
- a) Slot Antenna
- b) Horn Antenna (efficient at microwaves)
- c) Reflector Antennas
- d) Micro Strip Antenna (patch on substrate)

Δίπολα

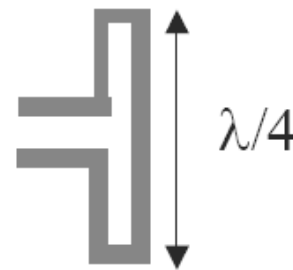
- ◆ Χρησιμοποιούνται για $f < 1\text{GHz}$
- ◆ Χαμηλό κόστος εύκολη κατασκευή



full-wave



half-wave



folded



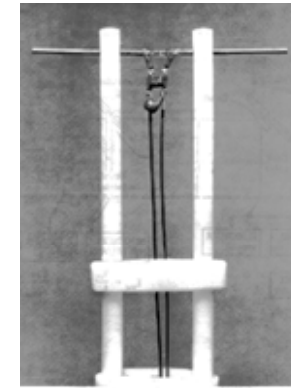
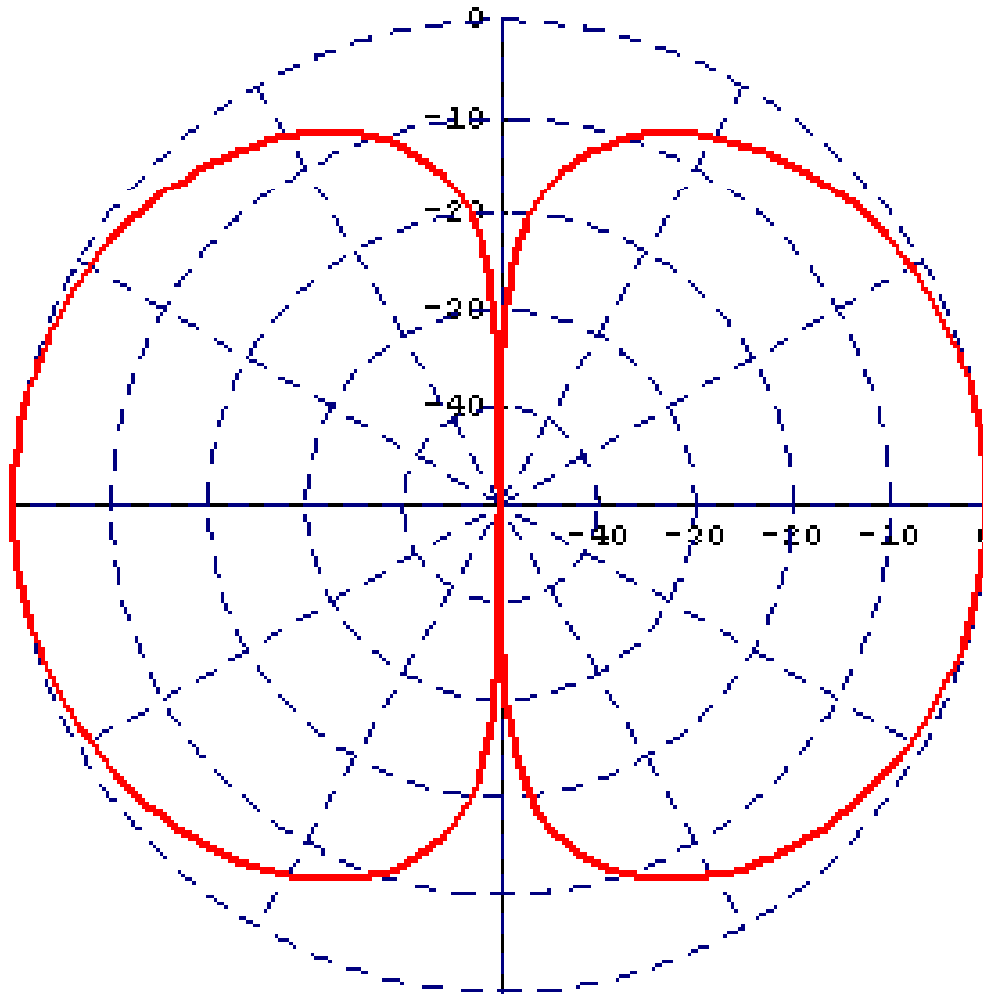
back-reflector

Στοιχειώδες δίπολο

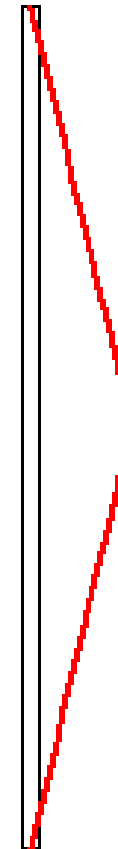
$$\vec{N}(\theta, \varphi) = \int_{V'} \vec{J}(r', \theta', \varphi') dV' = \hat{z} \int_{-h}^{+h} Idz = 2Ih\hat{z}$$

Διάγραμμα Ακτινοβολίας

$l = 0.12$ wavelength



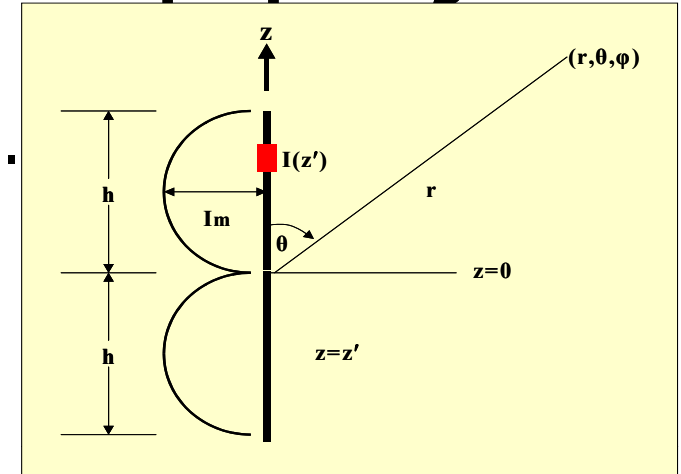
Κατανομή ρεύματος



Διπολικές κεραιές τυχαίου μήκους

- ◆ Σε διπολική κεραιά, πεπερασμένου μήκους $2h$, η ρευματική κατανομή δεν είναι σταθερή.
- ◆ για λεπτές κεραιές (αγωγοί μικρής διαμέτρου π.χ. $\lambda/100$), η ρευματική κατανομή έχει ημιτονοειδή μορφή :

$$I(z) = \eta \mu[k(h - |z|)] , \quad -h \leq z \leq +h$$



Συνεπώς το διάνυσμα ακτινοβολίας θα είναι:

$$\vec{N}(\theta, \phi) = \int_{V'} \vec{J}(r', \theta', \phi') e^{jk r' \cos \psi} dV' = \hat{z} \int_{-h}^{+h} I e^{jk |z'|} \cos \psi \eta \mu[k(h - |z'|)] dz'$$

$$\mu \epsilon \quad |z'| \cos \psi = \begin{cases} z' \cos \theta & 0 \leq z' \leq +h \\ -z' \cos(\pi - \theta) = z' \cos \theta & -h \leq z' \leq 0 \end{cases}$$

$$\vec{N}(\theta, \phi) = 4I \frac{\cos(kh \cos \theta) - \cos kh}{k \eta \mu^2 \theta} \hat{z}$$

$$\vec{N} = N_z \hat{z} \Rightarrow N_\phi = 0, \quad N_\theta = -N_z \eta \mu \theta = -\hat{z} 4I \frac{\cos(kh \cos \theta) - \cos kh}{k \eta \mu \theta}$$

Παράμετροι:

$$E_{\theta} = nH_{\phi} = \frac{j\omega\mu I}{2k\pi r} e^{-jkr} \frac{\sigma\upsilon\nu(kh\sigma\upsilon\nu\theta) - \sigma\upsilon\nu kh}{\eta\mu\theta} = \frac{jnI}{2\pi r} e^{-jkr} \frac{\sigma\upsilon\nu(kh\sigma\upsilon\nu\theta) - \sigma\upsilon\nu kh}{\eta\mu\theta}$$

$$U(\theta, \phi) = r^2 P_{av} = \frac{nI^2}{8\pi^2} \left[\frac{\sigma\upsilon\nu(kh\sigma\upsilon\nu\theta) - \sigma\upsilon\nu kh}{\eta\mu\theta} \right]^2$$

$$P_r = \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} U(\theta, \phi) \eta\mu\theta d\theta d\phi = \frac{nI^2}{4\pi} \int_0^{\pi} \left[\frac{\sigma\upsilon\nu(kh\sigma\upsilon\nu\theta) - \sigma\upsilon\nu kh}{\eta\mu\theta} \right]^2$$

Με τη χρήση των **ημιτονικών και συνημιτονικών ολοκληρωμάτων, Si(x) και Ci(x),**

$$S_i(x) = \int_0^x \frac{\eta\mu y}{y} dy = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!(2n+1)}$$

$$C_i(x) = -\int_x^{\infty} \frac{\sigma\upsilon\nu y}{y} dy = C + \ln x - S_1(x)$$

Με C=0,577215 σταθερά του Euler

$$S_1(x) = \int_0^x \frac{1 - \sigma\upsilon\nu y}{y} dy = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} x^{2n}}{(2n)!(2n)}$$

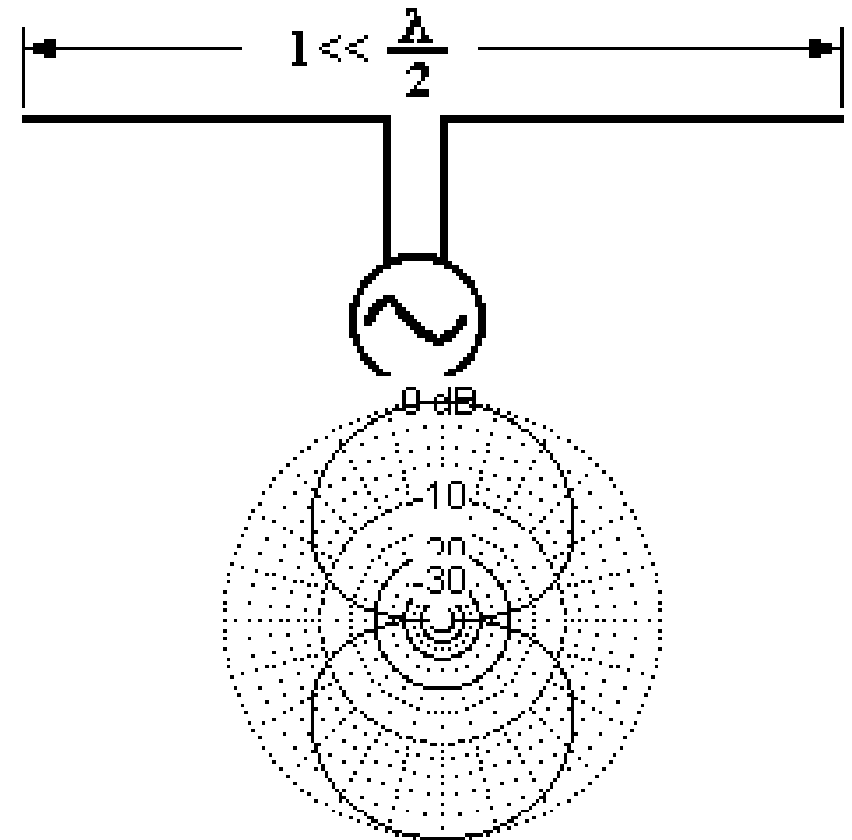
$$P_r = \frac{nI^2}{4\pi} \left[C + \ln(2kh) - Ci(2kh) + \frac{1}{2} \eta\mu(2kh) [S_i(4kh) - 2S_i(2kh)] + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \sigma\upsilon\nu(2kh) [C + \ln(kh) + C_i(4kh) - 2C_i(2kh)] \right]$$

To Short Dipole

- ◆ **Μήκος $\lambda/50 < L < \lambda/10$.**
- ◆ **self impedance: χωρητική**
- ◆ **radiation resistance: αρκετά μικρή και οι ωμικές απώλειες μεγάλες**

$$R_r = \frac{2 P_{\text{rad}}}{|I_0|^2} = 20\pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda} \right)^2$$

- ◆ **SWR bandwidth : $\sim 2\%$ της συχνότητας σχεδίασης f_0**
- ◆ **$D_0 \sim 1.8$ dBi. (1,5)**



Δίπολο $\lambda/2$

◆ Εμπέδηση εισόδου: $73 + j42,5 \Omega$

◆ $D_0 = 1.643$

◆ $HPBW = 78.08^\circ$

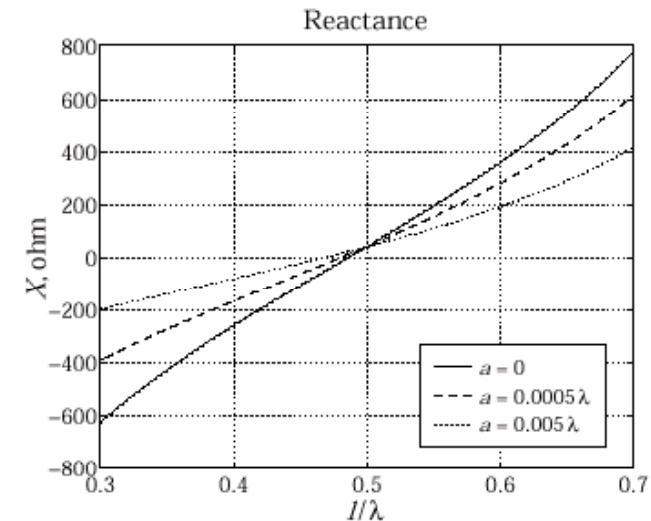
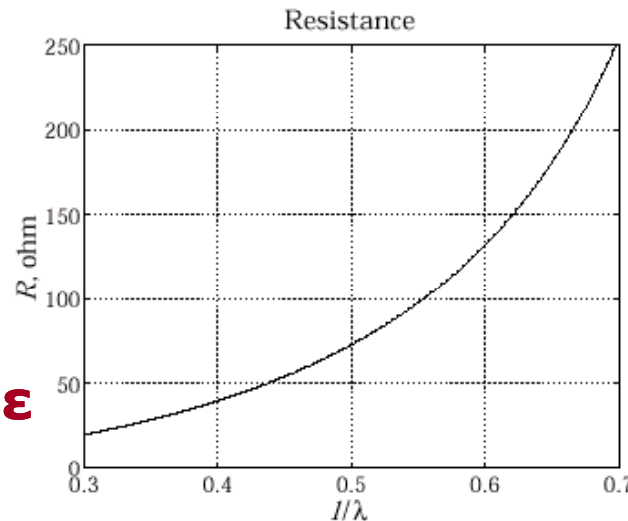
◆ $A_{em} = \frac{\lambda^2}{4\pi} D_0 = 0.13 \lambda^2$

$$R_{\alpha\kappa\tau} = \frac{2W_{\alpha\kappa\tau}}{I_m^2} = 30S_1(2\pi) = 30 \times 2.436 = 73,09 \Omega$$

	$\lambda/2a$	50	60	70	100	200	400	1000	...	∞
R_r		56	58	59	60	61	62	63	...	73

◆ **SWR bandwidth** : ~ 5% της συχνότητας σχεδίασης f_0

Μήκος ~0.48-0,49 λ
καλή προσαρμογή με coax



Τροφοδοσία:

Χρήση:

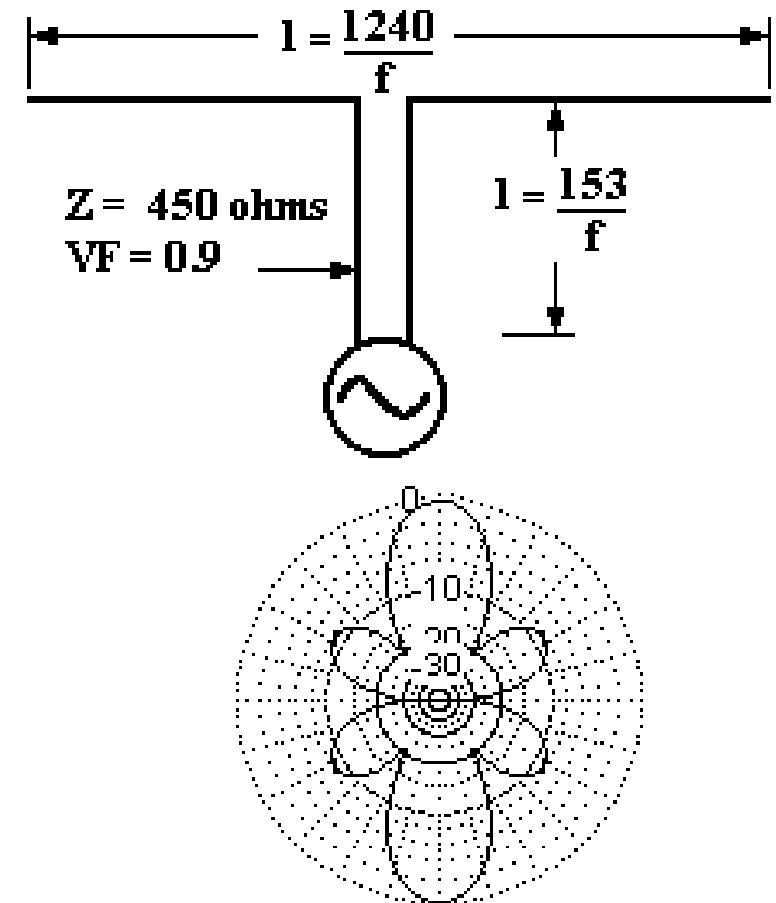
Με ομοαξονική γραμμή

Εκπομπή βραχέων κυμάτων από πλοία και αεροδρόμια.

Κατασκευή στοιχειοκεραιών για VHF, UHF.

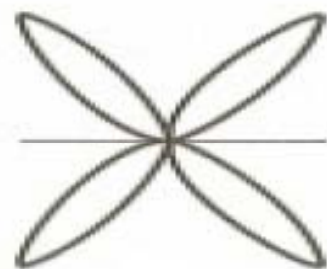
The Extended Double Zepp

- ◆ **Μήκος $\sim 1.28\lambda$**
- ◆ **self impedance: $150 - j800$ ohms**
- ◆ **Antenna can be matched to 50 ohm coax with a series matching section**
- ◆ **$D_0 \sim 5.0$ dBi. maximum broadside directivity for a center-fed wire antenna**

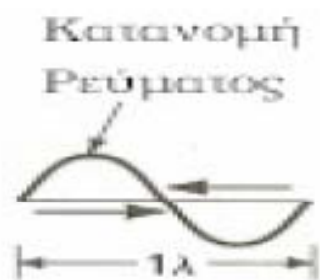


Harmonic Operation of $\lambda/2$ Dipoles

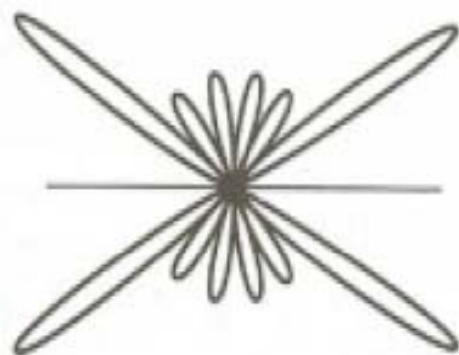
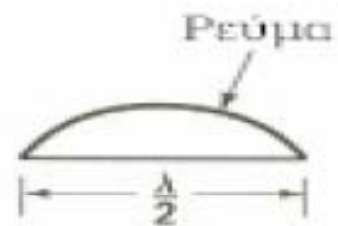
- ◆ **A $\lambda/2$ dipole is also resonant at integral multiples of its resonant frequency.**
- ◆ **The self impedance of a $\lambda/2$ dipole at odd multiples of the resonant frequency is 100 - 150 ohms.**
- ◆ **The self impedance at even multiples is > 1000 ohms**
- ◆ **The directivity is never greater than the extended double Zepp.**
- ◆ **The pattern is very complex, with many side lobes.**



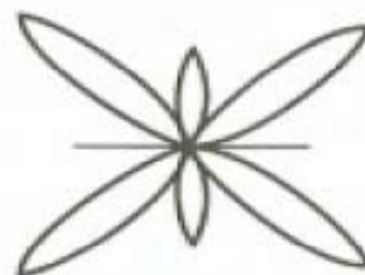
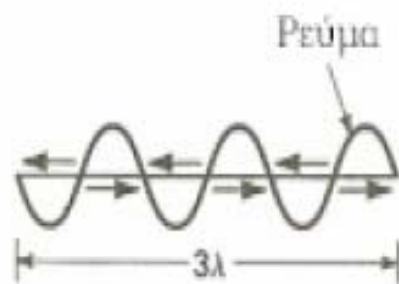
$$l = \lambda$$



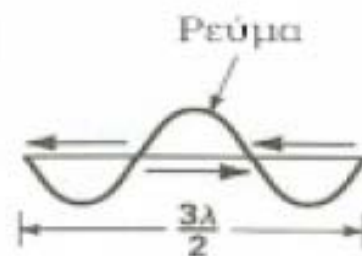
$$l = \frac{\lambda}{2}$$



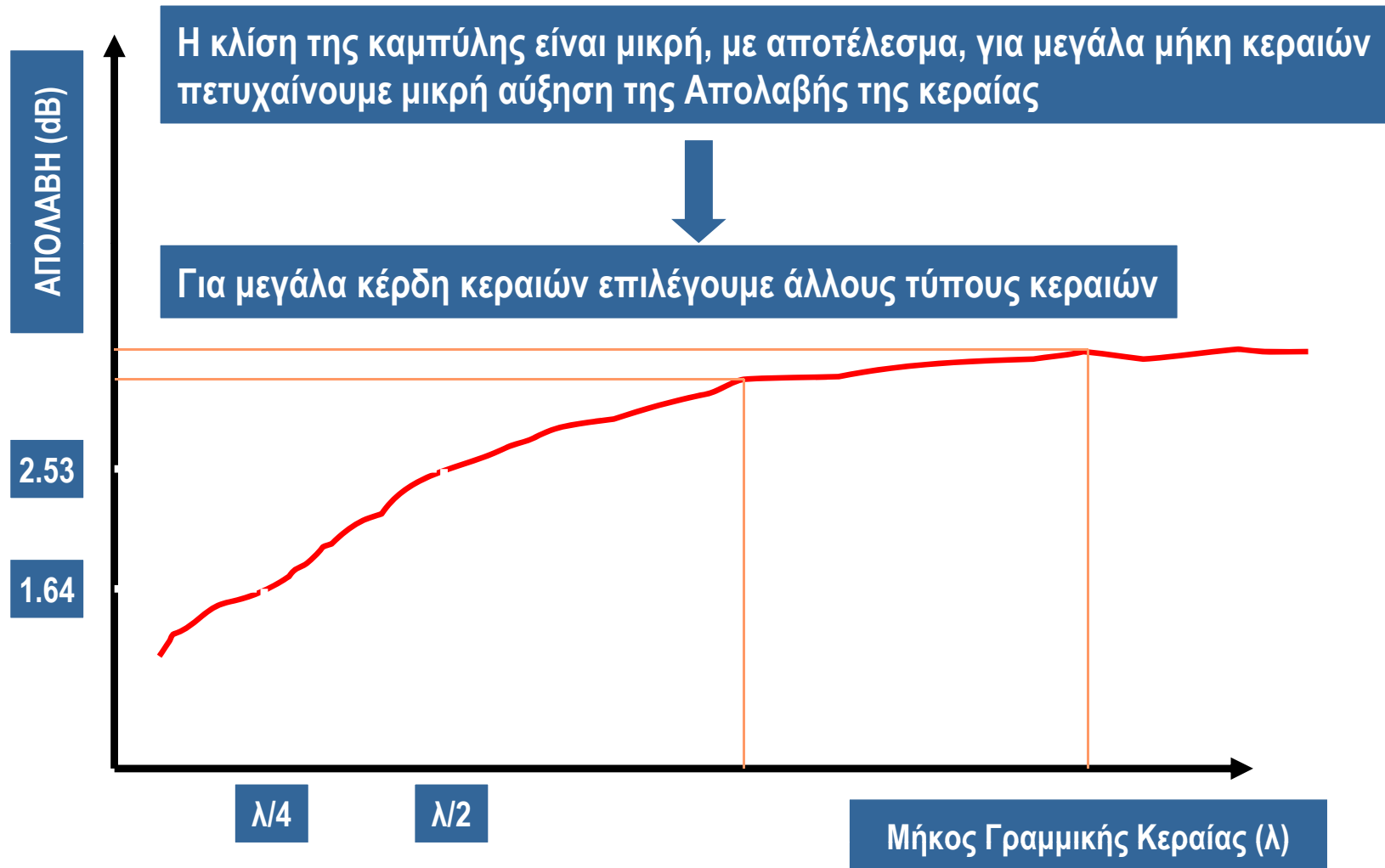
$$l = 3\lambda$$



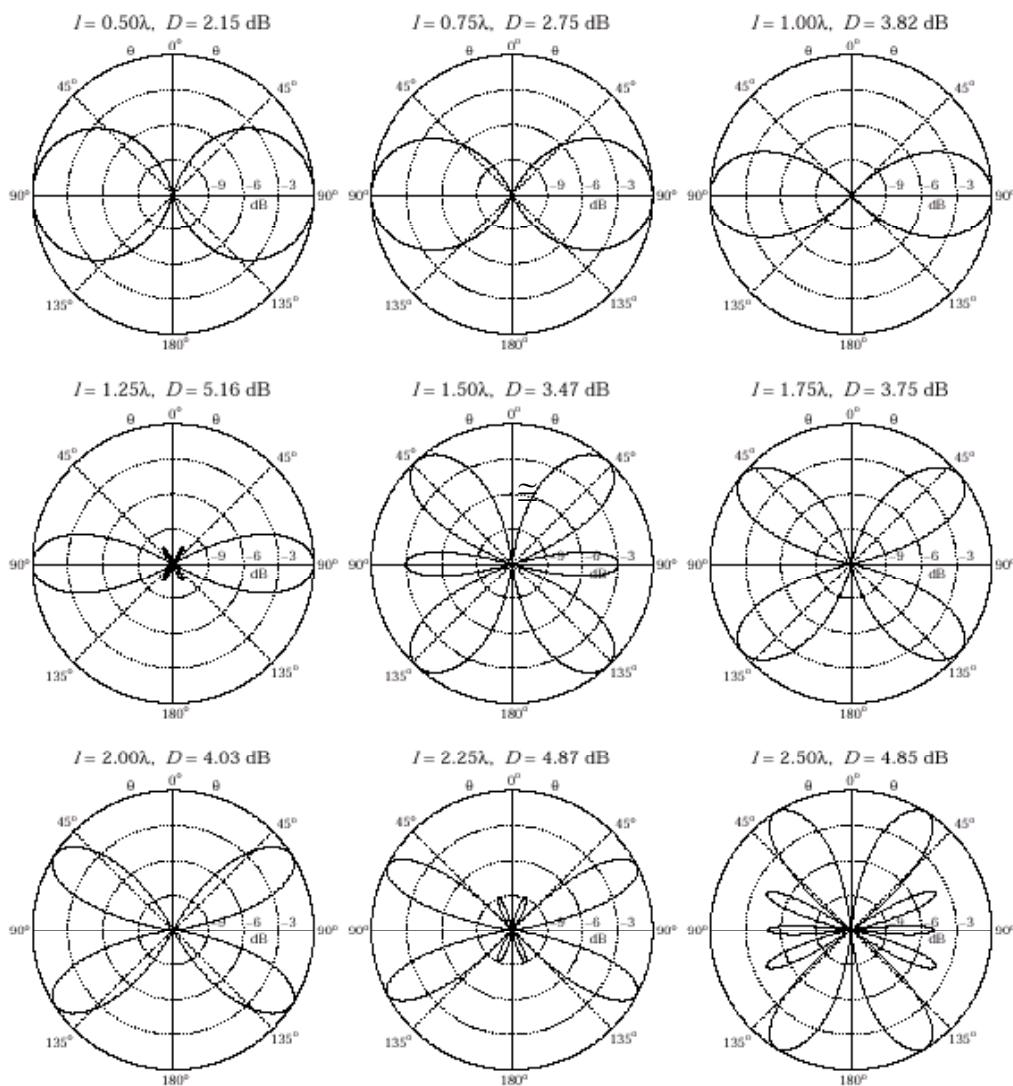
$$l = \frac{3\lambda}{2}$$



κέρδος σε σχέση με το μήκος της κεραίας



Διαγράμματα ακτινοβολίας

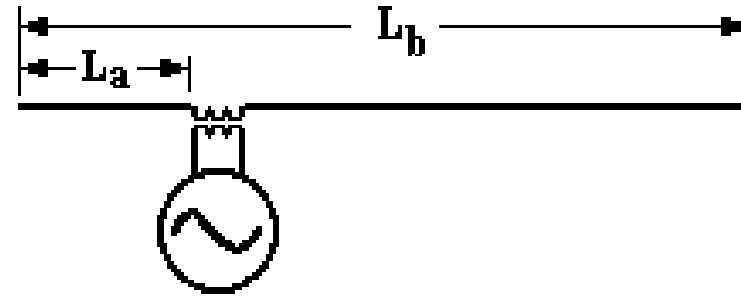


• Η αύξηση του μήκους του δίπολου οδηγεί

- σε λοβούς μικρότερου εύρους
- Δημιουργεί δευτερεύοντες λοβούς

Δίπολο μη τροφοδοτούμενο στο κέντρο Off-Center Fed Dipole (OCD)

- ◆ Αν η τροφοδοσία του διπολου δεν γίνεται στο κέντρο, είναι δυνατόν να επιτύχουμε στο σημείο τροφοδοσίας χαμηλή εμπέδηση σε συχνότητες διαφορετικές από τα περριττά πολ/σια της resonant frequency
- ◆ $Z_{in} > 100 \text{ ohms}$, χρήση μετασ/στη στο σημείο τροφοδοσίας

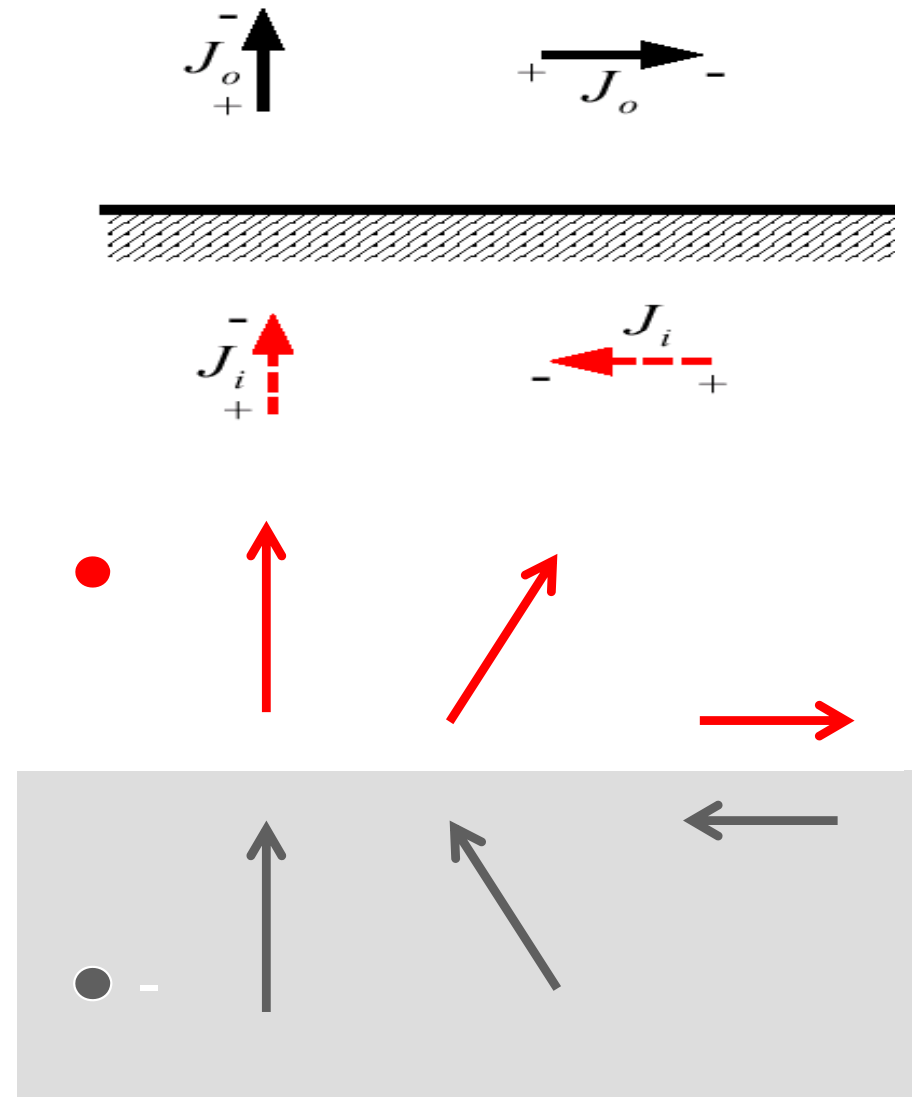


$$R_r = \frac{75}{\sin^2 \left(\frac{2 \pi x}{\lambda} \right)}$$

• Γενικά καθώς το σημείο τροφοδοσίας μετατοπίζεται προς τα άκρα η εμπέδηση αυξάνει

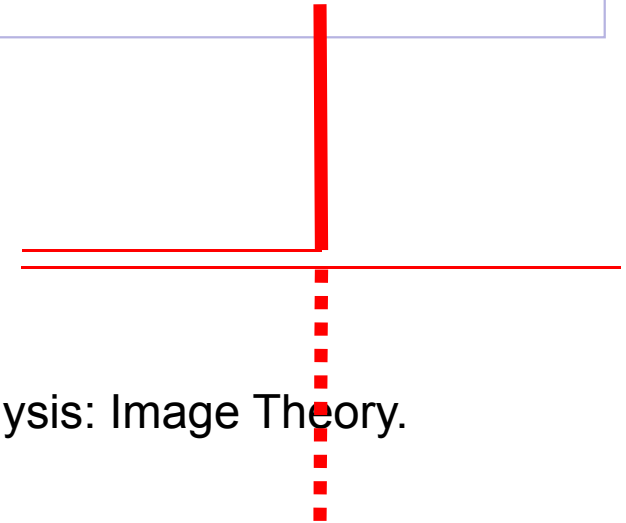
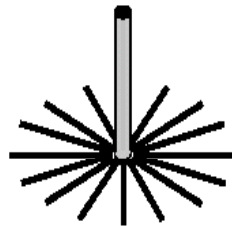
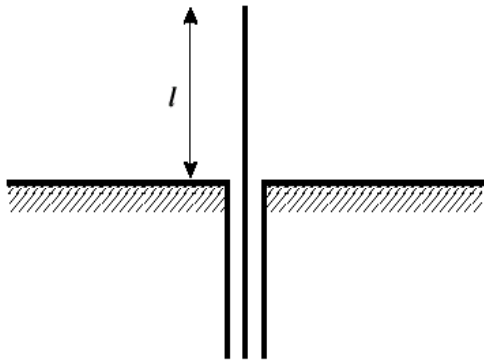
Image Theory

- ◆ Antenna above perfectly conducting plane surface
- ◆ Tangential electrical field component = 0
 - vertical components: the same direction
 - horizontal components: opposite directions
- ◆ The field (above the ground) is the same as if the ground is replaced by an mirror image of the antenna



Μονόπολα

- Το είδωλο λόγω της γείωσης, διπλασιάζει το ηλεκτρικό μήκος της κεραίας. Ιδιαίτερα, σε χαμηλές συχνότητες, όπου το μήκος κύματος είναι μεγάλο, η επιλογή της γειωμένης κατακόρυφης κεραίας είναι ένας τρόπος να διατηρηθεί το φυσικό μέγεθος της κεραίας σε αποδεκτές διαστάσεις.
- Η πόλωση μιας κατακόρυφης γραμμικής κεραίας (κατακόρυφη πόλωση) χαρακτηρίζεται από μικρότερη εξασθένηση για διάδοση κοντά στο έδαφος.
- Χρήση: AM ραδιοφωνία, σταθμοί βάσης κινητών
- τα διαγράμματα ακτινοβολίας και τα πεδιακά μεγέθη τους, θα είναι ταυτόσημα με αυτά, που ήδη έχουν υπολογιστεί για τα δίπολα τυχαίου μήκους. Προφανώς, η ισοδυναμία έχει νόημα για το χώρο πάνω από το επίπεδο της γης ($0 < \theta < 90$)



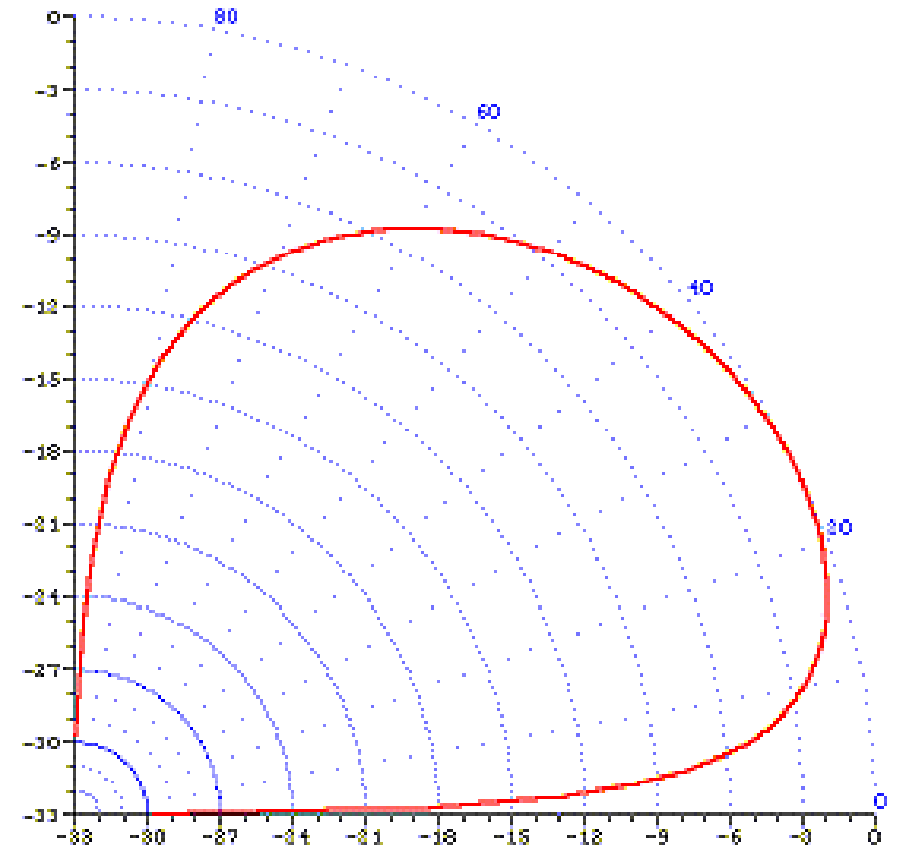
Tool of Analysis: Image Theory.

half power = half radiation resistance:

$$L = \lambda/4 : R_r = 36.5\Omega \quad D = 3.28$$

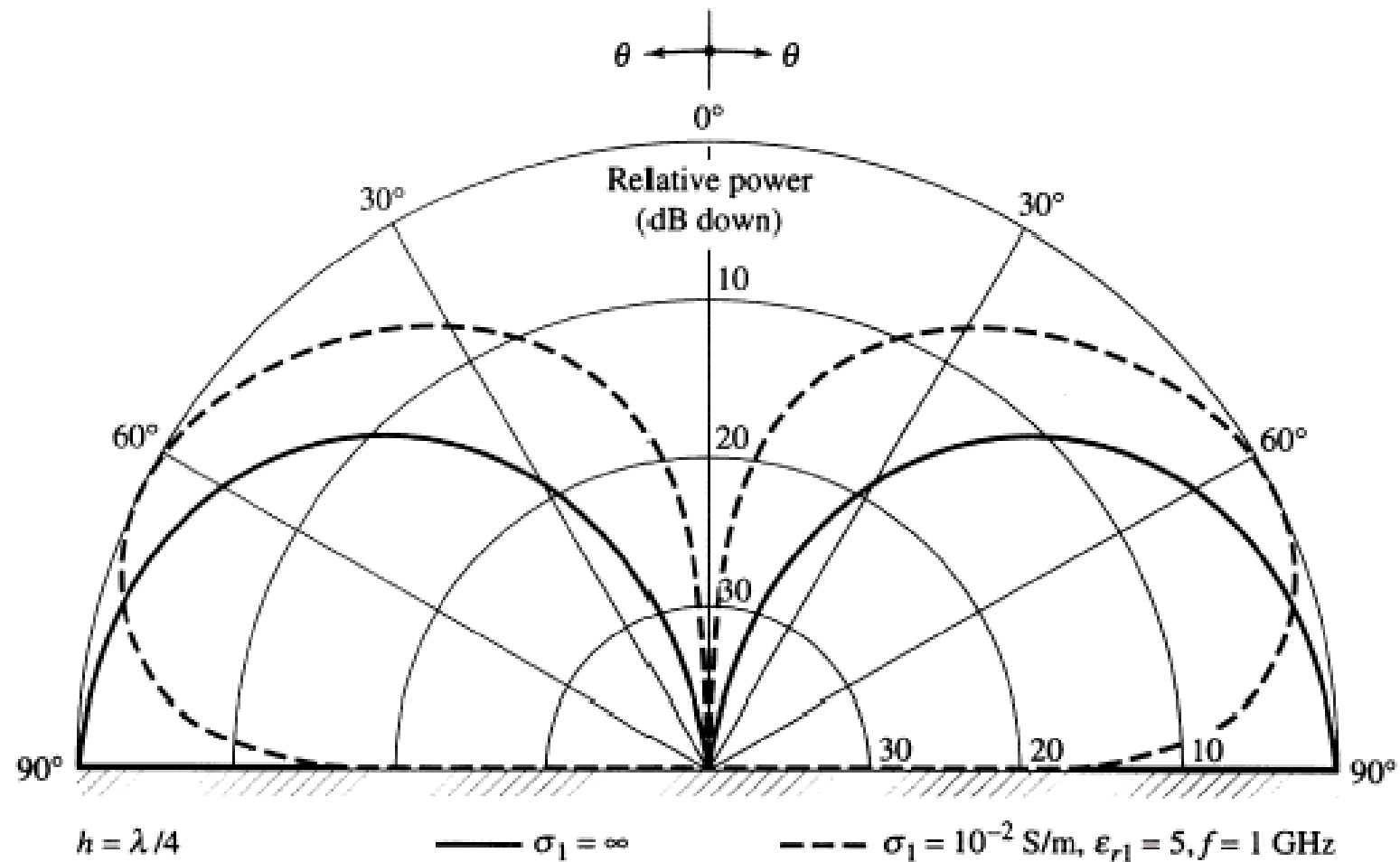
η σύνθετη αντίσταση εισόδου θα είναι και αυτή υποδιπλάσια της σύνθετης αντίστασης του αντίστοιχου δίπολου ενώ η D_0 διπλασιάζεται.

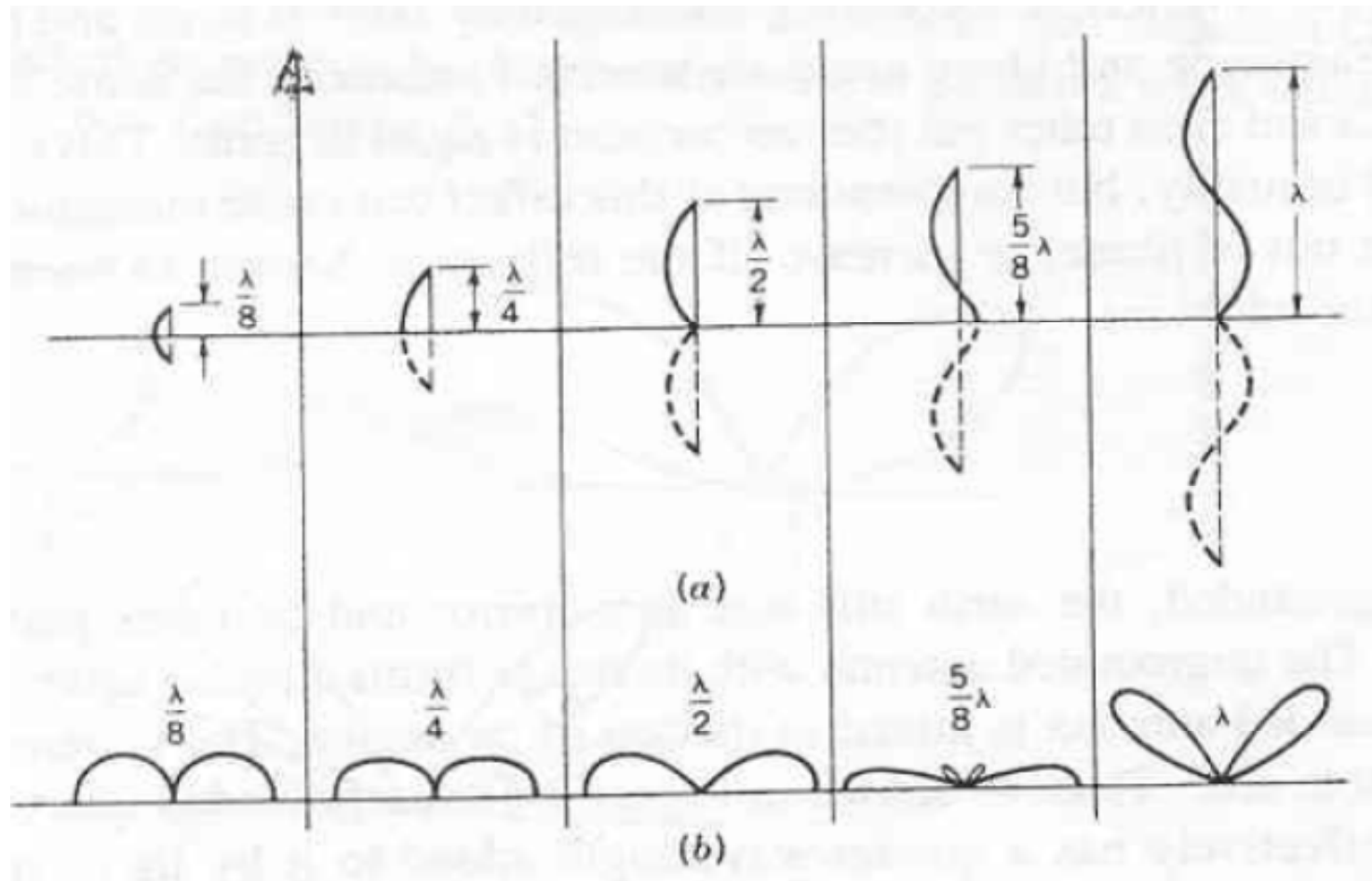
Μονόπολα στην πράξη



$\lambda/2$ above the ground

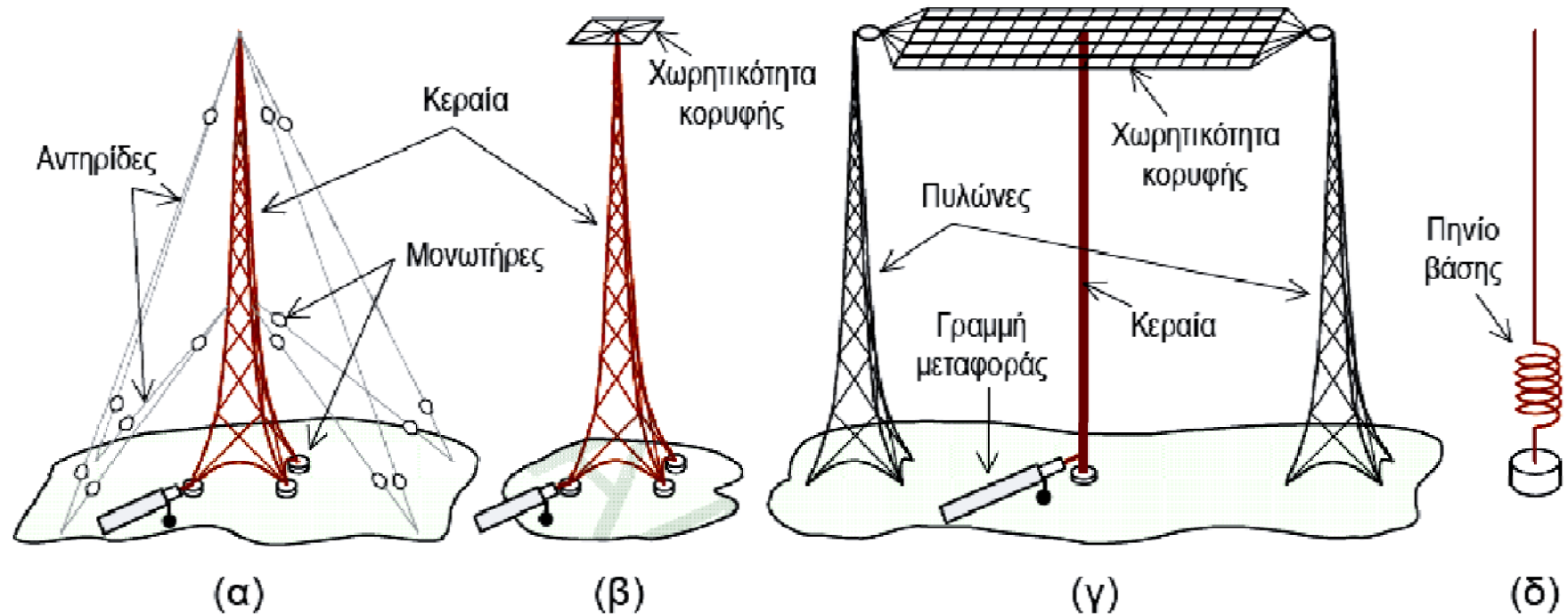
Μονόπολα. Διαγραμμα ακτινοβολίας





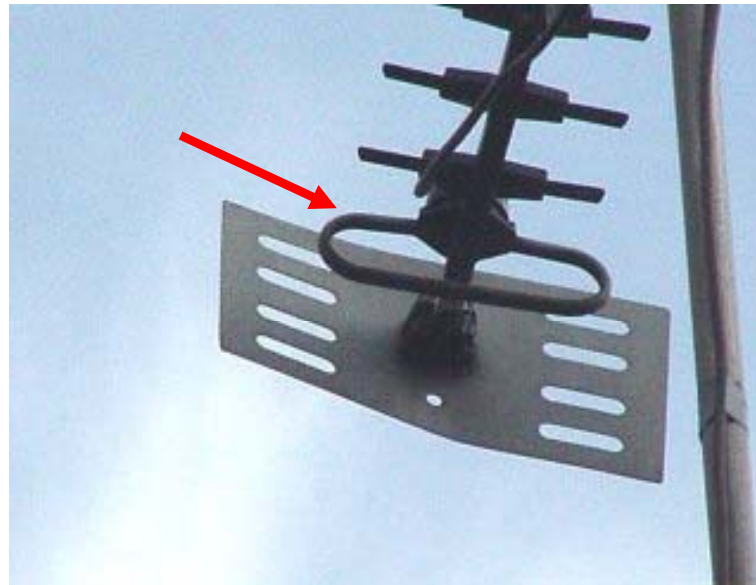
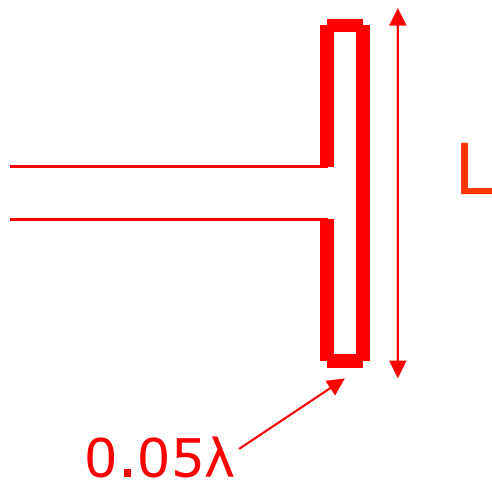
Χαρακτηριστικά κατακόρυφα γειωμένων κεραιών (α) Κατανομές ρευμάτων κατά μήκος διατάξεων κεραιών διαφορετικού ύψους (β) διαγράμματα ακτινοβολίας

Αύξηση μήκους κεραιών $\lambda/4$



Αναδιπλωμένο Δίπολο

Το αναδιπλωμένο δίπολο έχει όμοια κατευθυντικά χαρακτηριστικά με το κανονικό δίπολο αλλά τετραπλάσια αντίσταση εισόδου

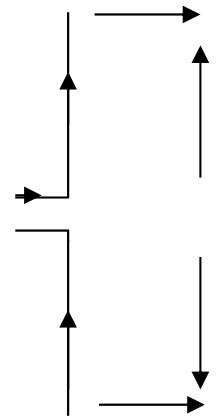


double strength = double amplitude = four-fold power = four-fold resistance

$$L=\lambda/2 : R_r = 4*73\Omega = 292\Omega$$

Εμπέδηση εισόδου- Γραμμικές κεραίες

- ◆ Θεώρημα αμοιβαιότητας
- ◆ Ιδιοεμπέδηση λεπτής Γραμμικής κεραίας



$$Z_{11} = \frac{V_{11}}{I_1} = -\frac{1}{I_1^2} \int_0^l I_z E_z dz$$

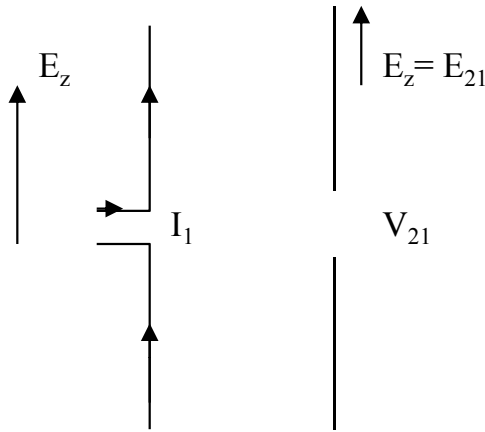
$$\mu\epsilon \vec{E} = -\nabla\Phi - j\omega\vec{A} \quad \text{kai} \quad \Phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho}{r} dV \quad \vec{A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\vec{J}}{r} dV$$

$$Z_{11} = 30[Cin(2\pi\nu) + jSi(2\pi\nu)] =$$

$$30[0.577 + \ln(2\pi\nu) - Ci(2\pi\nu) + jSi(2\pi\nu)]$$

$L = \nu \lambda / 2$

Αμοιβαία Εμπέδηση δυο Γραμμικών Κεραίων



$$Z_{21} = -\frac{V_{21}}{I_1} = -\frac{V_{12}}{I_2} = Z_{12}$$

$$Z_{21} = -\frac{V_{21}}{I_1} = -\frac{1}{I_1 I_2} \int_0^l I_{2z} E_{21z} dz$$

$$Z_{21} = Z_{12} = R_{21} + jX_{21} = R_{12} + jX_{12}$$

- ◆ Επομένως η εμπέδηση μια κεραίας παρουσία άλλης θα είναι:

$$Z_1 = Z_{11} + Z_{12} = R_{11} + R_{12} + j(X_{11} + X_{12})$$

Αρχή πολ/σμου παράγοντα διαγράμματος

Constant (similar to all structures)

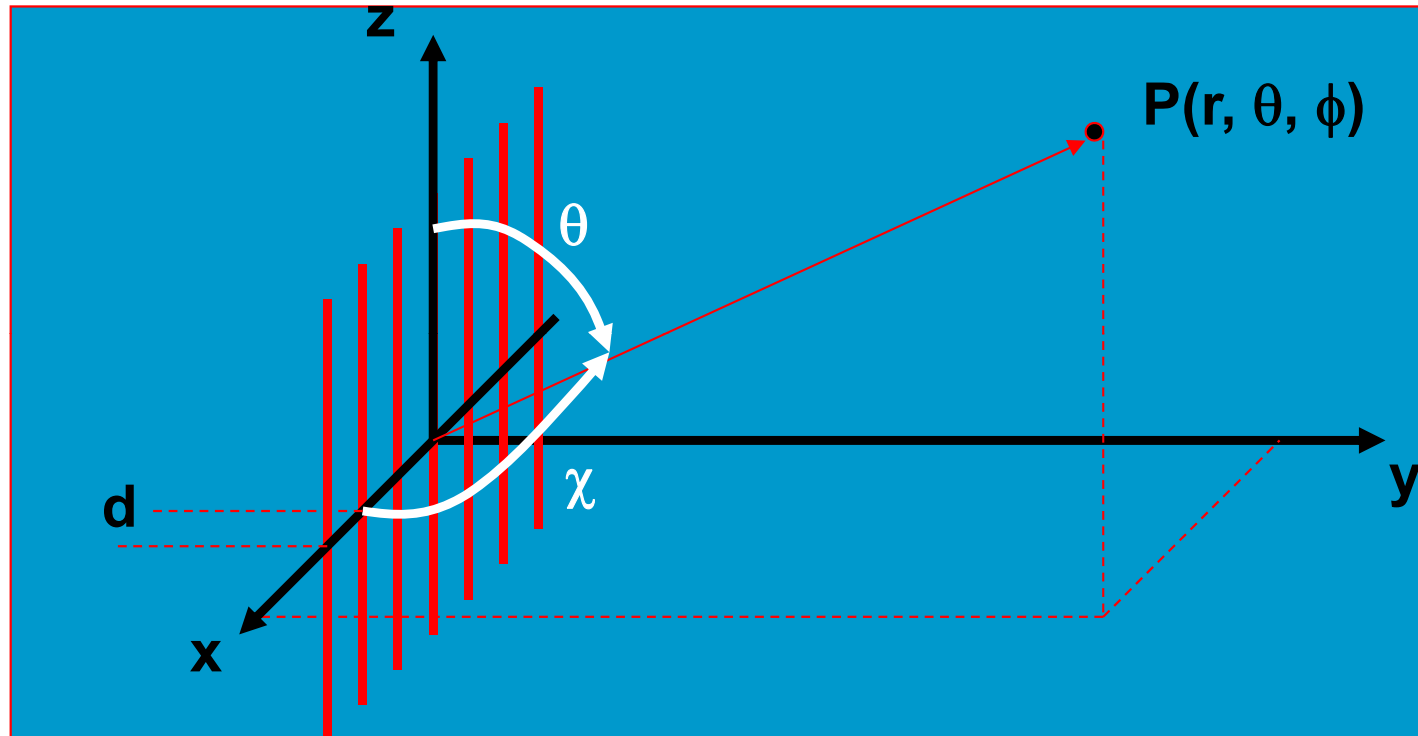
$$H_{\phi} = j \frac{1}{2} \frac{e^{-jkr}}{r} \sin \theta \cdot P_0(\psi_2) \cdot f(\psi_1) \quad E_{\theta} = \eta \cdot H_{\phi}$$

Individual Pattern
(of 1 antenna element)

ARRAY FACTOR
(different for each Array)

$$f(\psi_1) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot e^{j \cdot k \cdot d \cdot n \cdot \psi_1}$$

Linear Antenna Array



$$\psi_1 = \cos \chi = \sin \theta \cos \phi \longrightarrow \text{mixed elevation \& azimuth}$$

$$\psi_2 = \cos \theta \longrightarrow \text{pure elevation}$$

Uniform Array

$$f(\psi_1) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot e^{j \cdot k \cdot d \cdot n \cdot \psi_1} \quad I_n = 1 \cdot e^{j \alpha \cdot n}$$

**Array
Factor**

$$f(u) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{j \cdot n \cdot u}$$

$$u = \alpha + kd\psi_1 \\ = \alpha + kd \cdot \cos \chi$$

Maximum (Main Beam) for $u = 0$: $\cos \chi = -\frac{\alpha}{kd}$

Broadside Array

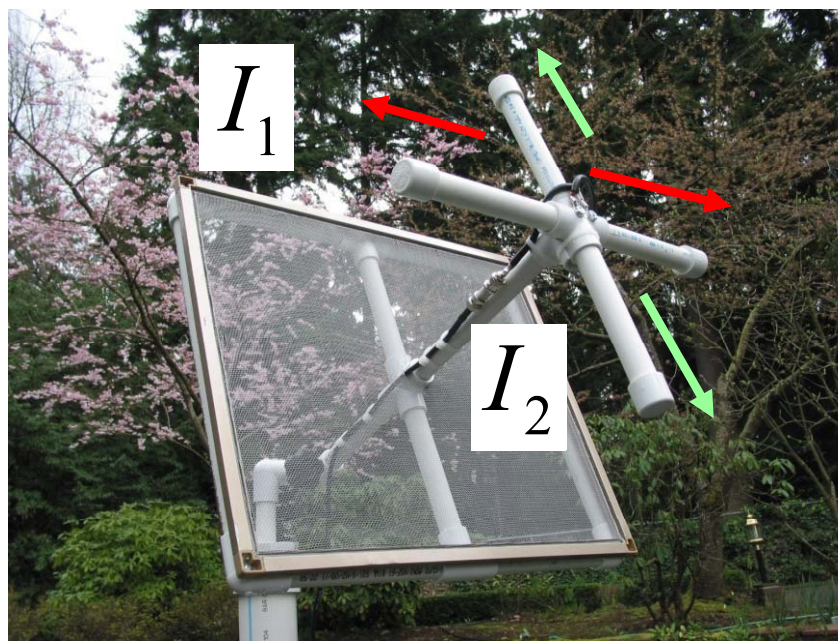
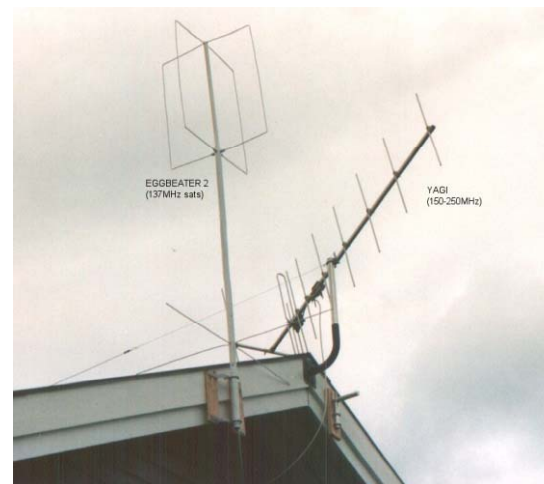
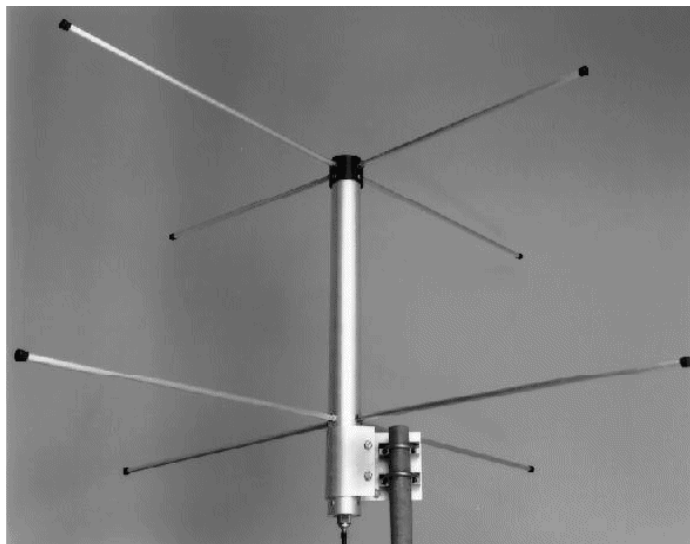
Endfire Array

$$\chi = 90^\circ \rightarrow \alpha = 0$$

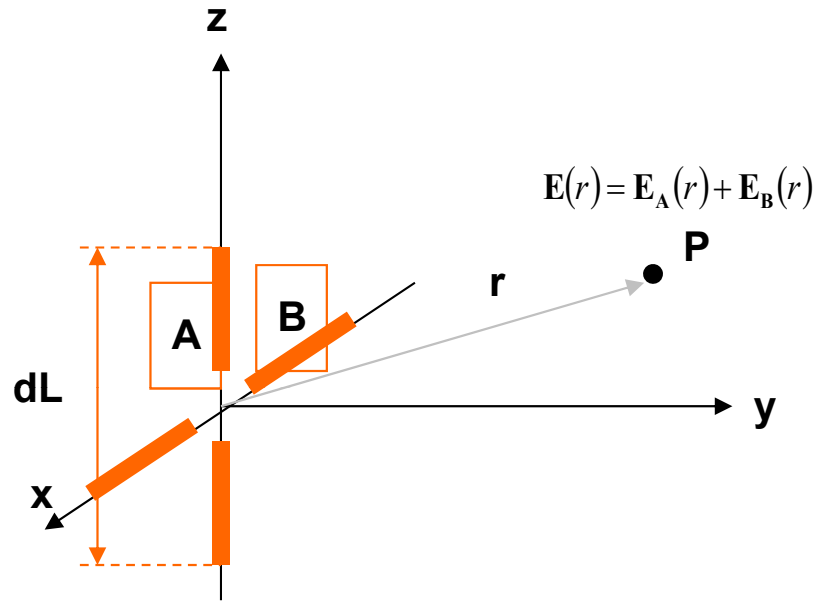
$$\alpha = -kd \leftarrow \chi = 0^\circ$$

Εγκάρσιος συνδυασμός διπόλων (turnstile antenna)

$$I_2 = jI_1$$



ΠΑΝΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΚΕΡΑΙΑ



Small Cross-Dipole

with quadrature
current feeding:

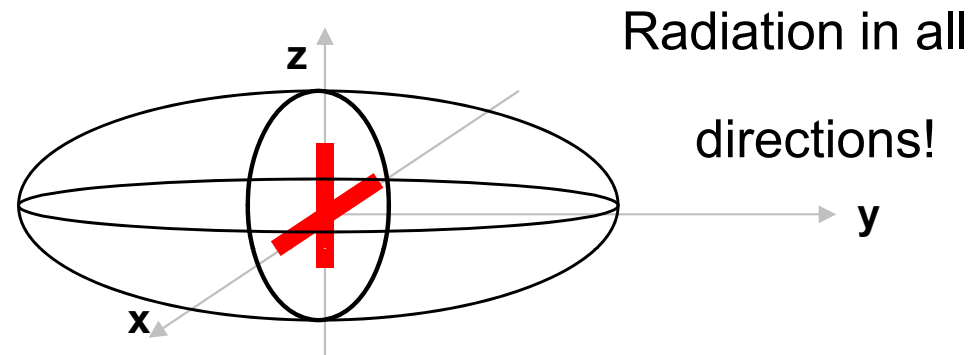
$$I_0 = I_z = jI_x$$

$$\mathbf{E}_A(r) = j \frac{k\eta}{4\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} I_z \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot \hat{\boldsymbol{\theta}}$$

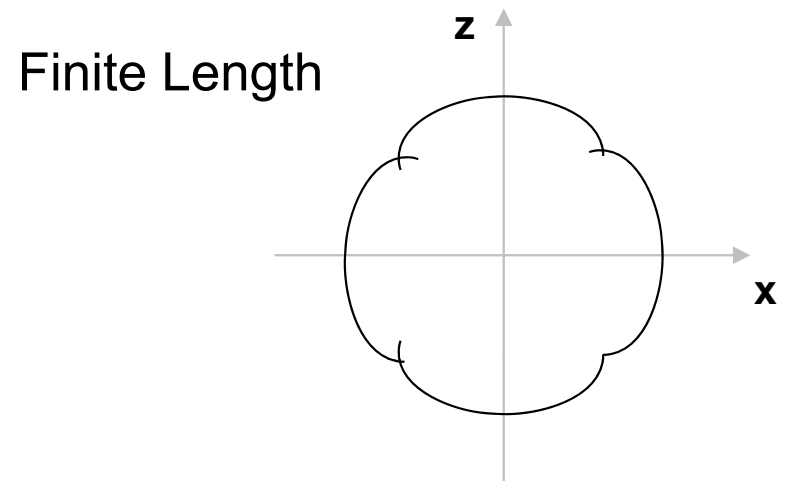
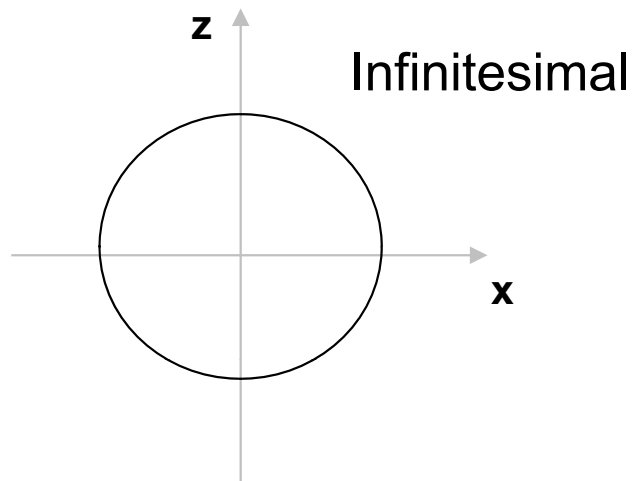
$$\mathbf{E}_B(r) = j \frac{k\eta}{4\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} I_x \cdot dl \cdot \left(-\cos \theta \cos \phi \cdot \hat{\boldsymbol{\theta}} + \sin \phi \cdot \hat{\boldsymbol{\phi}} \right)$$

Radiation Pattern

3-D Pattern



2-D x-z plane



Εφαρμογές

- 1. Circular polarisation in Broadside direction:**
 - Satellite Communication**
 - Radar Application**
- 2. Communication of unstabilised space-crafts due to radiation property in all directions.**
- 3. In x-z plane almost circular radiation pattern:**
 - TV-broadcast transmit antenna**

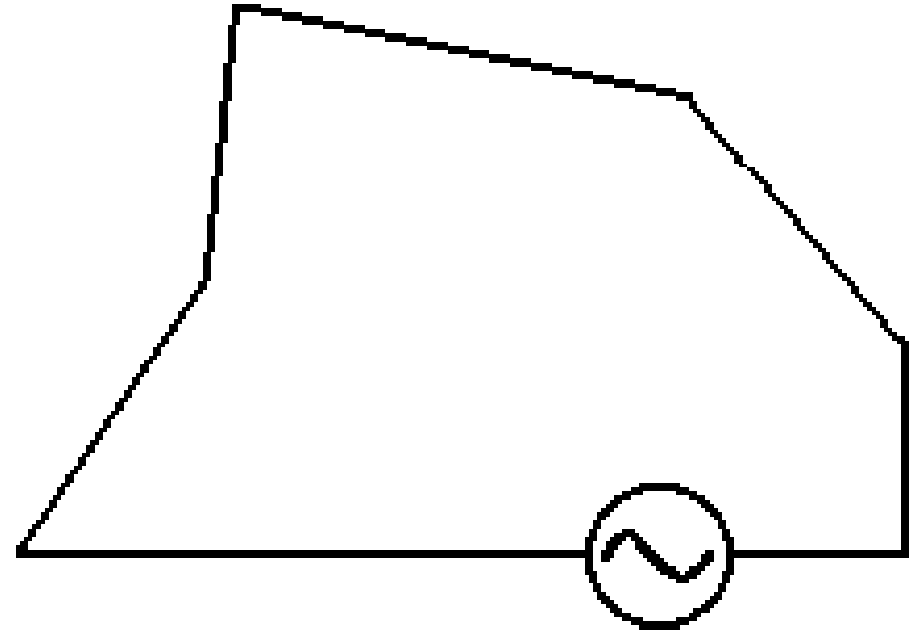
Αρχή δυαδικότητας (Babinet)

Πηγές ηλεκτρικού Ρεύματος ($J \neq 0, M = 0$)	Πηγές μαγνητικού Ρεύματος ($J = 0, M \neq 0$)
E_A	H_F
H_A	$-E_F$
J	M
A	F
ϵ	μ
μ	ϵ
k	k
η	$1/\eta$
$1/\eta$	η

- ◆ Δυαδικά στοιχεία
 - Κύκλωμα RC και κύκλωμα RL
 - Δίπολο και βρόχος

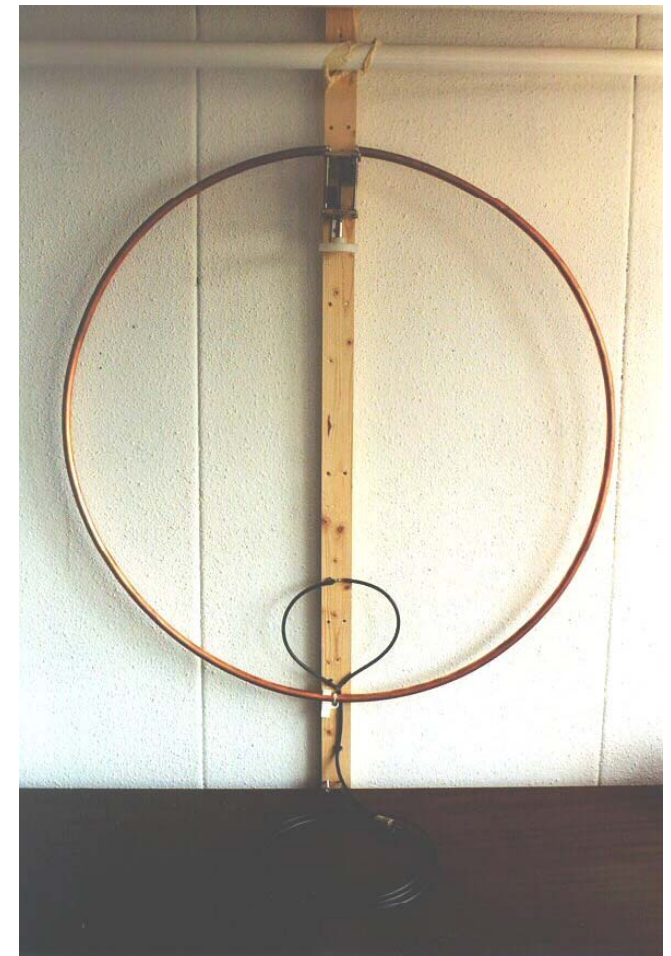
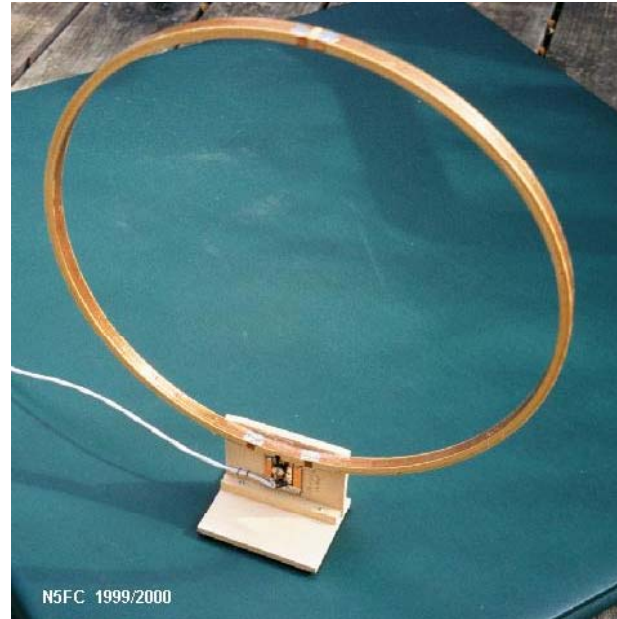
Loop Fundamentals

- ◆ **A large loop antenna is composed of a single loop of wire, greater than a half wavelength long.**
- ◆ **The loop does not have to be any particular shape.**
- ◆ **RF power can be fed anywhere on the loop.**



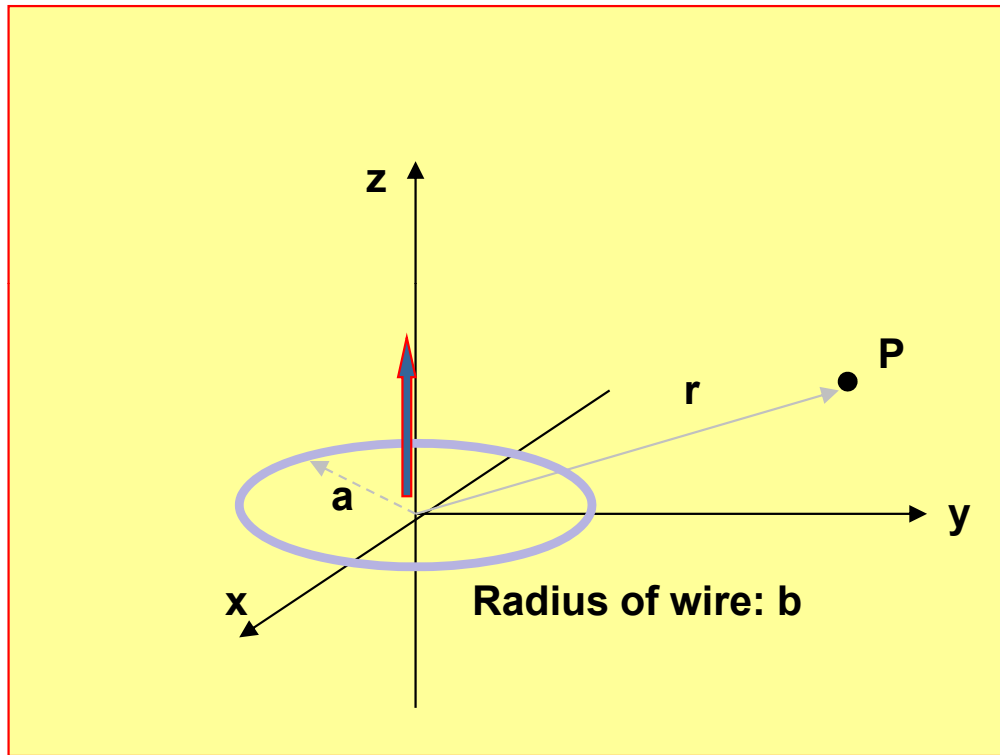
Κεραίες βρόχου (Loop antennas)

Οι κεραίες βρόχου είναι το μαγνητικό ισοδύναμο του ηλεκτρικού διπόλου. Χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν για εντοπισμό σταθμών



Loop Antennas (rectangular, loop)

Circular Loop



Loop coefficients
 B_0, B_n see graph.

$$I(\phi) = -j \frac{V}{\eta \pi} \left(B_0 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cos(n\phi) \right)$$

Small Circular Loop

$$H_{\theta}(r) = -\frac{(\pi \cdot a)^2}{2\lambda} \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} I_0 \cdot \sin \theta$$

$$E_{\phi}(r) = -\eta \cdot H_{\theta}(r)$$

The Loop pattern has exactly the same shape as that of a Hertzian Dipole, where the electric and magnetic fields are interchanged.

Parameters of the Loop

Radiation intensity U $U = \frac{\eta \cdot k^4 \cdot (\pi \cdot a^2)^2}{32\pi^2} \cdot I_0^2 \cdot \sin^2 \theta$

Radiation Power P $P = \frac{\eta \cdot k^4 (\pi \cdot a^2)^2}{12\pi} I_0^2$

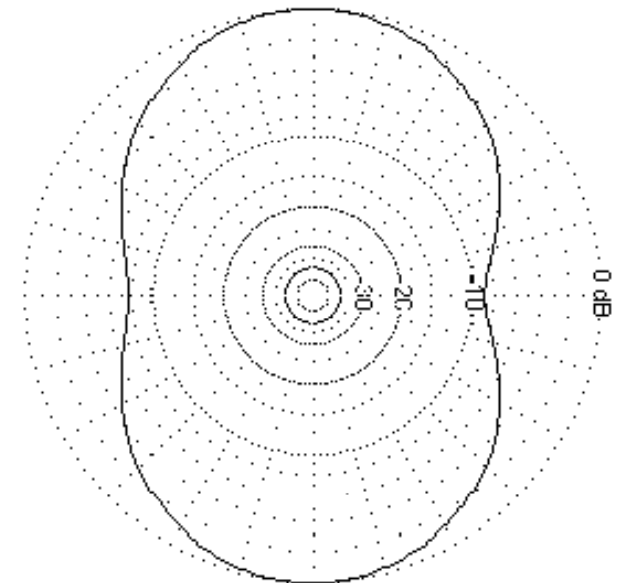
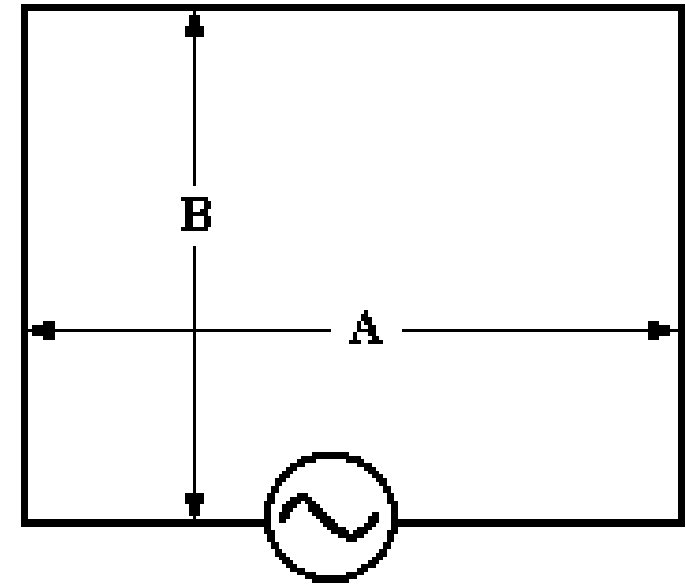
Radiation Resistance R_r $R_r = 20 \cdot (k^2 \pi \cdot a^2)^2$

Directive Gain g $g = 1.5 \cdot \sin^2 \theta$

Radiation Efficiency e $e = \frac{R_r}{R_r + R_L} = \frac{10 \cdot (k^2 \pi \cdot a^2)^2}{10 \cdot (k^2 \pi \cdot a^2)^2 + \frac{a}{b} \sqrt{\frac{\omega \mu}{2\sigma}}}$

The Rectangular Loop

- ◆ **The total length is approximately 1.02λ**
- ◆ **The self impedance is $100 - 130 \Omega$ depending on height**
- ◆ **The Aspect Ratio (A/B) should be between 0.5 and 2 in order to have $Z_s \sim 120 \Omega$**
- ◆ **SWR bandwidth is $\sim 4.5\%$ of design frequency**
- ◆ **Directivity is ~ 2.7 dBi. Note that the radiation pattern has no nulls. Max radiation is broadside to loop**
- ◆ **Antenna can be matched to 50Ω coax with $75 \Omega \lambda / 4$ matching section.**



Εφαρμογές

1. Bad transmitter, but spatially very compact:

→ Low Frequency AM receiver (HiFi)

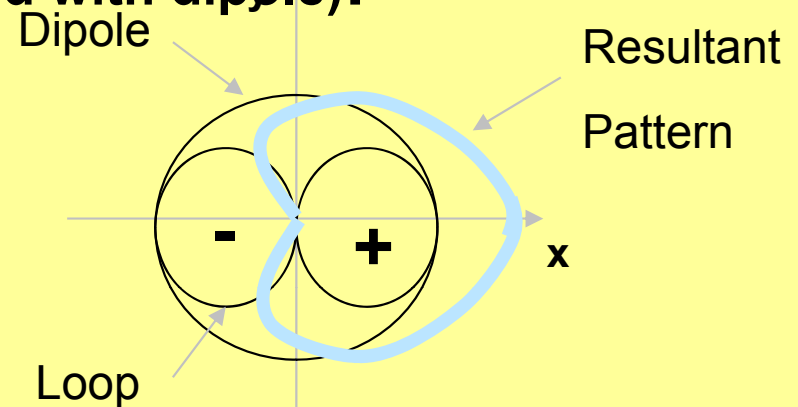
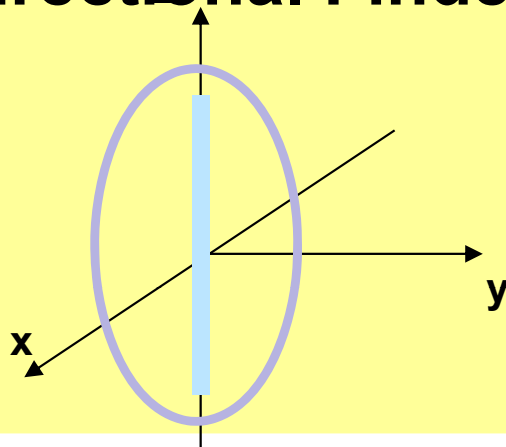
Connection to high impedance to give high induced voltage.

Ferrite as kernel will give even better performance.

Multiple loop turns to increase radiation resistance

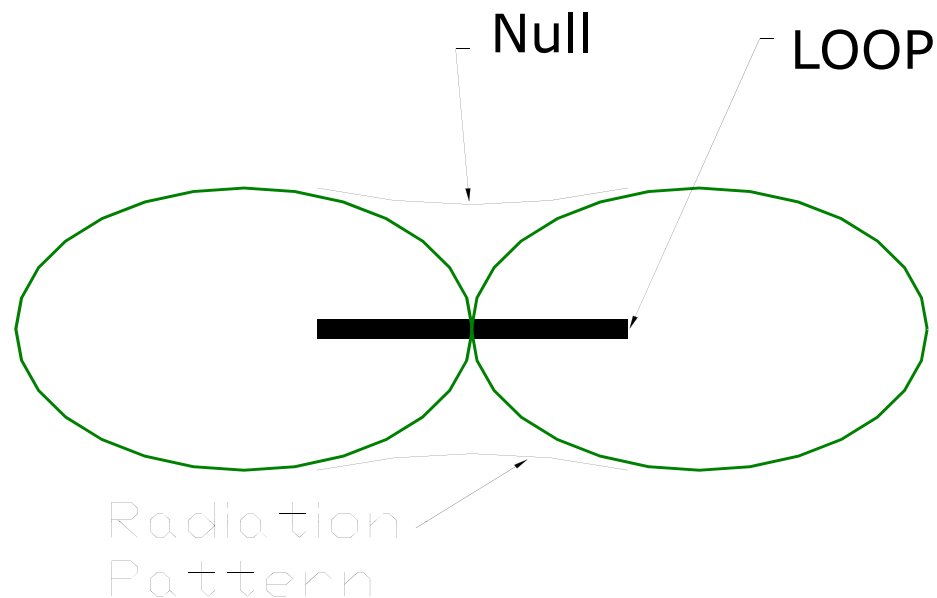
suitable for the frequency range 3MHz to 30MHz

2. Directional Finder (combined with dipole):



Loop Antenna: application

- ◆ Used in radio direction finding (RDF)
tune the antenna until null in the signal is obtained, the transmitting station is at right angles to the plane of the loop (See radiation pattern below)



Κεραίες ευρείας ζώνης

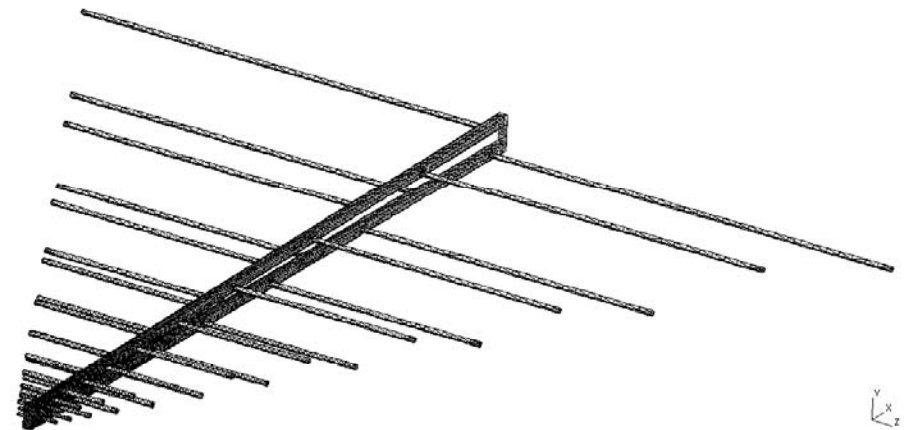
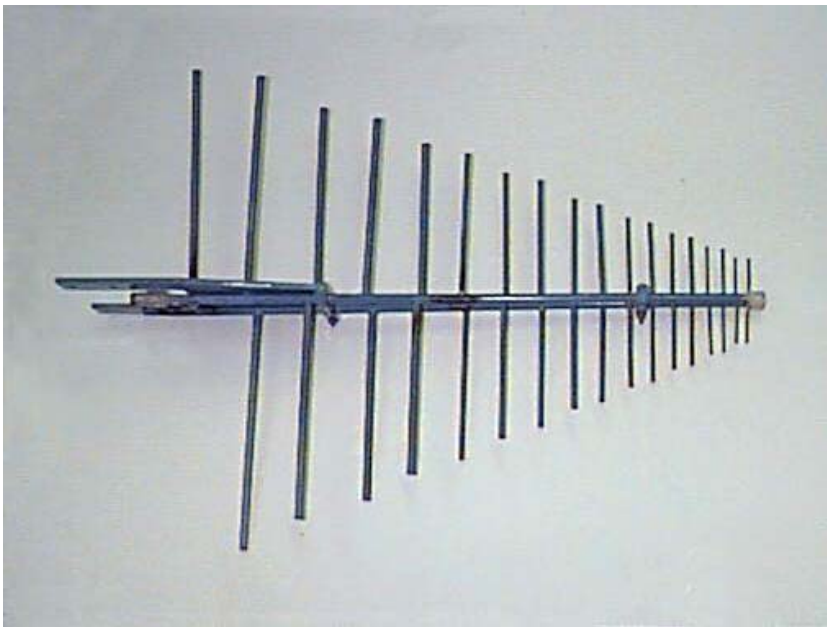
- ◆ Εύρος ζώνης κεραίας:

$$BW = \frac{f_u - f_L}{f_c} \text{ στενό εύρος} \quad \text{ή} \quad BW = \frac{f_u}{f_L} \text{ ευρύ εύρος}$$

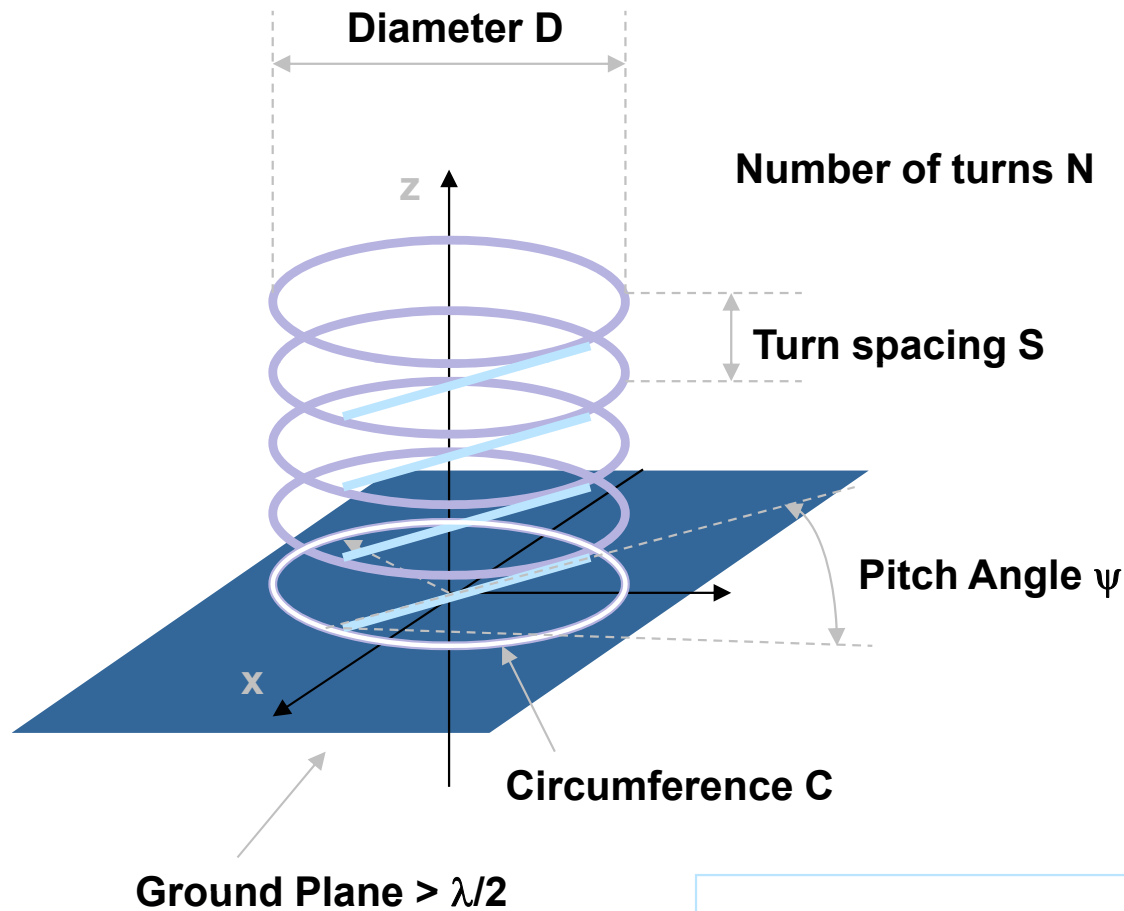
- ◆ Μια κεραία είναι ευρείας ζώνης όταν οι παράμετροί της δεν αλλάζουν τουλάχιστον μέσα σε μια οκτάβα: $f_u/f_L = 2$

Λογαριθμικές κεραιές (Log-periodic)

- ✓ Οι λογαριθμικές κεραιές είναι κεραιές συστοιχίας διπόλων. Έχουν το πλεονέκτημα ότι λειτουργούν εξίσου καλά σε πολύ ευρύ φάσμα συχνοτήτων (*independence of radiation resistance and radiation pattern to frequency*)
- ✓ Έχουν γραμμική πόλωση
- ✓ Χρήση: κεραιές λήψης UHF
- ✓ Σχεδίαση: $d_2/d_1 = d_3/d_2 = d_4/d_3 \dots = L_2/L_1 = L_3/L_2 = L_4/L_3 = f_L/f_u$
- ✓ $R_r = 400-450\Omega$ και $f_u/f_L = 10$



Ελικοειδής κεραία



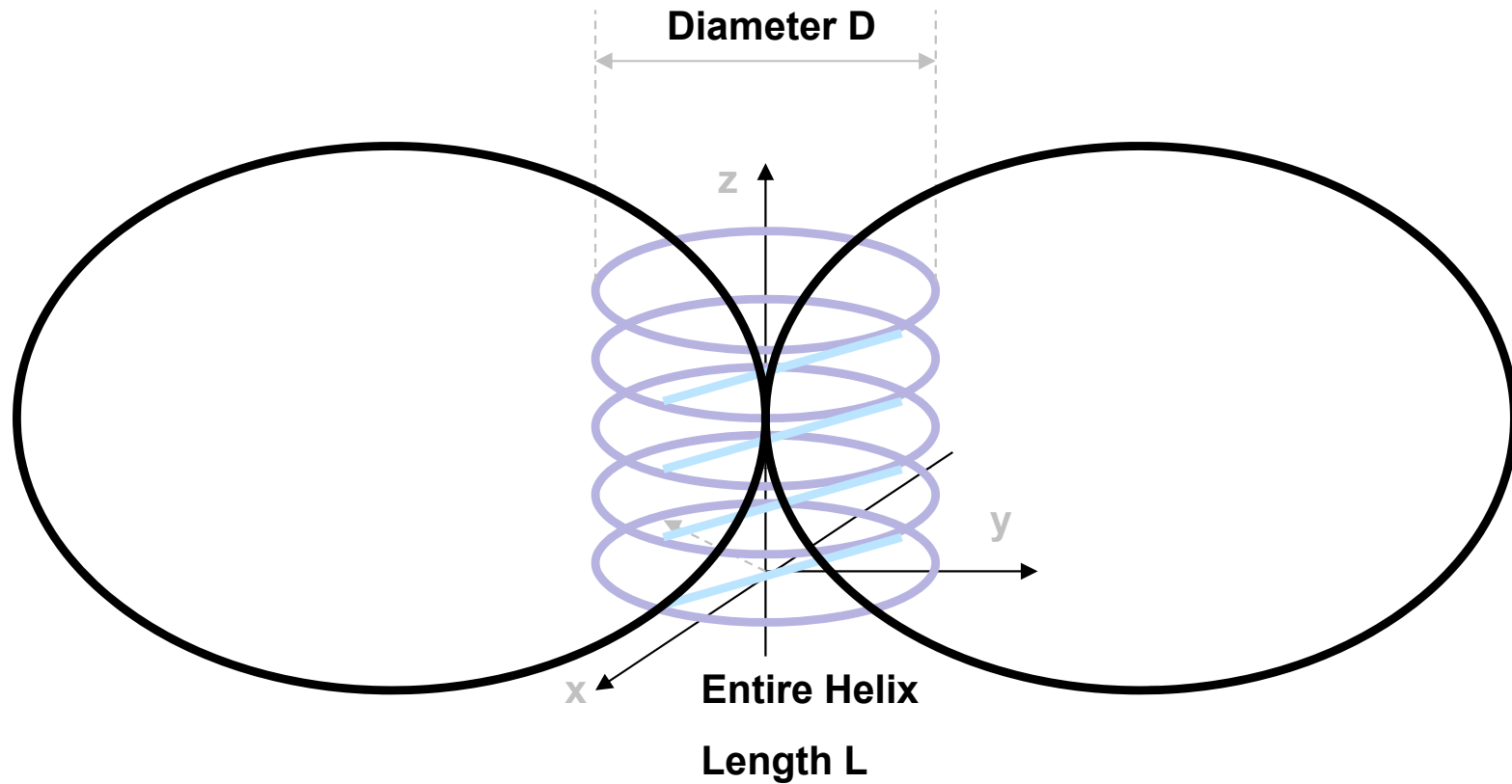
- ✓ Είναι συνδυασμός γραμμικής κεραίας και βρόχου
- ✓ The Helical Antenna was invented by John Kraus in 1946.

Operational Modes

Normal Mode Radiation

Axial Mode Radiation

Normal Mode Radiation



Normal Mode Radiation (broadside) appears if:

$$D \ll \lambda$$

$$\text{entire } L \ll \lambda$$

Πόλωση : κυκλική

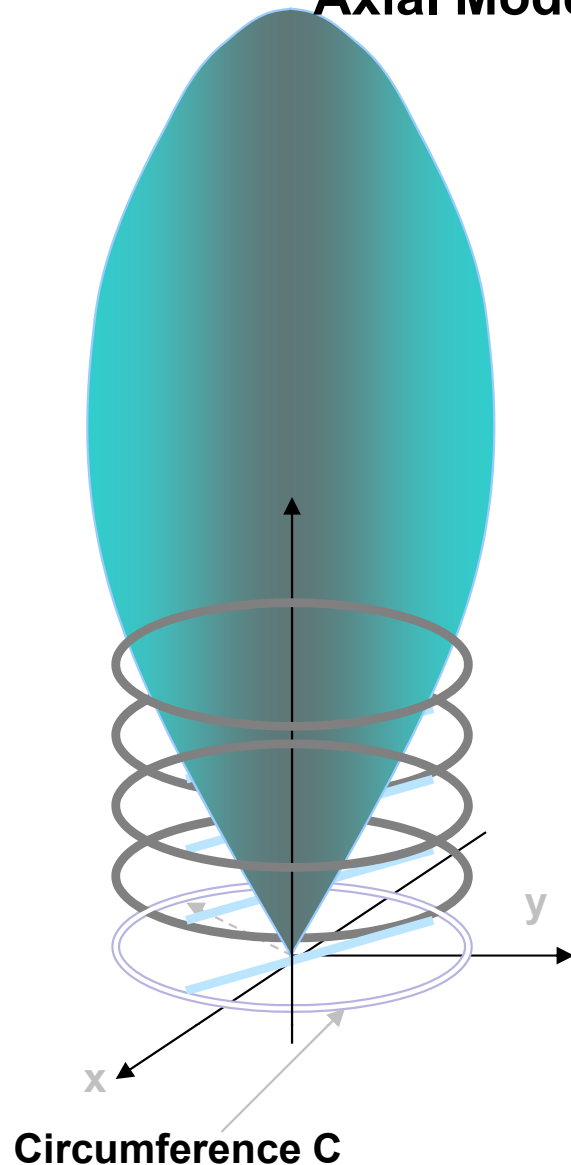
Συνιστώσες πεδίου: E_θ και E_ϕ με $\Delta\phi = \pi/2$



Axial Mode Radiation (preferred)

Axial Mode Radiation (endfire) appears if:

$$3/4 < C/\lambda < 4/3$$



1. **Narrow Mainbeam with minor sidelobes**
2. **HPBW $\propto 1/(\text{Number of turns})$**
3. **Circular Polarisation**
(orientation \sim helix orientation)
4. **Wide Bandwidth**
5. **No coupling between elements**
6. **Supergain Endfire Array**

Parameter of Axial Mode Radiation



HPBW

$$\text{HPBW} = \frac{65}{C} \cdot \sqrt{\frac{\lambda^3}{N \cdot S}}$$

Gain

$$G = 5 \cdot \frac{N \cdot S \cdot C^2}{\lambda^3}$$

Input Impedance

$$Z_{in} = 140 \cdot \frac{C}{\lambda}$$

Axial Ratio (Polarisation)

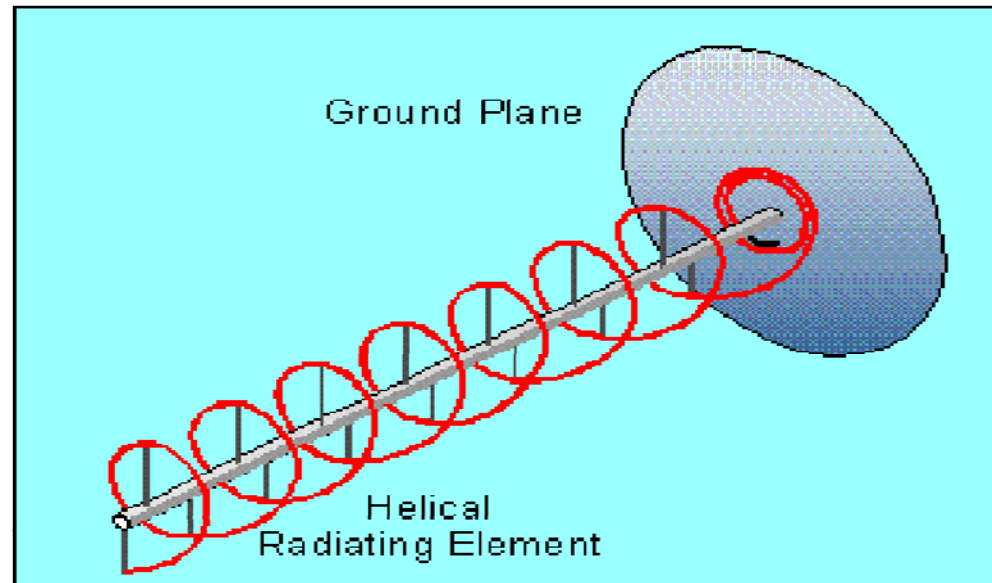
$$\text{AR} = \frac{2N + 1}{2N}$$

Εφαρμογές

1. High gain, large bandwidth, simplicity, circular polarisation in AXIAL MODE:

→ Space Communication (200-300MHz)

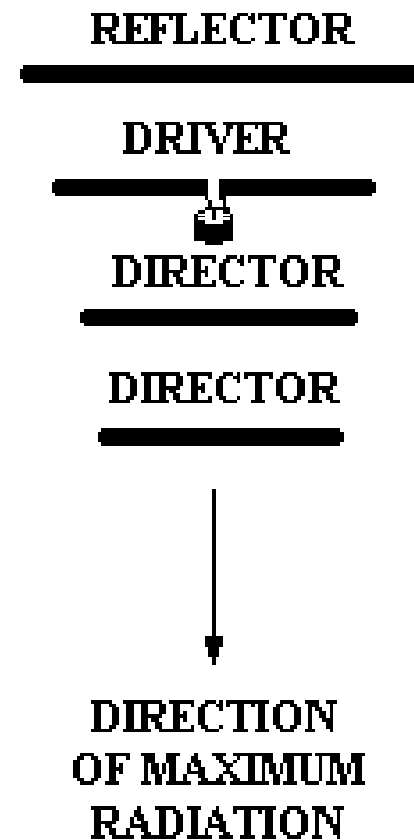
2. Arrays of Helixes with higher gain (they hardly couple!)



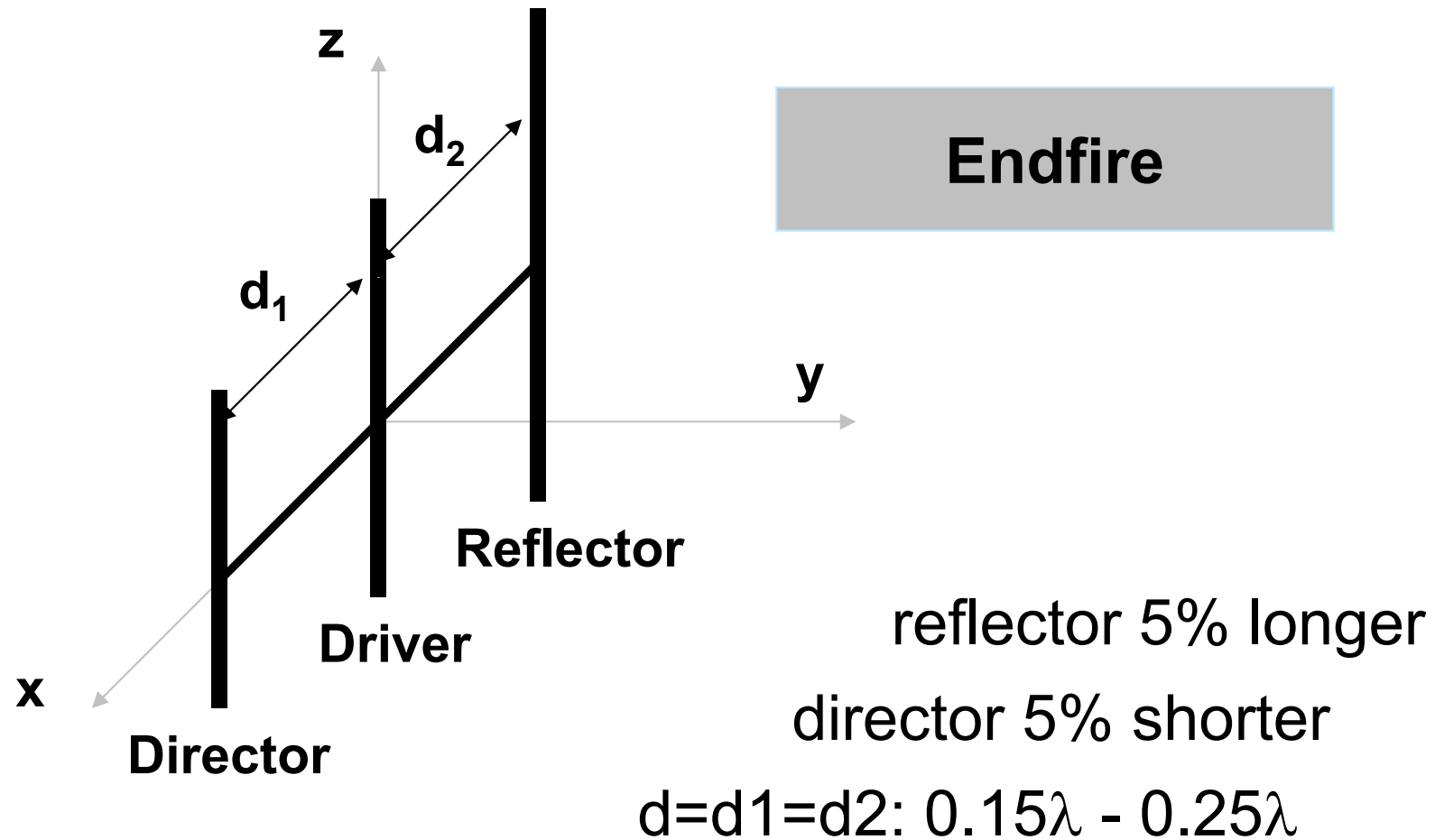
helical antenna

Yagi Fundamentals

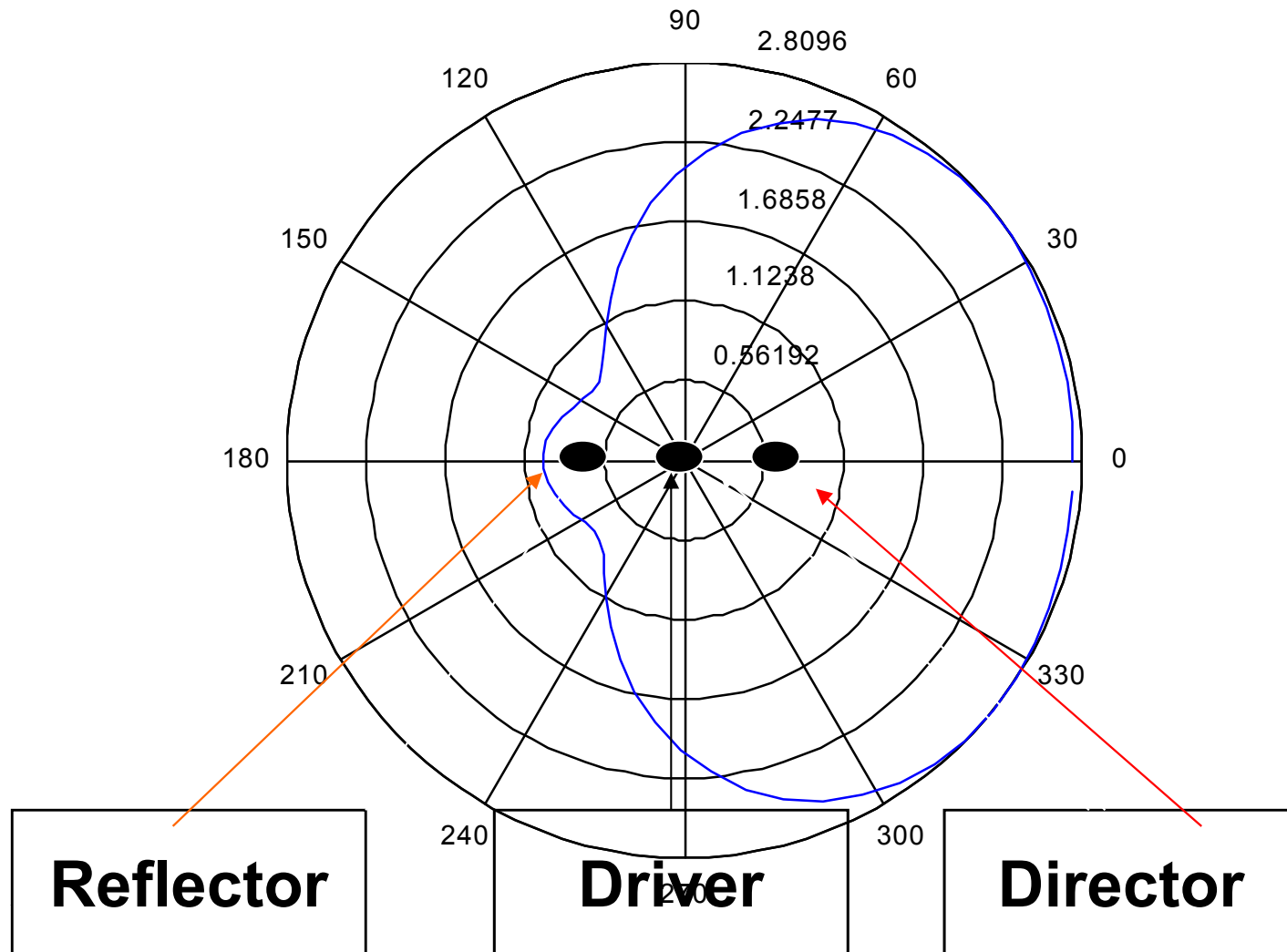
- ◆ **A Yagi-Uda array consists of 2 or more simple antennas (elements) arranged in a line.**
- ◆ **The RF power is fed into only one of the antennas (elements), called the driver.**
- ◆ **Other elements get their RF power from the driver through mutual impedance.**
- ◆ **The largest element in the array is called the reflector.**
- ◆ **There may be one or more elements located on the opposite side of the driver from the reflector. These are directors.**



Κεραίες *Uda-Yagi*



Διάγραμμα ακτινοβολίας



Application of Uda-Yagi

The Uda-Yagi is the most popular receiving antenna in VHF-UHF due to:



- 1. Simple feeding system design**
- 2. Low cost**
- 3. Light weight**
- 4. Relatively high gain**

Application of Uda-Yagi

Higher frequencies cause higher propagation losses. Thus higher gains with more directors are required.

VHF	FM-Radio	(88MHz-108MHz)	3 element UY
	TV (low)	(54MHz-88MHz)	3 element UY
	TV (high)	(174MHz-216MHz)	5-6 element UY
UHF	TV	(470MHz-890MHz)	10-12 element UY

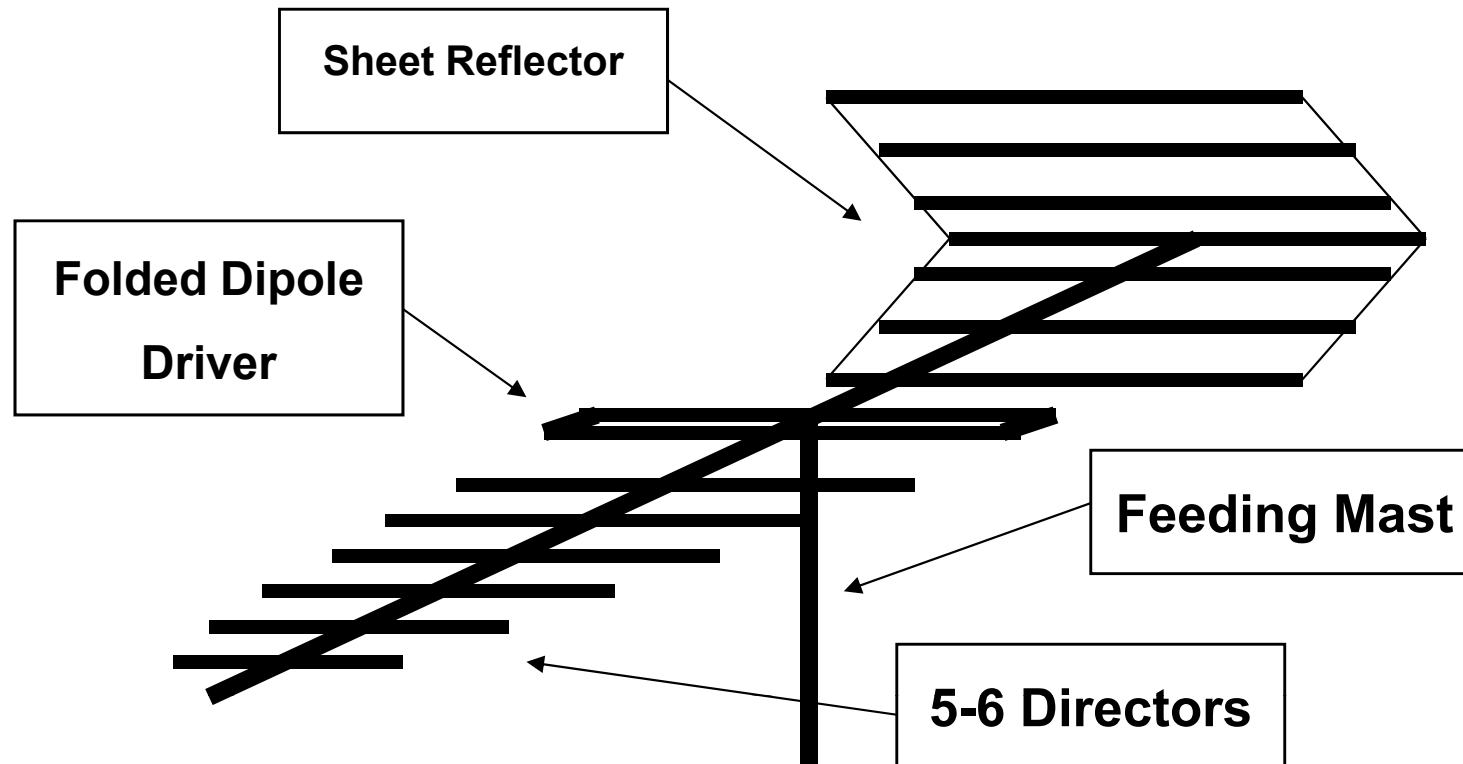
Πρακτικές αρχές σχεδίασης

1. Closer spacing between elements  a broader main beam.
2. Wider spacing  greater bandwidth.
3. Uda-Yagi has broader bandwidth if reflector is longer than optimum and director shorter.
4. **Folded dipole** as driven element to gain more radiation power and broader bandwidth.
5. To broaden bandwidth, reflector should be replaced by flat sheet (or wire grid).
6. Tilted fan dipole for broader bandwidth.
7. $G=2.5n$ όπου n ο αριθμός των κατευθυντήρων ($n < 8-10$)

VHF TV κεραία (λήψης)

- ✓ **Man-made noise was found to be preferably vertical polarised!**

→ TV broadcast is horizontally polarised!



Συνεπώς μια κεραία για.....

Συχνότητες:	VHF, UHF
Πόλωση:	Παράλληλη με τα δίπολα της κεραίας
Κατευθυντικότητα:	$d \approx 2,5\mu$ (μ =αριθμός ανακλαστήρων) - Τυπικές τιμές: 7-20 dB
Αντίσταση εισόδου:	$Z_{in} = 232 \Omega$ ($\sim 40 \Omega$ για απλό δίπολο) (όταν το στοιχείο τροφοδοσίας είναι αναδιπλωμένο δίπολο)
Τροφοδοσία:	Με δισύρματη γραμμή
Χρήση:	Λήψη τηλεοπτικών εκπομπών (50 - 1000 MHz)

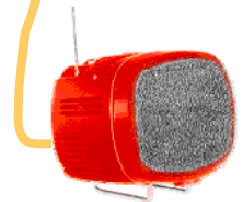
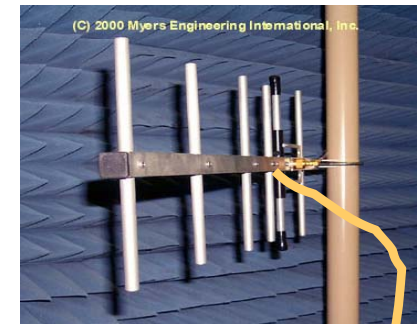


Σχεδιασμός κεραίας Yagi

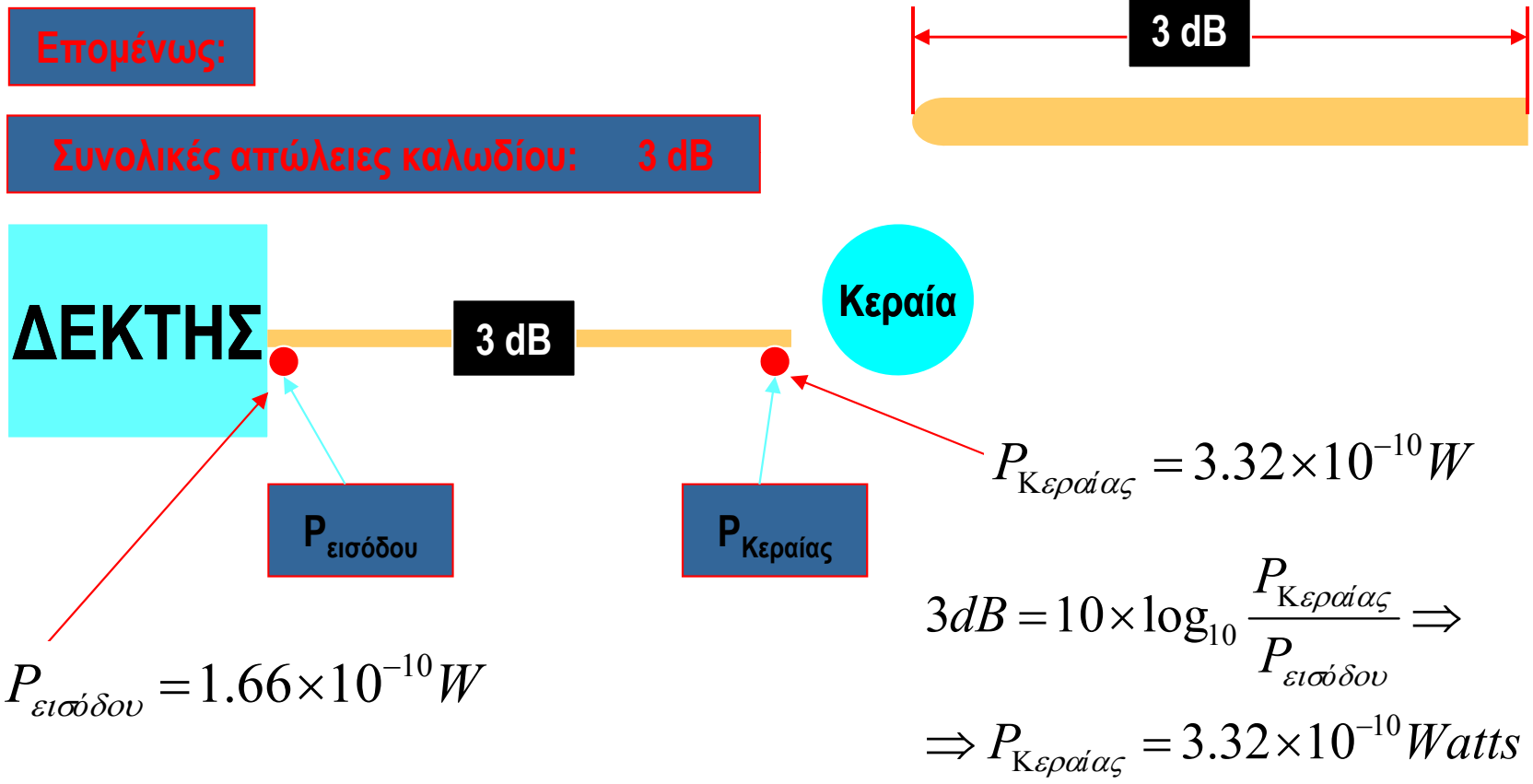
Εστω ότι η ευαισθησία ενός Δέκτη Τηλεόρασης είναι 200 μV και η ένταση του πεδίου στο σημείο λήψης είναι 100 $\mu\text{V}/\text{m}$. Ζητείται η κατασκευή της κατάλληλης κεραίας ώστε να διασφαλισθεί αξιόπιστη λήψη. Η χαρακτηριστική αντίσταση εισόδου του δέκτη είναι 240 Ohms.

Η απαιτούμενη ισχύς εισόδου στον δέκτη της τηλεόρασης, θα πρέπει να είναι:

$$\begin{aligned} P_{\text{εισόδου}} &= \frac{V^2}{R_{\text{εισόδου}}} = \frac{(200 \mu\text{V})^2}{240} = \\ &= \frac{(2 \times 10^{-4})^2}{240} = 1.66 \times 10^{-10} \text{ Watts} \end{aligned}$$



Η κεραία θα πρέπει να συνδεθεί με την Τηλεόραση με ένα ομοαξονικό καλώδιο μήκους 100 m. Οι απώλειες που εμφανίζει το καλώδιο αυτό, είναι: 3 dB/100m.



Η Πυκνότητα ακτινοβολίας **S** είναι:

$$S = \frac{E^2}{Z_0} \text{ W/m}^2 = \frac{(100 \mu\text{V/m})^2}{377 \text{ Ohms}} =$$
$$= 2.65 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$$

Επομένως, η Ενεργός Επιφάνεια, είναι:

$$A_{\text{Ενεργός}} = \frac{P_{\text{Κεραίας}}}{S} =$$
$$= \frac{3.32 \times 10^{-10} \text{ W}}{2.65 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2} = 1.25 \text{ m}^2$$

Θεωρώ ότι η περιοχή των συχνοτήτων λειτουργίας, είναι:

$$174\text{ MHz} - 181\text{ MHz}$$

$f_{\text{πρώτη}}$

$f_{\text{τελευταία}}$

$$f = \sqrt{f_{\text{πρώτη}} \times f_{\text{τελευταία}}} = \sqrt{174 \times 181} = \\ = 177,5\text{ MHz}$$

και

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/sec}}{177,5 \times 10^6 \text{ Hz}} = 1.7\text{ m}$$

Η απολαβή της κεραίας θα πρέπει να είναι:

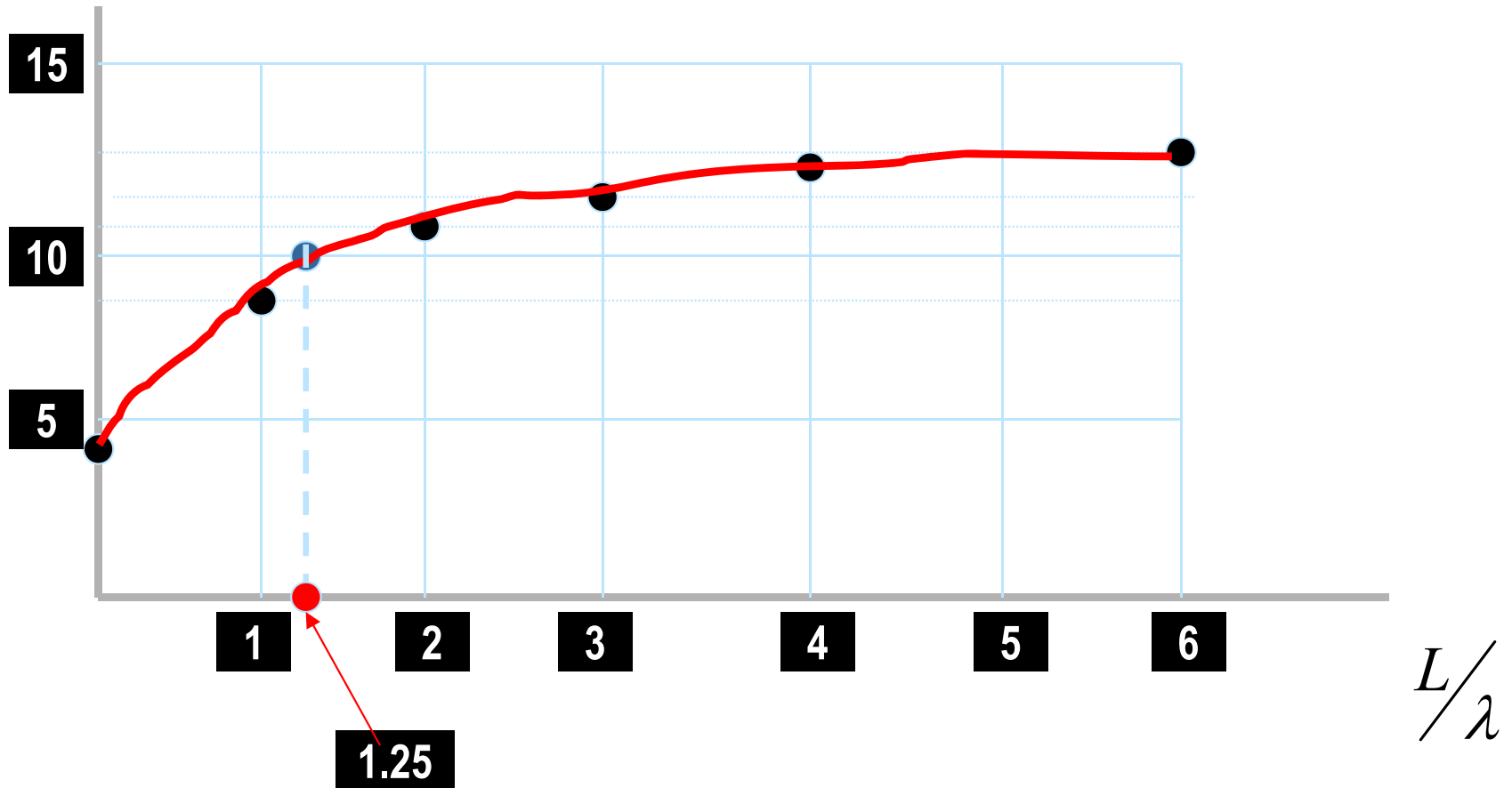
$$G = \frac{A_{\text{ενεργός}} \times 4 \times \pi}{\lambda^2} = 5.43$$

$$G(\text{dB}) = 10 \times \log_{10} 5.43 = 7.3\text{ dB}$$

Υπολογισμός συνολικού μήκους της κεραίας

$$G = 10 \text{ dB} > 7.3 \text{ dB}$$

Απολαβή



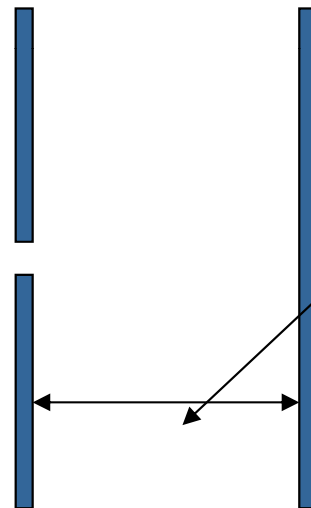
Άρα:

$$L = 1.25 \times \lambda = 1.25 \times 1.7 \approx 2.15 \text{ m}$$

Υπολογισμός του αριθμού των Κατευθυντήρων

Από πειραματικές μετρήσεις προκύπτει ότι για απόσταση Ενεργού Διπόλου – 1ου Κατευθυντήρα, 0.2λ , η κεραία εμφανίζει την μέγιστη απόδοση από πλευράς απολαβής.

Αρα:



$$l_{E\Delta-K} = 0.2 \times \lambda = \\ = 0.2 \times 1.7 = 34cm$$

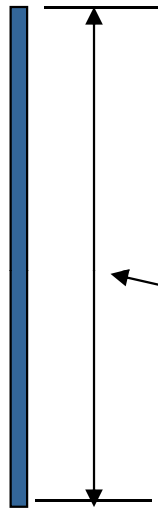
Επομένως, ο αριθμός των Κατευθυντήρων, είναι:

$$n_{στοιχείων} = \frac{L}{l_{E\Delta-K}} = \frac{215cm}{34cm} \approx 6$$



Ενεργό Δίπολο:	1
Κατευθυντήρες:	5

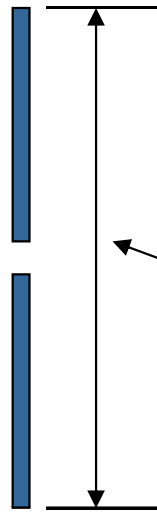
Το μήκος L_K του κάθε κατευθυντήρα είναι:



$$L_K < \frac{\lambda}{2}$$

$$L_K = 0.45 \times \lambda = 0.45 \times 1.7m = 76cm$$

Το μήκος $L_{E\Delta}$ είναι:



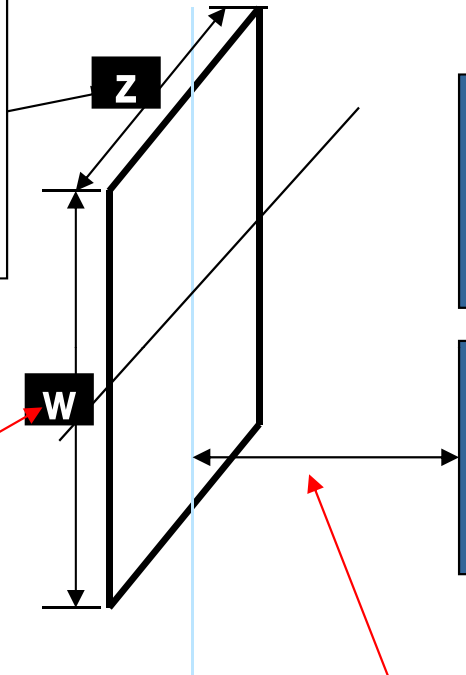
$$L_{E\Delta} = \frac{\lambda}{2}$$

$$L_{E\Delta} = \frac{1.7m}{2} = 85cm$$

Υπολογισμός της απόστασης $L_{A-E\Delta}$ του Ανακλαστήρα από το Ενεργό Δίπολο

$$Z > \frac{\lambda}{2} = 85cm$$

Άρα : $W \approx 90cm$

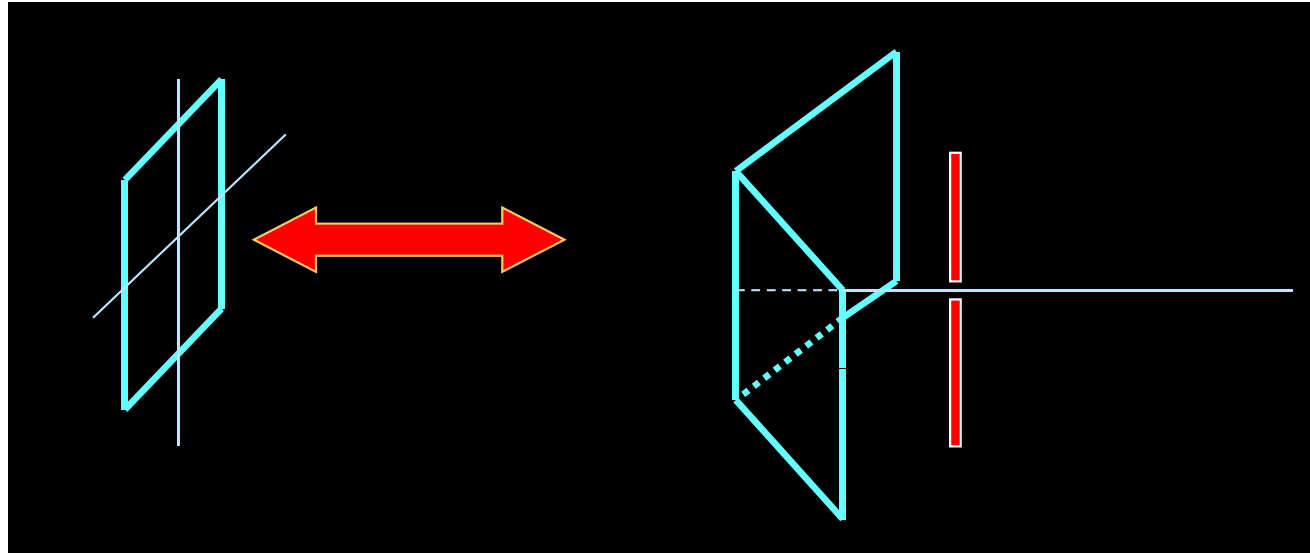


$$W > \frac{\lambda}{2} = 85cm$$

Άρα : $W \approx 90cm$

$$L_{A-E\Delta} = \frac{\lambda}{4}$$

$$L_{A-E\Delta} = \frac{1.7m}{4} = 42cm$$

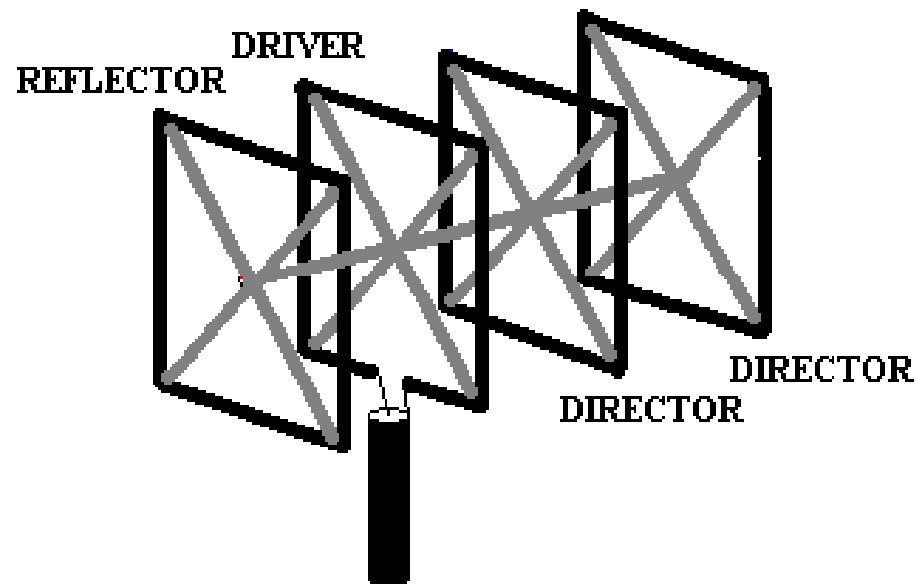


Κράμα AlMgSi

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΑΧΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
100 – 150 MHz	14	1.5	mm
150 – 250 MHz	12	1	mm
250 – 400 MHz	10	1	mm
400 – 550 MHz	8	1	mm

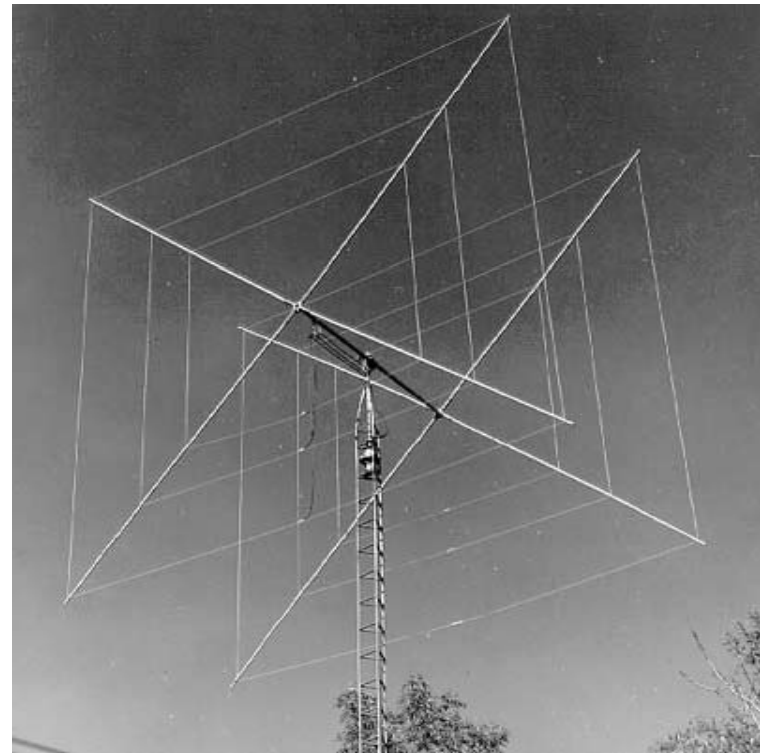
Yagi Array of Loops (quad array)

- ◆ **This Yagi-Uda array uses rectangular loops as elements.**
- ◆ The reflector's perimeter is $\sim 3\%$ larger than the driver's.
- ◆ **The driver's perimeter is $\sim 1\lambda$**
- ◆ The first director's perimeter is $\sim 3\%$ smaller than the driver's, and additional directors are progressively smaller.
- ◆ **Interelement spacings are 0.1 to 0.2λ .**

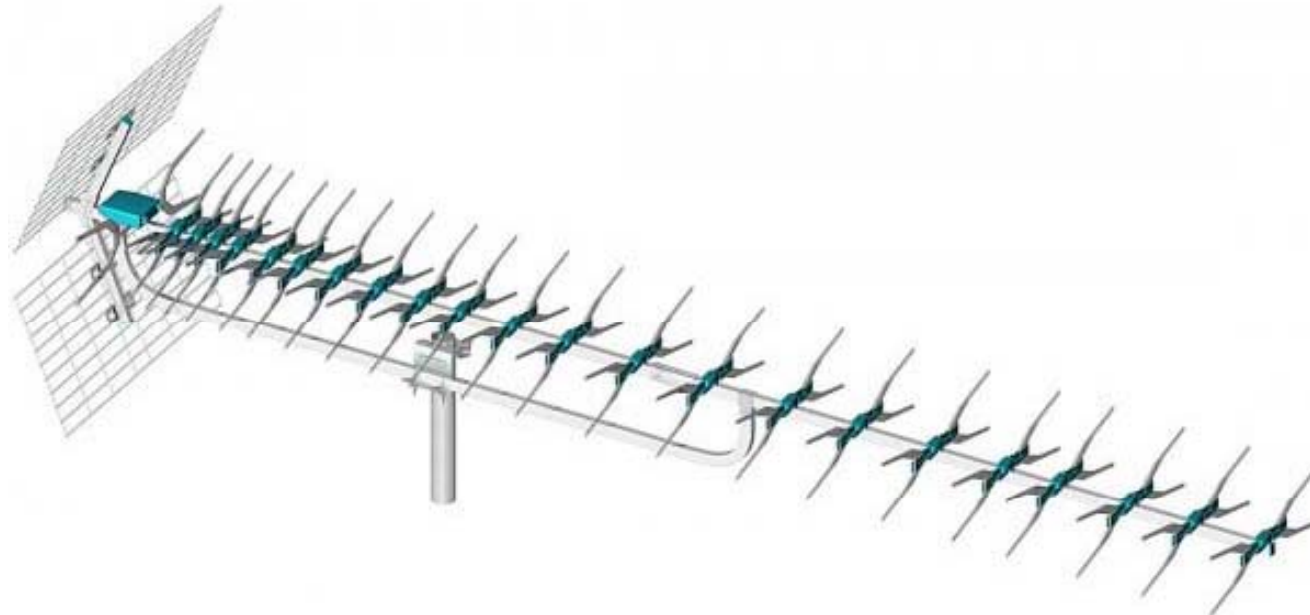
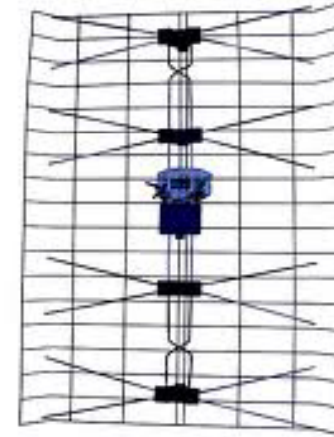


Advantages of a Quad Array

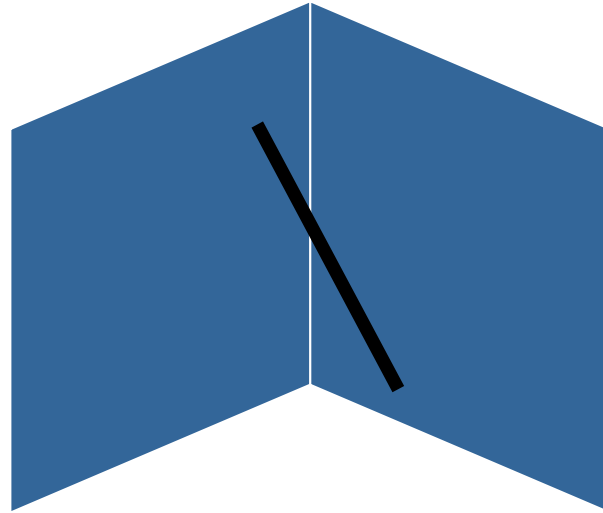
- ◆ **Fewer elements are needed - gain of a 2-el quad is almost equal to a 3 el yagi in terms of FB and G**
- ◆ **Quad loops can be nested to make a multiband antenna.**
- ◆ **The input Z of quads are much higher than yagis, simplifying matching (50 – 90 Ω vs 12 – 40 Ω).**
- ◆ **Quads can be constructed from readily available materials (bamboo poles, wire).**



Συλλογή κεραιών UHF



Application of Corner Reflector

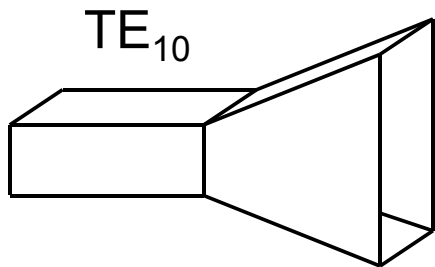


Tilted Dipole in the Corner Reflector produces an elliptically polarised wave.

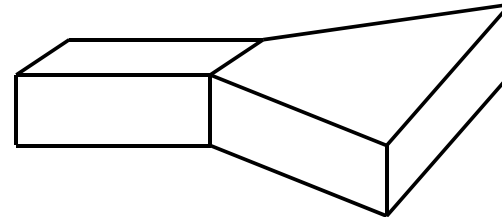
Application

- Communication through ionosphere (Faraday Rotation)
- Minimises clutter echoes from raindrops

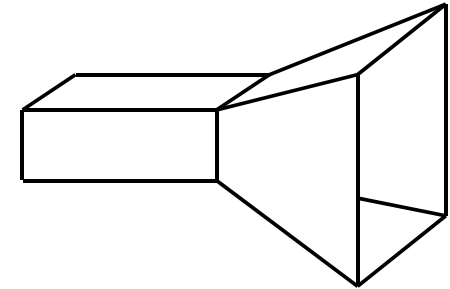
Κεραίες χοάνης -Horn Antennas



E-Plane
sectoral horn



H-Plane
sectoral horn

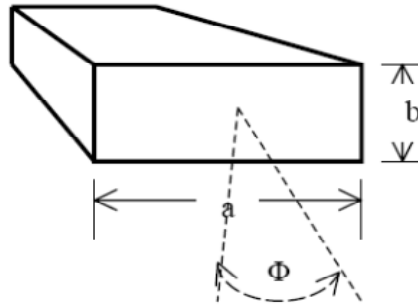


Pyramidal
horn

Excitation: TE_{10} mode

Impedance Matching
through flare

Gradual Transmission with
minimised reflection



Στις χοανοκεραίες με διαστάσεις χοάνης $a \times b$ και (φυσικής) επιφάνειας $S = a \cdot b$ ισχύει ότι

$$A_{\text{eff}} = \kappa \cdot ab \quad (\text{συνήθως } \kappa \approx 0,5 \text{ έως } 0,7)$$

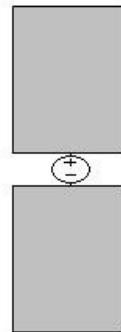
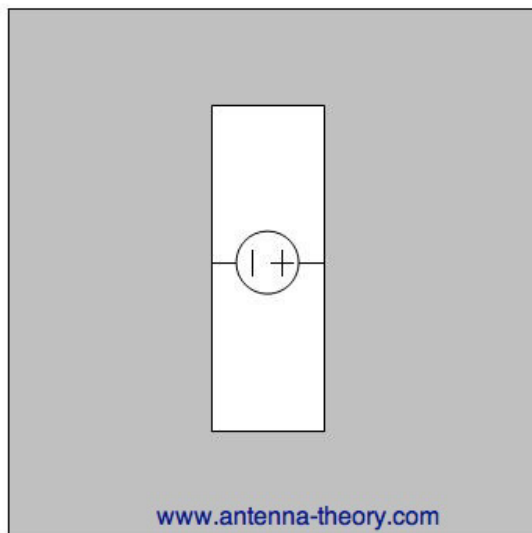
- ◆ **Horn antennas** are very popular at UHF (300 MHz-3 GHz) and higher frequencies (horn antennas operating as high as 140 GHz)
- ◆ Horn antennas often have a directional [radiation pattern](#) with a high [antenna gain](#), which can range up to 25 dB in some cases, with 10-20 dB being typical
- ◆ Horn antennas have a wide impedance [bandwidth](#), implying that the [input impedance](#) is slowly varying over a wide frequency range (which also implies low values for [S11](#) or [VSWR](#))
- ◆ The bandwidth for practical horn antennas can be on the order of 20:1 (for instance, operating from 1 GHz-20 GHz), with a 10:1 bandwidth not being uncommon.

Specifications

1. Directive Radiator
2. Primary feed for parabolic reflectors
3. High gain, wide bandwidth and simple
4. Particularly used in microwave region ($>1\text{GHz}$)
5. Fan radiation patterns
6. $\Phi_{3\text{dB}}(\text{rad})=1.2\lambda/\alpha$
7. $\Theta_{3\text{dB}}(\text{rad})=1.2\lambda/b$

Σχισμοκεραίες - Slot antennas

- ◆ **Slot antennas** are used typically at frequencies between 300 MHz and 24 GHz
- ◆ The slot antenna is popular because they can be cut out of whatever surface they are to be mounted on, and have radiation pattern that are roughly omnidirectional (similar to a linear wire antenna)
- ◆ The polarization of the slot antenna is linear. The slot size, shape and what is behind it (the cavity) offer design variables that can be used to tune performance
- ◆ The **polarization** of the two antennas are reversed. That is, since the dipole antenna on the right in Figure 2 is vertically polarized, the slot antenna on the left will be horizontally polarized.



$$E_{\theta s} = H_{\phi c}$$

$$E_{\phi s} = H_{\theta c}$$

$$H_{\theta s} = \frac{-E_{\theta c}}{\eta^2}$$

$$H_{\phi s} = \frac{-E_{\phi c}}{\eta^2}$$

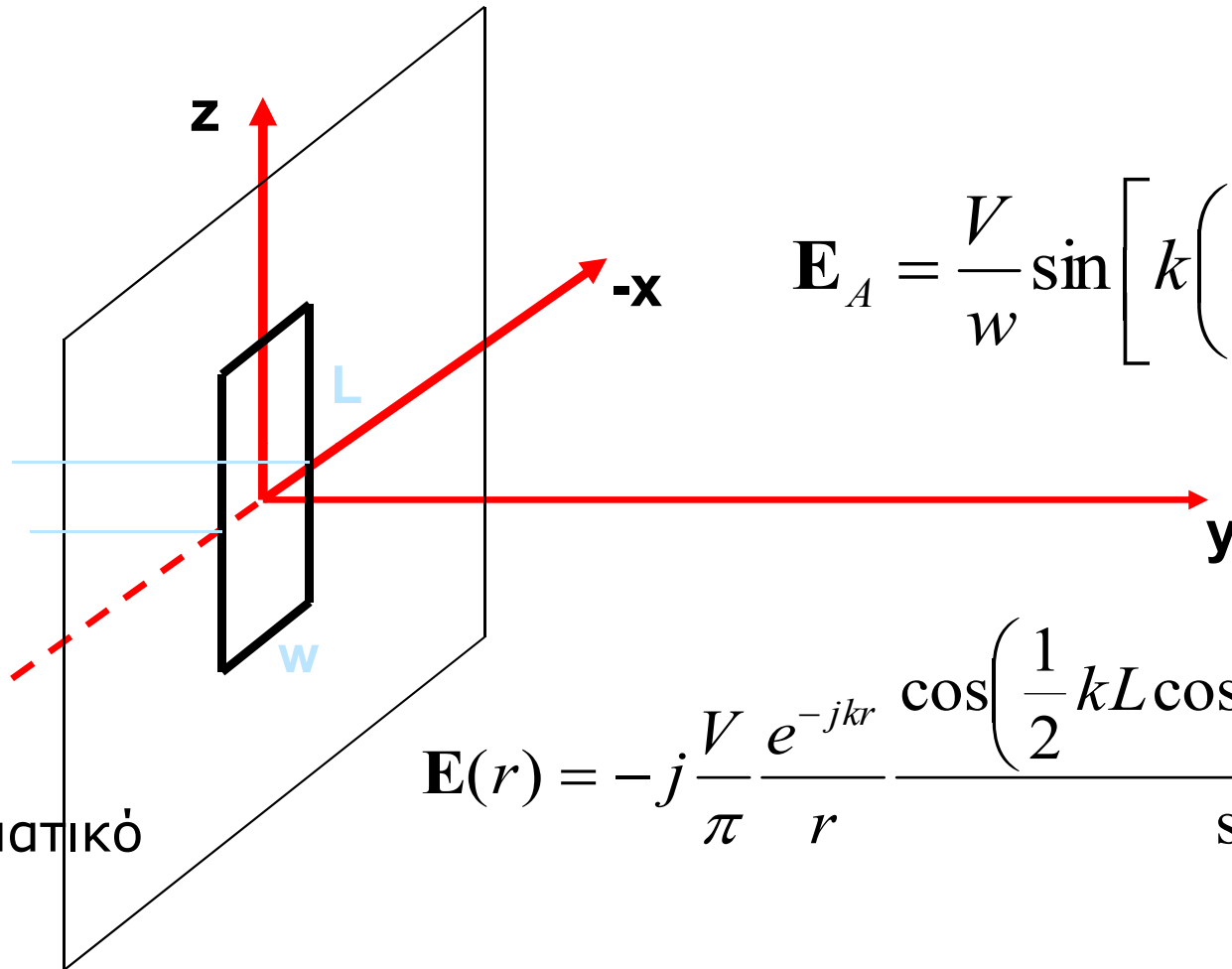
$$Z_c Z_s = \frac{\eta^2}{4}$$

Συμπληρωματικό στοιχείο μιας σχισμοκεραίας είναι το δίπολο

$$Z_{dipole} = 73 + j42.5 \Omega \quad \text{---} \quad Z_{slot}(\lambda/2) = 363 - j211 \Omega$$



Slot Antennas



$$\mathbf{E}_A = \frac{V}{w} \sin \left[k \left(\frac{1}{2} L - |z| \right) \right] \cdot \mathbf{e}_x$$

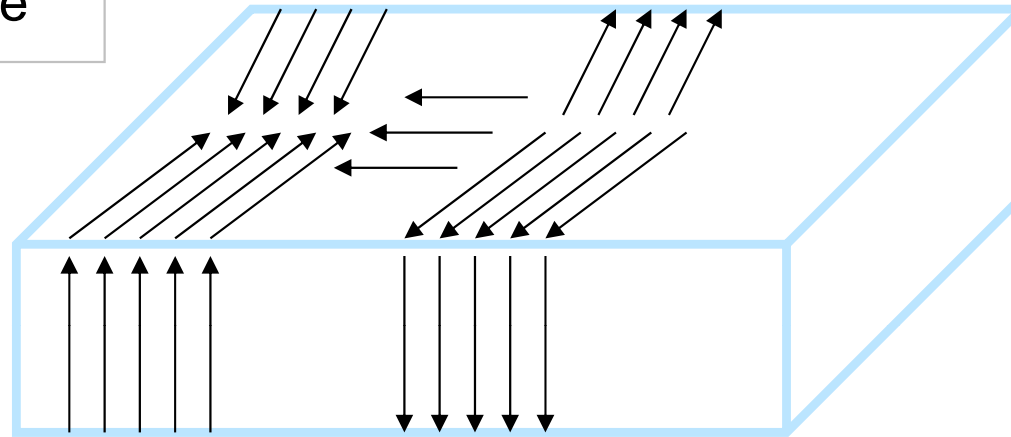
S: slot

C:
συμπληρωματικό

$$\mathbf{E}(r) = -j \frac{V}{\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} \frac{\cos \left(\frac{1}{2} kL \cos \theta \right) - \cos \left(\frac{1}{2} kL \right)}{\sin \theta} \cdot \mathbf{e}_\phi$$

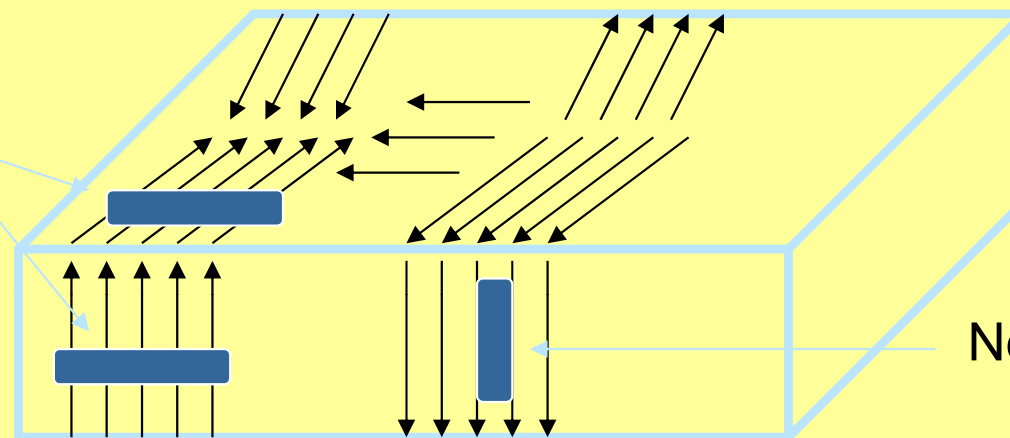
Slot on Waveguide Walls

TE₁₀ mode



Radiation is maximum at maximal interrupted current

Radiation



No Radiation

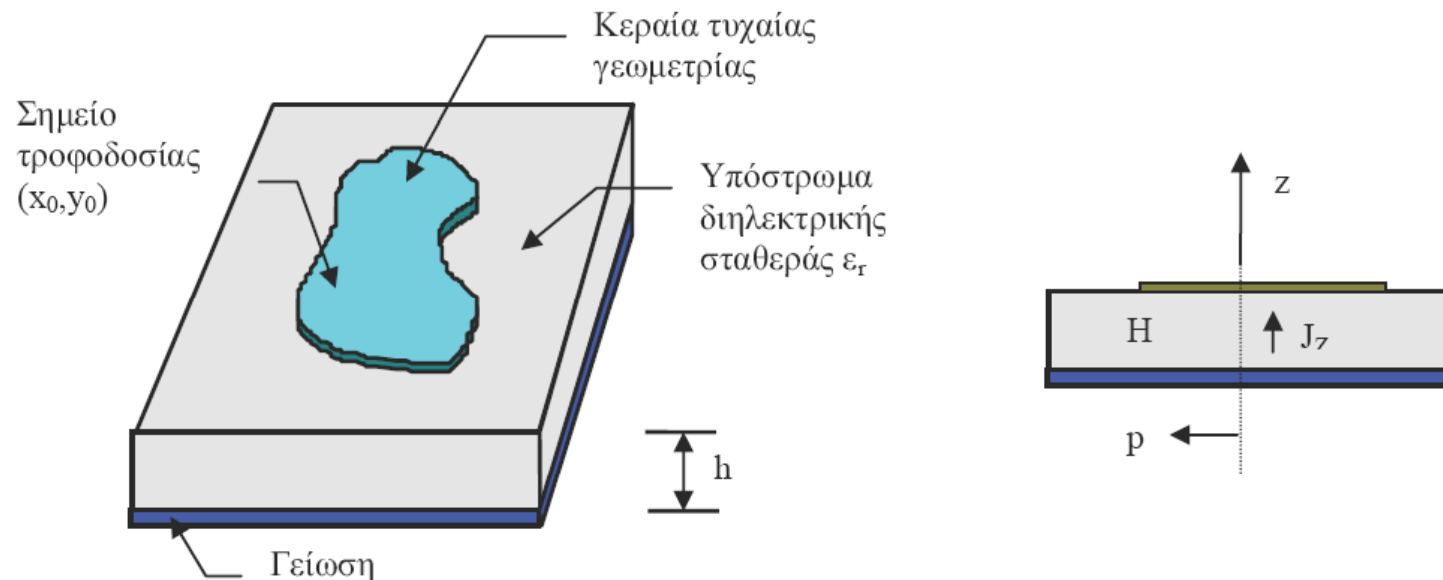
Applications

1. Slot Antennas are used in fast-moving vehicles, radar, sector antennas for cell phones .
2. The slot-length is usually $\lambda/2$
3. Particularly used in microwave region ($>1\text{GHz}$)

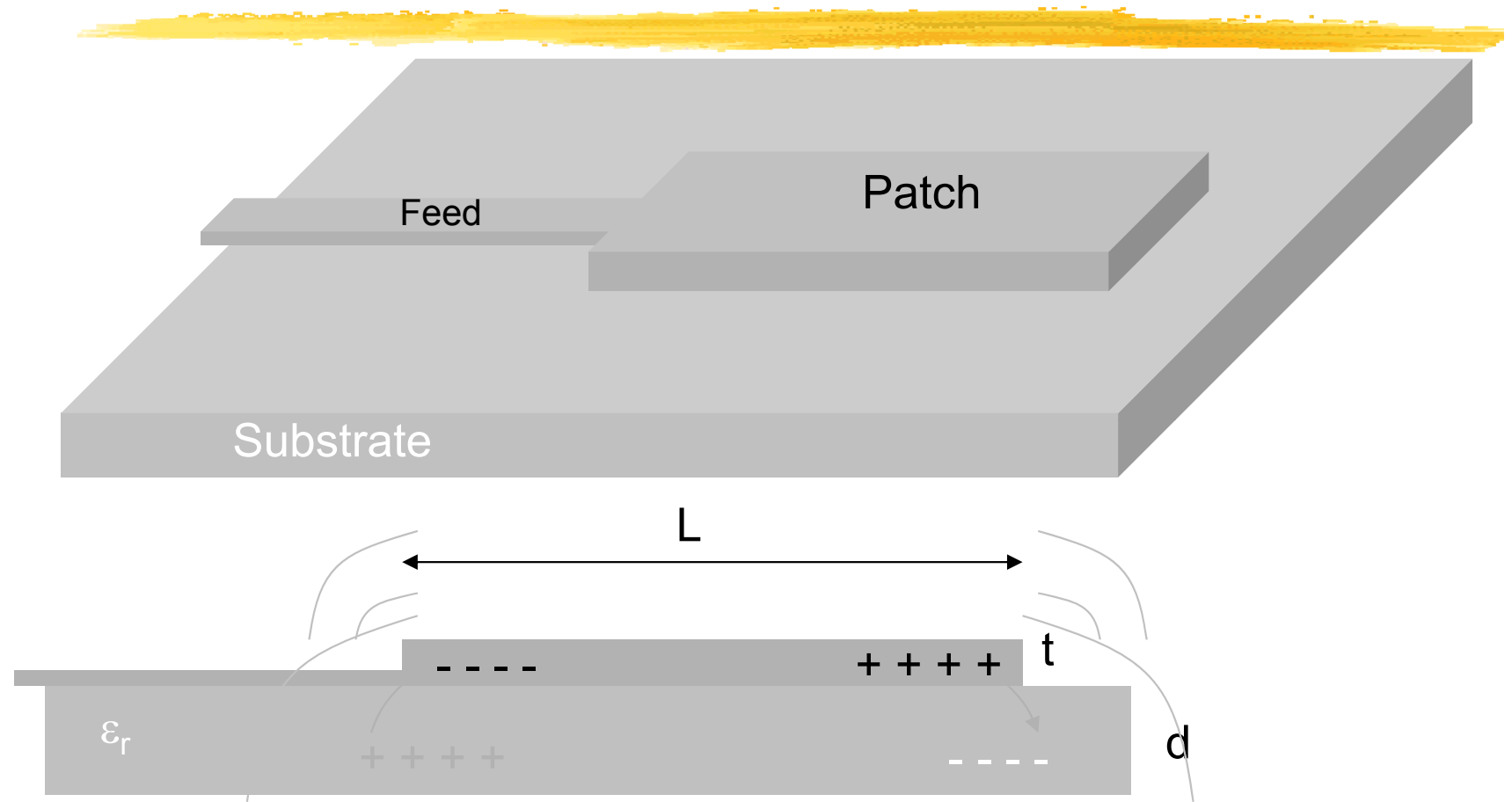


Μικροταινιακές (microstrip) κεραίες I

- ◆ Στη βασική μορφή μια μικροταινιακή κεραία αποτελείται από διηλεκτρικό υλικό ϵ_r , πάχους h , επιμεταλλωμένου και από τις δυο πλευρές.
- ◆ Το κάτω μέρος αποτελεί το επίπεδο γείωσης (ground plane) και το πάνω –αποτέλεσμα της διαδικασίας χημ. Διάβρωσης- αποτελεί το ενεργό στοιχείο της κεραίας



Microstrip (Patch) Antennae



The size of the microstrip antenna is inversely proportional to its frequency. That means the larger the antenna, the lower the frequency it is able to detect. For this reason, microstrip antennas are generally used for ultra-high frequency signals. A microstrip antenna capable of sensing frequencies lower than microwave would be too large to use.

Μικροταινιακές (microstrip) κεραίες II

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και ακτινοβολίας της κεραίας εξαρτώνται από τη γεωμετρία του ενεργού στοιχείου καθώς και από τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του υλικού που χρησιμοποιείται.

Το σημαντικότερο πρόβλημα στον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας μικροταινιακής κεραίας είναι οι ανοχές του διηλεκτρικού. Αποκλίσεις από την ονομαστική τιμή τόσο της διηλεκτρικής σταθεράς όσο και τού πάχους, προκαλούν ολίσθηση της συχνότητας συντονισμού και επίσης επηρεάζουν την σύνθετη αντίσταση εισόδου.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου κεραίας είναι το μικρό τους μέγεθος και βάρος ιδιαίτερα στην μπάντα μικροκυματικών συχνοτήτων. Το επίπεδο σχήμα τους τις κάνει κατάλληλες για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών όπως κινητή και προσωπική τηλεφωνία, τηλεμετρία, συστήματα αυτόματης πλοήγησης, συστήματα radar και στοιχειοκεραίες.

Τα μειονεκτήματά τους είναι το χαμηλό εύρος ζώνης, η μικρή απολαβή, η διέγερση κυμάτων επιφάνειας και η πολλαπλή πόλωση.

Patch Shapes

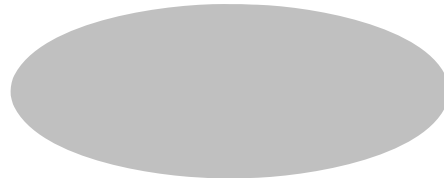
Rectangular



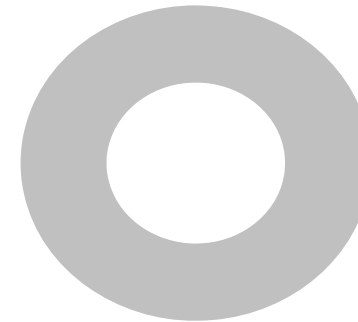
Dipole



Elliptical



Circular Ring



Triangular



Analysing Methods

- Transmission Line
- Cavity
- Maxwell Equations

Application & Performance

1. It is applied where small antennas are required:

→ aircrafts, mobiles, etc

A microstrip antenna can also be printed directly onto a circuit board. Since the microstrip antenna requires few materials, it is low cost, easy to manufacture and light weight. These characteristics make microstrip antennas ideal for use in cell phones and other small electronic devices.

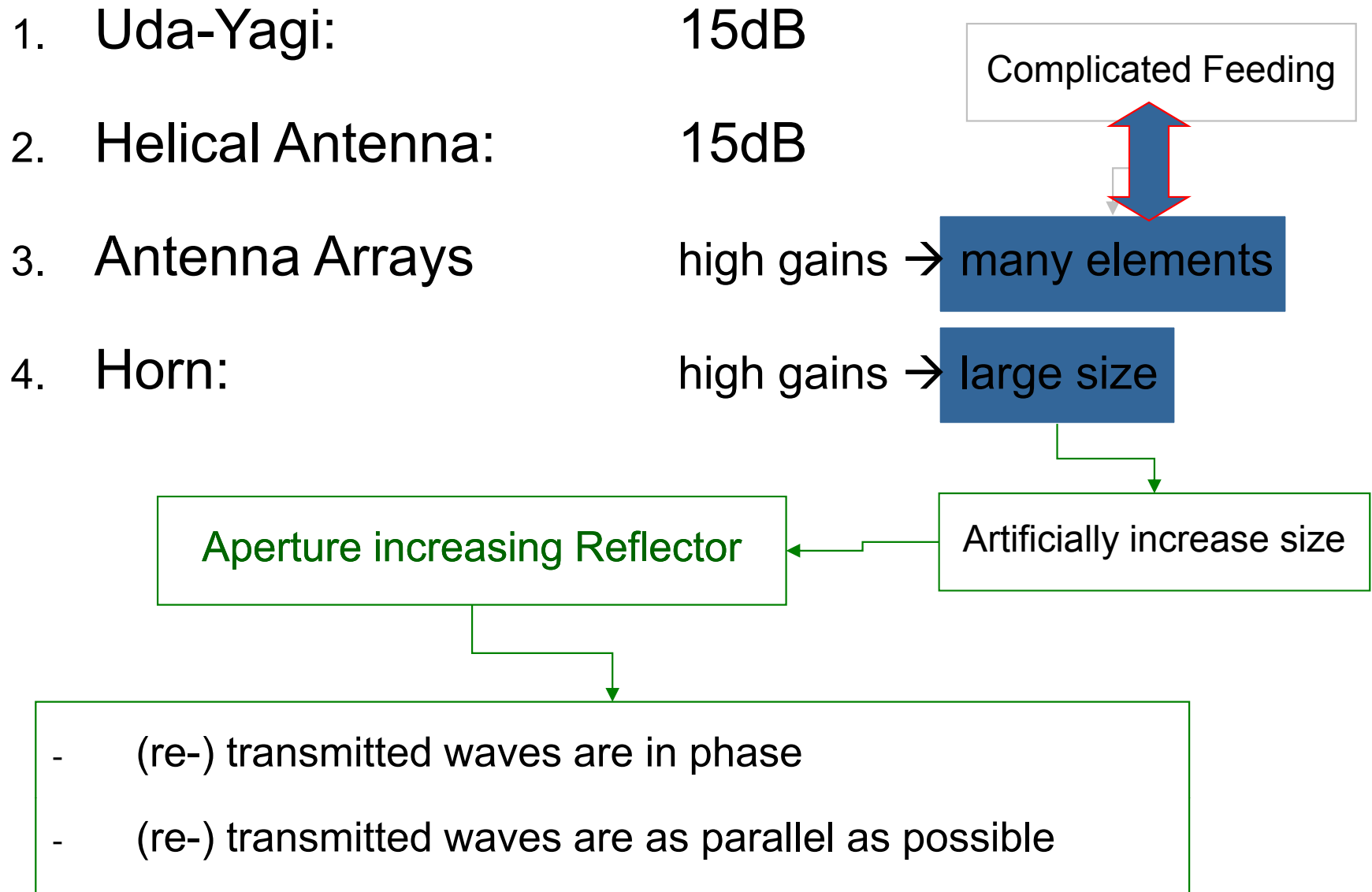
2. Due to shape variations they are versatile in polarisation, pattern, impedance, etc.

3. They have a low efficiency, spurious feed radiation and a narrow bandwidth

4. They usually operate in broadside regime

5. $\lambda/3 < L < \lambda/2$ and $2 < \epsilon_r < 12$

Κεραίες μεγάλης απολαβής

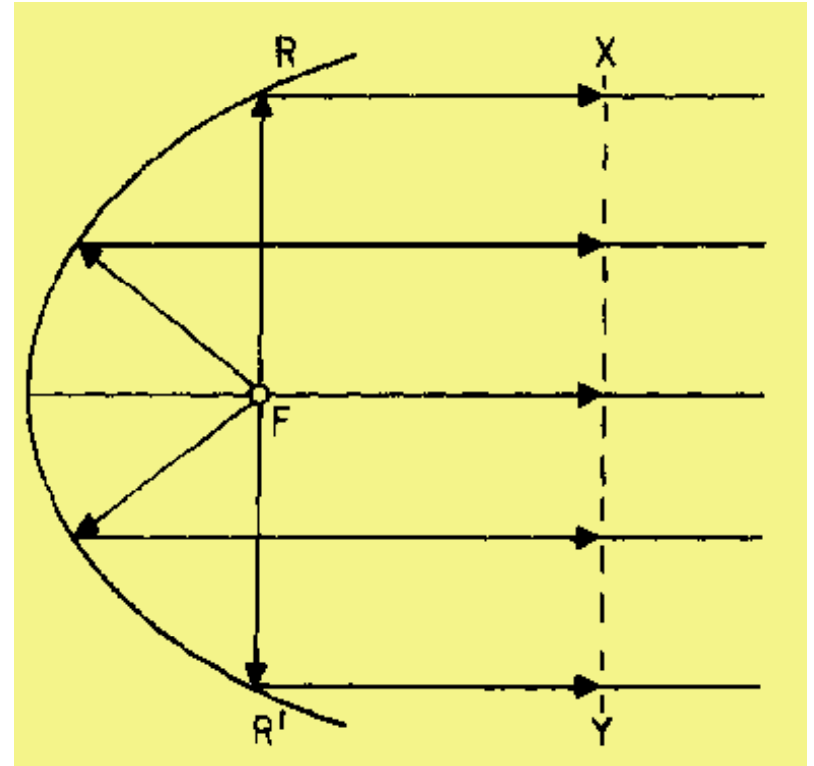


Κεραίες με παραβολικό ανακλαστήρα

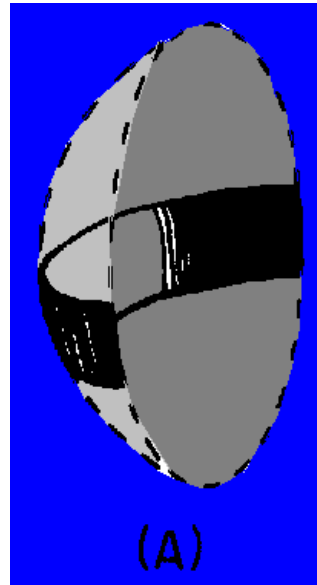
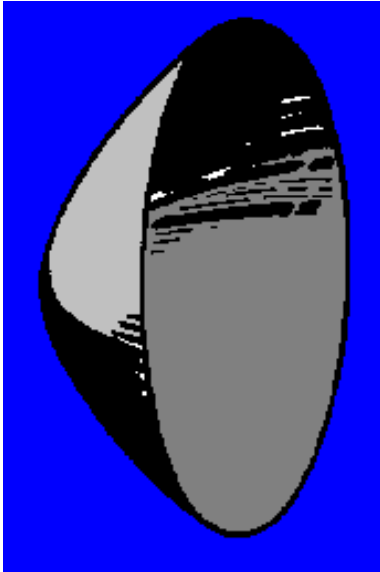
- ◆ Σε αυτές τις κεραίες το ραδιοκύμα που εκπέμπεται προέρχεται από ανάκλαση σε κάποιου είδους ανακλαστήρα και όχι από κατευθείαν εκπομπή
- ◆ Χαρακτηριστικά τους είναι η μεγάλη κατευθυντικότητα που επιτυγχάνουν και το πολύ καλό διάγραμμα ακτινοβολίας που έχουν
- ◆ Δεν επιτρέπουμε στο ραδιοκύμα να διαδοθεί προς όλες τις κατευθύνσεις, αλλά το συγκεντρώνουμε - εστιάζουμε την ακτινοβολία προς μια κατεύθυνση

Αρχή λειτουργίας

- ◆ Η μικροκυματική πηγή (στοιχείο – κεραία) τοποθετείται στο **σημείο εστίασης** (focal point)
- ◆ Το κύμα που προκαλείται έχει τη μορφή ενός σφαιρικού κύματος. Όταν συναντήσει την επιφάνεια του ανακλαστήρα, ανακλάται αλλάζοντας φάση κατά 180 μοίρες. Η **γωνία πρόσπτωσης** είναι ίδια με την γωνία **ανάκλασης**, σύμφωνα με τον νόμο του Snell
- ◆ Εξαιτίας της **ιδιαίτερης γεωμετρίας του ανακλαστήρα**, όλα τα ανακλώμενα κύματα θα είναι **παράλληλα** και η **απόσταση** από το σημείο εστίασης F μέχρι το επίπεδο x , **είναι η ίδια** ανεξάρτητα της διαδρομής, και όλες οι συνιστώσες της δέσμης φεύγουν

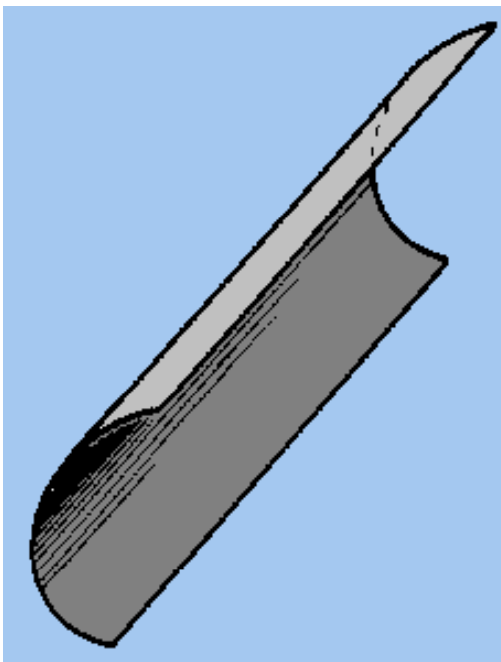


Τύποι ανακλαστήρα



➤ **Truncated Paraboloid**

- Ο ανακλαστήρας είναι παραβολοειδούς μορφής στο οριζόντιο επίπεδο
- Η μικροκυματική ακτινοβολία εστιάζεται σε οριζόντιο επίπεδο. Επειδή ο ανακλαστήρας είναι **κομμένος στην κάθετη διεύθυνση**, η ακτινοβολία στο κάθετο επίπεδο σκορπίζεται αντί να εστιάζεται

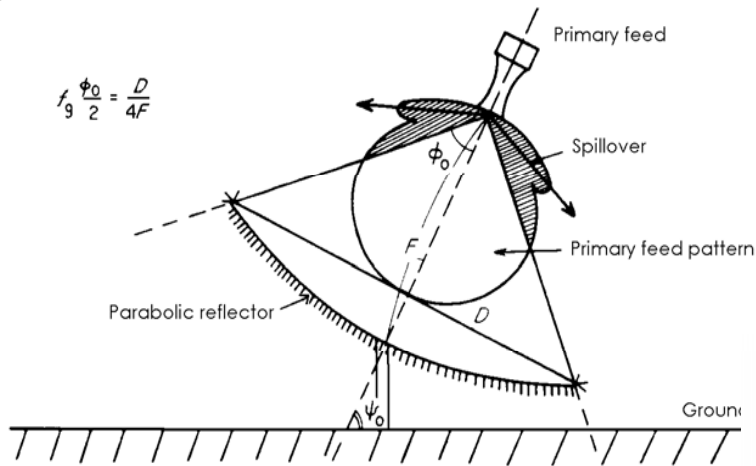


• **Cylindrical Paraboloid**

Ο ανακλαστήρας είναι παραβολοειδούς μορφής **μόνο στην μία κατεύθυνση**. Στην άλλη κατεύθυνση είναι περίπου σαν ορθογώνιο. Έτσι η εκπεμπόμενη δέσμη είναι κατευθυντική στο ένα επίπεδο μόνο

- Ο τύπος του feeder που χρησιμοποιείται είναι μια γραμμική σειρά διπόλων, ένας κυματοδηγός με σχισμές ή μια κεραία τύπου κυματοδηγού με τη μία διάσταση αρκετά μεγαλύτερη από την άλλη
- Τα σημεία εστίασης σχηματίζουν μια ευθεία γραμμή. Αλλάζοντας το πλάτος του παραβολοειδούς, η κύρια δέσμη αλλάζει σχήμα
- Εφαρμογές υπάρχουν σε radar και επίγεια συστήματα ελέγχου προσέγγισης.

Τύποι παραβολικών κεραιών

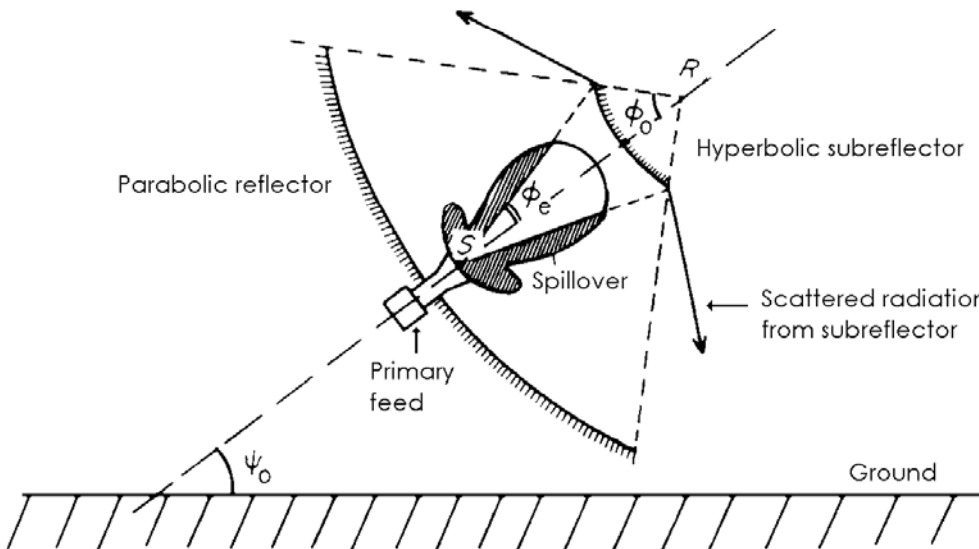
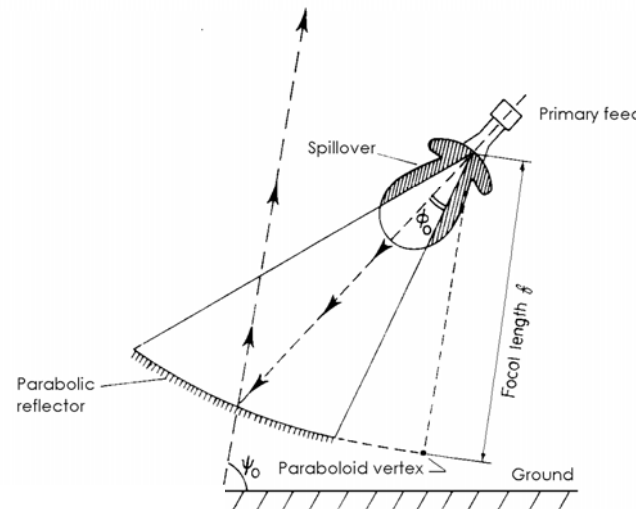


Prime focus (PF)

Όταν ο τροφοδότης τοποθετείται στον άξονα που περνά από το κέντρο του κατόπτρου

Offset fed (OF)

Ο τροφοδότης δεν τοποθετείται στον άξονα που περνά από το κέντρο το κατόπτρου
 Για κεραιές διαμέτρου **μέχρι ένα μέτρο** ο συγκεκριμένος τύπος προσφέρει **μεγαλύτερο κέρδος**
 Για μεγαλύτερη διάμετρο είναι δύσκολο να γίνει μια σταθερή, χαμηλού κόστους κατασκευή, οπότε χρησιμοποιείται ο τύπος PF



Dual reflector

Έχει δύο κάτοπτρα έτσι ώστε να επιτυγχάνει μεγαλύτερο κέρδος. Τα κάτοπτρα με δύο ανακλαστήρες χρησιμοποιούνται πολύ λίγο σε μικρής διαμέτρου κεραιές

Επιλογή του τροφοδότη - feeder

- ◆ Η μορφή του feeder έχει καθοριστική σημασία για την επίδοση της κεραίας. πχ αν χρησιμοποιήσουμε σαν πηγή ένα δίπολο η μικροκυματική ακτινοβολία θα διαδίδεται και προς άλλες κατευθύνσεις και όχι μόνο προς τον ανακλαστήρα

- ◆ Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα:

Μικρότερο κέρδος και φαρδύτερο κύριο λοβό, Σημαντική εκπομπή προς άλλες κατευθύνσεις εκτός της κύριας (πλευρικούς λοβούς)

Με χρήση ασπίδας ώστε να κατευθύνει την περισσότερη ακτινοβολία προς την ανακλαστική επιφάνεια, η κατευθείαν ακτινοβολία από τον τροφοδότη αποτρέπεται, ο κύριος λοβός γίνεται στενότερος και το κέρδος της κεραίας μεγαλύτερο

- ◆ Η επιλογή του τροφοδότη επηρεάζει:

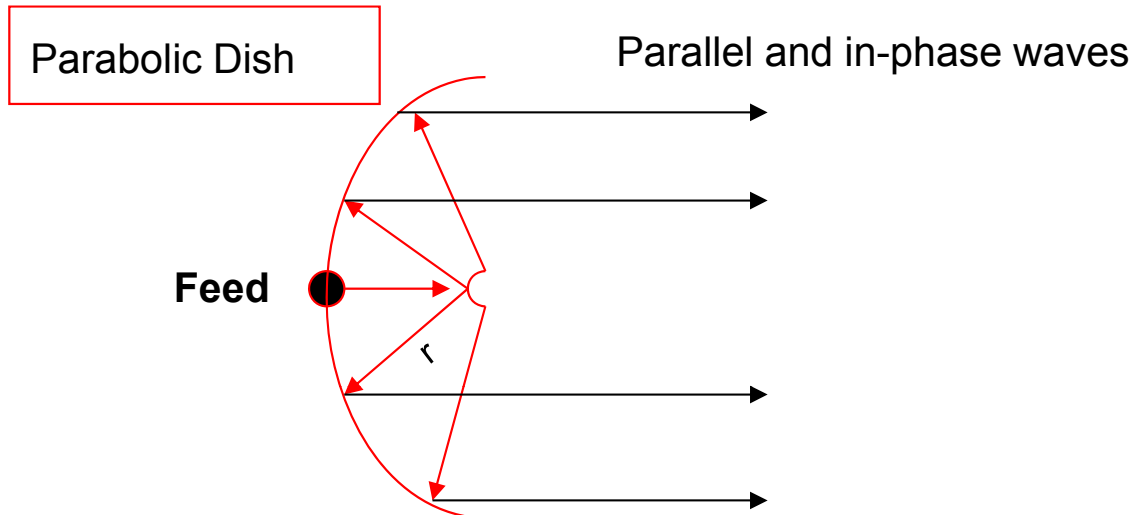
Τη Θερμοκρασία της κεραίας

Την Απόδοση

Τους πλευρικούς λοβούς

Το κέρδος και το εύρος του κυρίως λοβού

Κεραίες με παραβολικό ανακλαστήρα - Parabolic Reflector. Χαρακτηριστικά



- Dish has to be 100% parabolic
- Feeder shouldn't block too much

Non-uniform fields due to aperture blocking etc

$$A_e = \epsilon_{ap} \cdot A_{ph}$$

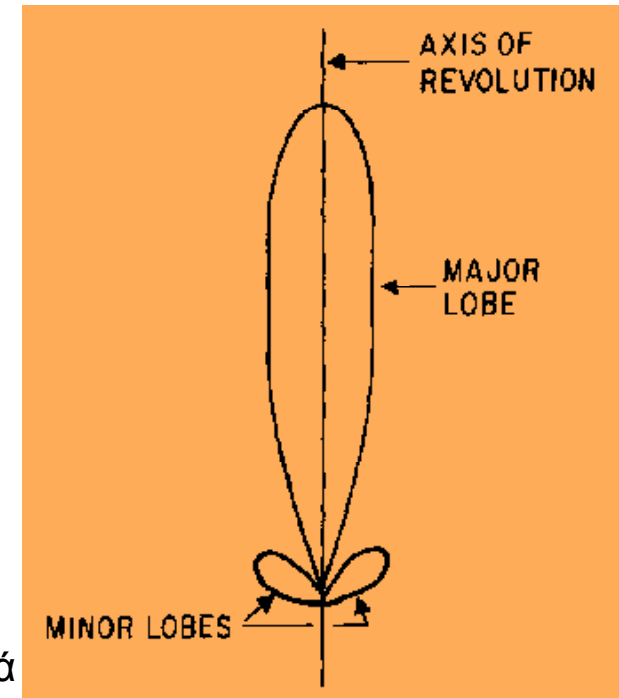
ϵ_{ap} ... Aperture Efficiency = 80%

Όσο μεγαλώνει το μέγεθος του κατόπτρου (>2,4μ) γίνεται αδύνατο να κατασκευαστεί το κάτοπτρο από ένα ενιαίο σώμα. Έτσι γίνεται αρκετά πιο δύσκολο να επιτύχουμε μεγάλη απόδοση σε μεγαλύτερα κάτοπτρα

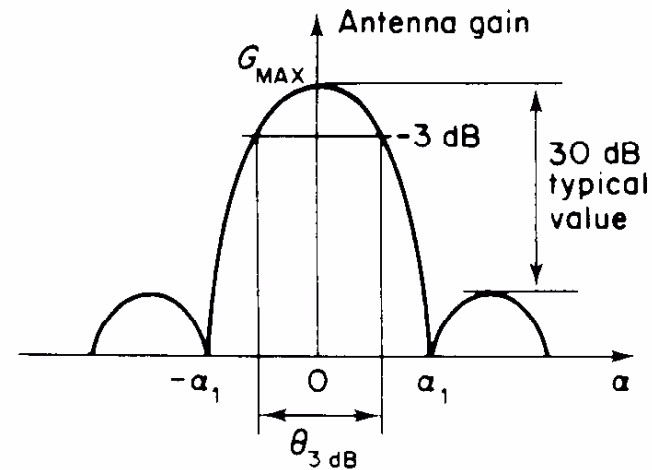
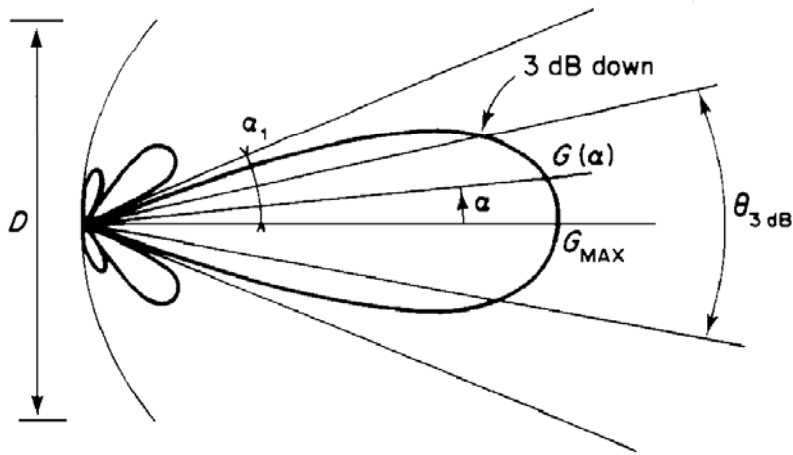
$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A_e$$

↓

$$D \approx \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot (\pi \cdot r^2)$$



Διαγράμματα ακτινοβολίας



(Half power beamwidth)

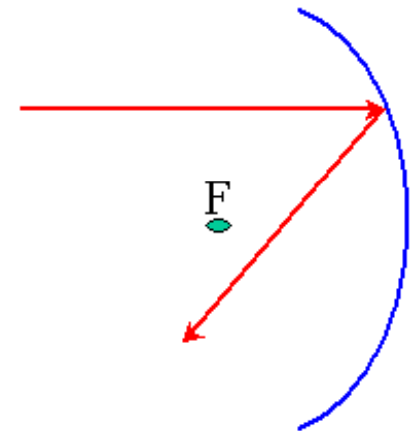
- ◆ Πρώτος μηδενισμός κύριου λοβού: $\Theta_{FN} = 35/r$
- ◆ $\theta_{3dB} = \kappa \lambda / (2r)$, $\kappa = [58 - 70]$ r : η ακτίνα του κατόπτρου
- ◆ Κατευθυντικότητα: $D \approx \epsilon_{ap} \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot (\pi \cdot r^2) = \epsilon_{ap} \left(\frac{\pi \Delta}{\lambda} \right)^2$
- ◆ Σε γωνίες μακριά από τους άξονες του κυρίως λοβού, το διάγραμμα ακτινοβολίας έχει πλευρικούς λοβούς
- ◆ Τα χαρακτηριστικά των πλευρικών λοβών επηρεάζονται από τον τύπο του τροφοδότη, την τοποθέτησή του, την παρουσία του τροφοδότη και του στηρίγματος του

Εφαρμογές

1. Used where high gains are required: → Cosmic Radiation, etc.
2. Navigation
3. Δορυφορικές επικοινωνίες

- ❑ Deviation from perfect surface can be made $<1\text{mm}$
- ❑ Diameters are usually 1m-300m

- Η παραβολοειδής κεραία είναι πολύ αποτελεσματική στο να **απορρίπτει ενεπιθύμητα σήματα και ηλεκτρικό θόρυβο**
- Σήματα από άλλες κατευθύνσεις ανακλώνται στην ανακλαστική επιφάνεια σε κατευθύνσεις τέτοιες που δεν χτυπούν το σημείο εστίασης και έτσι δεν γίνονται αντιληπτά.



Εφαρμογές τηλεπικοινωνιών

Στην πράξη, στις κεραιές με παραβολικό ανακλαστήρα, υπολογίζεται η απαιτούμενη διάμετρος για να επιτευχθεί συγκεκριμένη κατευθυντικότητα άρα συγκεκριμένο γωνιακό άνοιγμα δέσμης (Θ , Φ).

- ◆ Συχνότητες: Μικροκύματα ($f > 300 \text{ MHz}$)
- ◆ Ενεργό στοιχείο: Δίπολο ($400 \text{ MHz} - 2 \text{ GHz}$)
- ◆ Χοανοκεραία ($> 2 \text{ GHz}$)
- ◆ Κατασκευή: $f < 1 \text{ GHz}$: Επιφάνεια συνεχής ή διάτρητη
- ◆ $f > 1 \text{ GHz}$: Επιφάνεια ανακλαστήρα συνεχής και λεία (ανοχή $\lambda/32$)
- ◆ Διάμετρος D : Συνήθως $1 - 3 \text{ m}$
- ◆ Ενεργός επιφάνεια: $A_{eff} = \kappa \cdot (\pi D^2 / 4)$ ($\kappa \approx 0,8$)
- ◆ Χρήση: Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις

Τύπος κεραίας

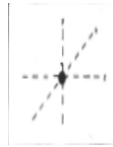
μορφή

G_i [dB]

HPBW[°]

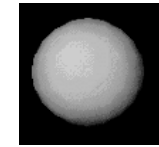
$U(\theta, \phi)$

ισοτροπική



0

360

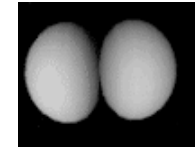


Δίπολο(Hertz)

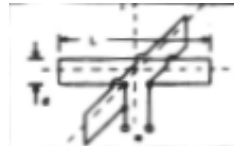


2.14

55

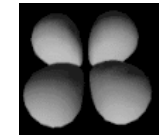


Turnstile

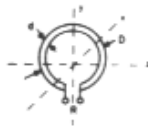


-0.86

50

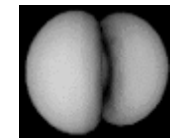


βρόχος



3.14

200

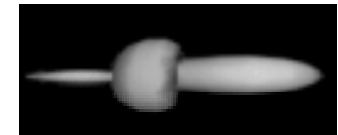


Yagi

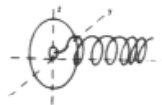


7.14

25

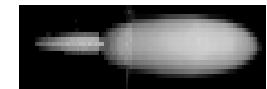


Ελικοειδής



10.1

30



Παραβολική



14.7

20

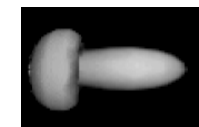


Horn

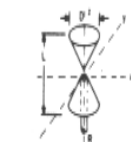


15

15

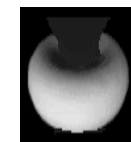


Horn δικωνική



14

360x200



Ασφάλεια I

- Ακτινοβολώντας πάνω σε ανθρώπινα ομοιώματα και μετρώντας την άνοδο της θερμοκρασίας που η ακτινοβολία προκαλούσε βρέθηκαν τα ακόλουθα νούμερα για την **ένταση του πεδίου**:

**1 to 10
mW/cm²**

Shorter exposure of about a few hours every 24 hours is tolerated

**Above 10
mW/cm²**

DANGEROUS RADIATION.
Personnel should not be exposed to radiation of this magnitude.

- Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι αν υπερβούμε το 10mW/cm² η άνοδος της θερμοκρασίας θα μας προκαλέσει **μη αντιστρεπτή μεταβολή** στα κύτταρα μας

Ασφάλεια II

- Η ένταση του πεδίου συσχετίζεται με την ισχύ του πομπού, το κέρδος της κεραίας και την απόσταση
- Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας :

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{N 10^{(G-L)/10} P}{4 \pi S}}$$

where:

- G antenna gain
- P power delivered to antenna
- L total loss (dB) between transmitter – antenna
- N number of transmitters combined to the antenna
- S maximum allowed power density in air (W/m^2)

Ασφάλεια III

- Αντικαθιστώντας και με την υπόθεση ότι το κέρδος κεραίας είναι 0dB έχουμε:

Power (W)	Dangerous Distance (m)	Safe Distance (m)
1	0.2	0.3
4	0.2	0.6
10	0.3	0.95
40	0.6	2.0
400	1.9	6.0
1000	3.0	9.5

- Τα νούμερα αυτά υπολογίστηκαν πειραματικά με βάση τα άμεσα αποτελέσματα της ακτινοβολίας
- Πειραματικά αποτελέσματα για την μακροχρόνια έκθεση δεν υπάρχουν (χρειάζεται επιδημιολογική μελέτη μετά από χρόνια έκθεσης σε ακτινοβολία), όμως αποτελούν ένα καλό μέτρο σύγκρισης

Παραδείγματα

- Ένα κινητό GSM εκπέμπει 1 με 2 watt (όταν είναι μακριά από το σταθμό βάσης του), άρα η απόσταση ασφαλείας είναι 30cm
- Μια κεραία κινητής τηλεφωνίας στη χειρότερη περίπτωση έχει 40watt ισχύ, με κέρδος κεραίας 10db, άρα EIRP=400watt, άρα η ελάχιστη απόσταση είναι 6 μέτρα
- Ένας πομπός ραδιοφώνου ή τηλεόρασης με ισχύ 30000watt έχει ελάχιστη απόσταση 30μέτρα
- Ένα WiFi τερματικό, όπου η EIRP περιορίζεται εκ του νόμου στα 100mW, έχει **απόσταση ασφαλείας τα 10cm**

Τέλος Ενότητας

Τύποι κεραιών

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Δημήτρης Βαρουτάς, Αριστείδης Τσίπουρας. «Κεραίες, Τύποι κεραιών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://opencourses.uoa.gr/courses/DI123/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

