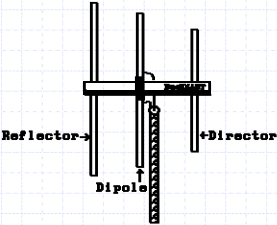


ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΕΣ

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Μερικοί τύποι YAGI




Reflector → Dipole → Director

Adding a reflector and a parasitic element (director) to the dipole greatly improves its gain and directivity. Thus, the dipole becomes a "YAGI" antenna.

2

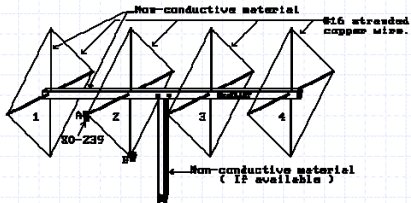
Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Log-periodic



3

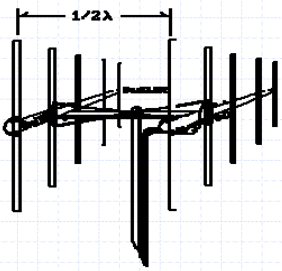
Qubical Quad



BASIC CONSTRUCTION OF A QUBICAL QUAD ANTENNA
The "QUAD", feed point "A" for vertical polarization.
Feed point "B" for horizontal polarization. Element (1) is reflector, (2) is driven element, 3 & 4 are directors.

4

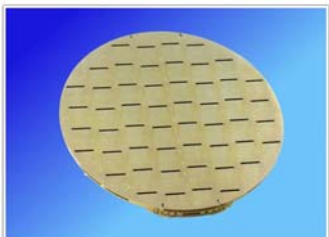
Διπλή Yagi



Two yagis, stacked 1/2 wavelength apart will render another 3 dB of gain.

5

Σχισμο-Στοιχειοκεραία



6

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

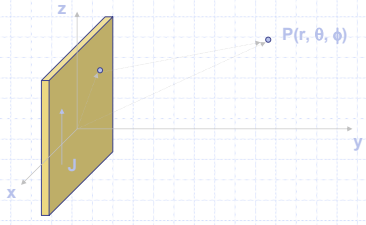
Φασική στοιχειοκεραία για στρατιωτικές εφαρμογές



7

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Τι έχουμε κάνει μέχρι τώρα



$$A_z = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \iiint \frac{e^{-jkr'}}{r'} J_z(x, y, z) \cdot dx dy dz$$

8

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

$$A_z = \frac{\mu \lambda^2}{4\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot P_{Array}(\psi_1, \psi_2)$$

2-D Μετασχηματισμός Fourier

$$P(\psi_1, \psi_2) = \iint K_z(x, z) \cdot e^{j2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \psi_1 + \frac{z}{\lambda} \psi_2 \right)} \cdot d\left(\frac{x}{\lambda}\right) \cdot d\left(\frac{z}{\lambda}\right)$$

Κατανομή ρεύματος

$$K_z(x, z) = \int_0^{\text{thickness}} J_z(x, y, z) \cdot dy$$

9

Μακρινό πεδίο

$$H_\phi = j \frac{\lambda}{2} \frac{e^{-jk r}}{r} \sin \theta \cdot P_{Array}(\psi_1, \psi_2)$$

$$E_\theta = \eta \cdot H_\phi$$

Πυκνότητα Ισχύος, Ισχύς, Αντίσταση ακτινοβολίας, κλπ.

$$W = \frac{\eta}{8} \left(\frac{\lambda}{r} \right)^2 \sin^2 \theta \cdot |P_{Array}(\psi_1, \psi_2)|^2$$

10

Παράγοντας ανοίγματος / γεωμετρίας

Αναλυτικό άνοιγμα

$$K_z(x, z) = K_{z1}(x) \cdot K_{z2}(z)$$

$$P(\psi_1, \psi_2) = P(\psi_1) \cdot P(\psi_2)$$

E and H Plane Patterns

E Plane

H Plane

$$\phi = 90^\circ$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$P(0, \psi_2) = P(\psi_2)$$

$$P(\psi_1, 0) = P(\psi_1)$$

Γραμμικές στοιχειοκεραίες

Κεραίες Δ. Βαραυτάς

Κριτήριο Nyquist

Aperture ↔ Array

$\lambda > 2d$

13

Κεραίες Δ. Βαραυτάς

Γραμμικές στοιχειοκεραίες

$$K_z(x, z) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n(z) \cdot \delta(x - x_n)$$

Υπόθεση: ίσα στοιχειώδη δίπολα

$$I_n(z) = I_n \cdot g(z)$$

Μεταβολή ρεύματος στο
Μιγαδικό ρεύμα στο η-ιστό
στοιχείο

$$P(\psi_1, \psi_2) = \iint K_z(x, z) \cdot e^{j2\pi\left(\frac{x}{\lambda}\psi_1 + \frac{z}{\lambda}\psi_2\right)} \cdot d\left(\frac{x}{\lambda}\right) \cdot d\left(\frac{z}{\lambda}\right)$$

$$H_\phi = j \frac{\lambda}{2} \frac{e^{-jkr}}{r} \sin \theta \cdot P_{\text{Array}}(\psi_1, \psi_2)$$

14

Κεραίες Δ. Βαραυτάς

Αρχή του πολλαπλασιαμού διαγραμμάτων

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

Μεμονωμένο διάγραμμα ακτινοβολίας

ARRAY FACTOR

$$P_0(\psi_2) = \int g(z) e^{jkz \cdot \psi_2} \cdot d\left(\frac{z}{\lambda}\right)$$

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

$$P(\psi_1, \psi_2) = P(\psi_2) \cdot \frac{f(\psi_1)}{\lambda}$$

15

Συγγραμμική στοιχειοκεραία

$$K_z(x, z) = \delta(x) \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot g(z - z_n)$$

Αρχή Πολυσμού Διαγραμμάτων

$$P(\psi_1, \psi_2) = P(\psi_2) \cdot \frac{f(\psi_2)}{\lambda}$$

$$P_0(\psi_2) = \int g(z) e^{jkz \cdot \psi_2} \cdot d\left(\frac{z}{\lambda}\right)$$

$$f(\psi_2) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot e^{jkz_n \cdot \psi_2}$$

16

M x N Στοιχειοκεραία

$$K_z(x, z) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I_{nm} \cdot g(z - z_n) \cdot \delta(x - x_m)$$

Αρχή Πολυσμού διαγραμμάτων

$$P(\psi_1, \psi_2) = P(\psi_2) \cdot \frac{f(\psi_1, \psi_2)}{\lambda}$$

$$P_0(\psi_2) = \int g(z) e^{jkz \cdot \psi_2} \cdot d\left(\frac{z}{\lambda}\right)$$

$$f(\psi_1, \psi_2) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I_{nm} \cdot e^{jkz_n \cdot \psi_1} \cdot e^{jkz_n \cdot \psi_2}$$

Ομοιόμορφες στοιχειοκεραίες

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Fourier Transform

$x_n = nd \rightarrow$ AF: $f(\psi_1) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot e^{j2\pi n \frac{d}{\lambda} \psi_1}$

με: $-1 \leq \psi_1 = \sin \theta \cos \phi \leq 1$

$N=5$ $T = \lambda/d$

$\approx 13.5\text{dB}$

19

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Ορατή περιοχή

$d = \frac{1}{2}\lambda$

$d = \lambda$

$d = 2\lambda$

-1 < Visible Region < 1

20

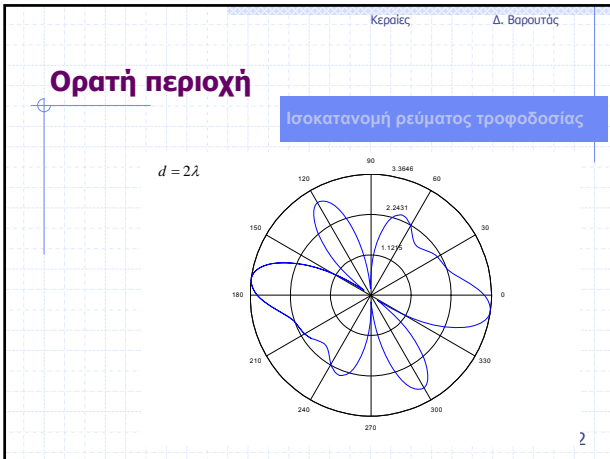
Κεραίες Δ. Βαρουτάς

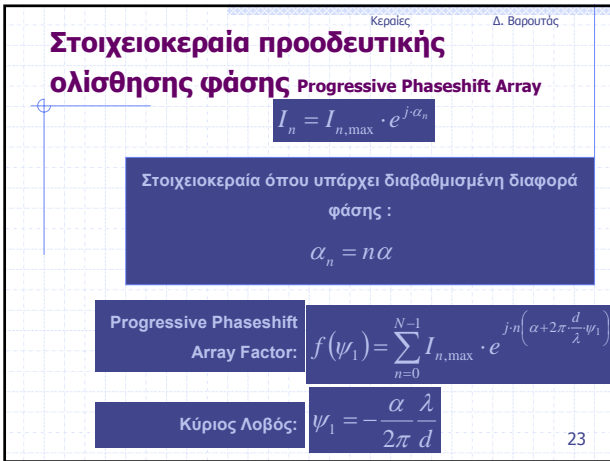
Ορατή περιοχή

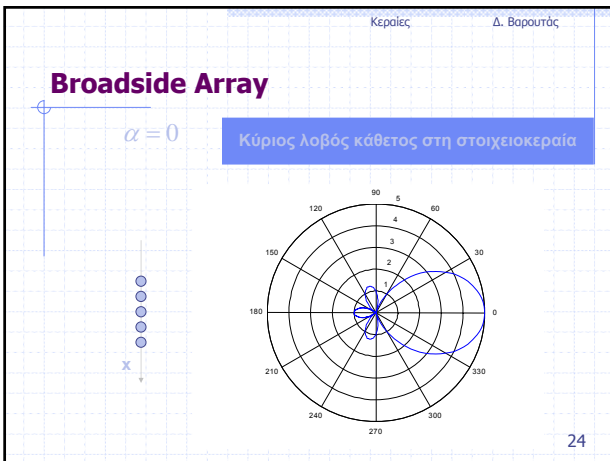
Ισοκατανόμη ρεύματος τροφοδοσίας

$d = 2\lambda$

21



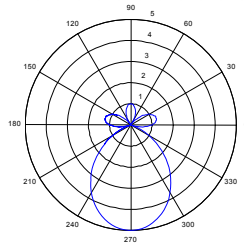




Endfire Array

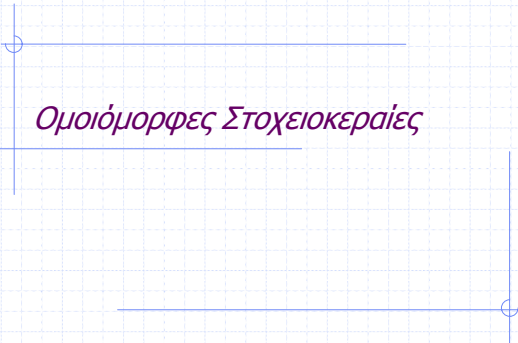
$$\alpha = -2\pi \frac{d}{\lambda}$$

Κύριος λοβός κάθετος στη στοιχειοκεραία



25

Ομοιόμορφες Στοιχειοκεραίες



Τι είναι ομοιόμορφη στοιχειοκεραία

Μια στοιχειοκεραία με ισαπέχοντα στοιχεία που τροφοδοτούνται με ρεύμα ίσου πλάτους και προδευτικά μεταβλητή διαφορά φάσης είναι ομοιόμορφη στοιχειοκεραία

$$f(u) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{j \cdot n \cdot u} \quad \text{με} \quad u = \alpha + 2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \psi, \quad \alpha = kd \cos \chi$$

$$|f(u)| = \frac{\sin\left(\frac{1}{2}Nu\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}u\right)}$$

Βασικό μέγιστο: $u = 0$

Μηδενικά: $u = \pm 2\pi \frac{n}{N}$

Δευτερεύοντα μέγιστα: $u = \pm \pi \frac{2m+1}{N}$

Κεραίες Δ. Βαραυτάς

Ομοιόμορφη στοιχειοκεραία

13.5dB

$\frac{2\pi}{N}$

1. Πλευρικοί λοβοί = 13.5dB → Ανεξάρτητο από το N!
2. Εύρος ζώνης → Εξαρτάται από το N!

8

Κεραίες Δ. Βαραυτάς

Broadside Array

$$u = \alpha + 2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \psi_1 = \alpha + kd \cos \chi$$

Κύριος λοβός για $u=0$. → $\cos \chi = -\frac{\alpha}{kd}$

Broadside Array

$\chi = 90^\circ = \pi/2$ → $\alpha = 0$ → $kd \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + \Delta\chi\right) = \pm \frac{2\pi}{N}$

Εύρος κυρίου λοβού (MBW)_{BS}

$$(MBW)_{BS} = 2 \cdot \Delta\chi = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{\lambda}{Nd}\right)$$

29

Κεραίες Δ. Βαραυτάς

Ordinary Endfire Array

$$u = \alpha + 2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \psi_1 = \alpha + kd \cos \chi$$

Κύριος λοβός για $u=0$. → $\cos \chi = -\frac{\alpha}{kd}$

Ordinary Endfire Array

$\chi = 0^\circ = 0$ → $\alpha = -kd$ → $kd \cdot [\cos(\Delta\chi) - 1] = \pm \frac{2\pi}{N}$

Εύρος κυρίου λοβού (MBW)_{OE}

$$(MBW)_{OE} = 4 \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{\lambda}{2Nd}}\right)$$

30

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Endfire Array με αυξημένη Κατευθυντικότητα

$$u = \alpha + 2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \psi_1 = \alpha + kd \cos \chi \quad \cos \chi = -\frac{\alpha}{kd}$$

Endfire Array με αυξημένη κατευθυντικότητα

$$\chi = 0^\circ = 0 \rightarrow \alpha = -\left(kd + \frac{\pi}{N}\right) \rightarrow kd \cdot [\cos(\Delta\chi) - 1] - \frac{\pi}{n} = \pm \frac{2\pi}{N}$$

Εύρος κυρίου λοβού (MBW)_{EID}

$$(MBW)_{EID} = 4 \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{\lambda}{4Nd}}\right) \quad (71\% \text{ της OE})$$

31

Ανάλυση Κεραίων

Κεραίες Δ. Βαρουτάς

Πολυωνυμική στοιχειοκεραία

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

$$f = \sum_{n=0}^{N-1} I_{n,\max} \cdot e^{j(\alpha_n + n\psi)}$$

$$f = \sum_{n=0}^{N-1} A_n \cdot z^n \equiv P_{N-1}(z)$$

$\psi_1 = \cos \chi$

$I_n = I_{n,\max} \cdot e^{j\alpha_n}$

$\alpha_n = n\alpha + \alpha_n'$

Προοδευτική
διαφορά φάσης

Απόκλιση

$z = e^{j\psi}; \quad u = \alpha + kd \cos \chi$

$A_n = I_{n,\max} \cdot e^{j\alpha_n}$

33

Κεραίες Δ. Βαραυτός

Πολυωνυμική στοιχειοκεραία

$$f = A_0 + A_1 z + \dots + A_{N-1} z^{N-1} \equiv P_{N-1}(z)$$

$$P_{N-1}(z) = (z - z_1) \cdot (z - z_2) \cdot \dots \cdot (z - z_{N-1})$$

$$|f| = \prod_{i=1}^{N-1} |z - z_i|$$

Τα μηδενικά στο μοναδιαίο κύκλο υποδεικνύουν σημεία μη-ακτινοβολίας!

34

Κεραίες Δ. Βαραυτός

N=4 Broadside Array

$$|f| = z^3 + z^2 + z + 1$$

$$z_1 = e^{j\frac{1}{2}\pi}$$

$$z_2 = e^{j\pi}$$

$$z_3 = e^{-j\frac{1}{2}\pi}$$

Τα μηδενικά στο μοναδιαίο κύκλο υποδεικνύουν σημεία μη-ακτινοβολίας!

Ευρύτερος κύριος λοβός?

Στενότερος κύριος λοβός?

35

Κεραίες Δ. Βαραυτός

Διωνυμική στοιχειοκεραία με $d = \lambda/2$

Ο Ευρύτερος κύριος λοβός

$$|f| = (z+1)^3 = z^3 + 3z^2 + 3z + 1 \rightarrow z_n = -1$$

$$|f| = (z+1)^{N-1}$$

Πάντα ένας λοβός!

36

Dolph-Tschebyscheff Array

Βέλτιστες συντελεστές σχεδίασης πρέπει να προσφέρουν :

1. Το στενότερο κύριο λοβό για δεδομένους πλευρικούς λοβούς
2. Το χαμηλότερο επίπεδο ισχύος πλευρικών λοβών για δεδομένο κύριο λοβό

37



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Κεραίες

Ενότητα: Στοιχειοκεραίες

Δημήτρης Βαρουτάς, Αριστείδης Τσίπουρας

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Στοιχειοκεραίες

Τέλος Ενότητας

Στοιχειοκεραίες

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, Στοιχειοκεραίες». 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

