

Łukasz Januszkiewicz

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej: cz.2 przegląd anten -1

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl



Treści

- Przegląd systemów radiotransmisyjnych z uwzględnieniem pasm i specyfiki stosowanych w nich anten.
- Anteny stacji bazowych i anteny terminali
 - Anteny elementarne
 - Anteny prętowe
 - Anteny mikropaskowe
 - Anteny mikrofalowe





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

wymagane parametry anten

- Aby zaprojektować system transmisji radiowej należy dobrać odpowiednie anteny
- Parametry anteny wynikają ze specyfikacji systemu radiotransmisyjnego
- Konstrukcje anten zależą również od tego czy antena jest elementem stacji bazowej czy terminala abonenckiego



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przegląd systemów radiotransmisyjnych

- Obecnie wykorzystywanych jest bardzo wiele systemów radiotransmisyjnych
- Przykłady systemów łączności radiowej:
 - Radiodyfuzyjne
 - Łączności radiowej mobilnej
 - Bezprzewodowe sieci komputerowe
 - Satelitarne



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Systemy radiodyfuzyjne

- Struktura punkt – wielopunkt
- Ustalona topologia
- Duży zasięg
- System dostępny – wiele odbiorników
- Szeroki zakres długości fal: długie ÷ ultrakrótkie
- Częstotliwości:
 - 148,5 kHz ÷ 108 MHz – radio
 - 48,5 MHz ÷ 862 MHz - TV
- Długości fal:
 - 2000m – 35 cm



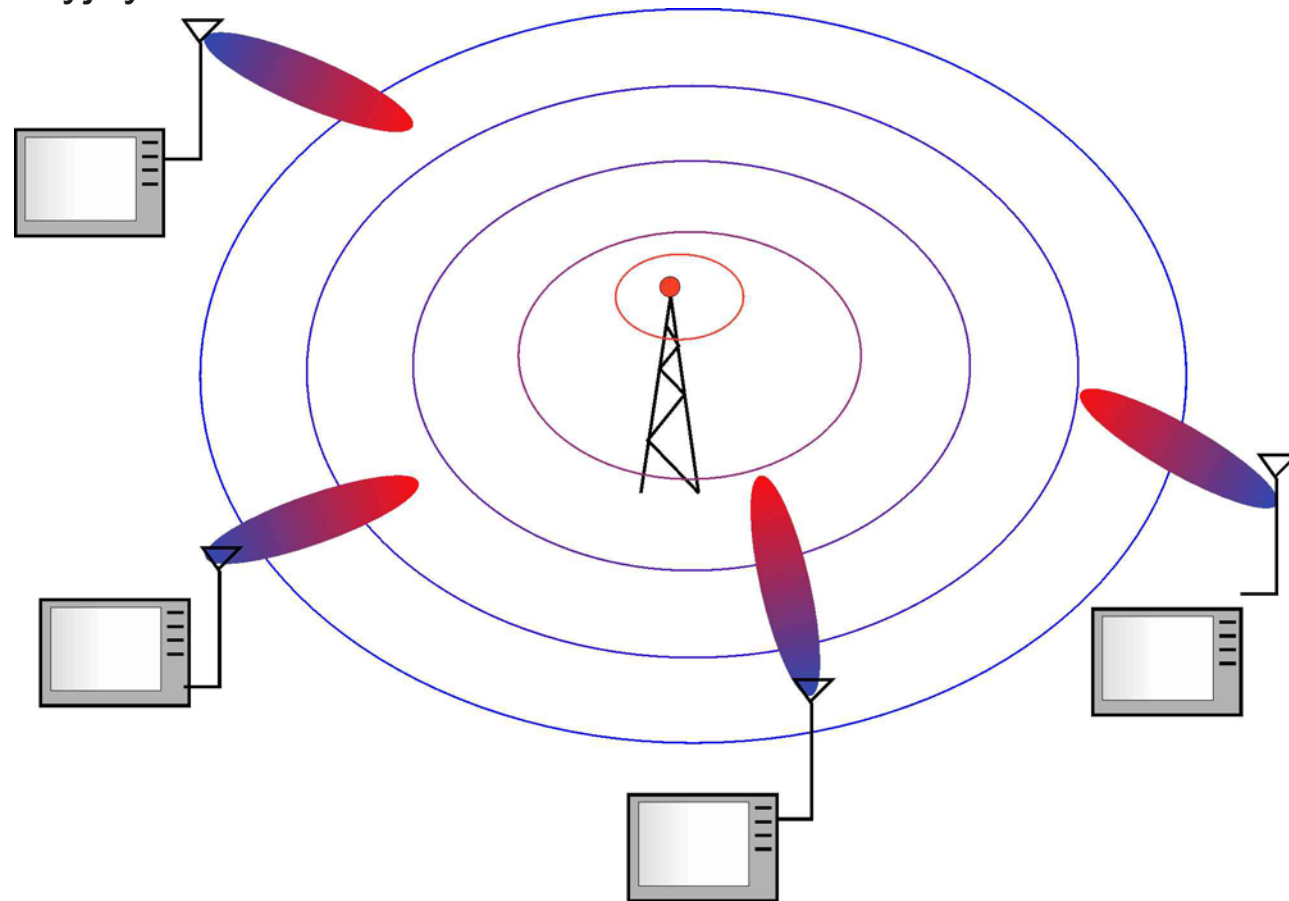
Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



Systemy radiodyfuzyjne

- System radiodyfuzyjny





Anteny systemów radiodfuzyjnych

- Duża moc nadajnika:
 - Dobre dopasowanie impedancyjne anteny nadawczej, $WFS < 1.2$
 - Duża moc maksymalna
- Anteny nadawcze:
 - Duży zysk
 - Charakterystyka dookólna lub sektorowa
 - Systemy wielokanałowe – anteny o poszerzonym paśmie
 - Drogie instalacje
 - Preferowane wysokie maszty
- Anteny odbiorcze:
 - Kierunkowe, duży zysk
 - tanie
 - Odbiorniki długo i średniofalowe wyposażone w anteny elektrycznie małe





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Mobilne systemy łączności radiowej

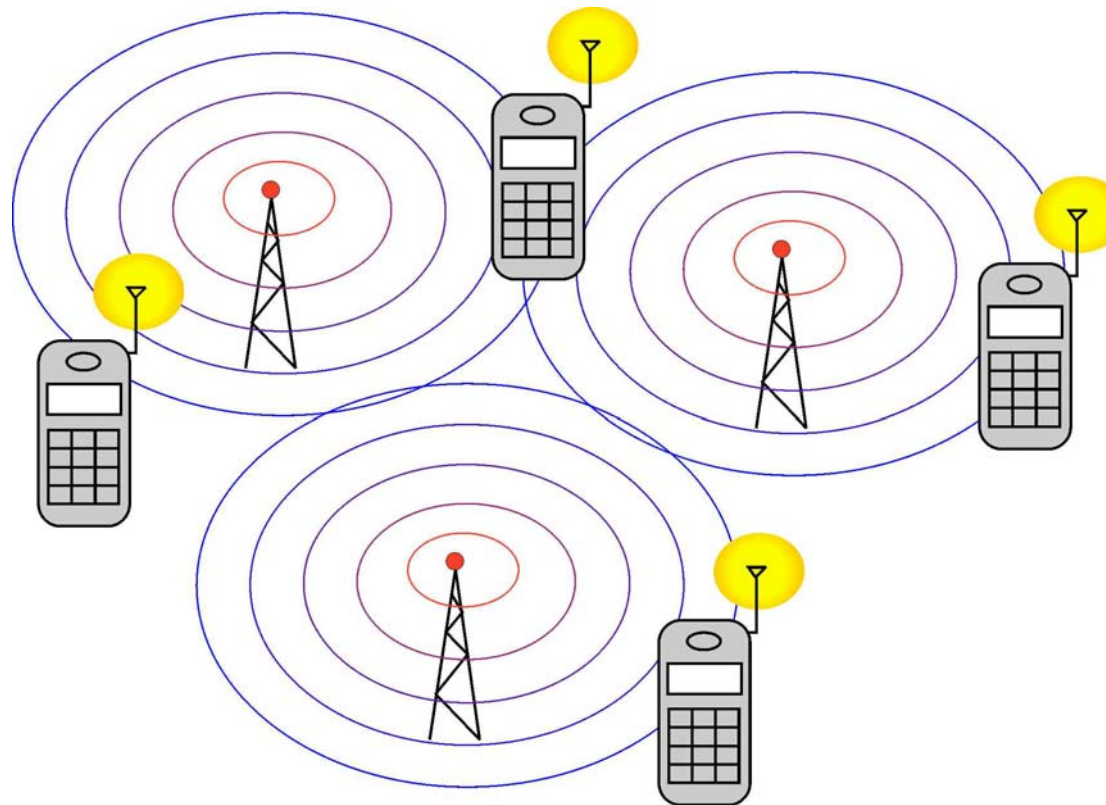
- Zwielokrotniona struktura punkt – wielopunkt
- Dynamiczna topologia (w zależności od położenia terminala ruchomego)
- Średni i mały zasięg
- System dostępny – wiele odbiorników w tym przewoźne i przenośne
- Typowe pasma:
 - 400 MHz – systemy trunkingowe
 - 900 MHz, 1800 MHz – telefonia komórkowa
- Długości fal: $75 \div 17$ cm





Mobilne systemy łączności radiowej

- Mobilny system łączności radiowej





Anteny systemów mobilnych

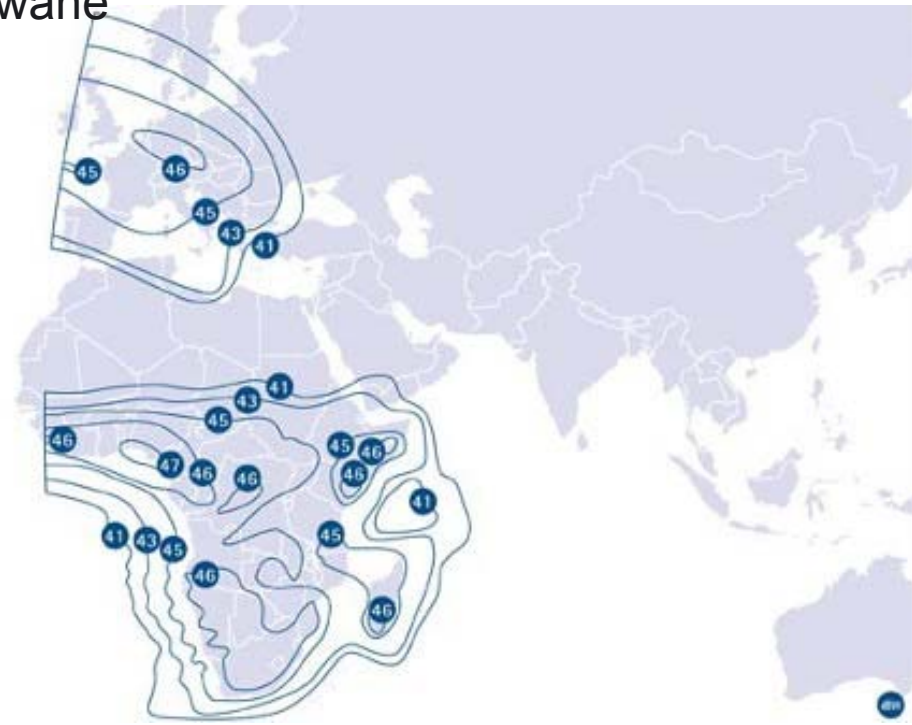
- Anteny nadawcze:
 - Duży zysk
 - Charakterystyka dookólna lub sektorowa
 - Systemy dwupasmowe lub trójpaszmowe – anteny wielopasmowe
 - Wiele stacji bazowych – tańsze anteny
 - Średnie wysokości montażu anten – elewacje, maszty antenowe
- Anteny odbiorcze:
 - Dookólne
 - Tanie
 - Wielopasmowe





Systemy satelitarne

- Częstotliwości: 10 GHz (fala 3 cm) ÷ 14 GHz
- Duża odległość nadajnika i odbiornika (orbita geostacjonarna 36 000 km)
- Tłumienie trasy około 200 dB
- Systemy stacjonarne, rekonfigurowane





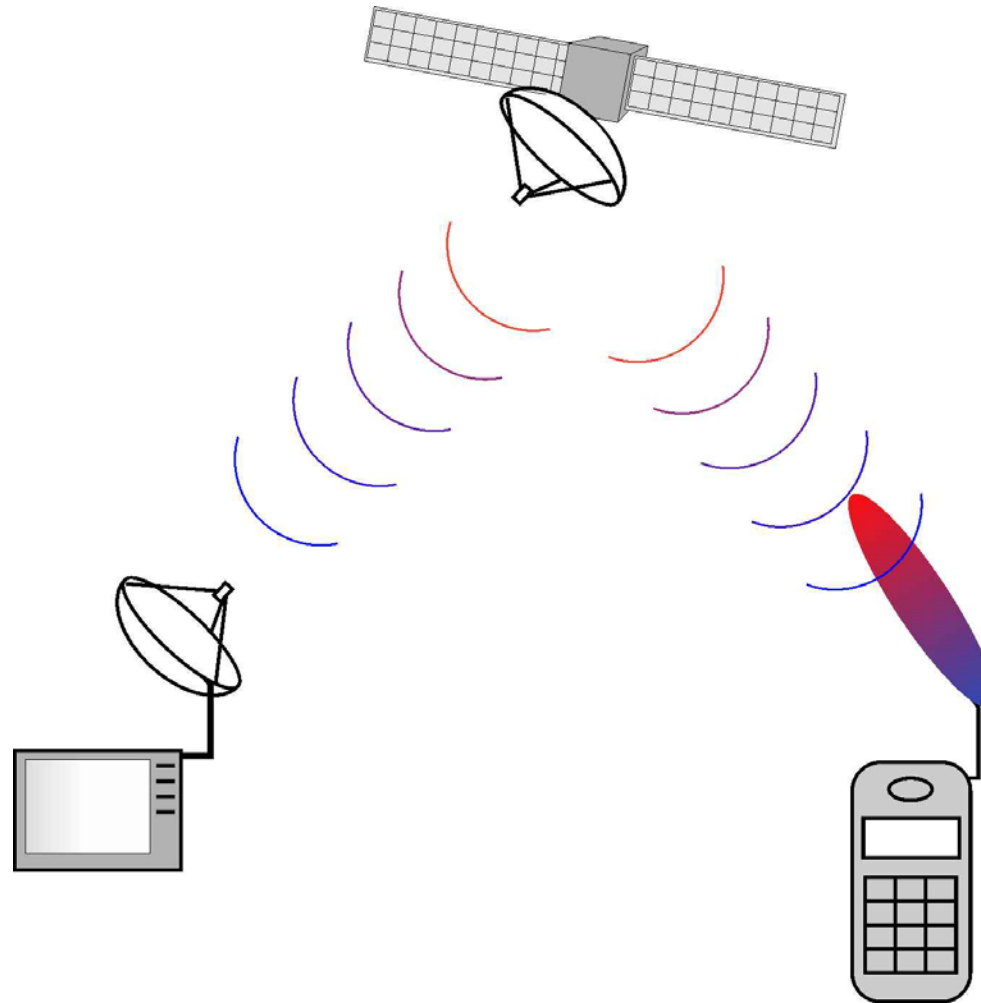
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Systemy satelitarne



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny systemów satelitarnych

- Anteny nadawcze i odbiorcze:
 - Anteny wielofalowe (mikrofalowe)
 - Bardzo duży zysk (powyżej 30 dBi)
- Anteny na satelicie – przełączana charakterystyka
- Anteny terminali przenośnych – miniaturowe anteny kierunkowe





Bezprzewodowe sieci komputerowe

- Pasmo 2.4 lub 5 GHz
- Zasięg od kilku metrów do kilkudziesięciu kilometrów
- Łączy krótkiego zasięgu – anteny dookólne
- Łączy dalekiego zasięgu – anteny kierunkowe stacji bazowych o średnim zysku
- Terminale często wykorzystują anteny miniaturowe





Anteny systemów transmisji radiowej

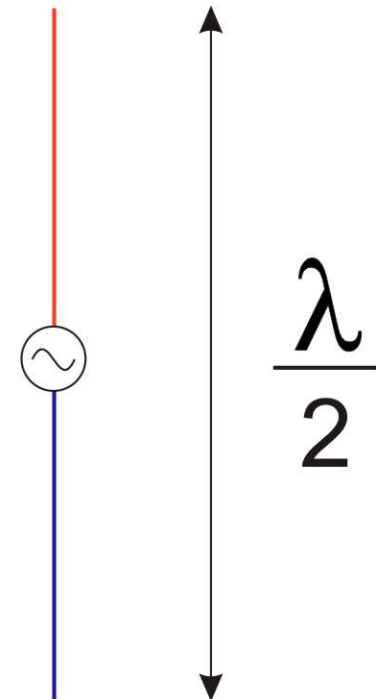
- Anteny stacji bazowych:
 - Charakterystyki dookólne, sektorowe, kierunkowe
 - Zwiększony lub duży zysk
 - Mniej restrykcyjne ograniczenia rozmiarów i ceny
 - W przypadku systemów niesymetrycznych – dobre dopasowanie impedancyjne
- Anteny terminali:
 - Charakterystyki dookólne lub kierunkowe
 - Miniaturowe
 - Tanie i łatwe w produkcji





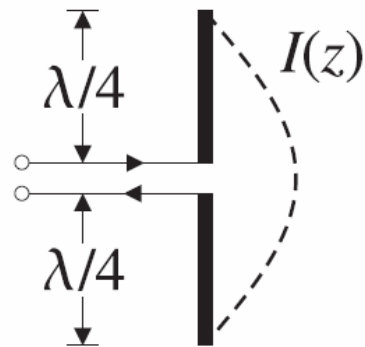
Anteny elementarne

- Dipol
- Antena prętowa, zasilana symetrycznie w połowie
- Charakterystyka dookólna, polaryzacja liniowa
- Najczęściej długość dipola wynosi połowę długości fali

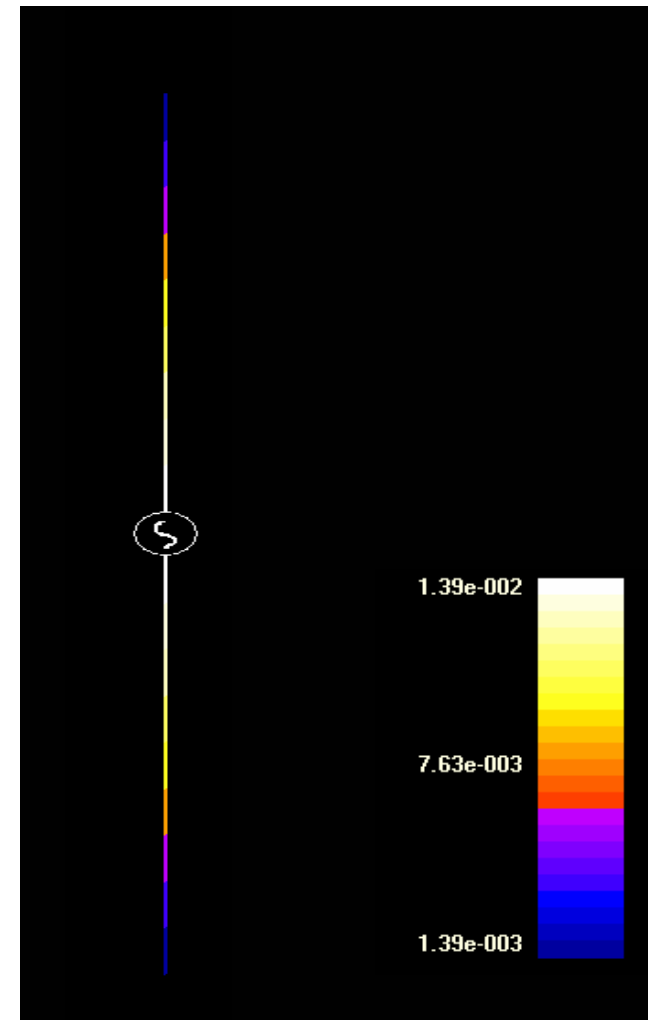


Dipol

- Rozkład prądu w dipolu półfalowym:



$$I(z) = I \cos(kz)$$





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

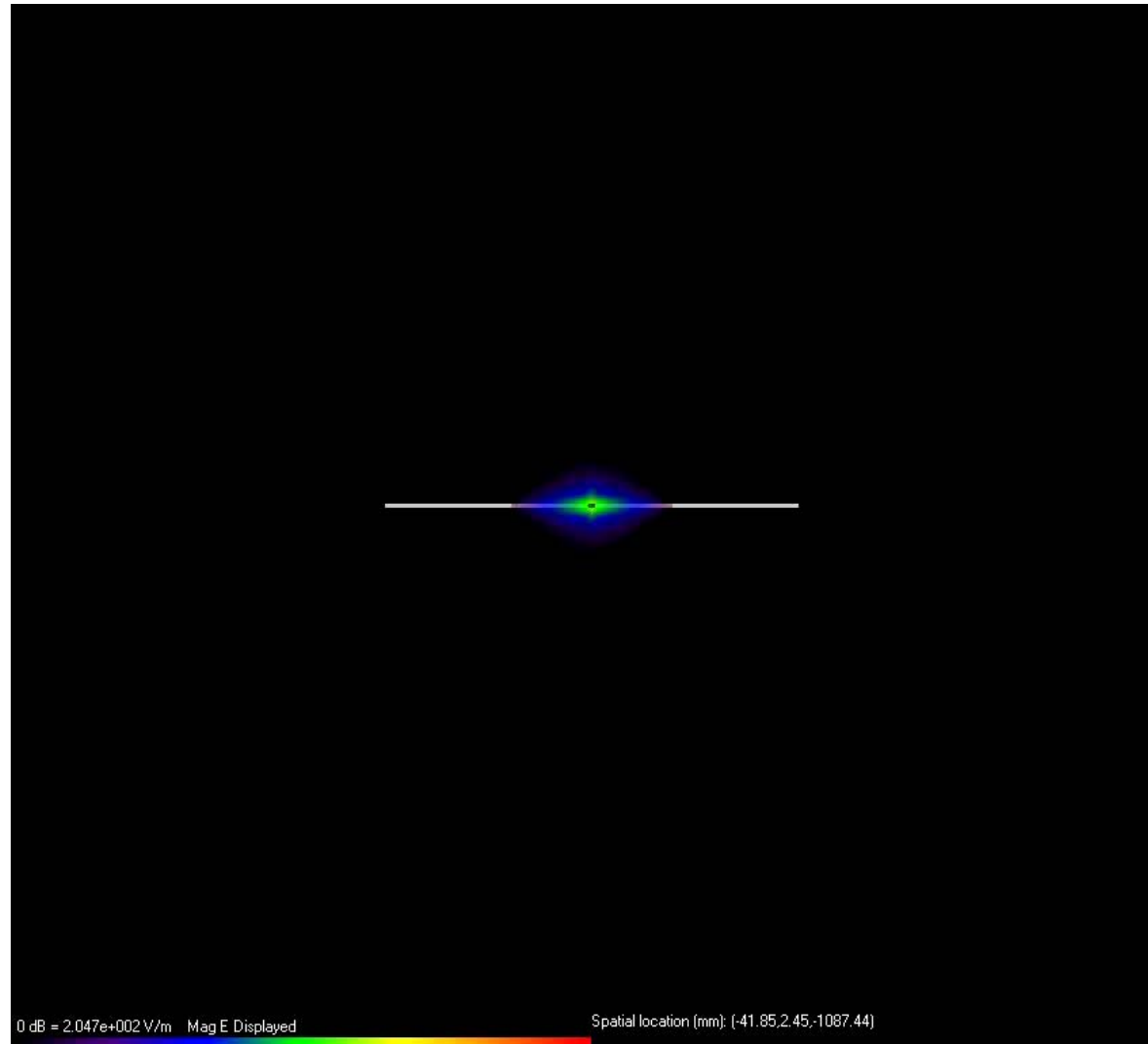
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dipol

- Pole elektryczne



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

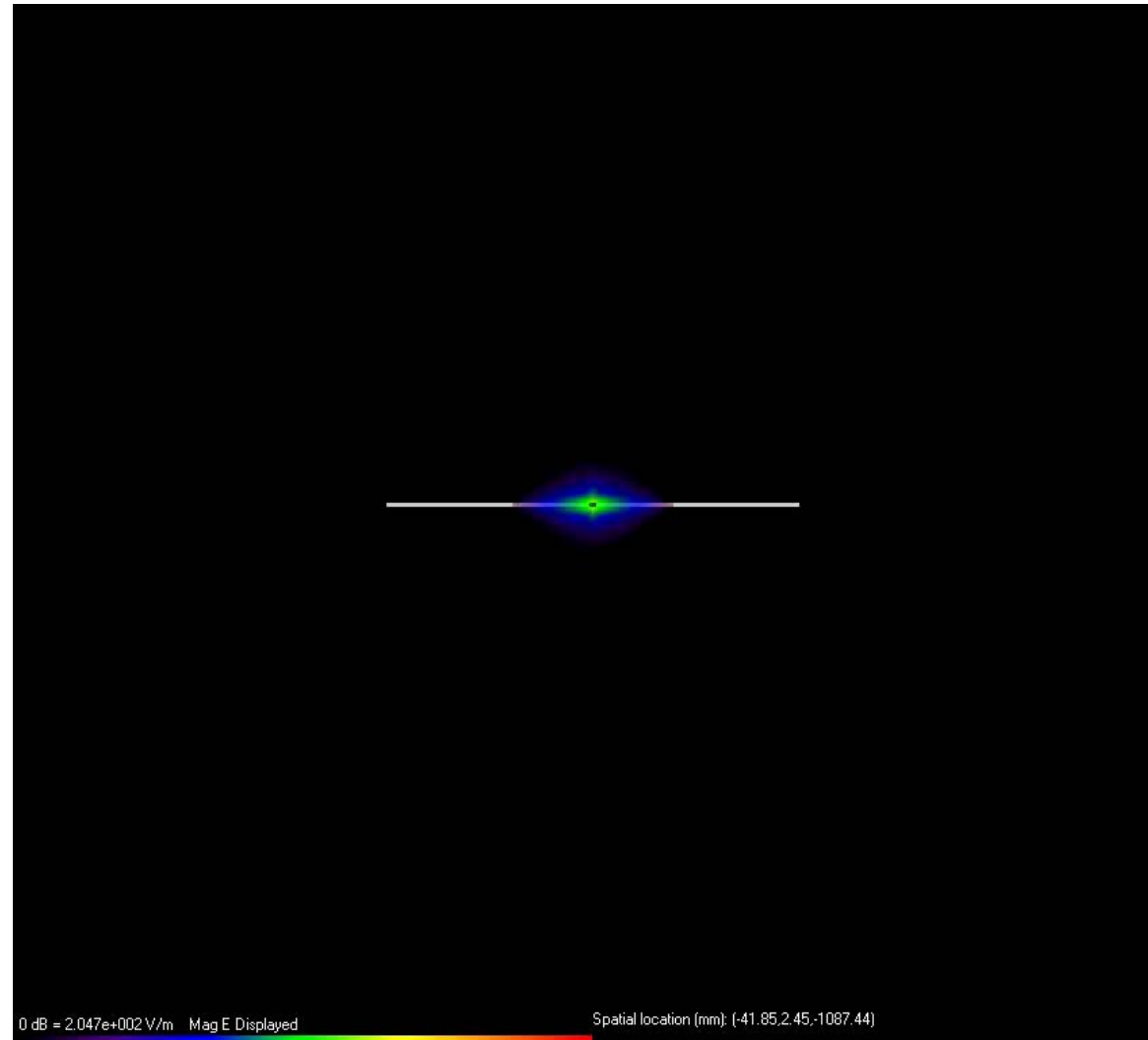
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dipol

- Pole elektryczne



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

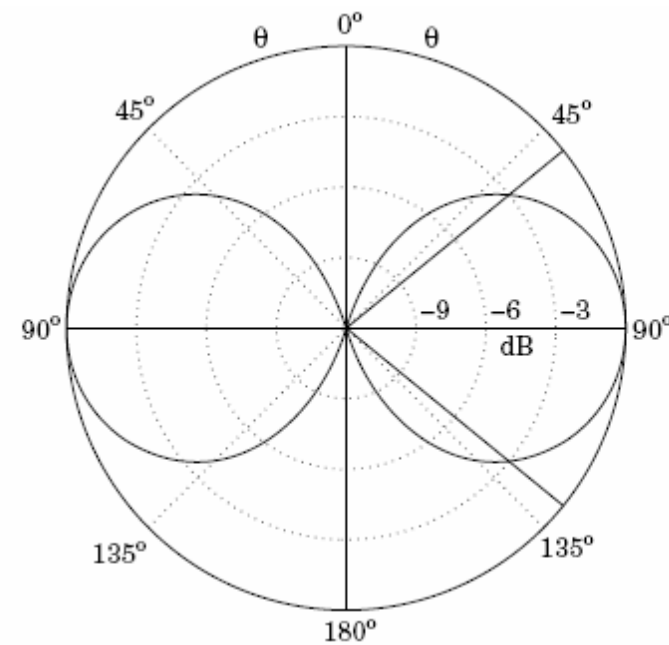
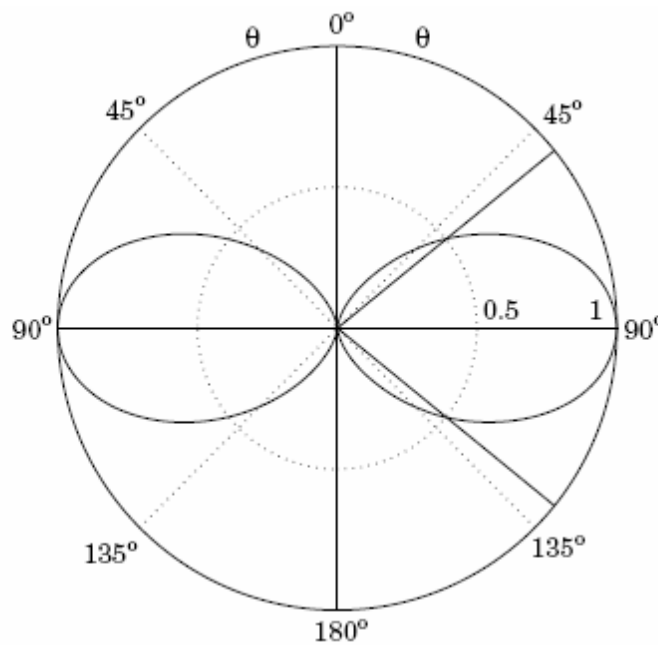
Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



Dipol

- Znormalizowana charakterystyka zysku dipola półfalowego:

$$g(\theta) = \frac{\cos^2(0.5\pi \cos \theta)}{\sin^2 \theta}$$





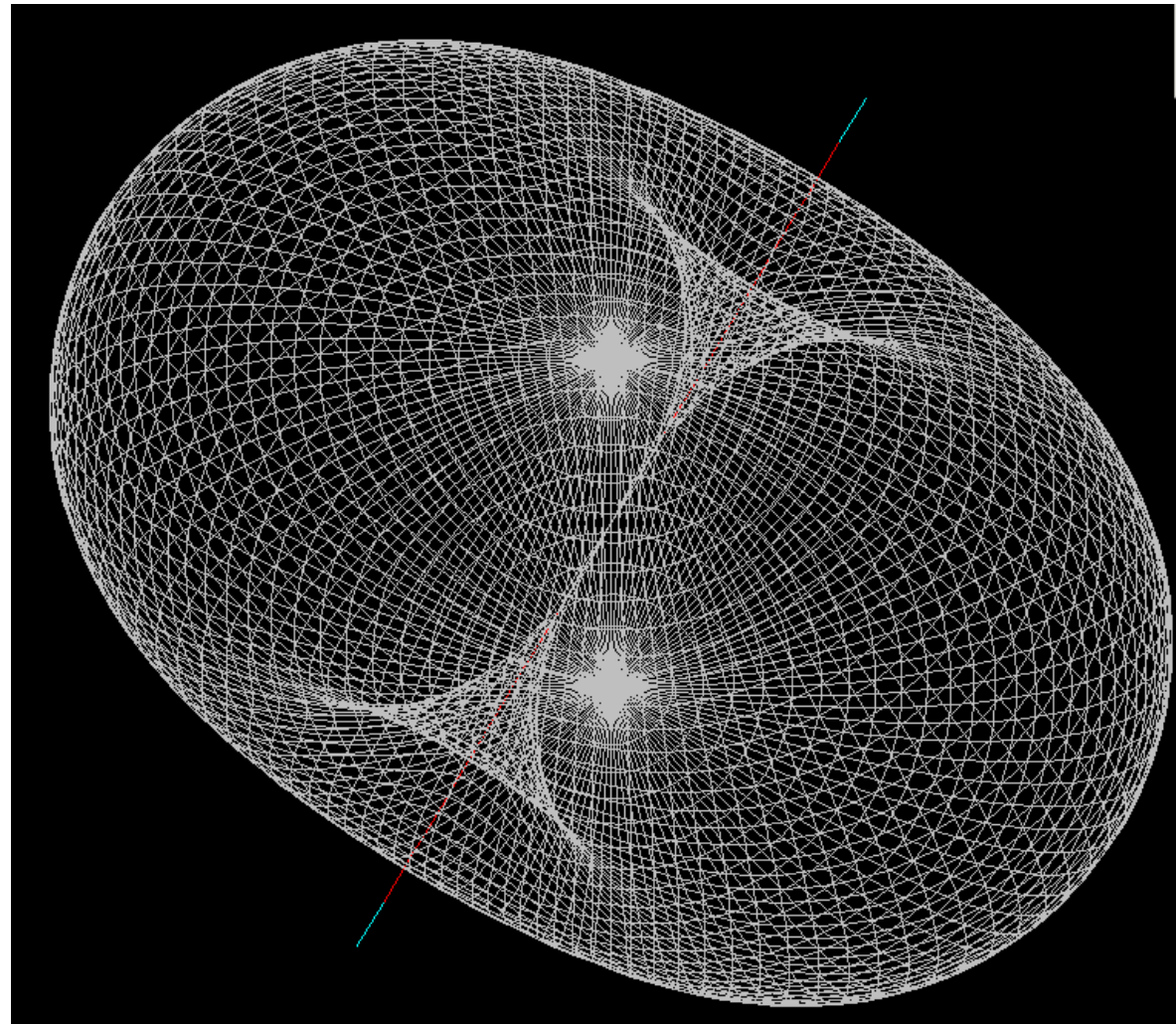
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dipol



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



Dipol

- HPBW = 78°
- $G=2.15\text{dBi}$
- Impedancja wejściowa dipola półfalowego wynosi $Z_{we} = 73 + j42.5 \Omega$.
- Aby osiągnąć rezonans struktury ($X_{we} = 0$), należy zredukować długość dipola do długości rzeczywistej L_{rzecz} ze współczynnikiem skrócenia K_p zależnym od promienia rzewodu a :

$$L_{rzecz} = \frac{\lambda}{2} \cdot K_p$$

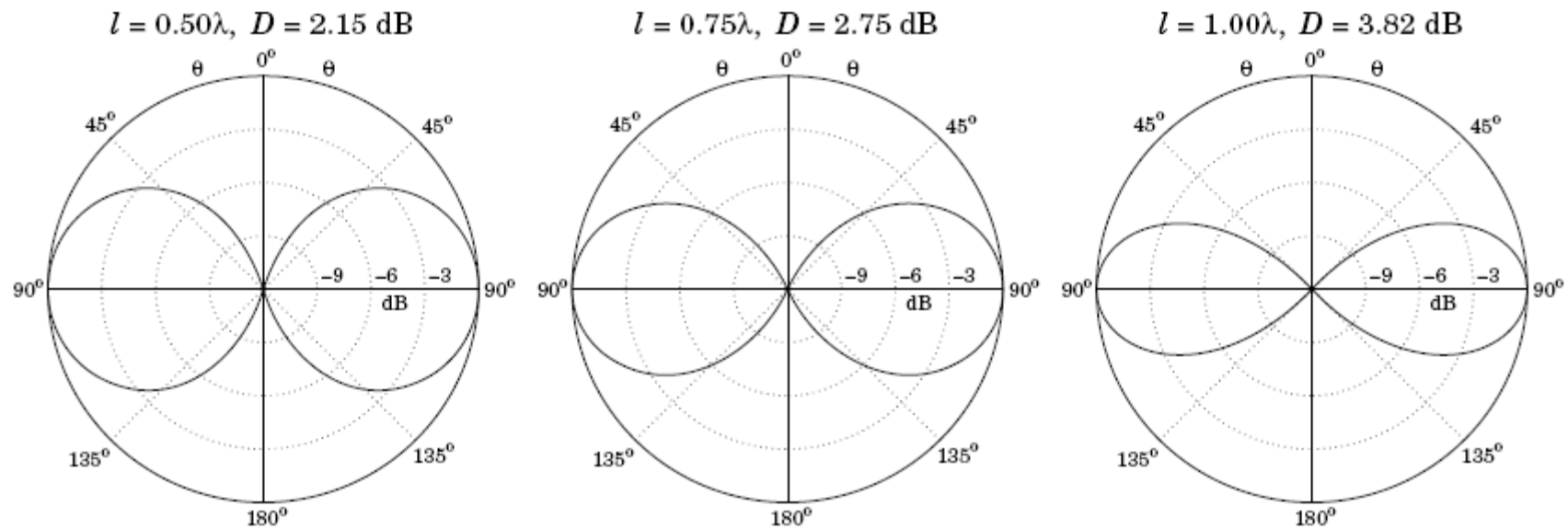
$$K_p = 1 - \frac{0.3}{\ln \frac{\frac{\lambda}{2}}{2 \cdot a}}$$





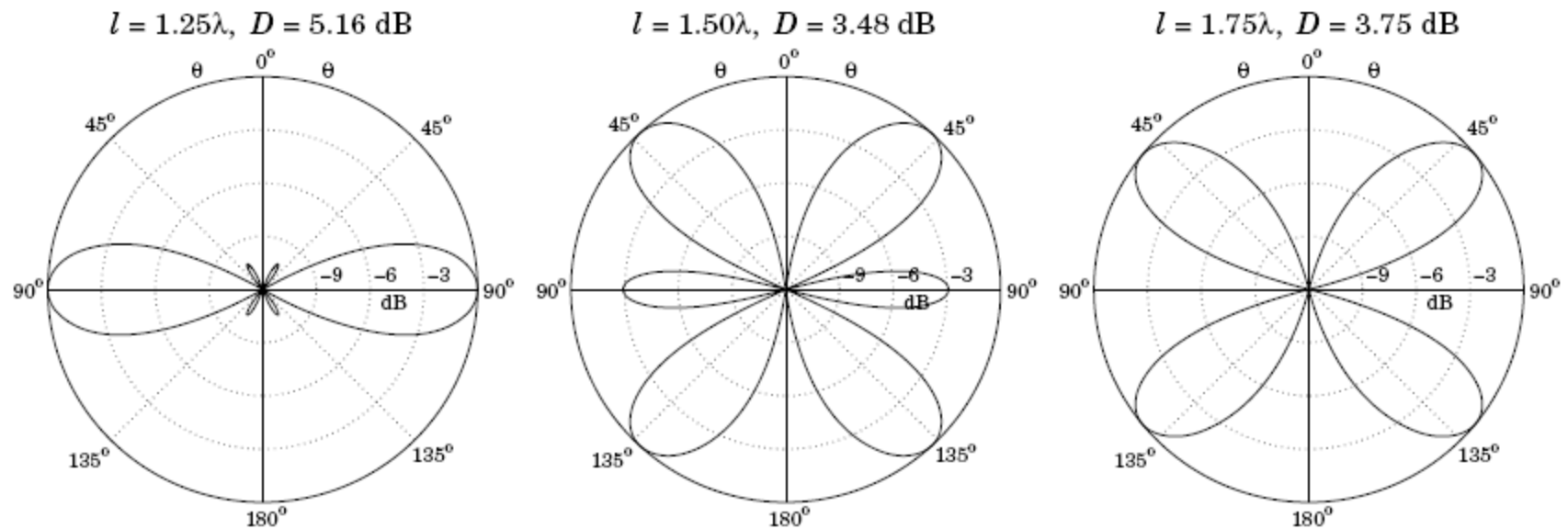
Dipol

- Charakterystyka promieniowania dipoli o różnych długościach



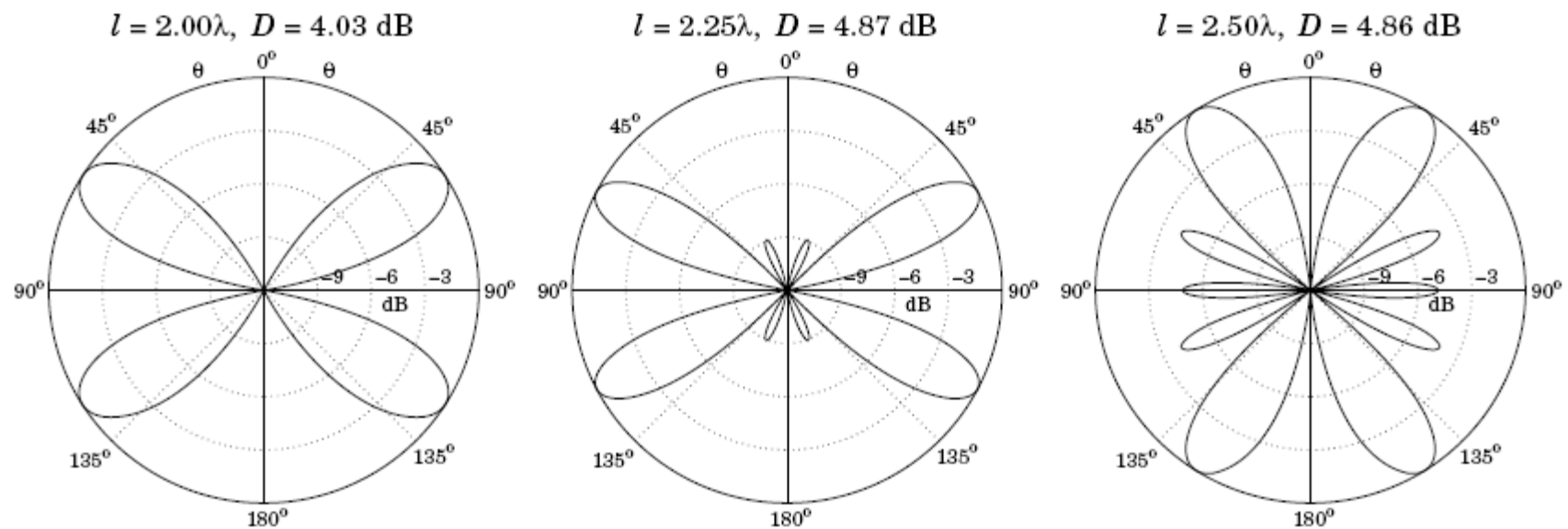
Dipol

- Charakterystyka promieniowania dipoli o różnych długościach



Dipol

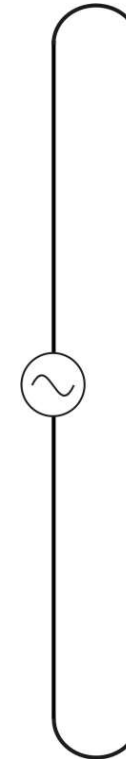
- Charakterystyka promieniowania dipoli o różnych długościach





Dipol

- Dipol pętlowy
- Impedancja dipola pętlowego symetrycznego jest czterokrotnie większa od impedancji dipola prostoliniowego
- Impedancja zbliżona do impedancji linii symetrycznej dwuprzewodowej





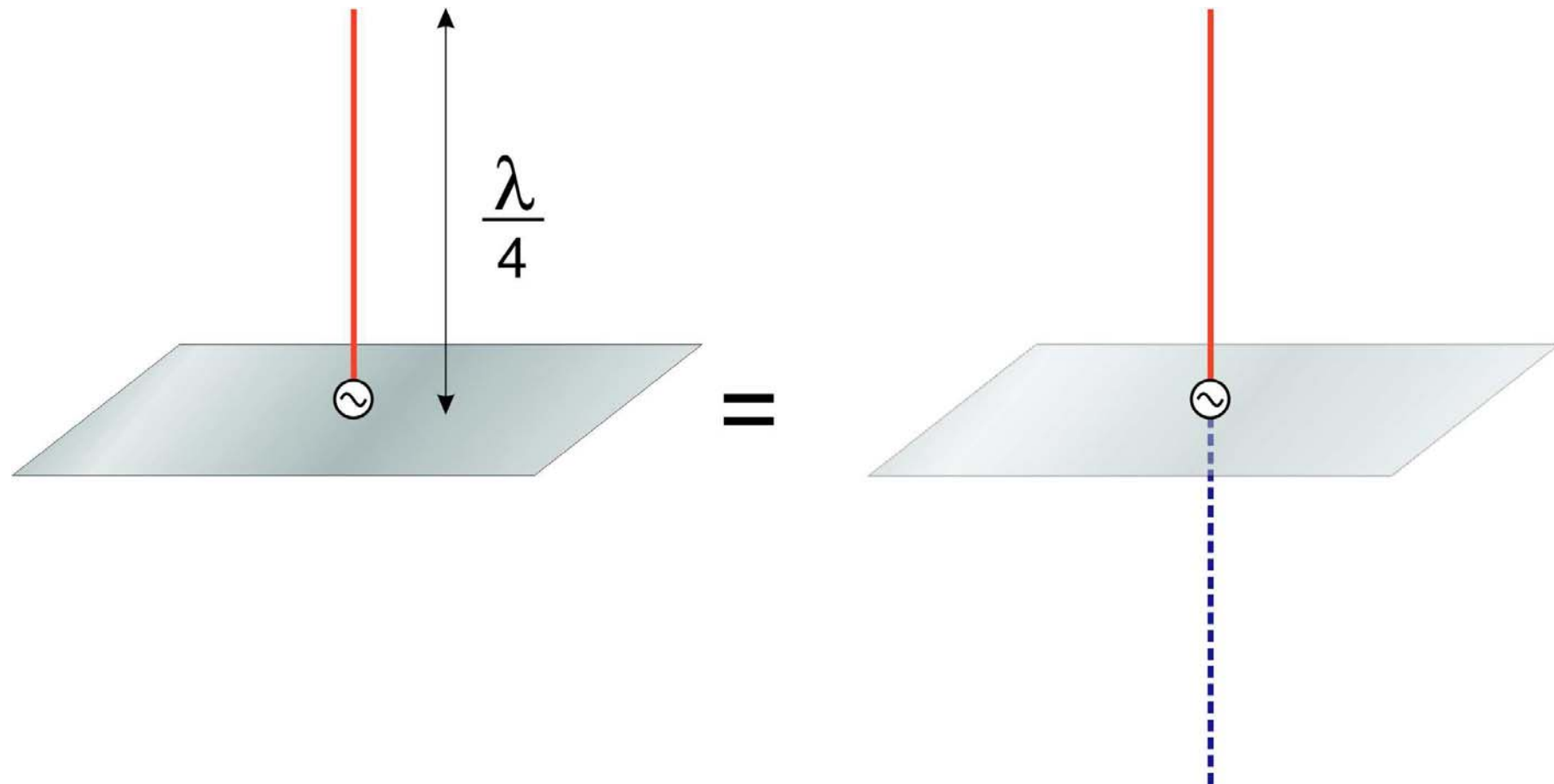
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Unipol

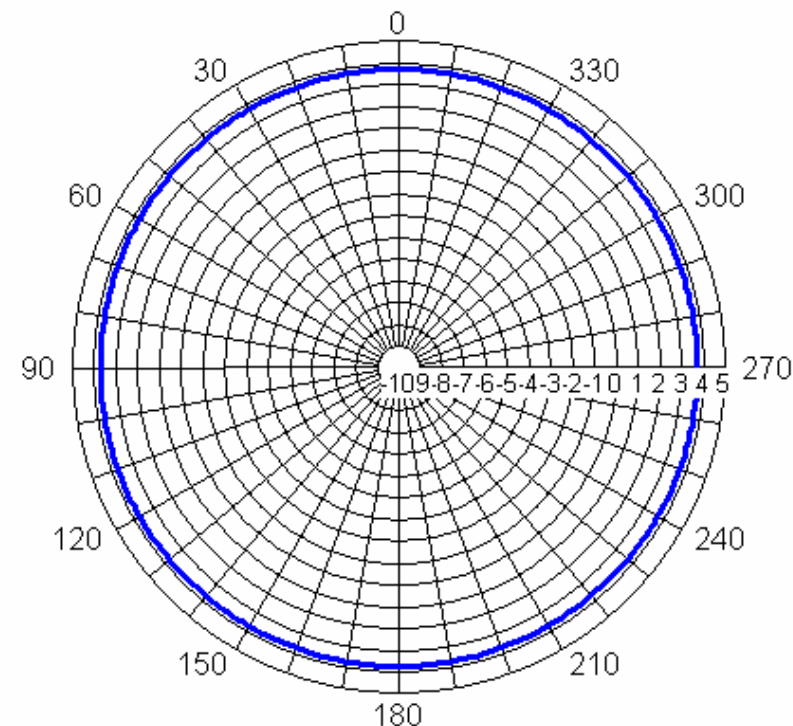
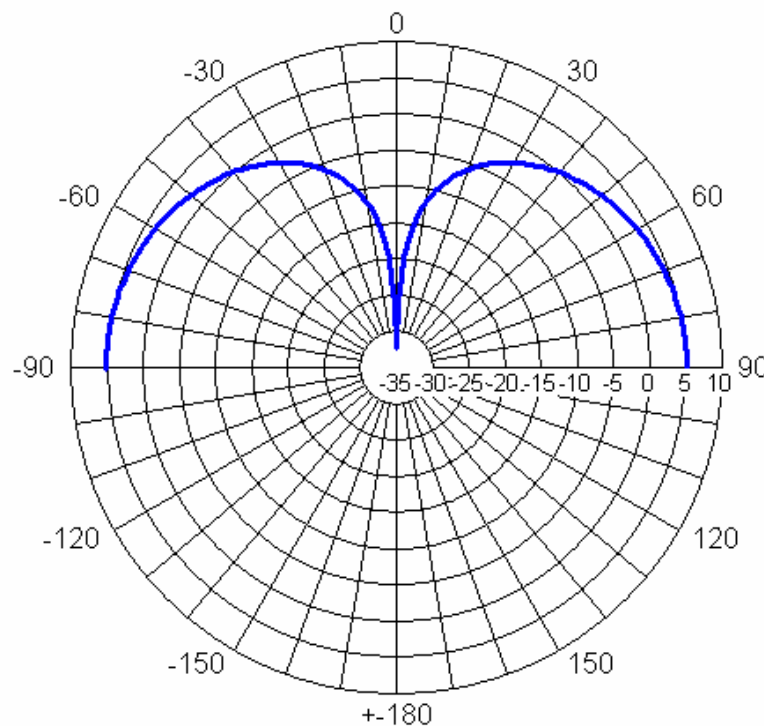


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1

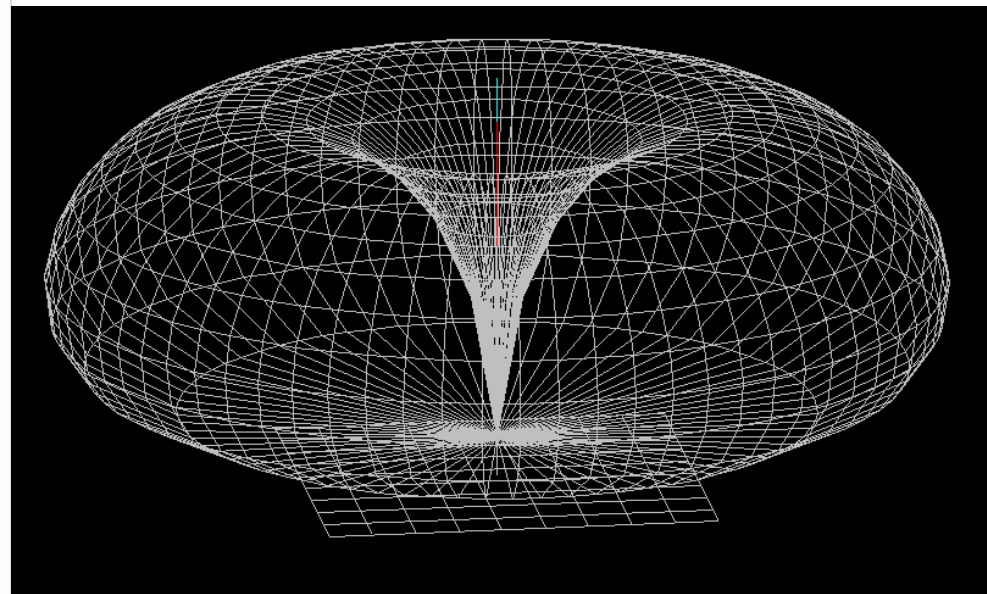
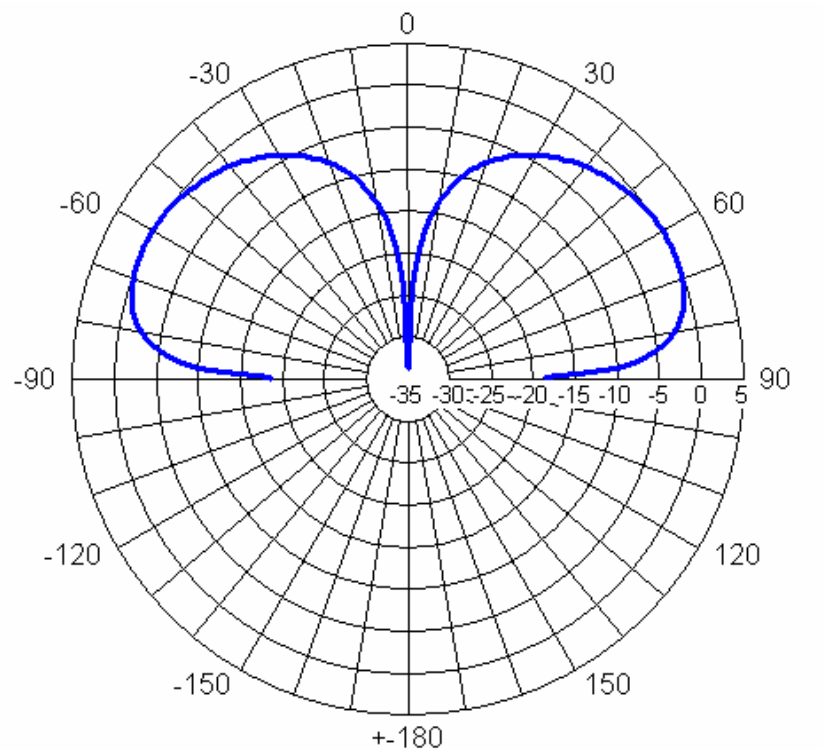
Unipol

- Dla anteny umieszczonej na idealnej płaszczyźnie masy:
 - impedancja wejściowa równa jest połowie impedancji dipola
 - Charakterystyka promieniowania stanowi połowę charakterystyki dipola



Unipol

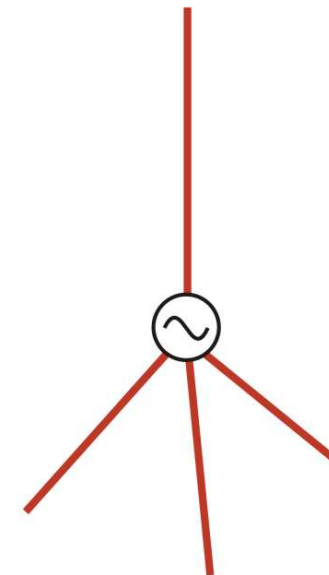
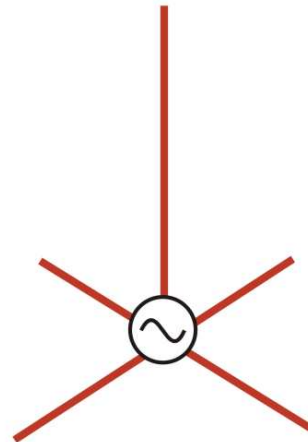
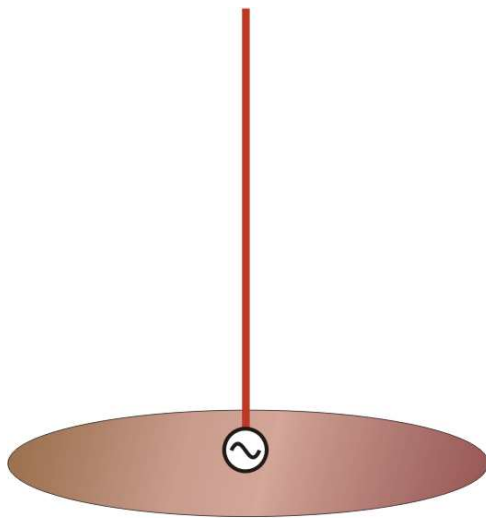
- Wpływ na parametry unipola ma powierzchnia masy z jaką jest połączony





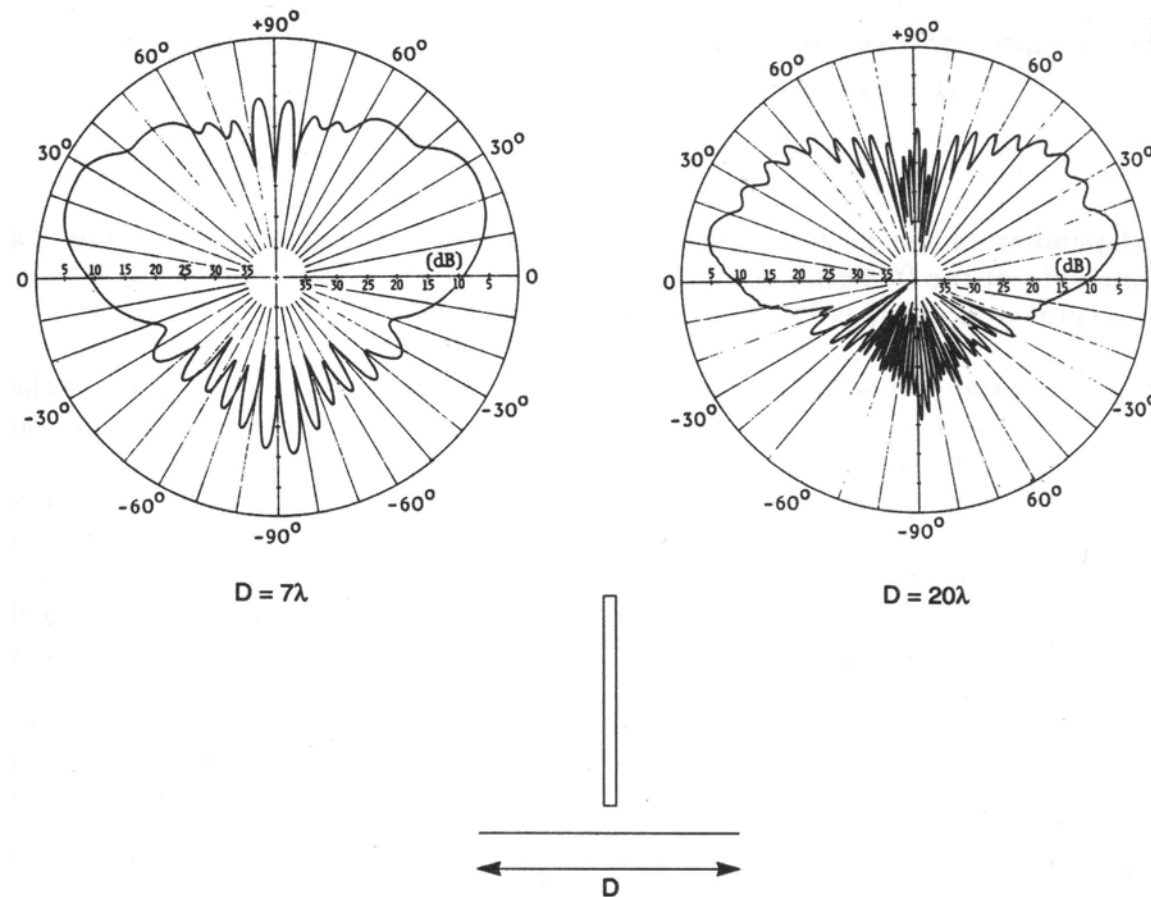
Unipol

- Powierzchnię przewodzącą imitującą masę nazywa się przeciwwagą elektryczną unipola
- Przeciwwaga może być wykonana w postaci metalowego dysku lub prętów





Unipol



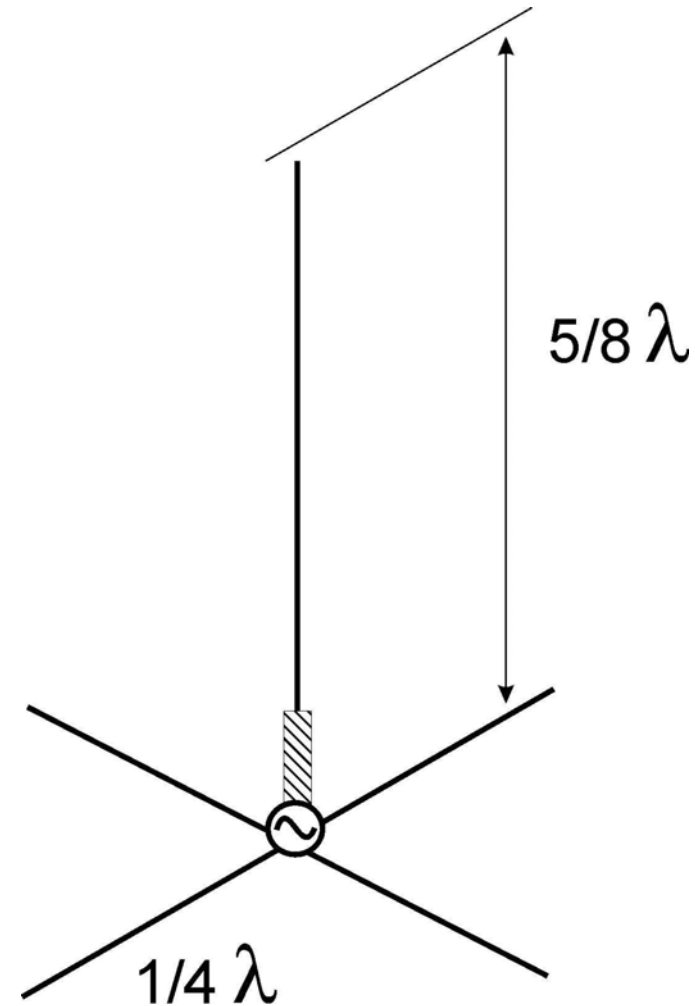
R. A. Burberry, „VHF and UHF Antennas” Peter Peregrinus Ltd. On behalf of the IEE, 1992 London





Unipol

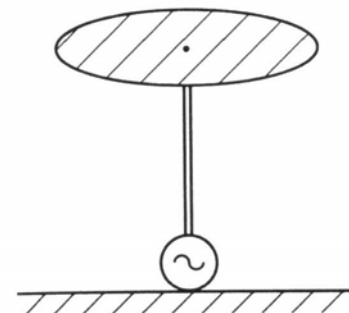
- Często stosowany unipol o długości $5/8\lambda$ z przeciwwagą o długości $\lambda/4$ wykonaną z ułożonych promieniście drutów.
- Składową pojemnościową impedancji anteny kompensuje się indukcyjnością połączoną szeregowo z unipolem ($X = 185\Omega$)
- Zysk anteny wynosi 5dB.
- Inne długości: $1/4$, $3/8$, $5/8$ oraz $7/8 \lambda$



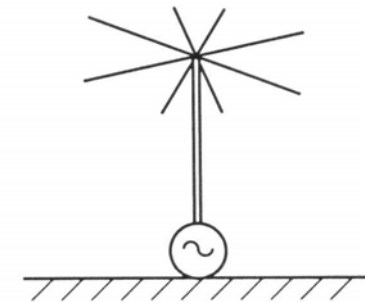
Unipol

Unipol z obciążeniem
wierzchołkowym:

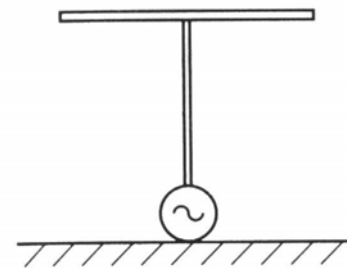
- a – w postaci dysku,
- b – w postaci promienistych drutów,
- c – w postaci symetrycznego przewodnika („T”)
- d – w postaci niesymetrycznego przewodnika („L”)



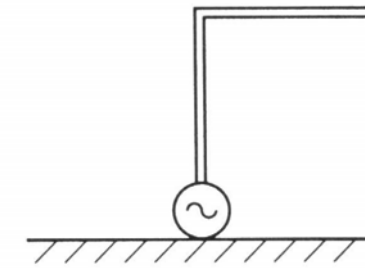
a



b



c



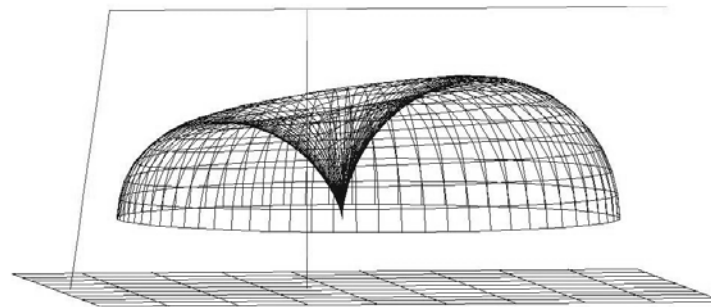
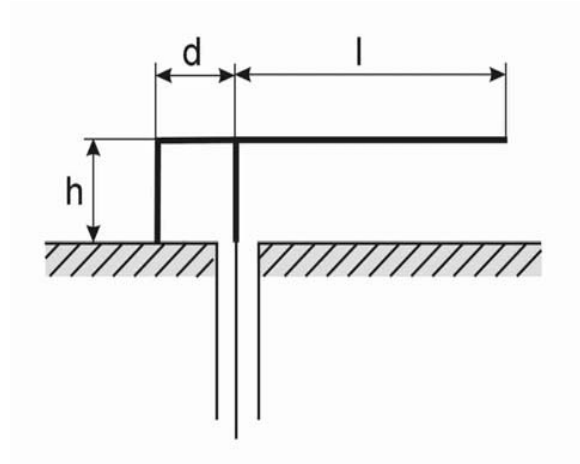
d

Unipol

- Antena typu F

$$h + l \approx \frac{\lambda}{4};$$

$$d \ll \lambda$$





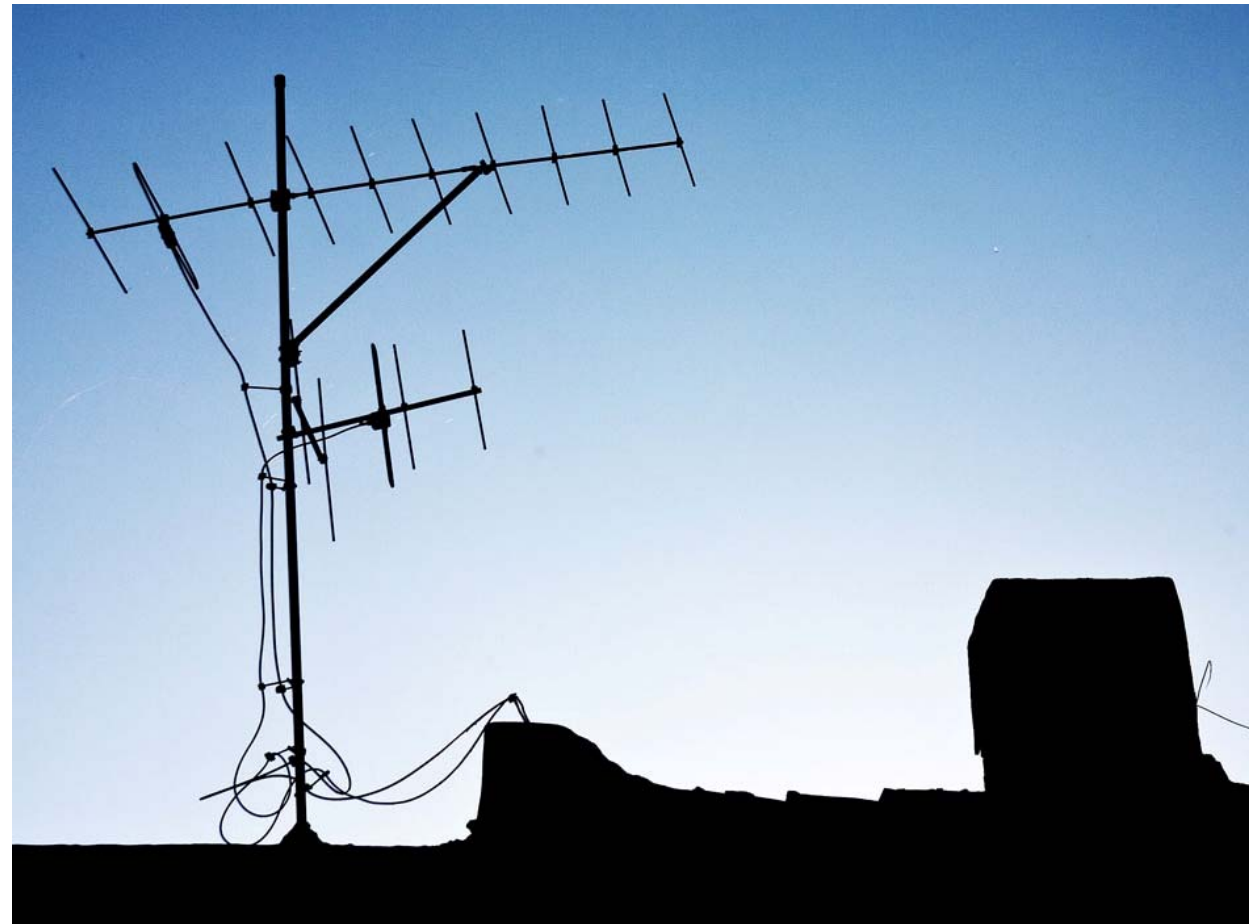
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny kierunkowe



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

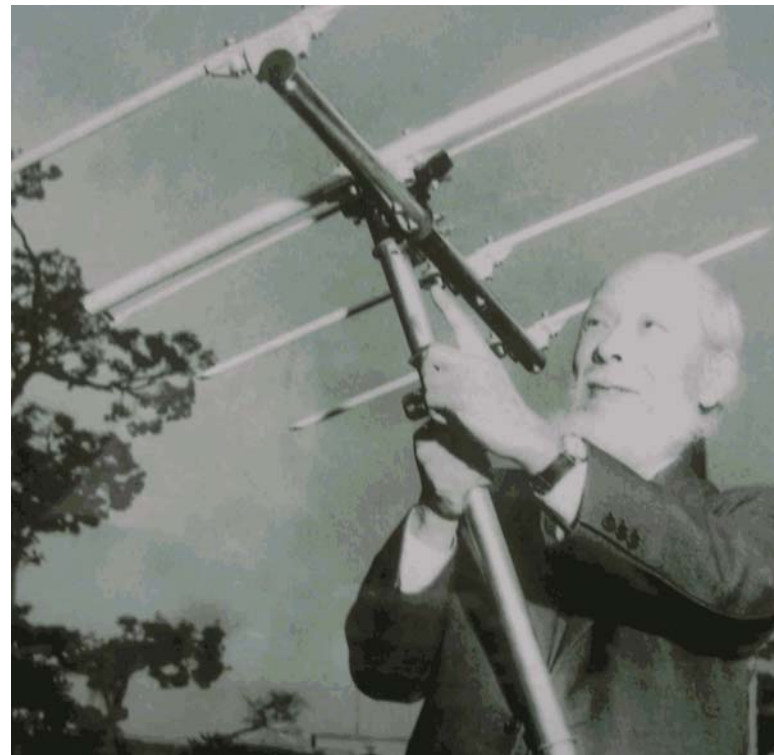
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Antena Yagi - Uda

- 1928r, Japonia
- Shintaro Uda i Hidetsugu Yagi z Tohoku Imperial University

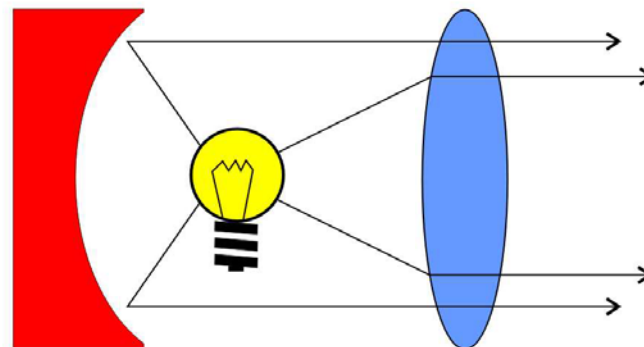
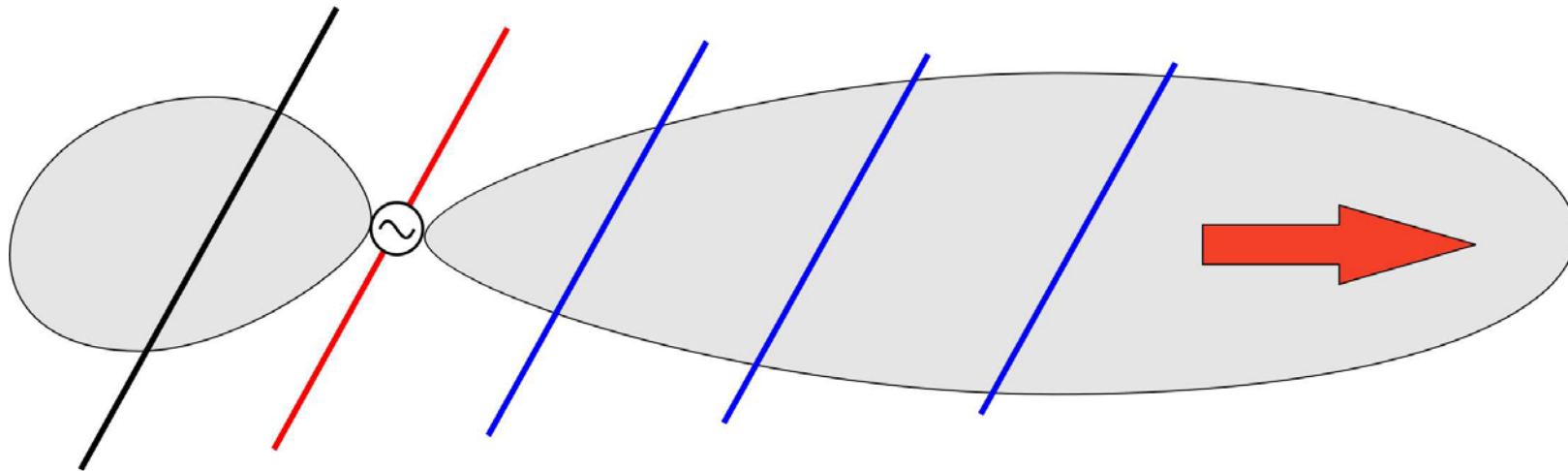


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1

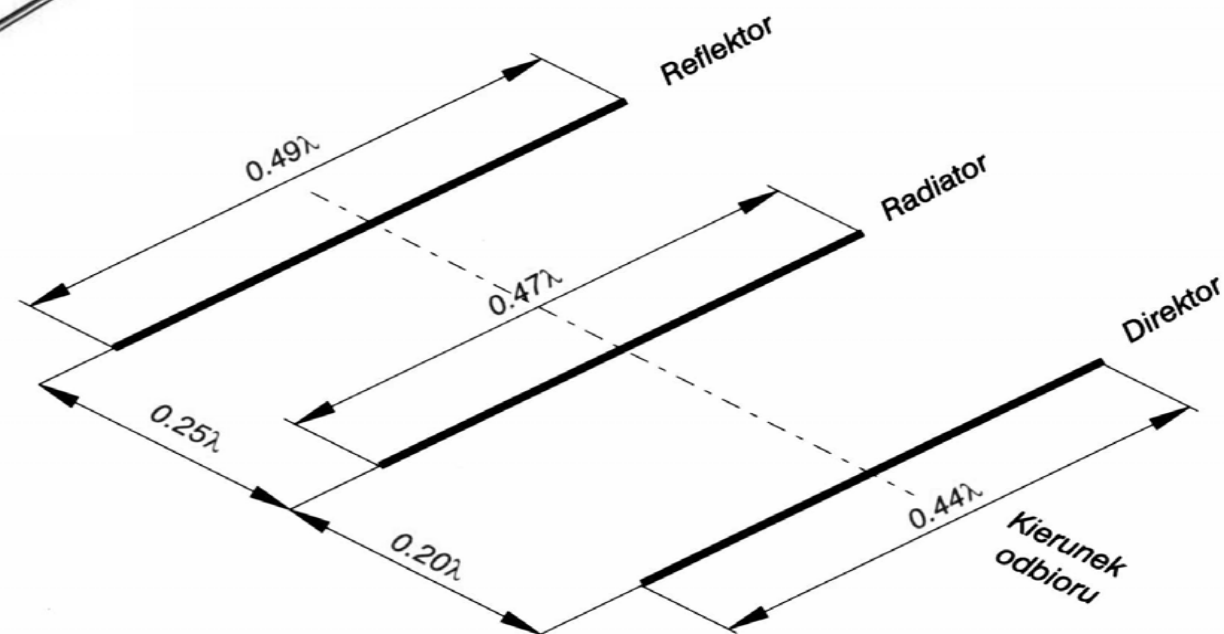


Antena Yagi - Uda



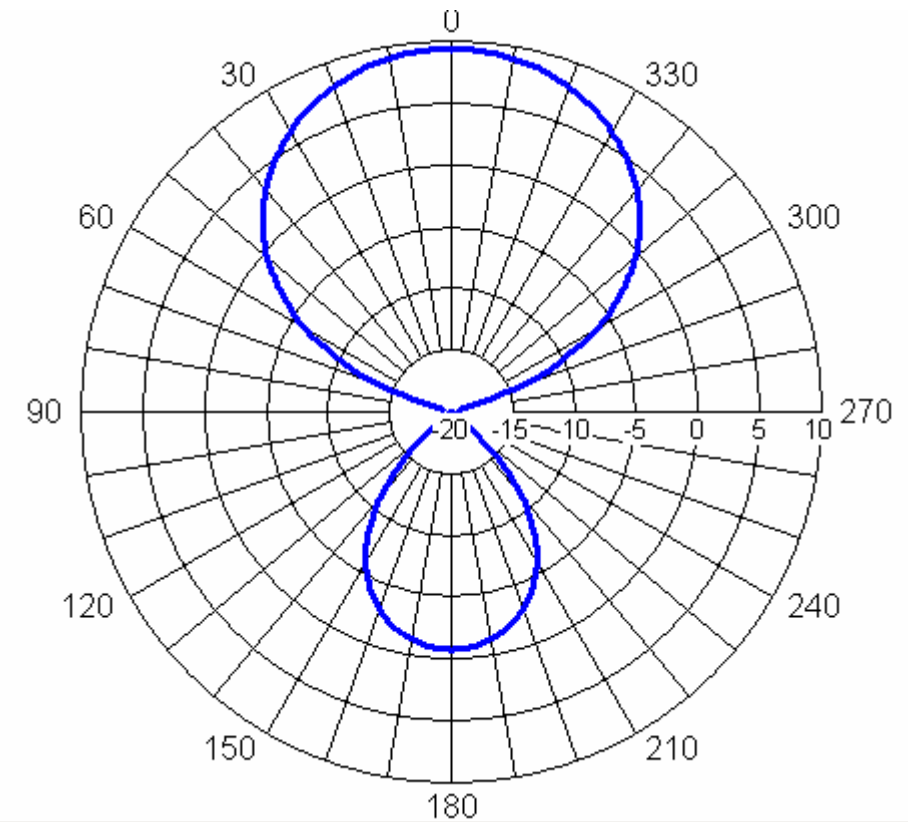
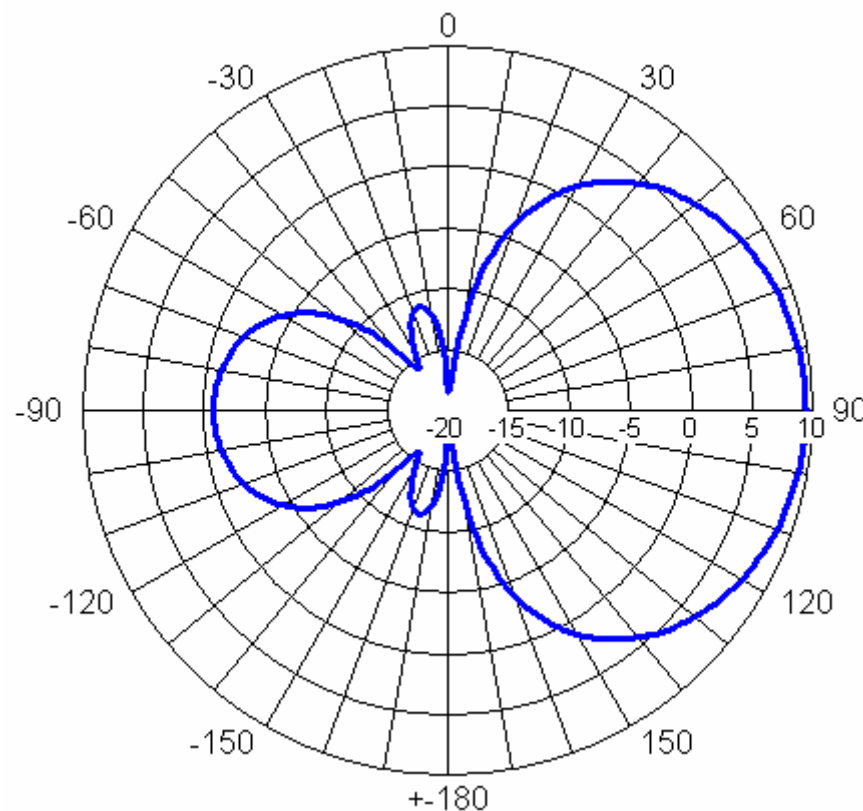


Antena Yagi - Uda





Antena Yagi - Uda





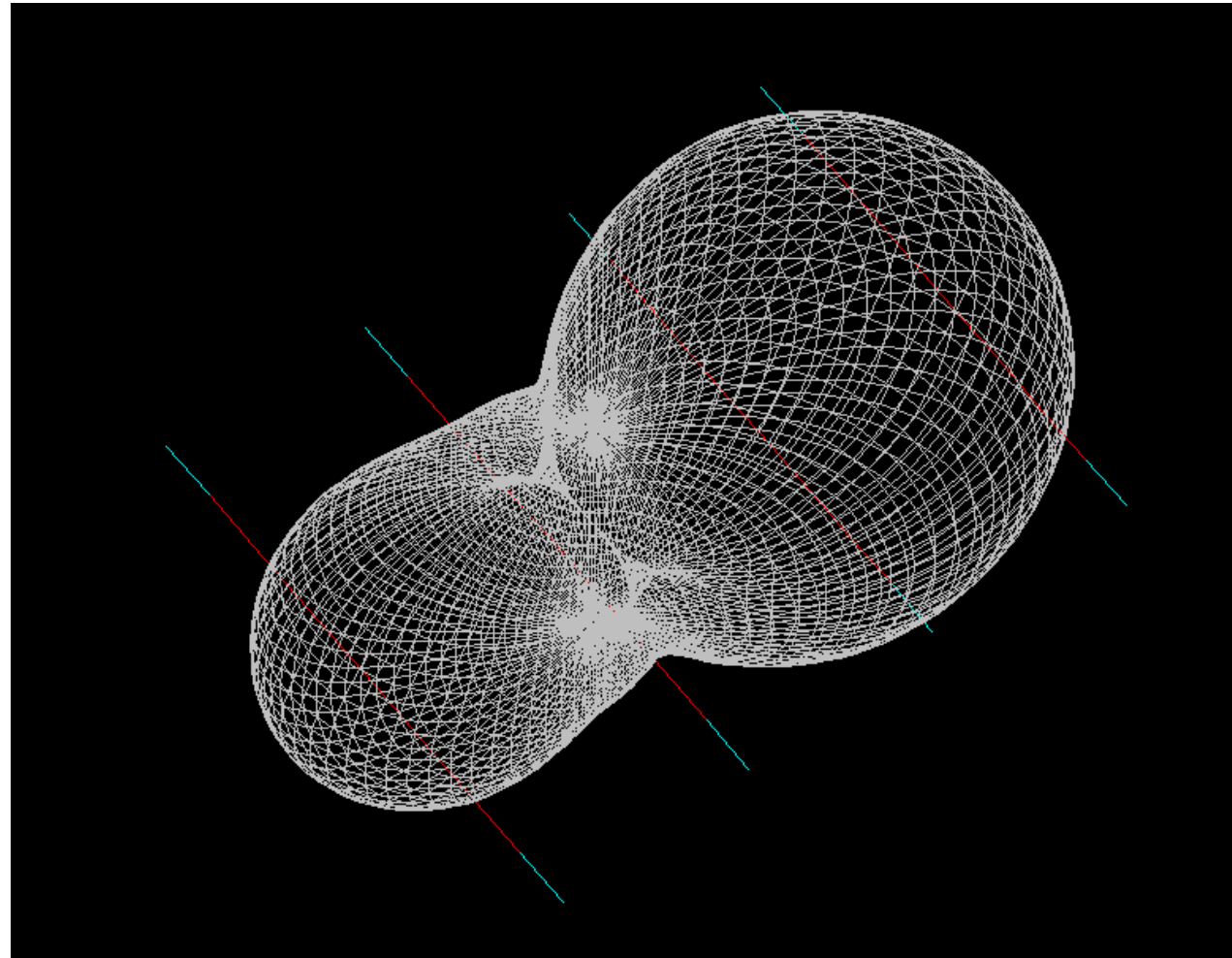
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Antena Yagi - Uda



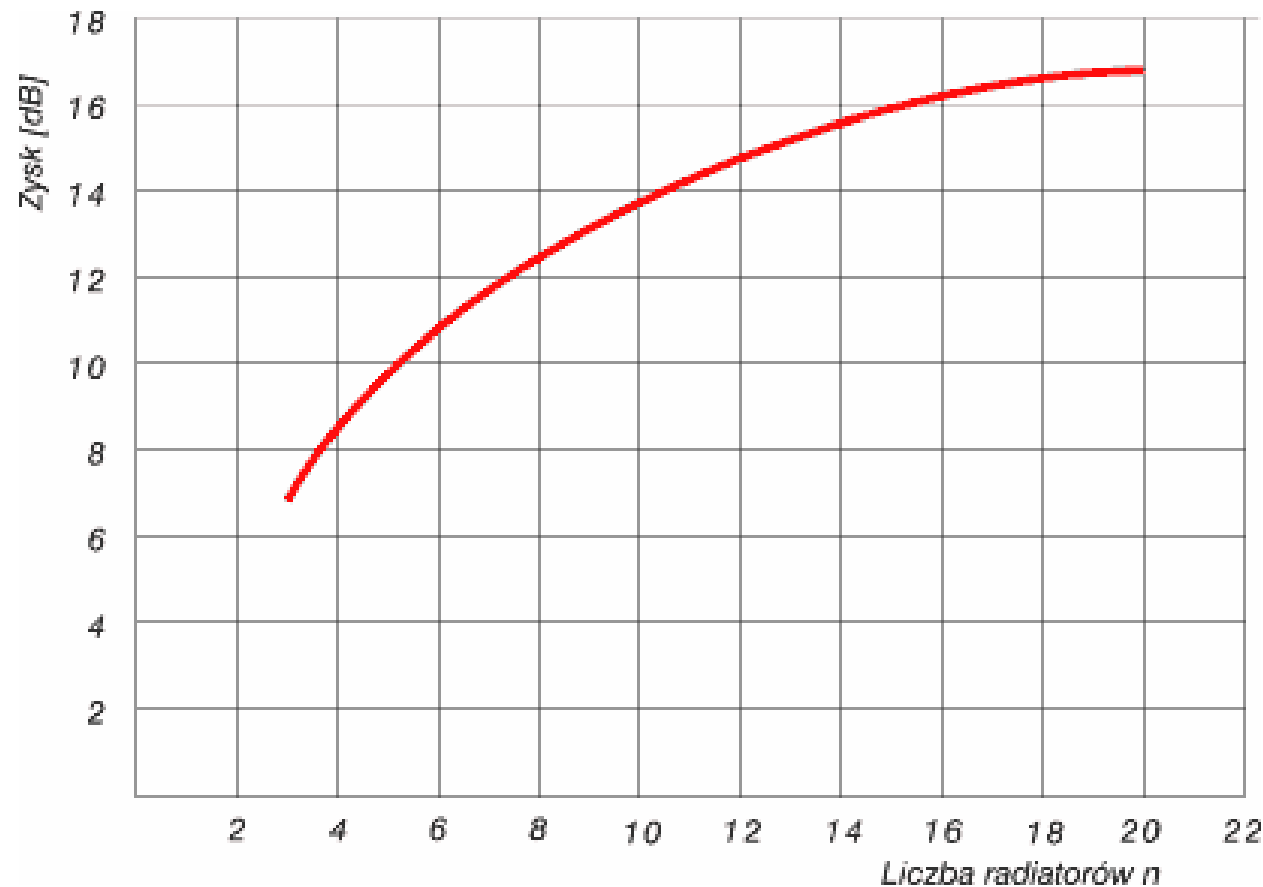
Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



Antena Yagi - Uda

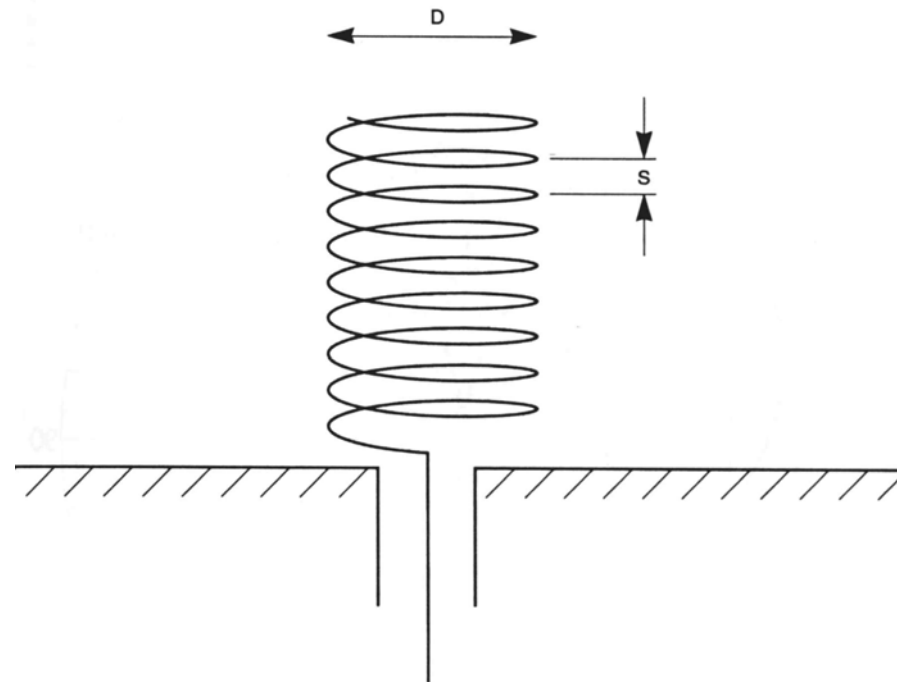
- Wzory projektowe są stabelaryzowane i dostępne w literaturze





Antena helikalna

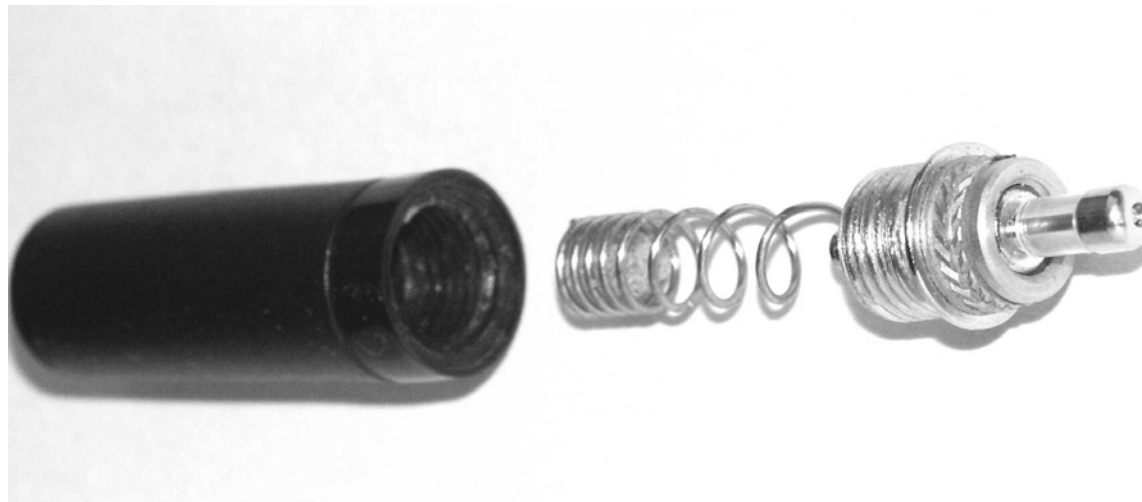
- „mod normalny” - średnica anteny jest mała w porównaniu z długością fali ($D \ll \lambda$)
- kierunek maksymalnego promieniowania jest prostopadły do osi anteny.
- charakterystyka promieniowania jest zbliżona do charakterystyki dipola półfalowego





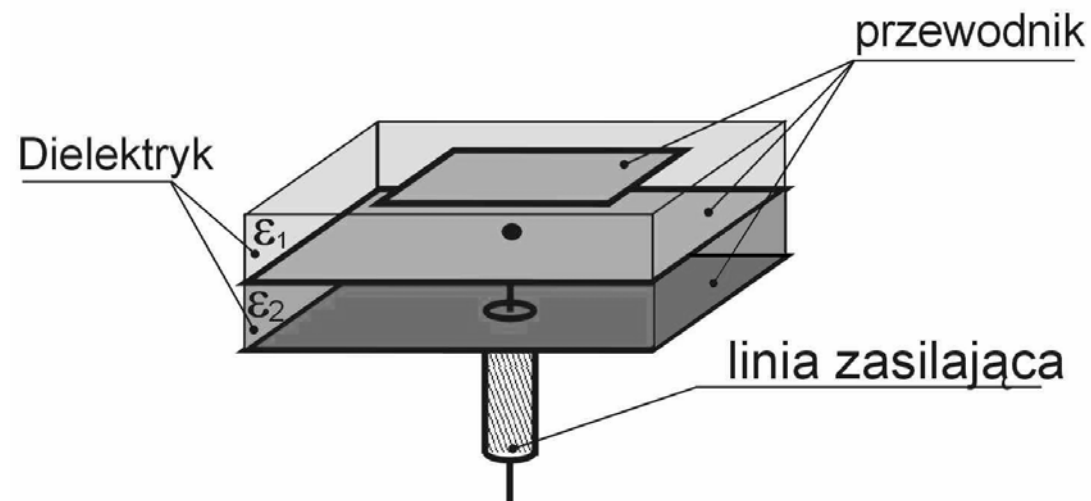
Antena helikalna

- Mod osiowy - obwód jednej pętli jest rzędu λ
- charakterystyka anteny kierunkowa
- kierunek maksymalnego promieniowania pokrywa się z osią symetrii struktury i jest zwrócony przeciwnie do płaszczyzny masy.



Anteny mikropaskowe

- Anteny mikropaskowe to anteny wykonane z cienkowarstwowego przewodnika umieszczonego na podłożu dielektrycznym.
- Są to konstrukcje planarne (wielowarstwowe).

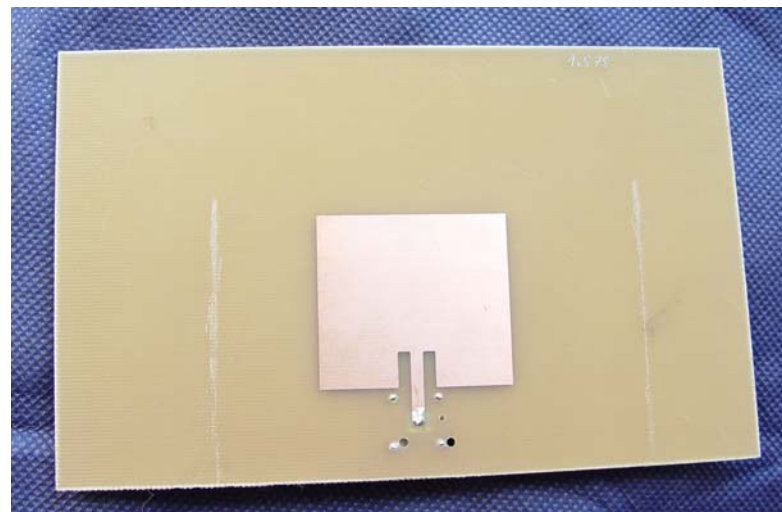




Anteny mikropaskowe

Cechy anten mikropaskowych:

- zwarta, lekka konstrukcja,
- tania technologia w przypadku produkcji masowej,
- prostota integracji anten z układami zasilającymi i urządzeniami elektronicznymi,
- możliwość łatwego konstruowania dużych układów antenowych.



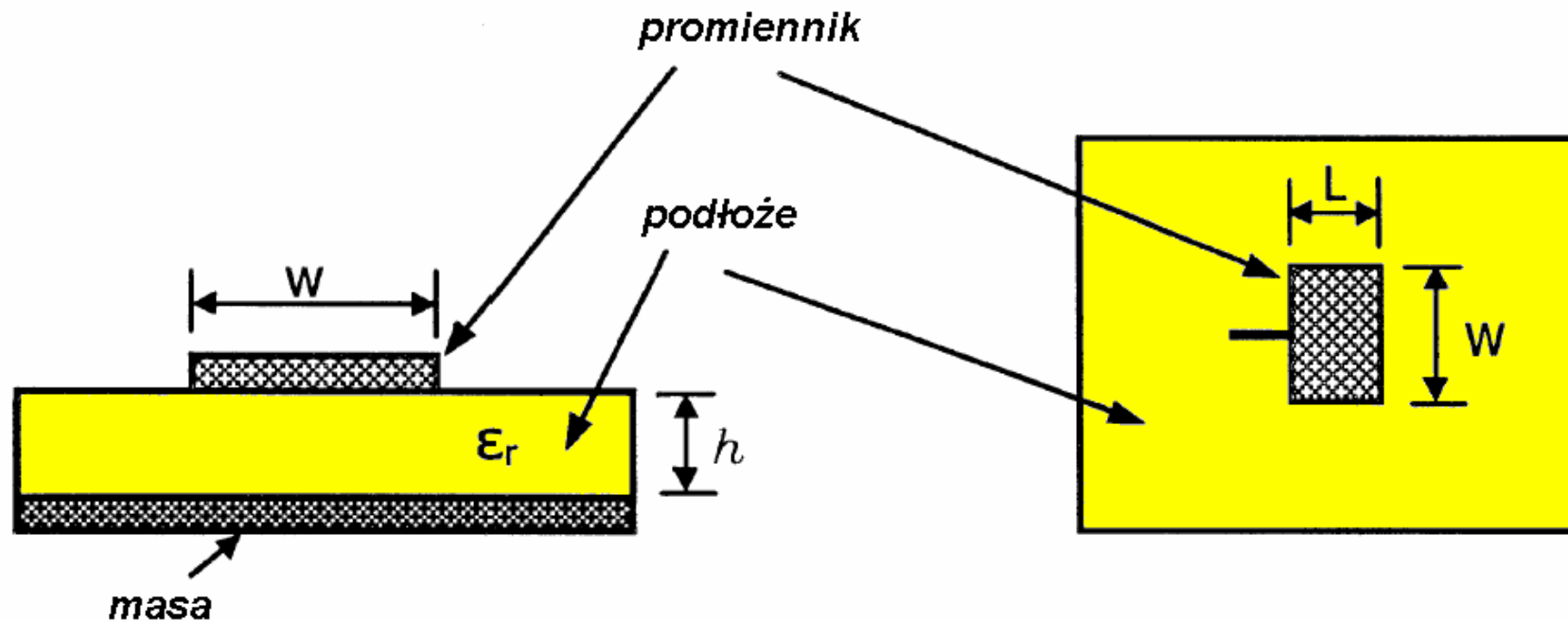
Anteny mikropaskowe

- Anteny mikropaskowe wykonywane są w technologii obwodów drukowanych
- Wady anten mikropaskowych:
 - ograniczone pasmo pracy,
 - mała sprawność energetyczna,
 - duża wartość składowych ortogonalnych polaryzacji,
 - ograniczona moc anteny.



Anteny mikropaskowe

Prostokątna antena mikropaskowa





Anteny mikropaskowe

Przybliżone wzory do projektowania prostokątnej anteny mikropaskowej (dane podłoże - ϵ_r):

$$L = 0.49 \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$Z_{we} = 90 \cdot \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \cdot \left(\frac{L}{W} \right)^2$$



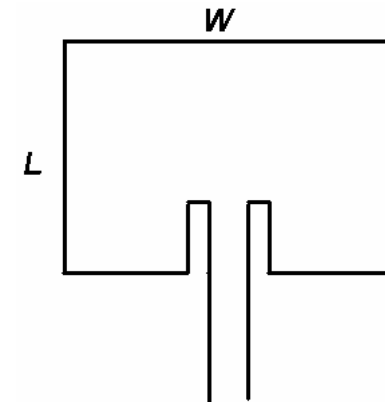


Anteny mikropaskowe

- Wzory projektowe uwzględniające poprawkę na zmianę długości krawędzi anteny:

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2}$$

$$\Delta l = 0.412h \left(\frac{\epsilon_{\text{eff}} + 0.3}{\epsilon_{\text{eff}} - 0.258} \right) \frac{(W/h) + 0.264}{(W/h) + 0.8}$$





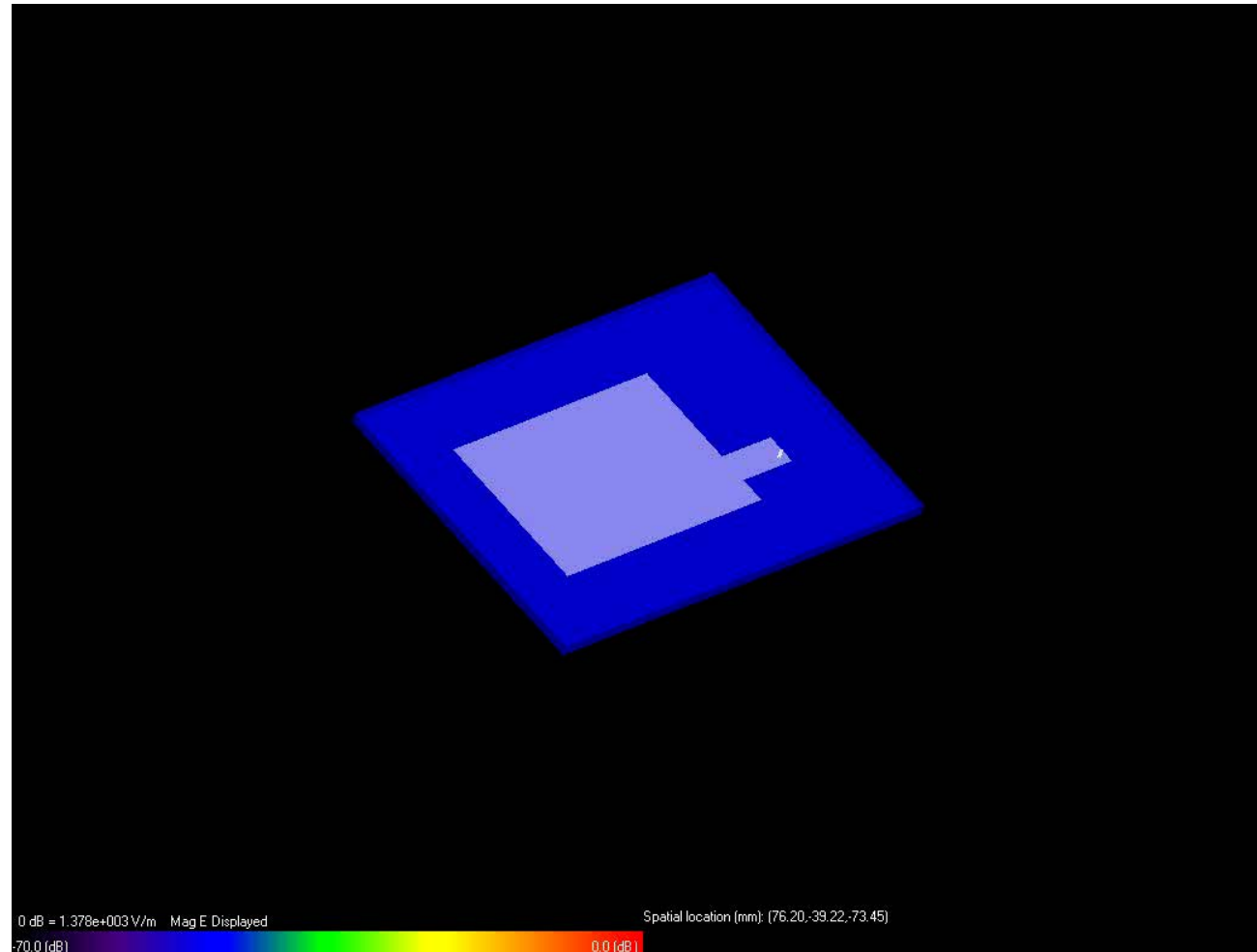
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny mikropaskowe



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



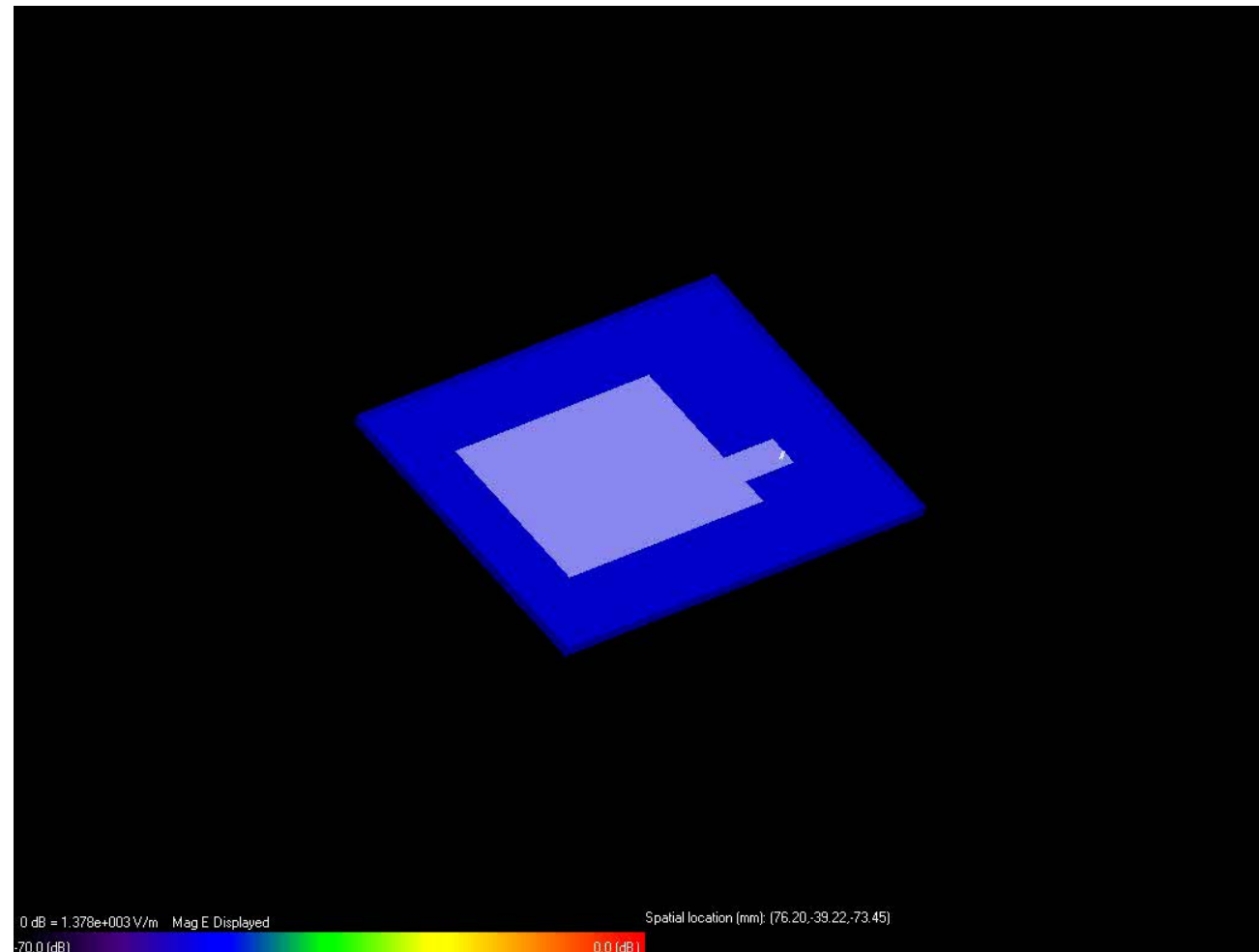
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Anteny mikropaskowe



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



Anteny mikrofalowe

- Anteny pracujące na najwyższych częstotliwościach
- Bardzo krótkie fale emitowane przez antenę – możliwość konstruowania układów wielokrotnie większych niż długość fali
- Podstawowe zastosowania:
 - technika radarowa,
 - łączności satelitarnej i mikrofalowych

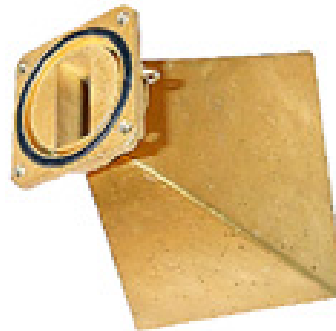




Anteny mikrofalowe

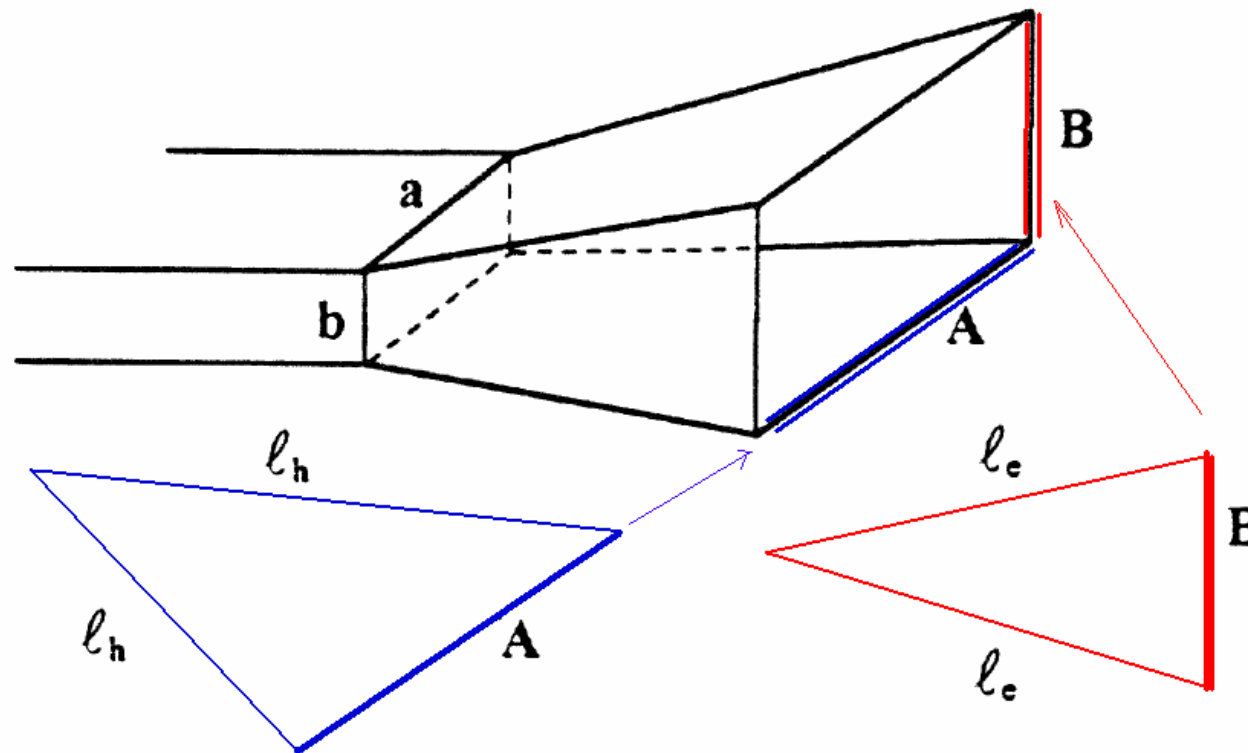
Antena tubowa:

- Antena „sprzęgająca” falowód z otwartą przestrzenią
- Antena tubowa piramidalna – zasilana falowodem prostokątnym, kołowa – falowodem o przekroju kołowym
- Wykorzystywana jako oświetlacz w antenach reflektorowych, antena pomiarowa odniesienia, samodzielnie jako kierunkowa



Antena tubowa

- Geometria dla maksymalnego zysku



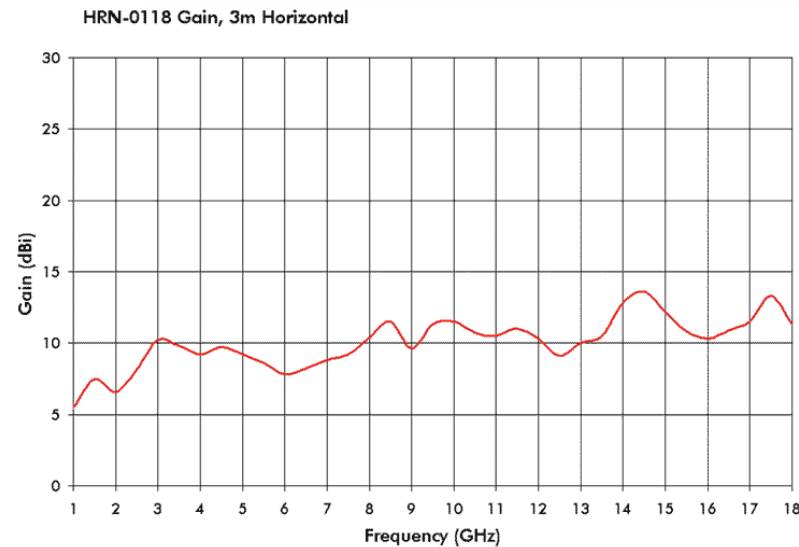
$$A = \sqrt{3\lambda_0 l_h}$$

$$B = \sqrt{2\lambda_0 l_e}$$

Antena tubowa

- Rzeczywisty zysk anten tubowych wykazuje niewielkie odstępstwa od teoretycznego.
- Anteny wykorzystywane są jako anteny pomiarowe

$$G \text{ (dBi)} = 8.1 + 10 \log \frac{AB}{\lambda_0^2}$$





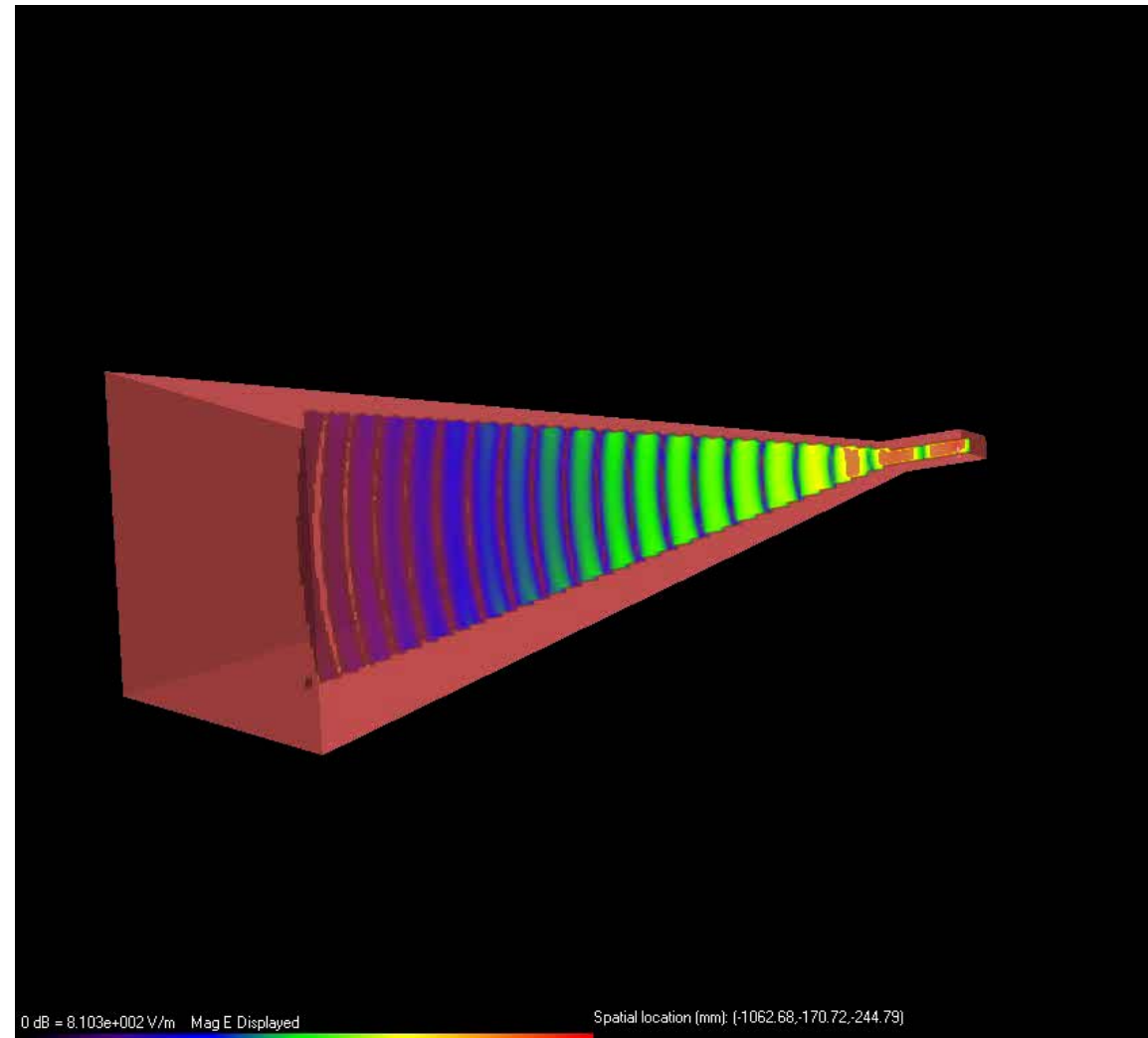
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Antena tubowa



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



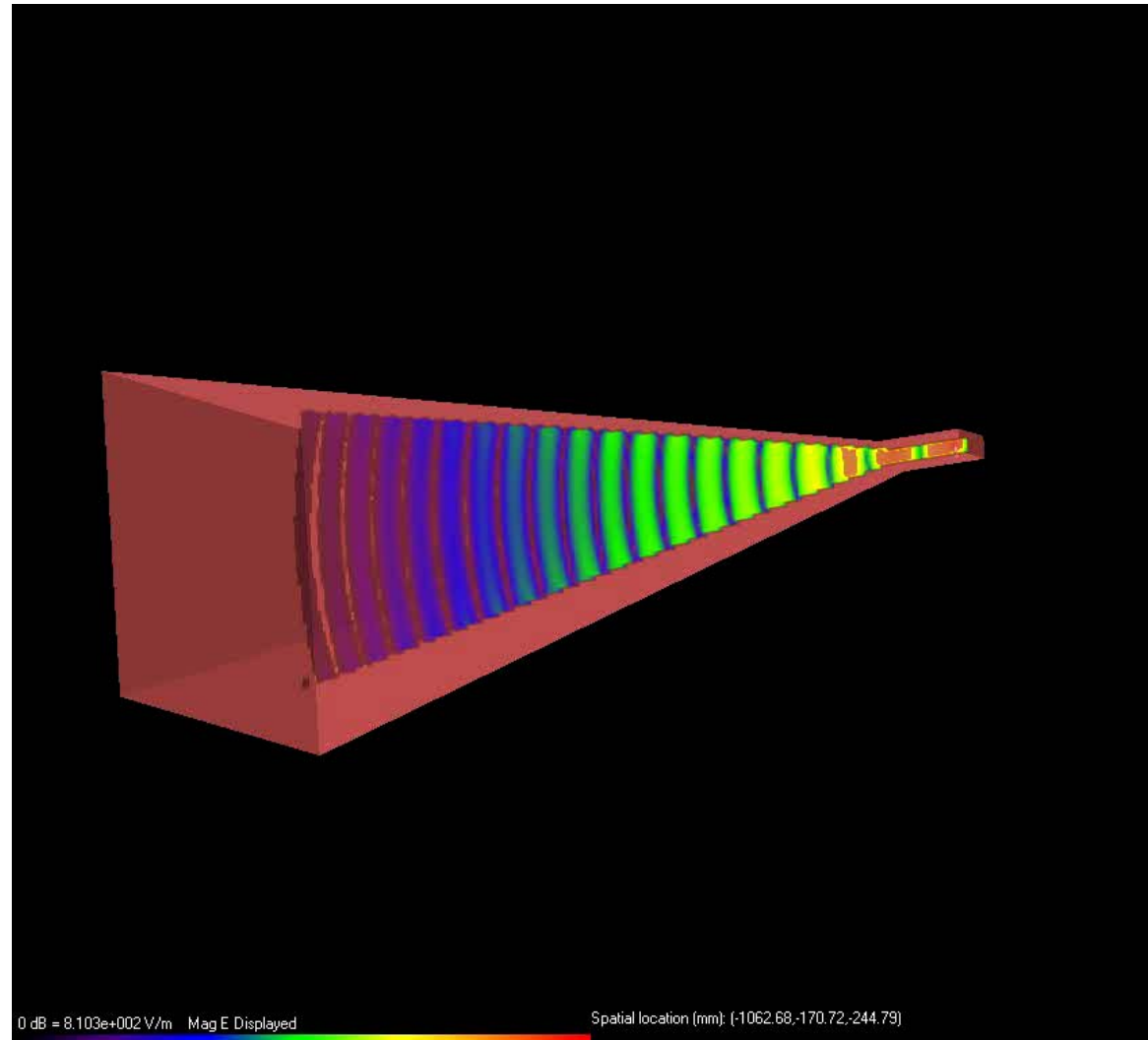
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Antena tubowa



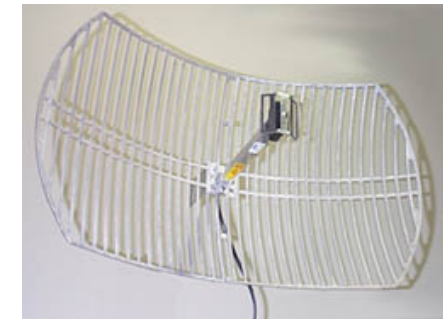
Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



Antena reflektorowa

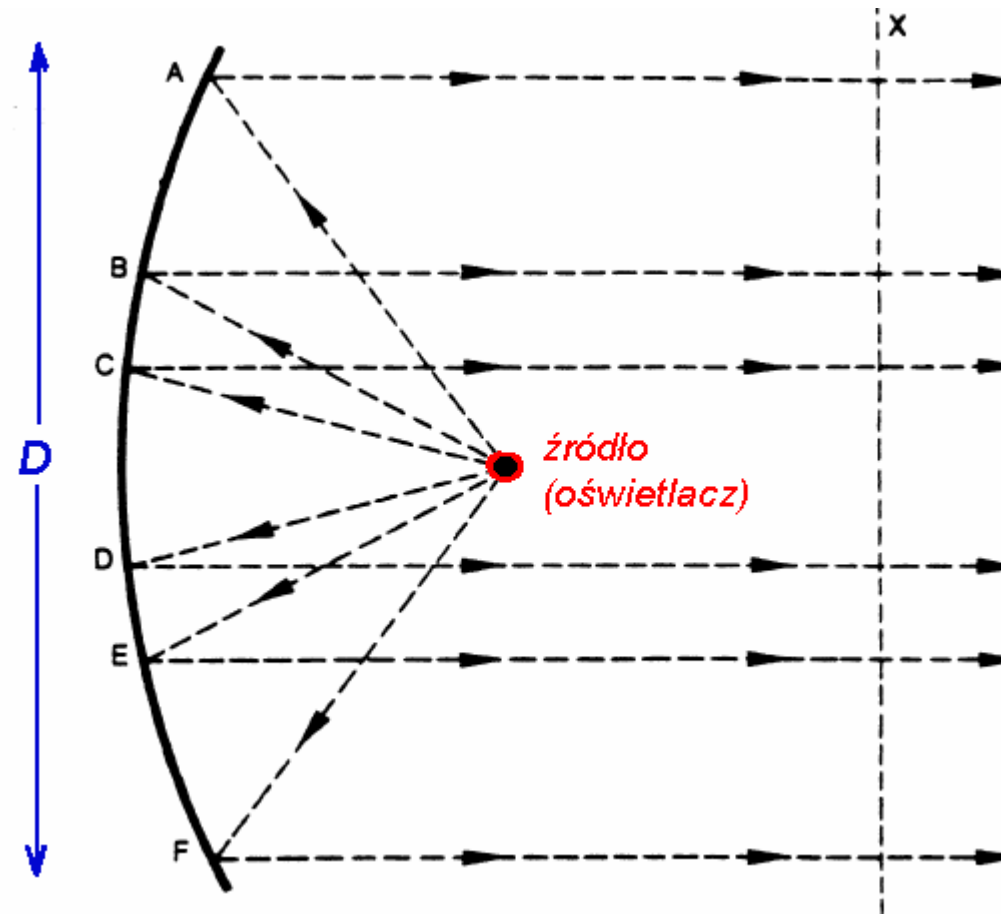
- Najbardziej popularna antena mikrofalowa
- Bardzo duży zysk (15 – 55 -... dBi)
- Najbardziej typowa konfiguracja – reflektor paraboliczny
- Bardziej złożone układy:
 - Cassegraina (Parab.+ Hyp-)
 - Gregoryego (Parab.+ Elipt.+)
 - Tubowo -paraboliczne



Antena reflektorowa

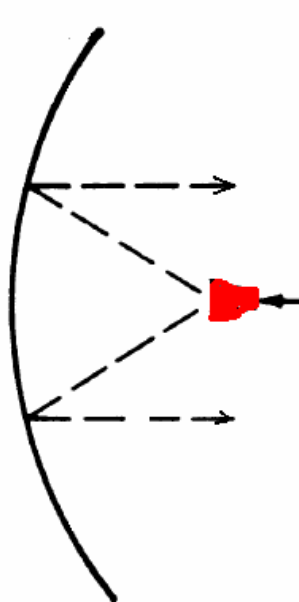
- Reflektor paraboliczny

$$G = 0.55 \left(\frac{\pi D}{\lambda_0} \right)^2$$

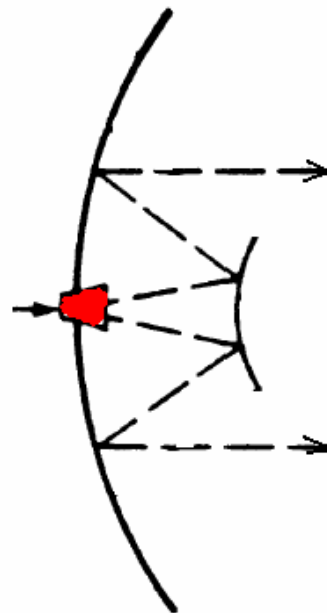




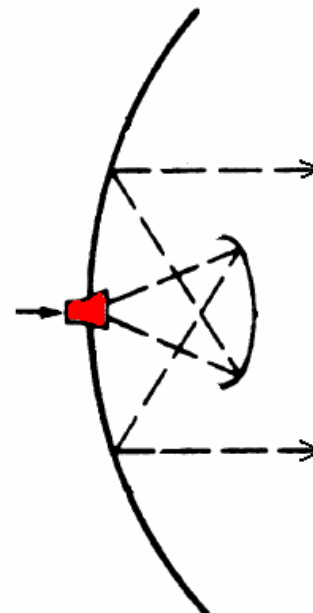
Antena reflektorowa



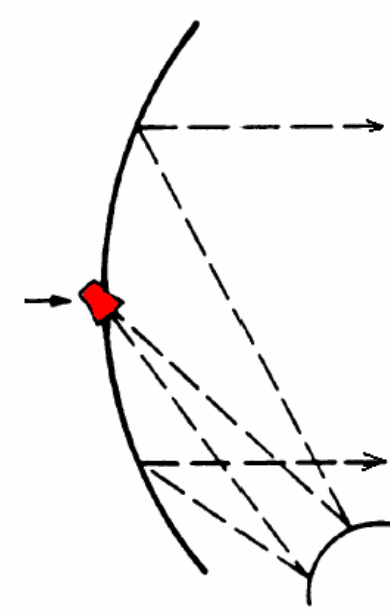
paraboliczna



Cassegraina



Gregoryego



offset





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Antena reflektorowa



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Antena reflektorowa



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Co należy zapamiętać

- Jakie są różnice pomiędzy antenami stacji bazowych i terminali przenośnych
- Jak zbudowany jest dipol, jakie ma parametry
- Budowa i parametry unipola
- Czym charakteryzuje się antena Yagi
- Właściwości anten mikropaskowych
- Rodzaje anten reflektorowych



Łukasz Januszkiewicz

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”

Dziękuję za uwagę



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl