

Łukasz Januszkiewicz

**Wybrane zagadnienia  
techniki antenowej  
i mikrofalowej:  
cz.5 antenowa i mikrofalowa  
technika pomiarowa**

---

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](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Treści

- Parametry opisujące elementy mikrofalowe - S
- Pomiary elementów macierzy S
- Pomiary charakterystyk promieniowania anten



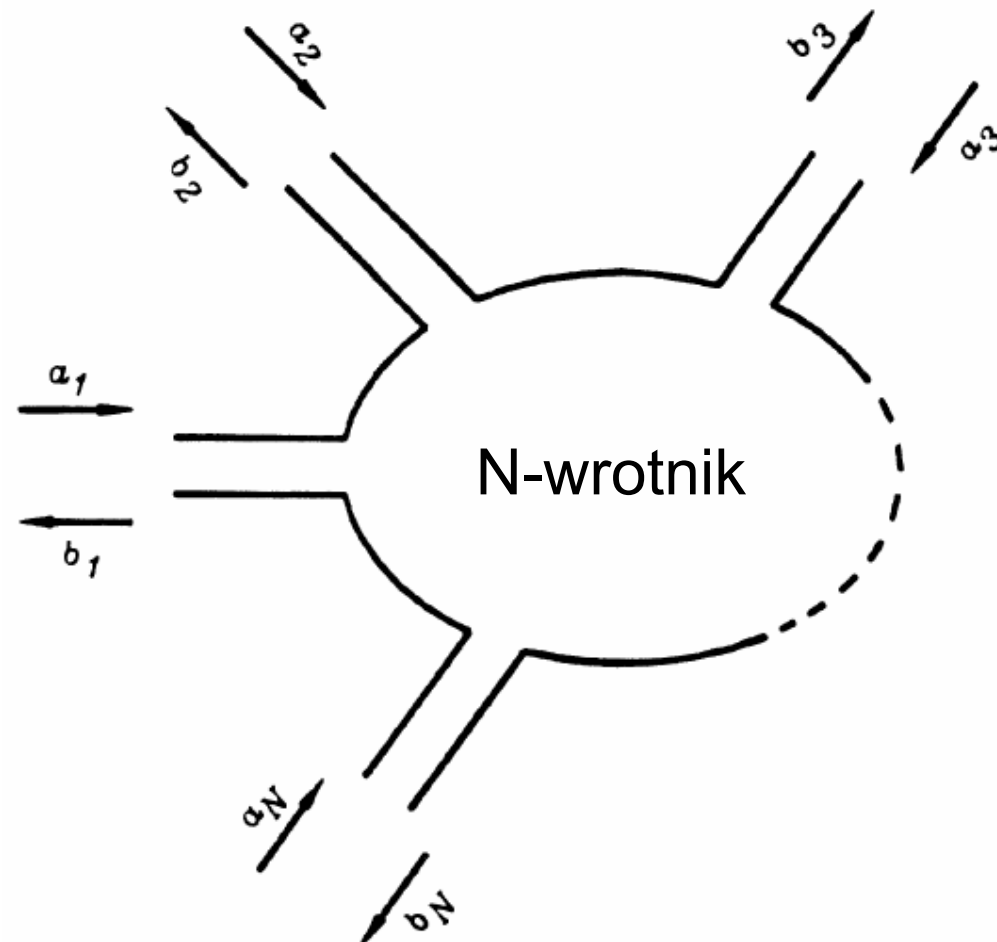
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 5*



## Macierz S

- Macierz rozproszenia opisuje dowolny N-wrotnik





## Macierz S

Macierz rozproszenia dana jest poniższymi równaniami:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \dots & S_{1N} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \dots & S_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ S_{N1} & S_{N2} & S_{N3} & \dots & S_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix}$$

Lub w wersji kompaktowej:

$$[b] = [S][a]$$





## Macierz S

- $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  – napięcia sygnałów wpływających (fal padających)
- $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  – napięcia sygnałów opuszczających wrotnik (fal odbitych)
- Elementy macierzy S to parametry zespolone wiążące ze sobą sygnały wpływające z wpływającymi (falę odbitą z padającą)

Własności:

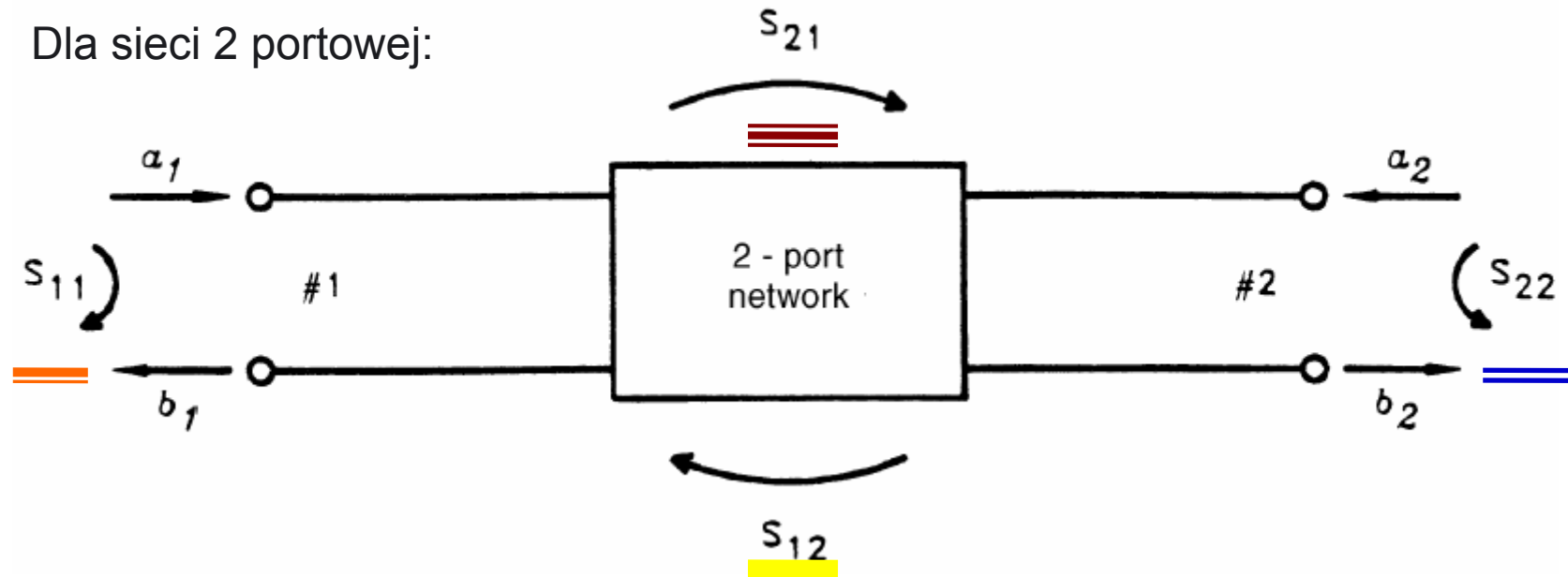
- Dla dopasowanego portu „i”:  $s_{ii} = 0$
- Dla sieci odwracalnej (obustronnej)  $s_{wz} = s_{zw}$
- Dla układów pasywnych  $|s_{wz}| \leq 1$
- Dla układów bezstratnych i odwracalnych:

$$\sum_{n=1}^N |S_{ni}|^2 = \sum_{n=1}^N S_{ni} S_{ni}^* = 1$$



## Macierz S

Dla sieci 2 portowej:



$$b_1 = \underline{S_{11}}a_1 + \underline{S_{12}}a_2$$

$$b_2 = \underline{S_{21}}a_1 + \underline{S_{22}}a_2$$



## Macierz S

- $\Gamma_1$  współczynnik odbicia na wrotach 1 przy  $a_2 = 0$

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \Big|_{a_2=0}$$

- $T_{21}$  współczynnik transmisji (transmitancja) z portu 1 do 2 przy  $a_2 = 0$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \Big|_{a_2=0}$$





## Macierz S

- $\Gamma_2$  współczynnik odbicia na wrotach 2 przy  $a_1 = 0$

$$S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0}$$

- $T_{12}$  współczynnik transmisji (transmitancja) z portu 2 do 1 przy  $a_1 = 0$

$$S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0}$$







## Macierz S

- Return Loss [dB]:

$$RL = 20 \log \left| \frac{a_1}{b_1} \right| = 20 \log \left| \frac{1}{S_{11}} \right|$$

- Tłumienie (Insertion loss) [dB]:

$$IL = \alpha = 20 \log \left| \frac{a_1}{b_2} \right| = 20 \log \left| \frac{1}{S_{21}} \right|$$

- Przesunięcie fazowe obwodu

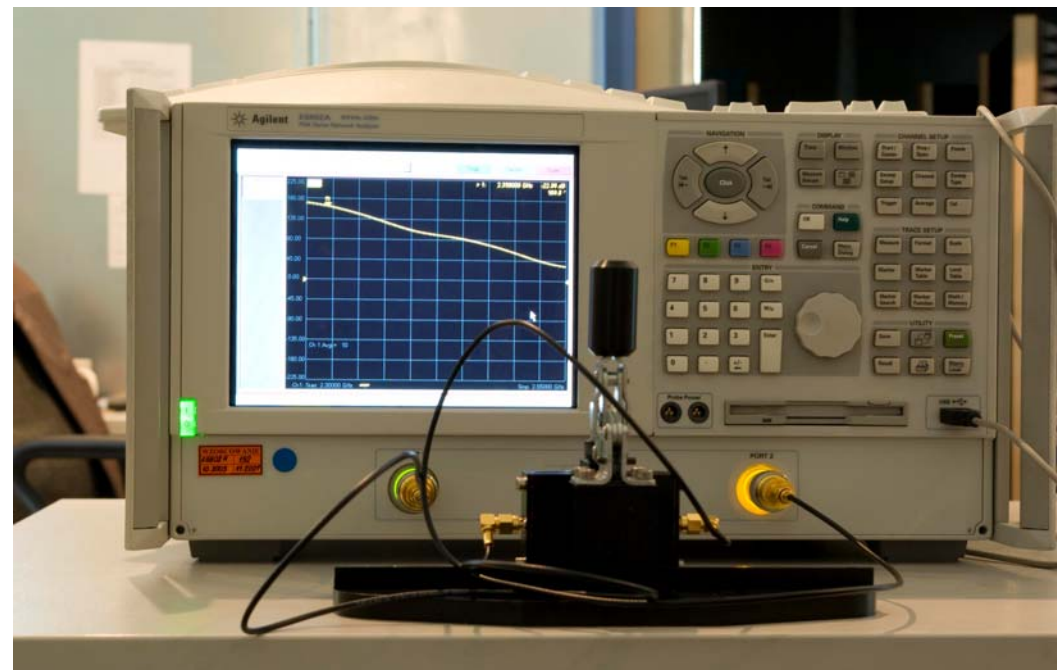
$$\arg(S_{21})$$





## Pomiary parametrów anten

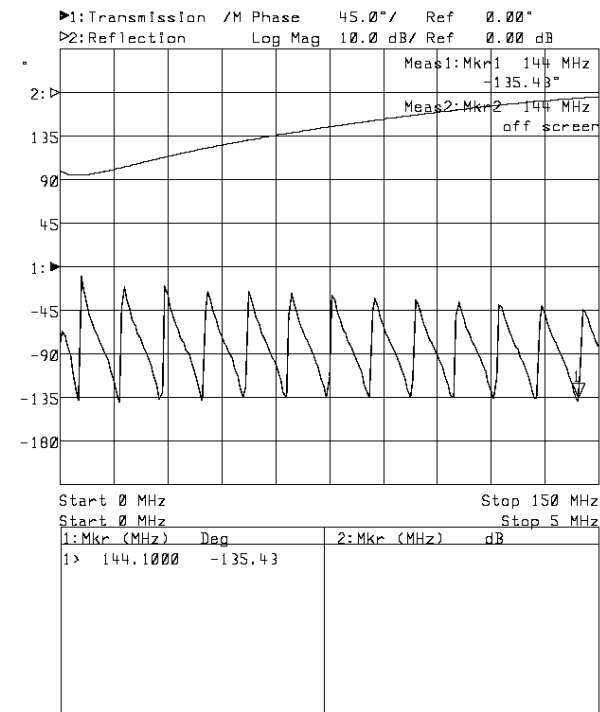
- Pomiary parametrów macierzy S przeprowadza się za pomocą wektorowego analizatora obwodów





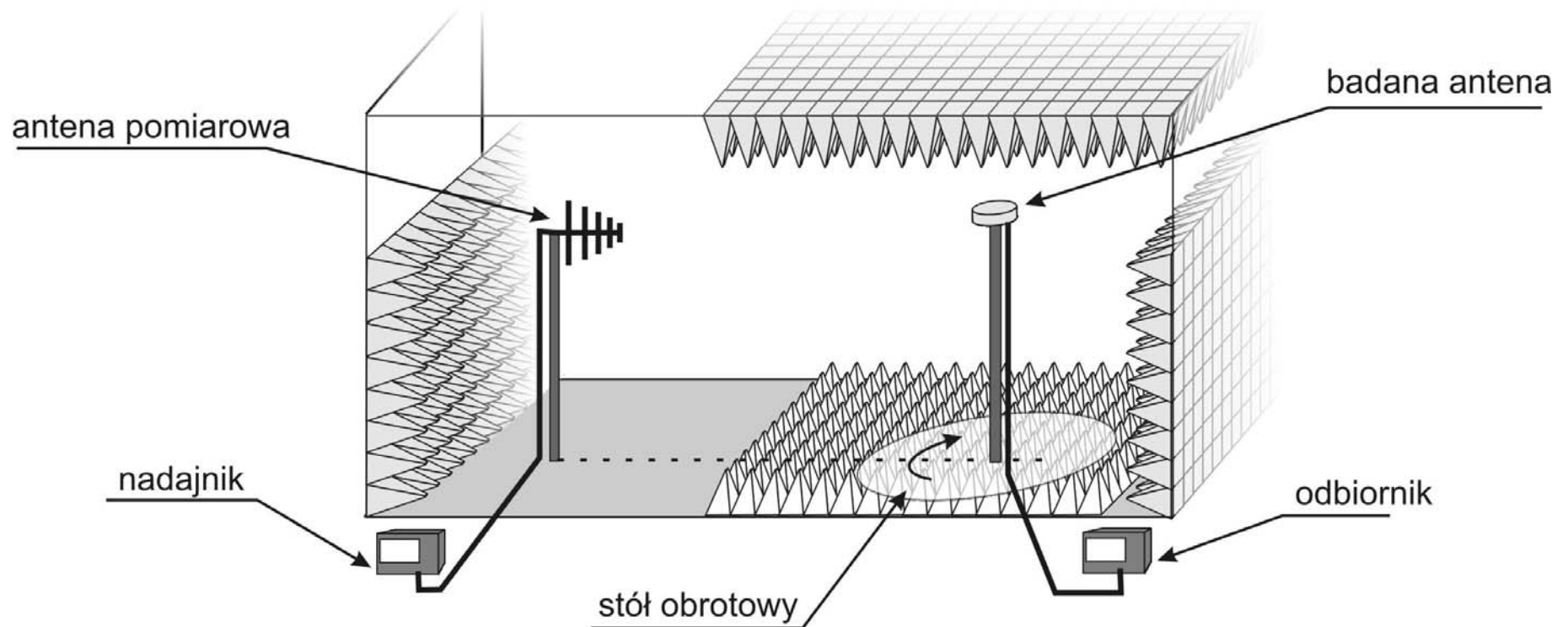
## Pomiary parametrów anten

- Wektorowy analizator obwodów umożliwia pomiar amplitudy i fazy sygnału przechodzącego przez badany układ oraz odbitego od wejścia i wyjścia



## Pomiary parametrów anten

- Pomiary charakterystyki promieniowania w komorze bezodbiciowej





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

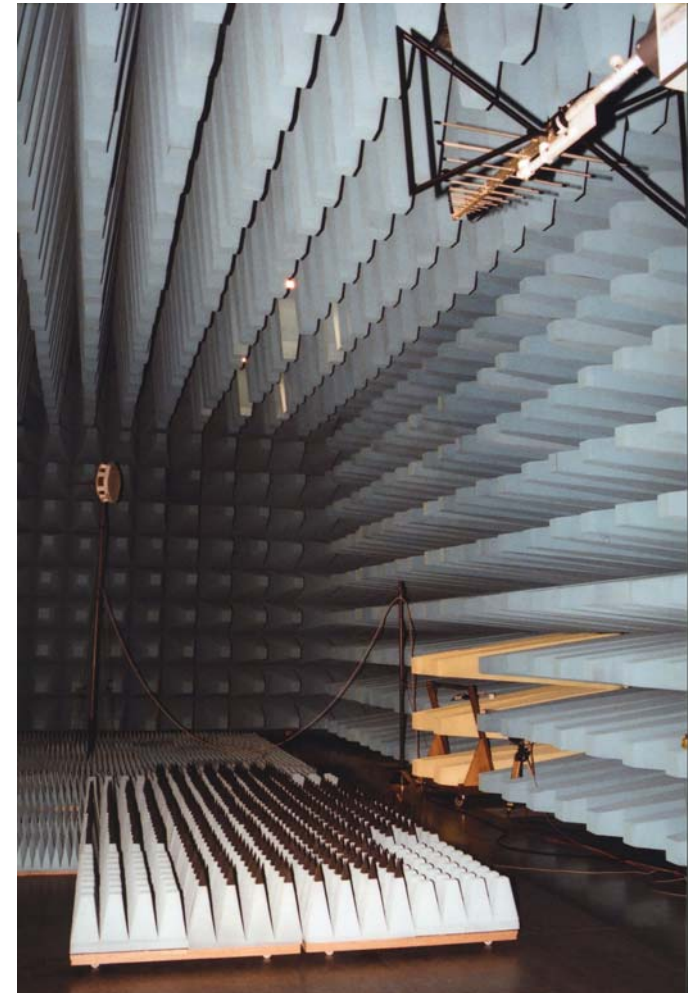
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Pomiary parametrów anten

Komora  
bezodbiciowa



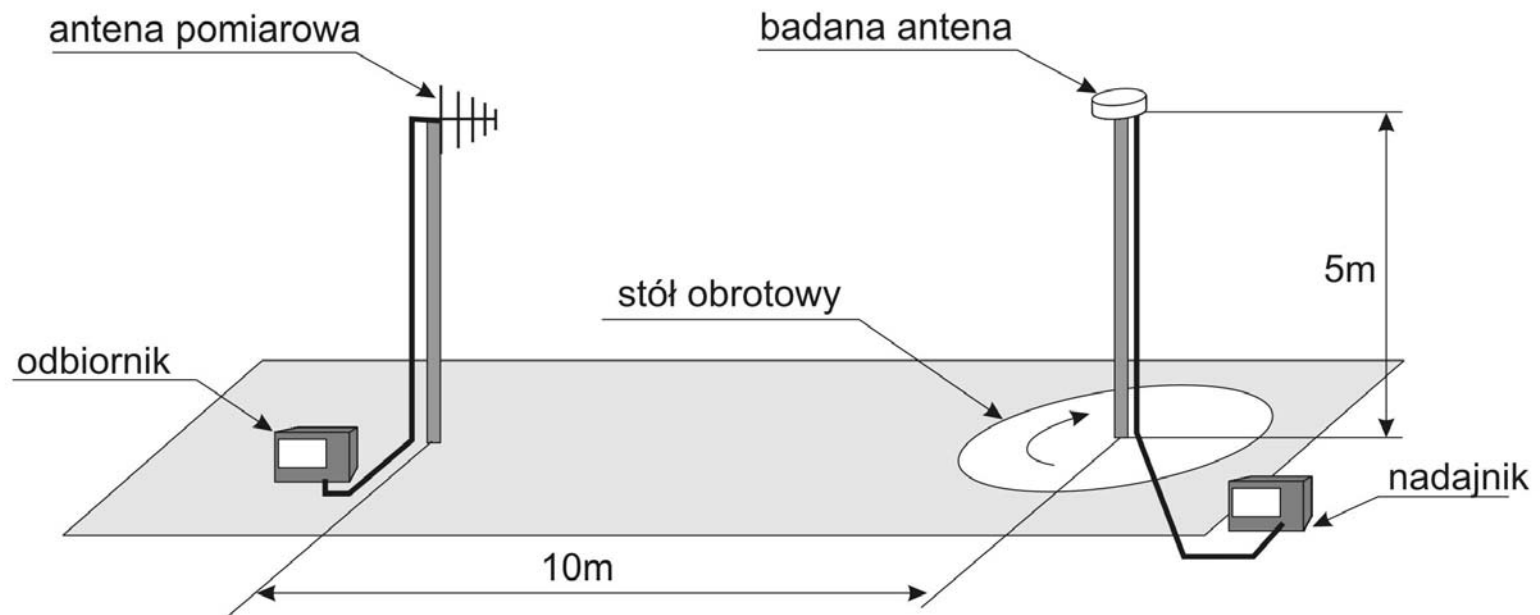
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 5*



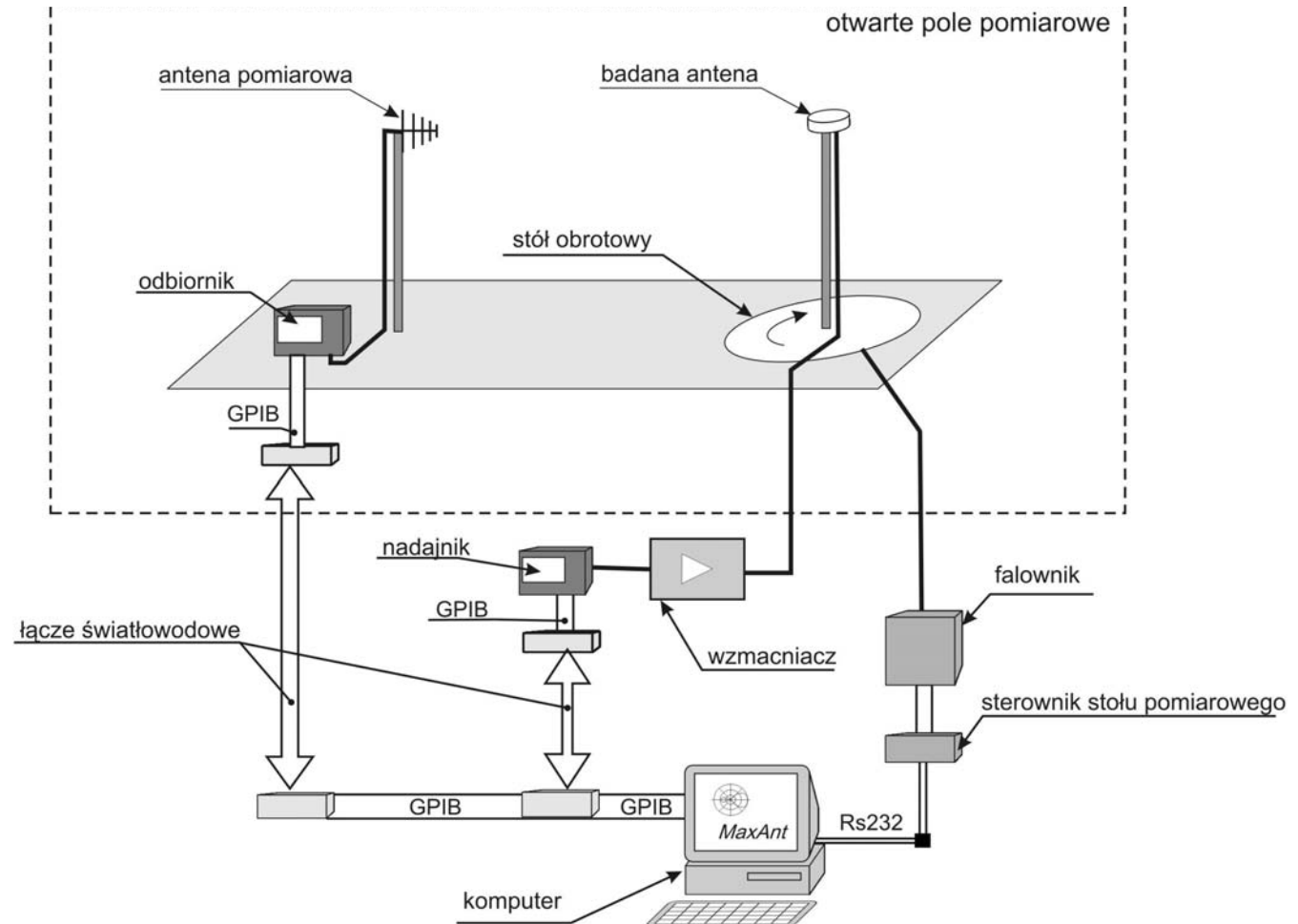
## Pomiary parametrów anten

Pomiary charakterystyki promieniowania anten na otwartym polu pomiarowym



# Pomiary parametrów anten

## Konfiguracja pomiarowa





## Pomiary parametrów anten

- Odbiornik pomiarowy podłączony do anteny pomiarowej umieszczonej na maszcie







KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Pomiary parametrów anten



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 5*



## Pomiary parametrów anten

Stanowisko do badania oddziaływania  
Nadajnika na ciało człowieka





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Co należy zapamiętać

- Co opisuje macierz rozproszenia
- Jaki jest sens parametru  $S_{11}$
- Jak przeprowadza się pomiary charakterystyki promieniowania anten



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 5*

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](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)