

Optica ondulatoria con microonde

DIMOSTRAZIONE E ANALISI DI INTERFERENZA, DIFFRAZIONE E POLARIZZAZIONE DELLE MICROONDE

- Misurazione punto per punto dell'intensità nella diffrazione di microonde da doppia fenditura
- Determinazione dei massimi per diversi ordini di diffrazione
- Determinazione della lunghezza d'onda conoscendo la distanza tra fenditure
- Analisi e variazione della polarizzazione delle microonde irradiate

UE3060300

03/18 UD



Fig. 1: Disposizione per la misurazione nella diffrazione delle microonde da doppia fenditura

BASI GENERALI

L'ottica ondulatoria considera la luce come onda trasversale ed elettromagnetica e ne spiega così l'interferenza, la diffrazione e la polarizzazione. Anche le microonde sono onde elettromagnetiche e presentano gli stessi fenomeni. La loro lunghezza d'onda è tuttavia notevolmente maggiore di quella della luce visibile. Pertanto per esperimenti di ottica ondulatoria con microonde è possibile utilizzare oggetti di diffrazione e griglie di polarizzazione, la cui struttura interna è riconoscibile a occhio nudo.

Nell'esperimento, viene analizzata la diffrazione di microonde della lunghezza d'onda λ su una doppia fenditura, con una distanza tra le fenditure d di diversi centimetri. Si ottiene la distribuzione dell'intensità tipica della diffrazione da doppia fenditura (vedere la Fig. 5) con massimi al di sotto degli angoli α_m , che soddisfano la condizione

$$(1) \quad \sin \alpha_m = m \cdot \frac{\lambda}{d}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

L'intensità massima viene misurata esattamente quando il ricevitore si trova dietro il ponte centrale e non può venire irradiato direttamente dal trasmettitore. Questo fenomeno può essere spiegato mediante l'interferenza delle onde separate dalle due fenditure e costituisce una prova significativa della natura ondulatoria delle microonde.

Ruotando il ricevitore nella direzione del fascio, si dimostra la polarizzazione lineare delle microonde irradiate. Allineando in maniera incrociata trasmettitore e ricevitore, l'intensità misurata diminuisce fino a zero. Se nel percorso dei raggi si inserisce a meno di 45° una griglia di polarizzazione, il ricevitore riceve nuovamente un'onda, anche se di ampiezza inferiore. La griglia fa passare la componente del vettore E della microonda in arrivo, che oscilla parallelamente alla griglia di polarizzazione. Da qui a sua volta viene misurata la componente che oscilla parallelamente al ricevitore.

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Set microonde 9,4 GHz @230V	1009951 (U8493600-230)
oppure		
1	Set microonde 10,5 GHz @115V	1009950 (U8493600-115)
1	Multimetro analogico Escola 30	1013526 (U8557330)
1	Paio di cavi di sicurezza per esperimenti 75 cm, rosso/blu	1017718 (U13816)

MONTAGGIO

- Inserire la guida corta nella guida lunga (Fig. 2).
- Portare il sistema delle guide in posizione 0° (Fig. 3).
- Regolare il supporto della piastra sul quadrante, come mostrato in Fig. 3 e fissare con la vite senza testa.
- Impostare il trasmettitore a 170 mm sulla guida corta; impostare il ricevitore a 400 mm sulla guida lunga. Posizionare il trasmettitore e il ricevitore in modo che siano paralleli in orizzontale.
- Collegare il trasmettitore al jack "Sender" e il ricevitore al jack "Receiver" dell'apparecchio.
- Collegare il multimetro analogico al jack da 4 mm "Voltmeter" e selezionare 3 V di tensione continua come range di misurazione.

Il multimetro analogico indica il segnale amplificato del ricevitore come tensione continua proporzionale (se la modulazione è disattivata).

- Disattivare l'altoparlante e impostare il „Modulator“ su „0“.
- Collegare l'apparecchio alla rete elettrica utilizzando l'alimentatore a spina in dotazione: sarà subito pronto per l'utilizzo.
- Per amplificare il segnale del ricevitore, agire sul regolatore „Amplification“ fino a che il multimetro analogico indicherà il valore massimo pari a 3 V.

ESECUZIONE

Diffrazione su doppia fenditura

- Spostare il trasmettitore in posizione 250 mm. Posizionare il trasmettitore e il ricevitore in posizione parallela in verticale.
- Bloccare la piastra con la doppia fenditura a metà della fessura del supporto della piastra, utilizzando la vite di fissaggio.

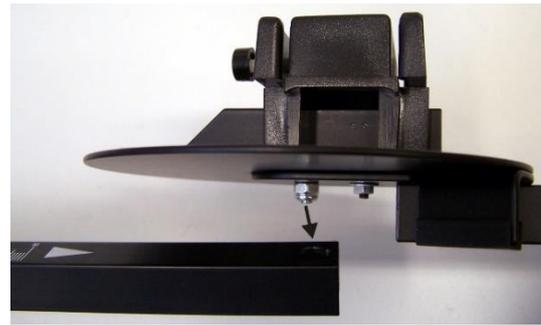


Fig. 2: Inserimento della guida corta nella guida lunga

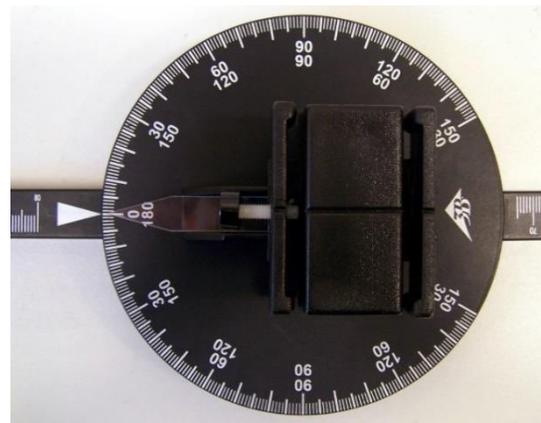


Fig. 3: Posizione 0° del sistema delle guide

Nota

Fra il trasmettitore e la piastra con doppia fenditura si formano delle onde stazionarie.

- Piegarlo leggermente a destra o sinistra, per consentire al multimetro analogico di visualizzare un valore massimo.
- Adeguare l'amplificazione del segnale del ricevitore in modo che il multimetro analogico possa indicare nuovamente 3 V.
- Tenere fermi con una mano la guida lunga e il ricevitore. Con l'altra mano, girare in senso anti-orario la guida corta e il trasmettitore, in modo che l'indicatore sulla guida lunga sia posizionato sul quadrante a 65°. Bloccare il trasmettitore in modo da mantenere la sua posizione sulla guida. Inserire nella tabella 1 il valore dell'angolo a -65°.
- Leggere la tensione dal multimetro analogico e inserire il valore corrispondente nella tabella 1.
- Ripetere la misurazione con stadi di 2,5° fino a 0° e avanzando fino a +65°, ruotando la guida corta con il trasmettitore, in senso orario. Inserire tutti i valori nella tabella 1.

Polarizzazione

- Preparare la configurazione in uscita (v. "Montaggio").
- Posizionare il trasmettitore, il ricevitore e la griglia di polarizzazione come mostrato nelle Figg. 4a - f; di volta in volta, osservare le indicazioni del multimetro analogico e annotare i dati rilevati.

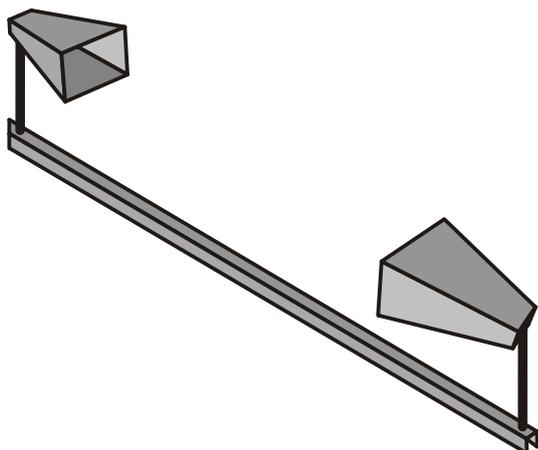


Fig. 4a: Disposizione parallela di trasmettitore e ricevitore

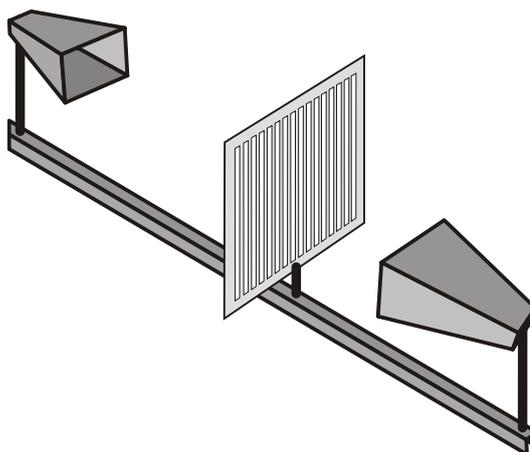


Fig. 4d: Griglia di polarizzazione disposta in verticale fra il trasmettitore e il ricevitore disposti in orizzontale in parallelo

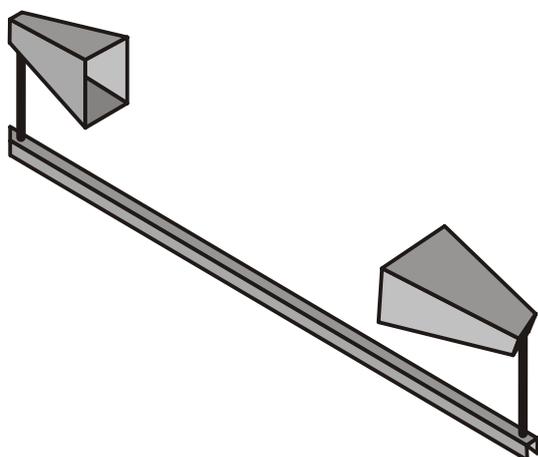


Fig. 4b: Disposizione incrociata di trasmettitore e ricevitore

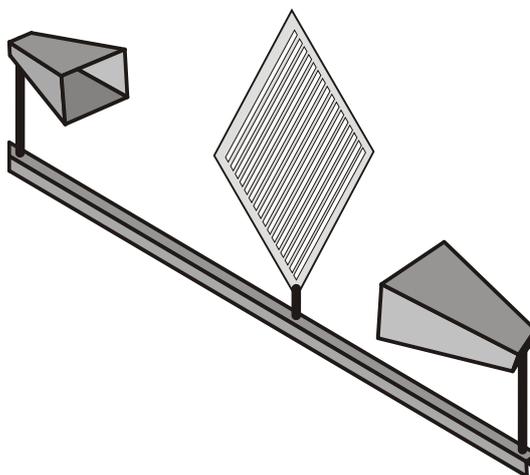


Fig. 4e: Griglia di polarizzazione disposta in obliquo fra il trasmettitore e il ricevitore disposti in orizzontale in parallelo

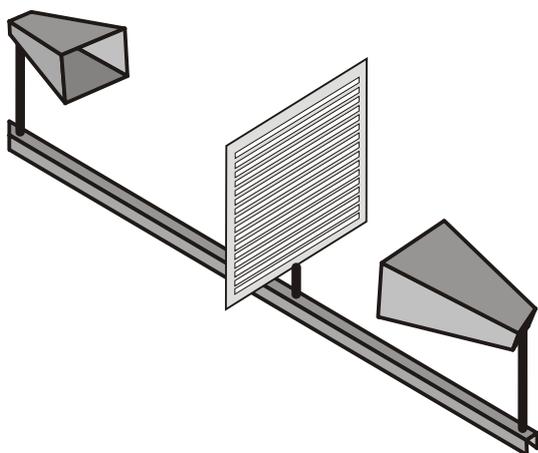


Fig. 4c: Griglia di polarizzazione disposta in orizzontale fra il trasmettitore e il ricevitore disposti in orizzontale in parallelo

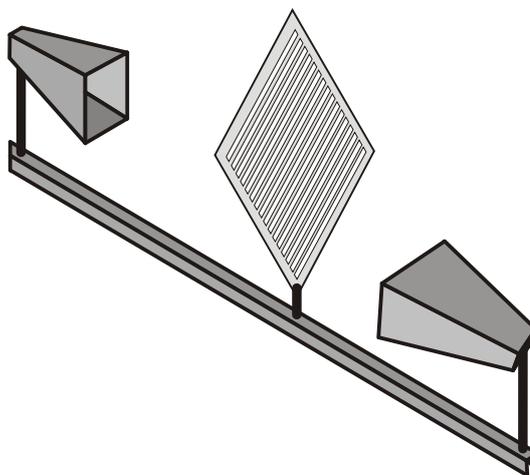


Fig. 4f: Griglia di polarizzazione disposta in obliquo fra il trasmettitore e il ricevitore disposti incrociati

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Tab. 1: Diffrazione delle microonde su doppia fenditura. Tensioni rilevate a seconda dell'angolo di rotazione

α	U/V	α	U/V	α	U/V
-65,0°	0,40	-20,0°	2,90	25,0°	1,00
-62,5°	0,65	-17,5°	2,85	27,5°	0,30
-60,0°	1,10	-15,0°	2,25	30,0°	0,45
-57,5°	0,90	-12,5°	1,65	32,5°	1,00
-55,0°	0,70	-10,0°	0,35	35,0°	1,40
-52,5°	0,60	-7,5°	0,55	37,5°	1,85
-50,0°	0,70	-5,0°	1,75	40,0°	2,10
-47,5°	1,00	-2,5°	2,75	42,5°	1,75
-45,0°	1,50	0,0°	2,95	45,0°	1,10
-42,5°	2,00	2,5°	2,55	47,5°	0,75
-40,0°	2,25	5,0°	1,65	50,0°	0,75
-37,5°	2,00	7,5°	0,35	52,5°	0,60
-35,0°	1,50	10,0°	0,50	55,0°	0,60
-32,5°	0,80	12,5°	1,80	57,5°	0,85
-30,0°	0,45	15,0°	2,40	60,0°	0,85
-27,5°	0,40	17,5°	2,85	62,5°	0,45
-25,0°	1,20	20,0°	2,90	65,0°	0,40
-22,5°	2,40	22,5°	2,35	-	-

Tab. 2: Posizione dei massimi di intensità in funzione dell'ordine di diffrazione m

m	α_m	$\sin \alpha_m$
-3	-60,0°	-0,87
-2	-40,0°	-0,64
-1	-20,0°	-0,34
0	0,0°	0,00
1	20,0°	0,34
2	40,0°	0,64
3	60,0°	0,87

- Riportare gli angoli α_m dei massimi di diffrazione in un diagramma $\sin \alpha_m - m$ inversamente rispetto all'ordine di diffrazione m (Fig. 6).

I valori misurati si trovano su una retta di origine, il cui incremento a corrisponde al quoziente λ/d , in base all'equazione (1). Con una distanza tra fenditure $d = 10,5$ cm, risulta con la lunghezza d'onda λ e la frequenza f delle microonde:

$$a = \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \lambda = a \cdot d = 0,302 \cdot 10,5 \text{ cm} = 3,17 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$(4) \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3,17 \text{ cm}} = 9,5 \cdot \text{GHz}$$

Il valore coincide fino all'1% con il valore nominale $f = 9,4$ GHz.

ANALISI

Diffrazione su doppia fenditura

- Sottrarre dalle tensioni rilevate U (Tab. 1) eventualmente l'Offset (in questo caso: 0,30 V),

$$(2) \quad U' = U - U_{\text{off}} = U - 0,30 \text{ V},$$
 normalizzare al valore a $\alpha = 0^\circ$,

$$(3) \quad U'_{\text{max}} = U_{\text{max}} - U_{\text{off}} = 2,95 \text{ V} - 0,30 \text{ V} = 2,65 \text{ V},$$
 e rappresentare graficamente i valori risultanti U' / U'_{max} a seconda dell'angolo α (Fig. 5).
- Identificare i valori massimi con l'attribuzione della diffrazione corrispondente m e inserirli nella tabella 2 insieme agli angoli α_m .
- Per ognuno, calcolare il sinusoidale dell'angolo α_m e inserirlo nella tabella 2.

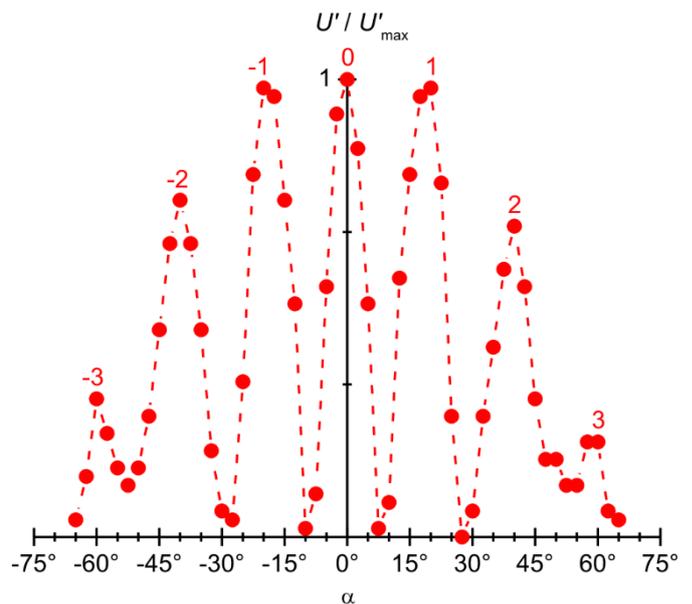


Fig. 5: Distribuzione dell'intensità nella diffrazione delle microonde da doppia fenditura. Le linee tratteggiate facilitano la visualizzazione.

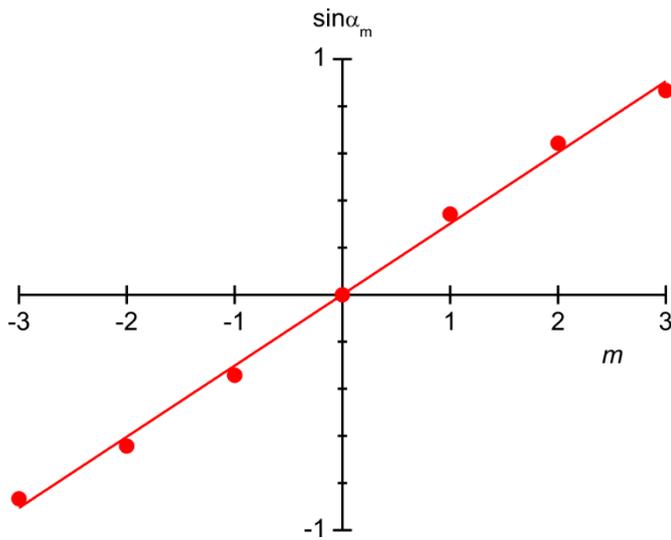


Fig. 6: Posizione dei massimi di intensità in funzione dell'ordine di diffrazione m

Polarizzazione

Se il trasmettitore e il ricevitore sono posizionati in parallelo (Fig. 4a), il multimetro analogico indica come tensione massima, con disposizione incrociata, (Fig. 4b) lo zero. Le microonde trasmesse sono onde trasversali a polarizzazione lineare.

Se la griglia di polarizzazione è posizionata in orizzontale fra il trasmettitore e il ricevitore a loro volta in orizzontale e parallelo (Fig. 4c), il multimetro analogico indica come tensione massima, con disposizione verticale, (Fig. 4d) lo zero. La griglia di polarizzazione agisce da filtro di polarizzazione.

Se la griglia di polarizzazione è disposta in obliquo fra il trasmettitore e il ricevitore a loro volta in parallelo (Fig. 4e) o incrociati (Fig. 4f), il multimetro analogico indica delle tensioni comprese fra lo zero e la tensione massima. La griglia fa passare la componente del vettore E della microonda in arrivo, che oscilla parallelamente alla griglia di polarizzazione. Da qui a sua volta viene misurata la componente che oscilla parallelamente al ricevitore.