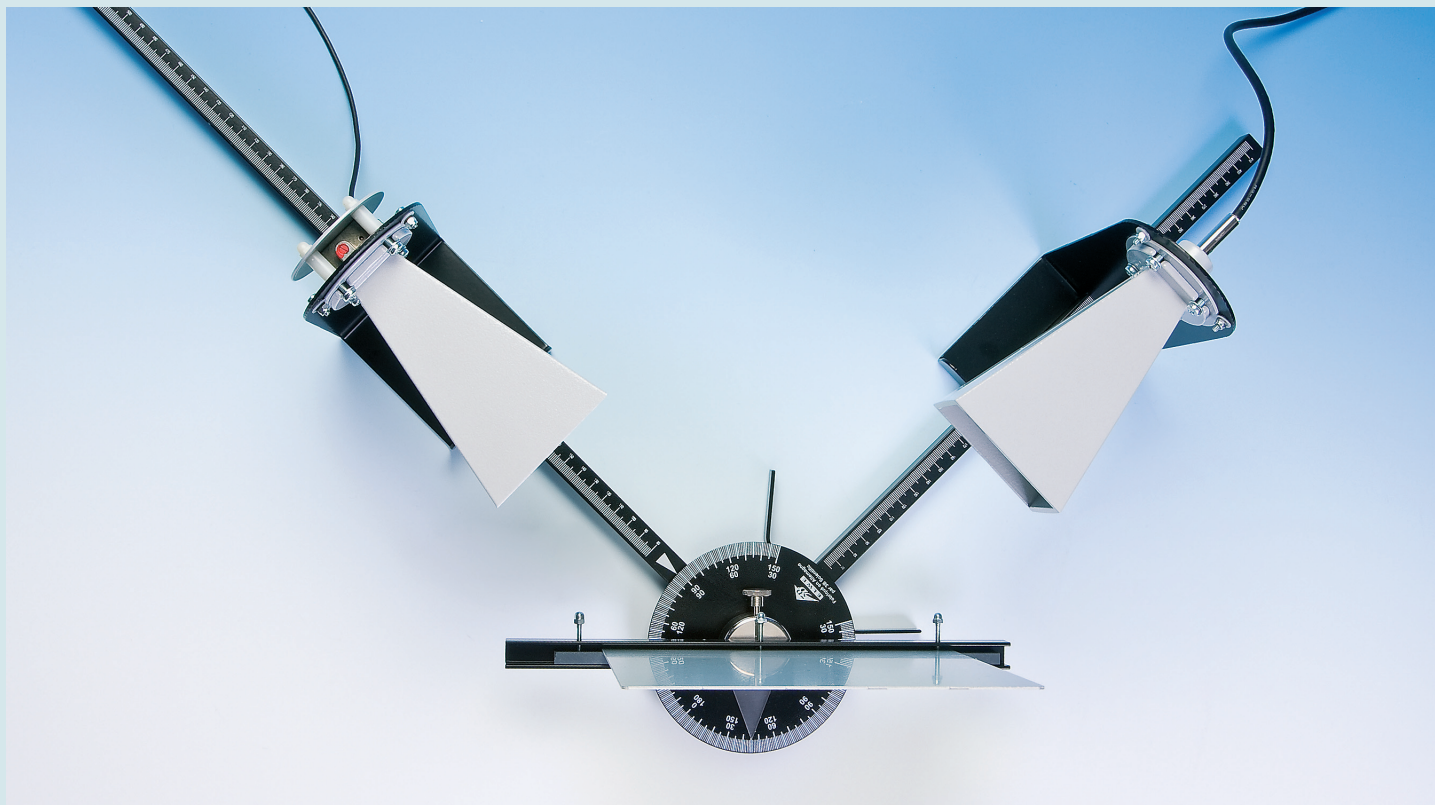




Kuva 1

Demonstraatiossa todennetaan mikroaallojen heijastuslaki.

Välineet

33017 Mikroaaltolaitteisto

Sarjasta tarvitaan

Säätöyksikkö

Lähetin

Vastaanotin

Mikroaaltopenkki

Kääntöpenkki

Metallilevy 195 x 195 mm²

Tason pidin

24030 Oskilloskooppi kaksikan. 20 MHz, analoginen

33006 Äänitaajuusgeneraattori

19032 Yleismittari, digitaalinen

24023 BNC/Banaaniadapteri

Lisäksi tarvitaan

Johtimia

Peruskäsitteet

Mikroaallot ovat osa sähkömagneettista spektriä. Niiden taajuusalue on $10^9 \dots 10^{12}$ Hz. Sähkömagneettisen aallon eteneminen on erilainen eristeessä ja johteessa. Tässä demossa on kyseessä johde. Johteeseen sähkökenttä ei juurikaan tunkeudu, arvot ovat kymmeniä mikrometrejä. Johdepinnan kohtaama sähkömagneettinen aalto heijastuu johteesta noudattaen heijastuslakia, tulokulma on sama kuin heijastuskulma. Mikroaallot tuotetaan Gunn-diodilla. Värähtelijän taajuus 9.5 GHz. Siitä lähtevien aallojen aallonpituus on n. 3 cm.

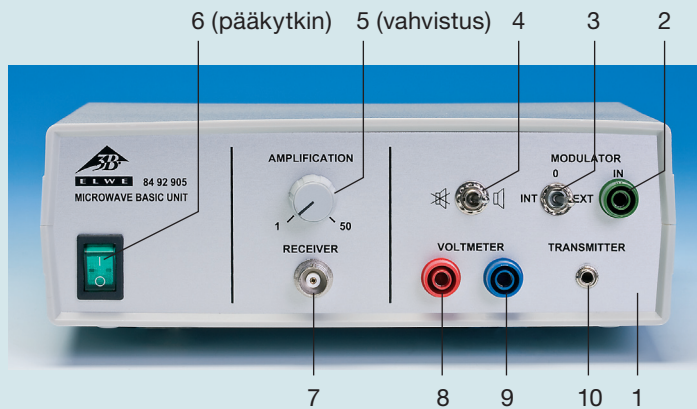
Vastaanottimena käytetään ns. Schottky-diodia, joka on korkealle taajuudelle herkkä.

Mittausmenetelmä

Tutkitaan mikroaaltojen heijastumista metallilevyistä eri tulokulman arvoilla. Havaitaan vastaava heijastuskulma. Mittausinstrumenttina käytetään oskilloskooppia ja/tai volttimittaria. Ääni-taajuusgeneraattorin avulla syötetään kantoaaltoon sinisignaali, jonka amplitudia seurataan.

Asettelut

Kytkenät tehdään kuvan 2 säätöyksikköön



Kuva 2

Kokeen suoritus

Aseta lähetin ja vastaanotin niin, että ne ovat samalla suoralla suuaukot vastakkain ohjauskiskoihin kiinnitettynä. Kytke ääni-taajuusgeneraattori ja oskilloskooppi peruslaitteeseen (tarvittaessa myös volttimittari). Säädä laitteen vahvistus ja siniaallon amplitudi sopiviksi (ei leikkautumista). Aseta lähetin ja vastaanotin 90°:een kulmaan ohjauskiskojen avulla (kuva 1). Aseta lisäksi heijastin kiinni pitimeen ja etsi osoittimen avulla kulma, missä on voimakkain heijastus. Tee näin myös kulmille 70°, 60° ja 50°.

Johtopäätökset?

Huom.

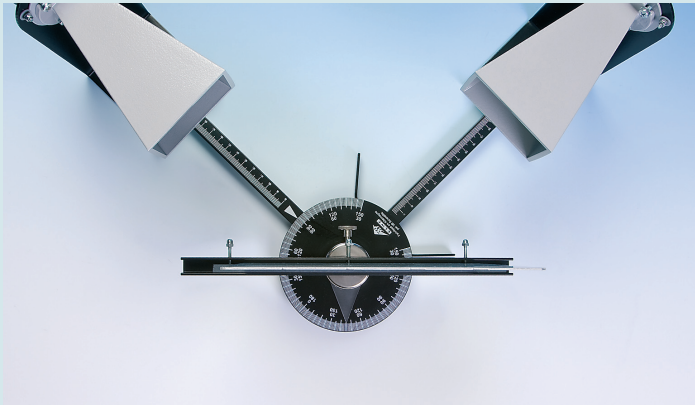
Käytä esim. siniaallon taajuutena $f = 1 \text{ kHz}$.

Huom.

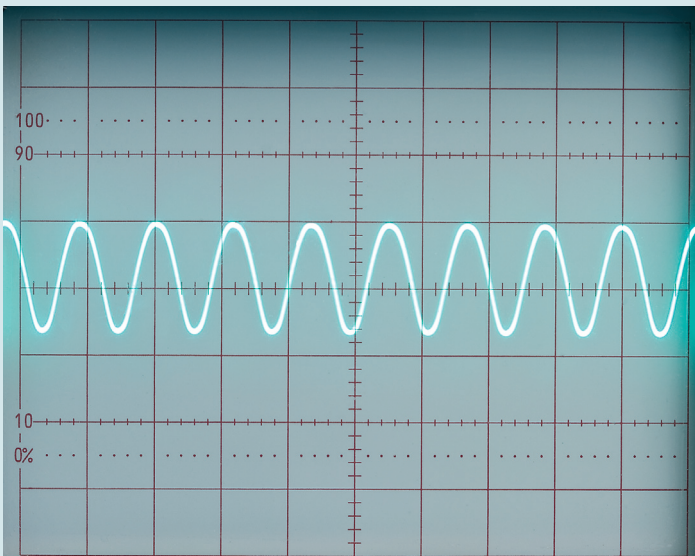
Älä katso suoraan lähettimen suuaukkoon.

- A) Lähetin (transmitter) kytketään kohtaan 10.
- B) Vastaanotin (receiver) kytketään kohtaan 7.
- C) Kytkin modulator käännetään asentoon EXT kohta 3.
- D) Kaiutin kytketään pois päältä kohta 4.
- E) Äänitaajuusgeneraattorin ulostulo kytketään kohtiin 7 (sisään meno) ja 9 (maa). Oskilloskooppi kytketään kohtiin 8 (ulostulo) ja 9 (maa). Jos käytetään volttimittaria, se kytketään myös kohtiin 8 ja 9.

Tulkinta



Kuva 3



Kuva 4



Kuva 5

Kuvista 3, 4 ja 5 näkyy, että tulokulman ja heijastuskulman ollessa 45° saadaan maksimiampplitudi ja/tai maksimijännite. Osoitin näyttää heijastuvan pinnan normaalin. Näin on myös muillakin kulmilla 70° , 60° ja 50° . Siis saadaan heijastuslaki

Tulokulma = Heijastuskulma

Huom! Todellisuudessa kulma 45° ei ole aivan tarkka, on ”kulma-alue”.

Tehtävät

1. Sähkömagneettisen aallon kohdatessa johteen on otettu käyttöön ns. tunkeutumissyvyys δ , joka kuvaa matkaa, jolla sähkömagneettinen aalto vaimenee osaan $\frac{I}{e}$ alkuperäisestä. Kaavana ko. voidaan ilmaista

$$\delta = \sqrt{\frac{2\delta}{\omega\mu}}, \text{ missä } \delta \text{ on johteen resistiivisyys } \omega = 2\pi f,$$

$$\text{missä } f \text{ on aallon taajuus ja } \mu \approx \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

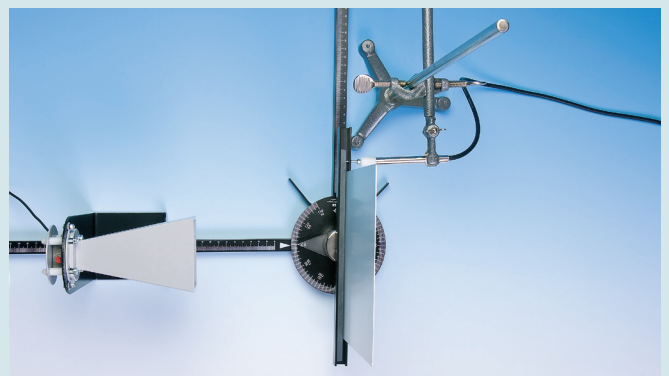
on tyhjiön permeabiliteetti. Otetaan aineeksi kupari ($\delta = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$) ja jos $f = 9,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$. Laske δ .

Johtopäätös?

2. Suunnittele laitteistolla koejärjestely, jolla voidaan mitata mikroaaltojen aallonpituudet.

Tehtävien vastauksia

1. Saadaan $\delta \approx 0,67 \mu\text{m}$, joka on pieni heijastavan pinnan dimensioihin nähden. Siis melkein kaikki sähkömagneettisesta säteilystä heijastuu, kun se kohtaa kiiltävän metallipinnan.
- 2.



Kuva 6

Kuvan 6 mukaisella koejärjestelyllä mitataan aallonpituus λ . Mittaus perustuu siihen, että heijastavan pinnan eteen syntyy seisova aaltoliike. Anturi on samalla kohdalla kuin levy. Lähetintä liikutetaan ja katsotaan montako aallonpituuden puolikasta k sopii tietylle matkalle l (katsotaan mm-asteikolta). Saadaan yhtälö

$$k \frac{\lambda}{2} = l, \text{ josta } \lambda = \frac{2l}{k}$$

Tulokseksi saadaan $\lambda \approx 3 \text{ cm}$.