

UNIVERSITÄT REGENSBURG

F-Praktikum

VERSUCH:
X-BAND-RADAR

Harald Braun



25.02.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Fragen zur Vorbereitung	4
3	Versuchsdurchführung	6
4	Hinweise zum Protokoll	7

1 Einführung

Dieser Versuch soll einen kleinen Einblick in die Mikrowellentechnik vermitteln. Als X-Band bezeichnet man den Frequenzbereich zwischen 8.0 GHz und 12.5 GHz des elektromagnetischen Spektrums. Die Wellenlängen liegen hier im Bereich von Zentimetern. Bei diesem Versuch werden die Mikrowellen durch den Gunn-Effekt erzeugt. Dazu soll zunächst der Gunn-Effekt verstanden und die Eigenschaften einer Gunn-Diode untersucht werden. Mit den so erzeugten Mikrowellen können dann durch Ausnutzung des Dopplereffektes Geschwindigkeiten von vorbeifahrenden Autos bestimmt werden. Es sollen außerdem verschiedene X-Band-Komponenten untersucht werden: Die Abstrahlcharakteristik einer Hornantenne und das Multiplizieren zweier Hochfrequenz-Signale in einer Mischerdiode.

Erforderliche Vorkenntnisse

- Mikrowellenerzeugung (Gunn-Effekt)
- Funktionsweise der Mikrowellenbauteile (Hohlleiter, Schottky-Diode, Resonator)
- Detektion von Mikrowellenstrahlung (Mischung)

2 Fragen zur Vorbereitung

- Was ist eine Gunn-Diode? Was versteht man unter dem Gunn-Effekt? Wie entsteht der negativ-differentielle Widerstand (NDR)? Wie sieht die Strom-Spannungskennlinie aus? Erklären Sie wie dadurch Dipoldomänen entstehen. Wie kommt es zur Aussendung von Mikrowellenstrahlung?
- Ein Bauteil mit negativ-differentiellem Widerstand kann als verstärkendes Element in einem Oszillator verwendet werden. Wie funktioniert solch ein Oszillator? Erstellen Sie ein Ersatzschaltbild mit Widerstand, Kapazität, Induktivität und Diode (als aktivem Zweipol). Verwenden Sie die Kirchhoffsche Maschenregel um eine Differentialgleichung für den Strom $I(t)$ aufzustellen. Leiten Sie aus der Lösung der Differentialgleichung die Bedingung ab die gelten muss, so dass der Schwingkreis mit konstanter Amplitude schwingt. Welche Rolle spielt hierbei die Gunn-Diode?
- Was ist ein Hohlleiter? Wie sieht die Feldverteilung der TE_{01} -Mode aus? Wie koppelt die Gunn-Diode an diese Feldverteilung? Welchen Einfluss hat die Größe der Blende, durch die Strahlung ausgekoppelt wird, auf den Anschwingvorgang des Oszillators und auf dessen Ausgangsleistung?
- Was ist eine Hornantenne? Wie sieht das Strahlungsdiagramm aus? Wie kann man die Bildung von Nebenkeulen verhindern? Warum stören sie? Wozu dient der Parabolspiegel? Wie sieht das Strahlungsdiagramm mit Parabolspiegel aus?
- Durch welche drei Bauelemente wird in unserem Experiment die Frequenz des Oszillators festgelegt bzw. beeinflusst? Wie groß ist jeweils der Einfluss? Erklären Sie Aufbau und Eigenschaften einer Varactor-Diode (insbesondere im Hinblick auf ihre spannungsabhängige Kapazität). Welche Funktion hat sie in unserem Radar?
- Erklären Sie, wie Frequenzmischung in einem nichtlinearen Bauelement (in unserem Fall an einer Schottkydiode) zustande kommt. Berechnen Sie dazu den Strom, der durch zwei elektrische Wechselfelder verschiedener Frequenz in der Mischdiode mit nichtlinearer Kennlinie erzeugt wird, und die Frequenzen der erzeugten Mischprodukte.
- Wie funktioniert ein Bandpassfilter? Wie ist es aufgebaut?
- Im Praktikum verwenden wir einen Spektralanalysator. Was wird damit gemessen? Wie funktioniert er? Erstellen Sie ein Blockschaltbild für einen Spektralanalysator und erklären Sie daran seine Funktionsweise. Wozu braucht man im Spektralanalysator Zwischenfrequenz(ZF)-Filter? Wodurch wird die Auflösungsbandbreite (resolution bandwidth) bestimmt? Welchen Einfluss hat diese auf die Empfindlichkeit des Geräts.
- Leiten Sie die Radargleichung her! Wie muss ein Objekt beschaffen sein um vom Radar erfasst werden zu können? Berechnen Sie überschlagsweise für das in diesem

Praktikumsversuch verwendete Gerät das Verhältnis zwischen Sende- und Empfangsleistung, wenn das Signal von einem metallischen Reflektor (Fläche 1 m^2) in einer Entfernung von 300 m reflektiert wird. Die dazu benötigten Größen sind in [8] angegeben.

- Wie funktioniert prinzipiell die Geschwindigkeitsmessung mit einem Radar? Was wird detektiert? Welche Rolle spielen dabei die Varactordiode und die Mischerdiode? Leiten Sie eine Formel für die Dopplerverschiebung her.
- Wie funktioniert prinzipiell die Entfernungsmessung mit einem Radar? Was wird gemessen? Welche Rolle spielen dabei die Varactordiode und die Mischerdiode? Bis zu welcher minimalen Entfernung kann gemessen werden?
- Erklären Sie anhand des Blockschaltbildes in [8], welche Funktion die einzelnen Baugruppen des Radargerätes haben. Welche Signale werden wo erzeugt, gemischt oder detektiert?
- In welchem Frequenzbereich liegen die Frequenzänderungen aufgrund der Dopplerverschiebung bei der Geschwindigkeitsmessung? Der Oszillator ist nicht frequenzstabilisiert und schwankt deshalb stark (einige 10 kHz). Welchen Einfluss hat dies auf die Genauigkeit der Geschwindigkeitsmessung?

3 Versuchsdurchführung

- Untersuchen Sie die Eigenschaften einer Gunn-Diode. Messen Sie dazu den Strom durch die Gunn-Diode, sowie die Oszillationsfrequenz und Ausgangsleistung der erzeugten Mikrowellenstrahlung in Abhängigkeit von der angelegten Spannung. Führen Sie diese Messung hysteresisartig durch, d.h. trennen Sie up und down sweep bei der Messung. Wählen Sie dazu in den interessanten Bereichen die Spannungsschritte so klein wie möglich.
- Verwenden Sie die drehbare Halterung, um ein Antennendiagramm der Hornantenne zu vermessen. Messen Sie dazu die abgestrahlte Intensität mit dem Spektrumanalysator in einem Winkelbereich von -120° bis $+120^\circ$ in 5° Schritten. Im Bereich der Nebenkeulen sollte die Schrittweite auf etwa 2° herabgesetzt werden.
- Bestimmen Sie die spektrale Linienbreite der Gunndiode. Verwenden Sie dazu die lineare Skalierung am Spektralanalysator und achten Sie auf die richtige Einstellung des Zwischenfrequenz-Filters.
- Verwenden Sie einen zweiten Gunnoszillator mit Mischdiode und bestimmen Sie die Frequenz des zweiten Oszillators mit Hilfe des Spektrumanalysators. Schließen Sie den Spektrumanalysator an den Mischer an und suchen Sie die Mischprodukte beider Gunnoszillatoren und vergleichen Sie die Messwerte mit den erwarteten Frequenzen.
- Geschwindigkeitsmessung: Verwenden Sie dazu vorbeifahrende Fahrzeuge. Untersuchen Sie, wie sich die gemessene Geschwindigkeit mit dem Winkel zwischen Radarstrahl und Fahrtrichtung ändert. Messen Sie dazu die Geschwindigkeit von -80° bis $+80^\circ$ (Winkel senkrecht zur Fahrtrichtung) in 10° -Schritten und mitteln Sie jeweils über 10 Autos. Berechnen Sie für die verschiedenen Winkel die tatsächliche Geschwindigkeit der Autos.

4 Hinweise zum Protokoll

Theorieteil Hier sollten schwerpunktmäßig folgende Aspekte behandelt werden:

- Theorie des Gunn-Effekts
- Bildung und Propagation der Dipoldomänen
- Entstehung der Mikrowellenstrahlung
- Wirkung der Gunn-Diode als verstärkendes Element in einem Schwingkreis
- Kopplung des Gunn-Oszillators an die TE_{01} Mode des Hohlleiters
- Prinzip und Realisierung der Frequenzmischung

Durchführung

- Beschreibung der durchgeführten Messungen
- Darstellung und Auswertung der Messergebnisse
- Diskussion der Fehler

Literatur

Gunn-Effekt

- 1 K. Kwok, Complete guide to semiconductor physics, 84/ZN 4800 N576(2).
- 2 S. Yngvesson, Microwave Semiconductor Devices, 84/ZN 4800 Y53.
- 3 S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 84/UP 2800 S993(2).
- 4 www.nhn.ou.edu/~johnson/Education/Juniorlab/Microwave/Gunn%20Effect.pdf
- 5 www.st-andrews.ac.uk/~wwwpa/ScotsGuide/RadCom/part5/page1.html

Hohlleiter und Mikrowellen

- 6 W. Demtröder, Experimentalphysik 2, 84/UC 194 D389-2(3).
- 7 G. Nimtz, Mikrowellen, Einführung in Theorie und Anwendung, 84/ZN 5800 N713.

Radarmessgerät

- 8 H. Tietz, Entwicklung und Charakterisierung eines Halbleiter Übergitteroszillators in Hohlleitertechnik für das R-Band (Diplomarbeit).