

KOMPAKTER ÜBERGANG VON EINEM RECHTECKHOHLLEITER AUF EINEN RUNDHOHLLEITER

Werner Thiel*, Wolfgang Menzel, Alfred Plattner
Universität Ulm, Abt. Mikrowellentechnik

KURZFASSUNG

In dieser Arbeit wird ein Übergang von einem Rechteckhohlleiter auf einen Rundhohlleiter in der E-Ebene vorgestellt. Dieser Hohlleiterübergang zeichnet sich im Vergleich zu den bisher bekannten durch seinen einfachen Aufbau aus. Bei der Anpassung des Übergangs wurde ebenfalls auf aufwendige Anpaßnetzwerke verzichtet. Die Dimensionierung des Hohlleiterübergangs erfolgte mit dem Verfahren der Finiten Differenzen im Zeitbereich (FDTD), das für diese Anwendung bei der Approximation des Rundhohlleiters modifiziert wurde.

ABSTRACT

In this paper an interconnect between a rectangular waveguide and a circular waveguide in the E-plane is presented. In comparison to other interconnects this transition is a very simple and compact structure, which contains only a few elements to achieve a good reflection coefficient. For the design of this waveguide interconnect a full wave simulation was necessary. The structure was analyzed and optimized with the FDTD-method, which has been modified in order to get a good approximation of the circular waveguide.

EINLEITUNG

Hohlleiternetzwerke mit Kopplern, Filtern oder Diplexern werden vielfach in der H-Ebene realisiert. Oft sind dann Hohlleiterausgänge durch die Breitseite eines Rechteckhohlleiters erforderlich, um die Leistung auszukoppeln. Der hier in diesem Fall als Rundhohlleiter realisierte Durchgang dient zum Anschluß einer Antenne zur Abstrahlung einer zirkular polarisierten Welle. Dieser Übergang ist im Vergleich zu bisher bekannten sehr kompakt und bietet den Vorteil einer einfachen Fertigung. Für die Dimensionierung des Übergangs ist aufgrund der komplexen Geometrie ein feldtheoretisches Verfahren notwendig. Die FDTD-Methode wurde wegen der hohen Flexibilität für die Dimensionierung der Anpaßstruktur verwendet. Der Rundhohlleiter wurde im kartesischen Gitter mit einer einfachen Methode im Querschnitt als Polygon approximiert, um die Genauigkeit der Simulation zu verbessern.

BESCHREIBUNG DES ÜBERGANGS

Bei dem hier entwickelten kompakten Hohlleiterübergang von einem Rechteckhohlleiter auf einen Rundhohlleiter in der E-Ebene befindet sich der Rundhohlleiter senkrecht auf

der Breitseite des Rechteckhohlleiters (Abbildung 1).

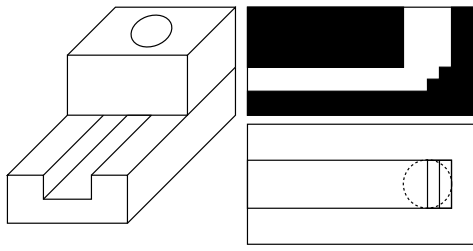


Abbildung 1: Übergang Rechteck- auf Rundhohlleiter

Aufgrund des Rundhohlleiters ist damit, wie es in dieser Anwendung vorgesehen ist, über einen zusätzlichen Polarisator einfach eine zirkular polarisierte Welle über eine Antenne abzustrahlen. Bei der Herstellung wird der Rechteckhohlleiter als Nut aus einem Block gefräßt und der Rundhohlleiter als Bohrung durch den Deckel realisiert. Die Anpaßstruktur befindet sich im Rechteckhohlleiter unterhalb der Bohrung, um dafür besonders wenig Raum in Anspruch zu nehmen.

Ohne geeignete Anpassung des Übergangs zeigen sich erhebliche Reflexionen. Aus Gründen einfacher Herstellung wurden als Anpaßelemente Stufen verwendet, die sich über die gesamte Breitseite des Hohlleiters erstrecken. Die Auswirkungen der Anzahl und der Größe der Stufen wurde feldtheoretisch untersucht. Über diese Parameter kann die Resonanzfrequenz und die Bandbreite variiert werden.

SIMULATION

Die theoretischen Ergebnisse und die Dimensionierung der Anpaßstruktur wurden mit der FDTD-Methode vorgenommen. Eine Stufenapproximation des Rundhohlleiters im kartesischen Gitter führt erst bei hinreichend kleiner Diskretisierungsweite zu genauen Ergebnissen, so daß bei geringeren Auflösungen eine beachtliche Verschiebung der Resonanzfrequenz zu erwarten ist. Um diesen Fehler zu verringern, wurde der Querschnitt des Rundhohlleiters durch ein Polygon angenähert, dessen Ecken auf dem Kreis liegen (Abbildung 2). Damit auch am Rand des Quaders, dem der Kreis einbeschrieben ist, eine hinreichend gute Auflösung der Kreisbögen zu erhalten, wurden die Gitterabstände zum Rand hin verschmälert. Für eine solche Gitteranpassung gibt es mehrere Möglichkeiten.

Um im Querschnitt eine Polygonapproximation zu ermöglichen, wird das orthogonale Gitter lokal an der Rundhohlleiterwand verändert (Abbildung 3) und die Integrale für die elektrischen und magnetischen Feldkomponenten der neuen Zellenform angepaßt.

Für die Wahl der Grenzfläche zwischen einem ideal leitendem Gebiet und Vakuum gilt allerdings die Einschränkung, daß sich die Fläche in einer Richtung nur über eine Gitterschicht erstreckt, d.h. die Fläche in einer Richtung jede Ebene des Gitters in einer Gitterlinie schneidet.

So entstehen auf der Innenseite des Rundhohlleiters trapezförmige Zellen, deren elek-

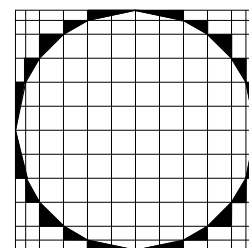


Abbildung 2: Polygonapproximation des Rundhohlleiters

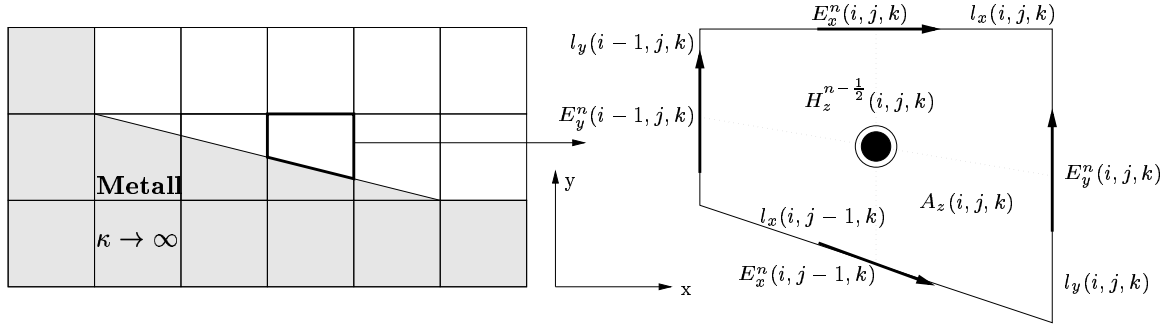


Abbildung 3:

trischen Feldkomponenten sich auf den Seitenmitten und die magnetischen Feldkomponenten auf den Schwerpunkten der Fläche befinden. Alle Feldkomponenten der nichtorthogonalen Zellen erhalten neue Berechnungsvorschriften, wobei hier exemplarisch die H_z -Komponente angegeben wird.

$$H_z^{n+\frac{1}{2}}(i, j, k) = H_z^{n-\frac{1}{2}}(i, j, k) - \frac{\Delta t}{\mu} \left[\frac{E_y^n(i, j, k)l_y(i, j, k) - E_y^n(i-1, j, k)l_y(i-1, j, k)}{A_z(i, j, k)} - \frac{E_x^n(i, j, k)l_x(i, j, k) - E_x^n(i, j-1, k)l_x(i, j-1, k)}{A_z(i, j, k)} \right] \quad (1)$$

SIMULATIONSERGEBNISSE

Es wurden zwei Übergänge in unterschiedlichen Frequenzbereichen mit Stufen angepaßt. Beim ersten Rechteckhohlleiter mit den Abmessungen (5,62 mm x 2,81 mm) wurde ein Diskretisierungsschritt von 0,281 mm verwendet, und der Rundhohlleiter mit einem Durchmesser von 5,62 mm wurde im Querschnitt mit 20 x 20 Zellen approximiert. Für die Tore wurden absorbierende Wände eingesetzt, die disperse Wellen hinreichend gut absorbieren [2]. Die Gesamtstruktur wurde in 20000 Zellen unterteilt.

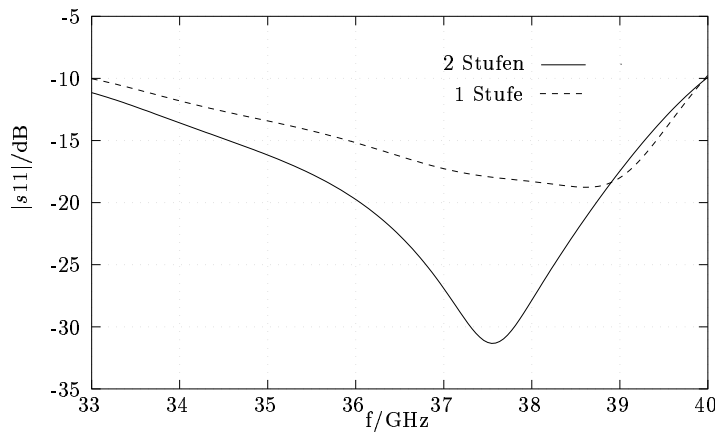


Abbildung 4: Veränderung der Stufenanzahl (Frequenzbereich: 36,5 GHz - 38,5 GHz)

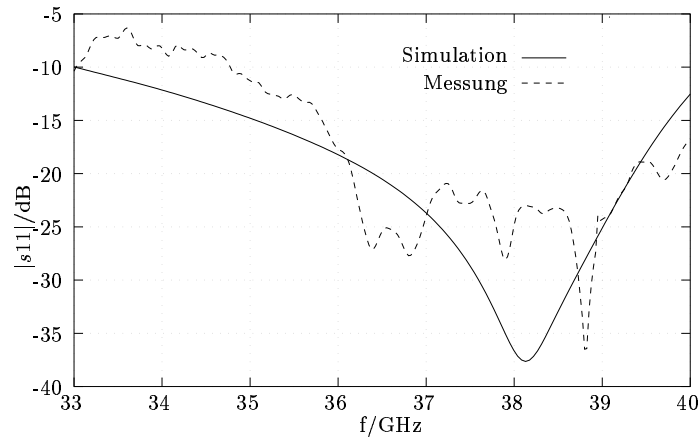


Abbildung 5: Ergebnisse (Frequenzbereich: 36,5 GHz - 38,5 GHz)

Der Übergang sollte im Frequenzbereich von 36,5 GHz bis 38,5 GHz betrieben werden. Die gewünschte Anpassung konnte mit einer Stufe in diesem Frequenzbereich nicht erreicht werden. Dagegen ließ sich mit zwei Stufen im Rechteckhohlleiter bei einer Resonanzfrequenz von 38 GHz eine Anpassung von mehr als 20 dB bei einer Bandbreite von 2 GHz erzielen. Eine weitere Untersuchung zeigte, daß eine größere Anzahl von Stufen die Bandbreite zwar geringfügig vergrößerte, aber eine Optimierung aufgrund der wachsenden Parameteranzahl sehr viel Rechenzeit in Anspruch nimmt. Die Verringerung der Bandbreite bei der Verwendung einer Anpaßstufe ist im Diagramm 4 dargestellt. Die Simulationsergebnisse (Abbildung 5) werden im Diagramm den Meßergebnissen gegenübergestellt. Bei den Meßergebnissen ist zu berücksichtigen, daß es in diesem Fall sehr schwierig war, einen guten reflexionsfreien Abschluß des Rundhohlleiters zu erreichen.

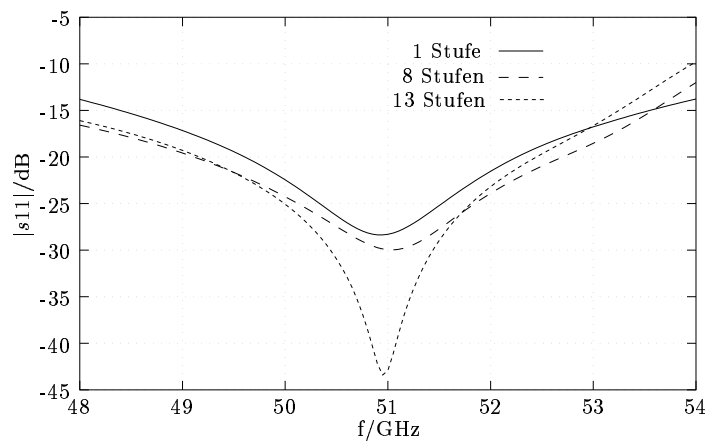


Abbildung 6: Veränderung der Stufenanzahl (Frequenzbereich: 50 GHz - 52 GHz)

Im Frequenzbereich von 50 GHz bis 52 GHz wurde ebenfalls ein Übergang entworfen. Bei diesem Hohlleiterübergang konnte bereits mit einer Anpaßstufe ein ausreichend gutes Resultat erzielt werden. Der Rechteckhohlleiter mit einer Höhe von 1,88 mm und einer Breite von 3,76 mm wurde mit 20 x 20 Zellen im Querschnitt aufgelöst. Der

aufgesetzte Rundhohlleiter besitzt mit 4,2 mm einen etwas größeren Durchmesser als die Breitseite des Rechteckhohlleiters. Mit der richtigen Dimensionierung einer Anpassstufe konnte in einem Frequenzintervall von 2 GHz eine Anpassung von mehr als 20 dB erreicht werden. Bei diesem Übergang wurde die Veränderung der Bandbreite in Abhängigkeit von der Stufenanzahl untersucht. Dazu wurden dreizehn Stufen mit einer Tiefe von 0,188 mm bezüglich einer guten Anpassung im vorgegebenen Intervall optimiert. Im Diagramm 6 werden die Ergebnisse bei Verwendung von acht und dreizehn Stufen gegenübergestellt. Die Bandbreite konnte jedoch nur um 1 GHz vergrößert werden. Im Diagramm 7 werden die Meßdaten dem Simulationsergebnis für eine Anpassstufe gezeigt.

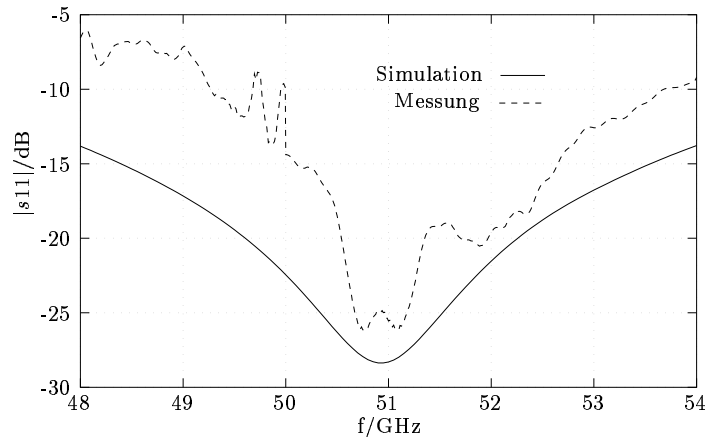


Abbildung 7: Ergebnisse (Frequenzbereich: 50 GHz - 52 GHz)

LITERATUR

- [1] Rittweger Matthias, *Simulation transienter elektromagnetischer Ausbreitungsphänomene zur Analyse der Übertragungseigenschaften von Systemen der Mikro- und Millimetertechnik*, PhD thesis, Universität Duisburg, Dezember 1992
- [2] Fang Jiayuan, *Absorbing Boundary Conditions Applied to Model Wave Propagation in Microwave Integrated Circuits*, IEEE MTT, Vol. 42, pp. 1506-1513
- [3] F. Alimenti, P. Mezanotte, L. Roselli, R. Sorrentino, *A New Combined 1D-3D FDTD Technique for the Study of Waveguide Discontinuities*, submitted for publication to IEEE Microwave and Guided Letters
- [4] Wolfgang Kümpel, Ingo Wolf, *Digital Signal Processing of Time Domain Field Simulation Results Using the System Identification Method*, IEEE MTT Vol. 42, pp. 667-671
- [5] Paolo Mezanotte, Luca Roselli, Roberto Sorrentino, *A Simple Way to Model Curved Metal Boundaries in FDTD Algorithm Avoiding Staircase Approximation*, IEEE Microwave and Guided Letters Vol. 5 No. 8, pp. 267-269