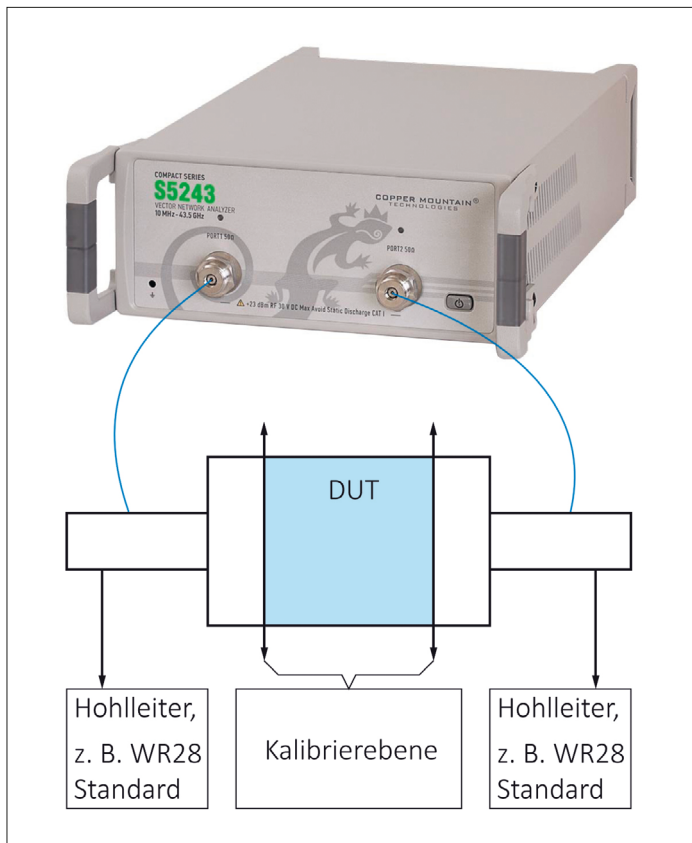


Für Anforderungen in der 5G-Telekommunikation:

Charakterisierung von HF-Komponenten

Dieser Artikel beschreibt die Signalübertragungsmethode zur Charakterisierung von HF-Komponenten – wie Isolatoren, Richtkoppler, Antennen usw. – für den 5G-Telekommunikationsbereich mithilfe des Copper Mountain VNAs S5243.



5G steht noch vor vielen Herausforderungen. Dazu gehören z.B. die zuverlässige Konnektivität, eine breite Palette von Bändern, die das FR1-Spektrum (4,1...7,125 GHz) sowie das K-Band (24,25 GHz) und das V-Band (44 GHz, FR2-Spektrum) abdecken, sowie die Notwendigkeit, die Prüfstände mit portablen Geräten zu optimieren. Nur so wird eine genaue Analyse von Mikrowellen-Messobjekten möglich.

Leistungsstarke USB-VNAs

Darum hat Copper Mountain Technologies (CMT) u.a. die leistungsstarken USB-VNAs S5243 für Frequenzen bis 44 GHz auf den Markt gebracht. Sie erfüllen die erforderlichen Testanforderungen und sind hilfreich bei der Charakterisierung

von mmWave-Komponenten wie Isolatoren, Richtkopplern, Antennen usw.

Der S5243 unterstützt auch Hohlleiter-Kalibrierräte anderer Hersteller, und die Kalibrierung erfolgt nach dem TRL-Prinzip (Thru, Reflect, Line). Die Software des S5243 enthält eine vordefinierte Auswahl an weit verbreiteten Hohlleiter-Kalibrier-Kits. Darüber hinaus hat der Anwender die Möglichkeit, ein eigenes Kalibrier-Kit zu definieren, wobei eine Parameterberechnung erforderlich sein kann.

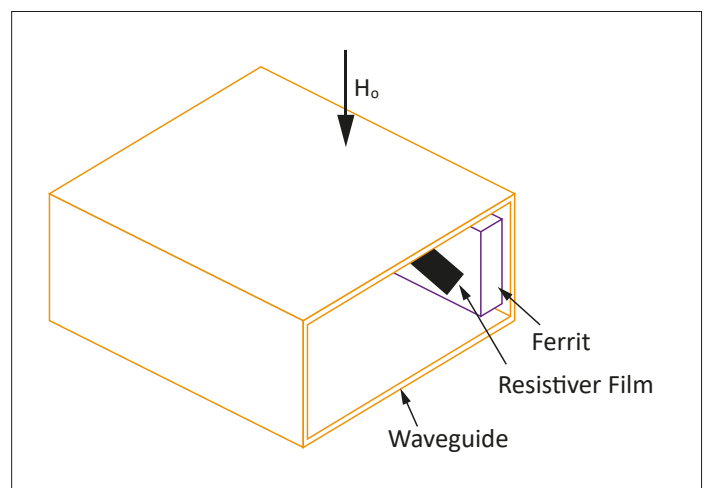
5G und Hohlleiter

Für eine verlustarme Übertragung werden Hohlleiter (Waveguides) statt HF-Kabeln empfohlen [1]. Denn bei Mikrowellenfrequenzen neigen HF-Kabel aufgrund der Phasendifferenz zur Ineffizienz der Signalübertragung. Bei Hochleistungsanwendungen ist die Wirkung der HF-Kabel als Sendeantenne nicht mehr zu vernachlässigen. Die nichtideale Schirmung lässt etwas Energie in den Raum entweichen. Hohlleiter werden für die Übertragung von Signalen

mit einer sehr effizienten Rate verwendet. Sie sind auch eine einfachere Alternative zu Stripline- und Koaxialtechnik beim Verbinden von Sendern und Empfängern.

Ein Standardhohlleiter [2] ist eine hohle Metallröhre oder ein Rechteck, das mit einem Ferritkern konstruiert ist, der die elektrische Induktivität an seinen Wänden und die Kapazität im Raum zwischen den Wänden verteilt, wobei es eine Vielzahl von Varianten gibt. Elektromagnetische Wellen gehen durch Ferrite mit vernachlässigbarer Dämpfung hindurch und erfahren durch die Ferrite eine Phasenverschiebung, die durch die angelegten magnetischen Gleichfelder beeinflusst werden kann. Sie werden bei HF-Anwendungen in Induktivitäten als Kernmaterial eingesetzt.

Im Gegensatz zu koaxialen Komponenten unterstützen Hohlleiter nicht den transversalen elektromagnetischen Modus der Wellenausbreitung (TEM), sondern arbeiten nach dem Prinzip der transversalen elektrischen (TE) und transver-



Wellenleiter mit Ferrit zur Demonstration der Feldverschiebung des Isolators [2]

No	Standard		Frequency		Offset					Terminal Impedance	C0	C1	C2	C3
	Type	Label	F cut off	2F cut off	Length	Z0	Loss	Media	H/W		10 ⁻¹⁵ F	10 ⁻²⁷ F/Hz	10 ⁻³⁶ F/Hz ²	10 ⁻⁴⁵ F/Hz ³
1	Load	Fixed	2.576 GHz	5.152 GHz	0 m	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5	1 Ω				
2	Short	Flush Short	2.576 GHz	5.152 GHz	0 m	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5	0	0	0	0	
3	Short	1/8 Offset Short	2.576 GHz	5.152 GHz	12.032 mm	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5	0	0	0	0	
4	Short	1/4 Offset Short	2.576 GHz	5.152 GHz	24.063 mm	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5	0	0	0	0	
5	Short	3/8 Offset Short	2.576 GHz	5.152 GHz	36.095 mm	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5	0	0	0	0	
6	Thru/Delay	Thru	2.576 GHz	5.152 GHz	0 m	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5					
7	Thru/Delay	1/4 Line	2.576 GHz	5.152 GHz	24.063 mm	1 Ω	0 Ω/s	WG	0.5					
8	Sliding Load	Sliding Load	2.576 GHz	5.152 GHz		1 Ω		WG	0.5	1 Ω				

Definieren des Kalibrierstandards im VNA

salen magnetischen (TM) Modi [1]. Der TE- und der TM-Modus haben eine begrenzte Bandbreite und können sich bei Frequenzen unterhalb einer Mindestfrequenz, die als Grenzfrequenz bezeichnet wird, nicht ausbreiten. Die Grenzfrequenz hängt von der größten Abmessung des Hohlleiters ab gemäß der Gleichung:

$$f_c = c/2a$$

Dabei ist a die größere Abmessung des Hohlleiters und c die

Lichtgeschwindigkeit. Die niedrigste und die höchste Betriebsfrequenz sind mit der Grenzfrequenz durch folgende Gleichungen verbunden:

$$f_{low} = f_c \times 1,25$$

$$f_{high} = f_c \times 1,89$$

Sobald Grenzfrequenz und Betriebsfrequenzbereich bestimmt sind, kann die Verzögerung des Offsets SHORT(Cal Kit) aus dem Datenblatt des

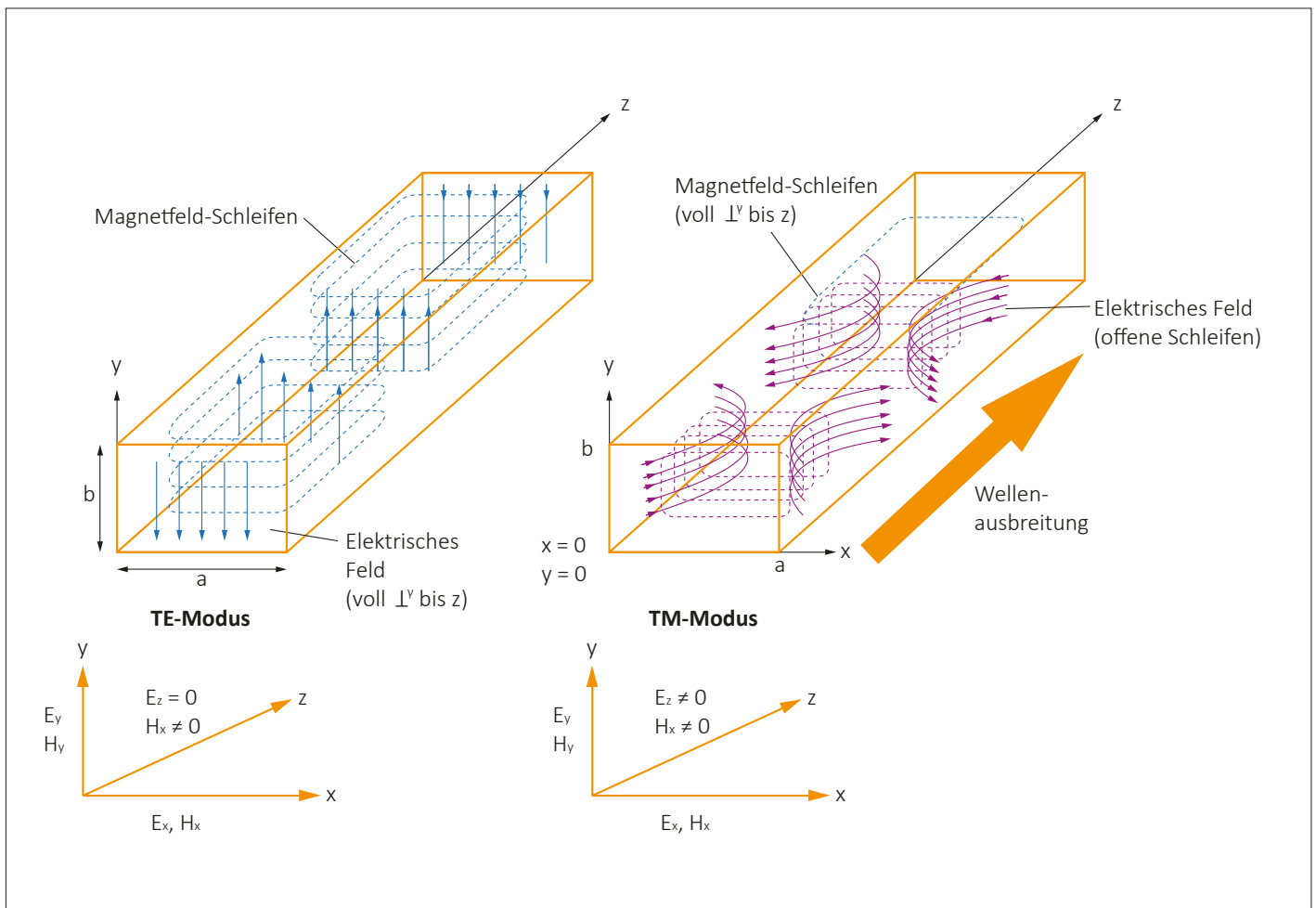
Herstellers ermittelt werden. Ein typischer Messaufbau eines Prüfings in Form eines Hohlleiters ist in der Aufmachergrafik dargestellt.

Die Analyse der Reflexionsparameter an der Eingangsklemme, z.B. S11, und der logarithmischen Polarität ist für passive Messobjekte wie Isolatoren, Richtkoppler, Filter usw. sehr wichtig. Sie zeigt, ob die Testfrequenz innerhalb oder außerhalb

der spezifizierten Grenzen liegt. Bestimmte Methoden wie z.B. das Tuning mit dielektrischem Material wie Teflon und Ferrit in den Hohlleitern helfen, die Reflexion zu reduzieren.

Referenzen

- [1] Prakash Kumar Chaturvedi: Mikrowellen-, Radar- und HF-Technik
- [2] A. J. Baden Fuller: Ferrite bei Mikrowellenfrequenzen ◀



TE- und TM-Mode-Wellenausbreitung [1]