

DIN EN 61338-1-5

ICS 31.140; 33.120.10

Einsprüche bis 2013-10-12

Entwurf

**Dielektrische Resonatoren vom Wellenleitertyp –
Teil 1-5: Allgemeine Informationen und Prüfbedingungen –
Messverfahren für die Leitfähigkeit an der Grenzfläche zwischen
Leiterschicht und dielektrischem Träger im
Mikrowellen-Frequenzbereich
(IEC 49/1055/CD:2013)**

Waveguide type dielectric resonators –
Part 1-5: General information and test conditions –
Measurement method of conductivity at interface between conductor layer and dielectric
substrate at microwave frequency
(IEC 49/1055/CD:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-08-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 37 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Mess- und zugehörige Parameter	7
4 Gleichungen zur Berechnung von R_i und σ_i	8
5 Vorbereitung der Prüflinge	11
6 Messgeräte und Messeinrichtung	12
6.1 Messgeräte	12
6.2 Messeinrichtung	12
7 Durchführung der Messung	13
7.1 Aufbau der Messgeräte und der Messeinrichtung	13
7.2 Messung des Bezugspegels	13
7.3 Durchführung der Messung von Q_U	13
7.4 Bestimmung von σ_i und Messunsicherheit	14
8 Beispiel für ein Messergebnis	15
Anhang A (informativ) Herleitung der Gleichung (4) für R_i	16
Anhang B (informativ) Unsicherheit bei der Berechnung der Parameter nach Bild 3	17
Literaturhinweise	18

Bilder

Bild 1 – Oberflächenwiderstand R_s , Oberflächenleitfähigkeit σ_s , Grenzflächenwiderstand R_i und Grenzflächenleitfähigkeit σ_i	6
Bild 2 – Dielektrischer $TE_{01\delta}$ -Moden-Stabresonator zur Ermittlung von σ_i	8
Bild 3 – Grafische Darstellung der Parameter f_0 , g , P_{rod} und P_{sub} für den Saphir-Bezugsstab – Berechnungsbedingungen: $\epsilon'_{rod} = 9,4$, $d = 10,00$ mm und $h = 5,00$ mm	10
Bild 4 – Grafische Darstellung der Parameter f_0 , g , P_{rod} und P_{sub} für den (Zr,Sn)TiO ₄ -Keramik-Bezugsstab – Berechnungsbedingungen: $\epsilon'_{rod} = 39$, $d = 14,00$ mm und $h = 6,46$ mm	11
Bild 5 – Schematische Darstellung der Messgeräte	12
Bild 6 – Schematische Darstellung der Messeinrichtung zur Ermittlung von σ_{fi}	13
Bild 7 – Frequenzgang des Saphir-Bezugsstabs mit zwei dielektrischen Trägern nach Bild 2	14
Bild 8 – Resonanzfrequenz f_0 , Einfügdämpfung IA_0 und Bandbreite bei halber Leistung f_{BW}	14

Tabellen

Tabelle 1 – Festlegungen für die Bezugsstäbe	9
Tabelle 2 – Nach dem Verfahren von IEC 61338-1-3 für die Bezugsstäbe ermittelte Messwerte von ϵ'_{rod} und $\tan \delta_{rod}$	15
Tabelle 3 – Nach dem Verfahren von IEC 62562 für einen LTCC-Prüfträger ermittelte Messwerte von ϵ'_{sub} und $\tan \delta_{sub}$	15

Tabelle 4 – Messergebnisse für σ_i und σ_{ri} einer Kupferschicht im LTCC-Träger mit $\varepsilon'_{\text{sub}} = 4,76$, $d' = 45$ mm und $t = 0,415$ mm	15
Tabelle B.1 – Mit der FEM und der strengen Analyse nach IEC 61338-1-3 berechnete Parameter für den TE_{011} -Moden-Resonator mit $\varepsilon'_{\text{rod}} = 9,4$, $d = 10,0$ mm und $h = 5,0$ mm.....	17
Tabelle B.2 – Berechnete Parameter f_0 , g , P_{rod} , P_{sub} , R_i , σ_i und σ_{ri} für den $\text{TE}_{01\delta}$ -Moden-Resonator mit $\varepsilon'_{\text{rod}} = 9,4$ und $9,3$ – Messbedingungen: $\varepsilon'_{\text{sub}} = 6,0$, $\tan \delta_{\text{sub}} = 0,001$, $t = 0,5$ mm und $Q_u = 6\,000$	17

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 49/1055/CD:2013 „Waveguide type dielectric resonators – Part 1-5: General information and test conditions – Measurement method of conductivity at interface between conductor layer and dielectric substrate at microwave frequency“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -selektion“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

**Dielektrische Resonatoren vom Wellenleitertyp –
Teil 1-5: Allgemeine Informationen und Prüfbedingungen –
Messverfahren für die Leitfähigkeit an der Grenzfläche zwischen Leiterschicht
und dielektrischem Träger im Mikrowellen-Frequenzbereich**

Einleitung

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) weist darauf hin, dass die Übereinstimmung mit diesem Komitee-Entwurf (CD = Committee Draft) die Verwendung von Patenten bedeuten kann, wobei die folgenden japanischen Patentnummern betroffen sind:

- P3634966;
- P3735501.

Die IEC nimmt keine Stellung zur Rechtmäßigkeit, zur Gültigkeit und zum Anwendungsbereich dieser Patentrechte.

Der Inhaber dieser Patentrechte hat der IEC zugesichert, dass er/sie bereit ist, über Lizenzen zu vernünftigen und nicht diskriminierenden Geschäftsbedingungen mit Antragstellern in der ganzen Welt zu verhandeln. In diesem Zusammenhang ist die Erklärung des Inhabers dieser Patentrechte bei der IEC registriert. Informationen sind erhältlich bei:

KYOCERA Corporation

6 Takeda Tobadono-cho, Fushimiku, Kyoto 612-5801, Japan

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments andere als die zuvor genannten Patentrechte berühren können. Die IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

ISO (www.iso.org/patents) und IEC (http://www.iec.ch/tctools/patent_decl.htm) unterhalten Datenbanken zu Patenten, die für ihre Normen relevant sind. Normanwender werden aufgefordert, die Datenbanken hinsichtlich der aktuellsten Informationen zu Patenten heranzuziehen.

1 Anwendungsbereich

Mikrowellenschaltungen werden im Allgemeinen auf organischen oder nicht organischen Mehrlagensubstraten gebildet. Die Dämpfung der planaren Wellenleiter, z. B. Streifenleitungen, Mikrostreifenleitungen und Koplanarleitungen, in Mikrowellenschaltungen wird durch ihre Leiterverluste, dielektrischen Verluste und Strahlungsverluste bestimmt. Dabei spielen die Leiterverluste eine entscheidende Rolle bei der Dämpfung der planaren Wellenleiter. Zur Bewertung der Leitfähigkeit von Wellenleitern auf oder in den Trägern, z. B. organischen, keramischen oder LTCC-(Niedertemperatur-Einbrand-Keramik-)Trägern, ist ein neues Messverfahren erforderlich.

In IEC 61338-1-3 wird das Messverfahren für den Oberflächenwiderstand R_s und die effektive Leitfähigkeit σ auf der Leiteroberfläche beschrieben. Die Leitfähigkeit σ wird in diesem Dokument mit dem Formelzeichen σ_s ausgedrückt und als Oberflächenleitfähigkeit bezeichnet (siehe Bild 1). In diesem Dokument wird ein Verfahren zur Messung des Widerstands und der effektiven Leitfähigkeit an der Grenzfläche zwischen Leerschicht und dielektrischem Träger, R_i bzw. σ_i , die als Grenzflächenwiderstand bzw. Grenzflächenleitfähigkeit bezeichnet werden, beschrieben.

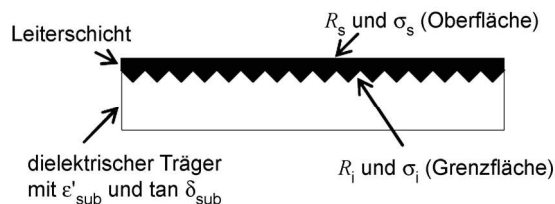


Bild 1 – Oberflächenwiderstand R_s , Oberflächenleitfähigkeit σ_s , Grenzflächenwiderstand R_i und Grenzflächenleitfähigkeit σ_i

Bei Wellenleitern in den Trägern konzentriert sich der elektrische Strom an der Grenzfläche zwischen Leerschicht und dielektrischem Träger, da die Eindringtiefe δ in den Leiter bei Mikrowellenfrequenzen im Bereich von μm der Leiterdicke liegt. In Mikrostreifenleitungen konzentriert sich der elektrische Strom eher an der Grenzfläche als an der äußeren Fläche des Leiters. Zudem weist die Grenzflächenseite der Kupferfolie in kupferkaschierten organischen Trägermaterialien eine raue Struktur auf, um eine gute Haftfestigkeit zu gewährleisten. In LTCC-Trägern hat die Grenzfläche zwischen Leiter und Keramik, in Abhängigkeit vom Einbrandverfahren und von der Materialzusammensetzung, eine raue Struktur. Die Leiterverluste hängen von den Grenzflächenbedingungen ab. Für die Konstruktion von Mikrowellenschaltungen und zur Verbesserung des Leiterfertigungsprozesses ist daher die Bewertung von R_i und σ_i entscheidend.

Dieses Messverfahren weist die folgenden Merkmale auf:

- Der Grenzflächenwiderstand R_i wird aus den Messwerten der Resonanzfrequenz f_0 und der Leerlaufgüte Q_u eines dielektrischen $\text{TE}_{01\delta}$ -Moden-Stabresonators nach Bild 2 bestimmt.
- Die Grenzflächenleitfähigkeit σ_i und die relative Grenzflächenleitfähigkeit $\sigma_{ri} = \sigma_i / \sigma_0$ werden aus dem Messwert von R_i berechnet, wobei $\sigma_0 = 5,8 \times 10^7 \text{ S/m}$ die Leitfähigkeit von Standardkupfer ist.
- Die Messunsicherheit für σ_{ri} ($\Delta\sigma_{ri}$) beträgt weniger als 5 %.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 61338-1-3, *Waveguide type dielectric resonators – Part 1-3: General information and test conditions – Measurement method of complex relative permittivity for dielectric resonator materials at microwave frequency*

IEC 62562, *Cavity resonator method to measure the complex permittivity of low-loss dielectric plates*

3 Mess- und zugehörige Parameter

Die Beziehung zwischen R_s und σ_s wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi f_0 \mu}{\sigma_s}}, \quad \sigma_s = \sigma_{rs} \sigma_0 \quad (1)$$

Dabei ist

R_s der Oberflächenwiderstand;

f_0 die Resonanzfrequenz;

μ die Permeabilität des Leiters;

σ_s die Oberflächenleitfähigkeit;

σ_{rs} die relative Oberflächenleitfähigkeit.

Vor allem bei nicht magnetischen Leitermaterialien wie Kupfer und Silber ist μ gleich μ_0 ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m).

Die Beziehung zwischen R_i und σ_i wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$R_i = \sqrt{\frac{\pi f_0 \mu}{\sigma_i}}, \quad \sigma_i = \sigma_{ri} \sigma_0 \quad (2)$$

Dabei ist

R_i der Grenzflächenwiderstand;

σ_i die Grenzflächenleitfähigkeit;

σ_{ri} die relative Grenzflächenleitfähigkeit.

Die Eindringtiefe δ ist gegeben durch:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}} \quad (3)$$

Dabei ist

f die Frequenz;

σ die Leitfähigkeit des Leiters.

Um bei diesem Verfahren eine hohe Messgenauigkeit zu erzielen, muss die relative Grenzflächenleitfähigkeit des Leiters σ_{ri} vorzugsweise mehr als 5 % betragen und die Dicke des Leiters dreimal größer als die Eindringtiefe δ sein. Die Messfrequenzen werden in diesem Dokument aufgrund der verwendeten dielektrischen Bezugsstäbe auf 5 GHz und 13 GHz begrenzt.

4 Gleichungen zur Berechnung von R_i und σ_i

In Bild 2 ist der Aufbau eines dielektrischen $TE_{01\delta}$ -Moden-Stabresonators zur Ermittlung von R_i dargestellt. Der Resonator besteht aus einem dielektrischen Stab und einem dielektrischen Trägerpaar, das jeweils auf einer Seite mit einer Leerschicht versehen ist. Der dielektrische Stab hat einen Durchmesser d , eine Höhe h , eine relative Permittivität ϵ'_{rod} und einen Verlustfaktor $\tan \delta_{rod}$. Die beiden dielektrischen Träger haben dieselben Werte hinsichtlich des Durchmessers d' , der Dicke t , der relativen Permittivität ϵ'_{sub} und des Verlustfaktors $\tan \delta_{sub}$. Zur Verminderung des Strahlungsverlustes muss der Durchmesser d' dreimal größer sein als d . Die Leerschichten auf den dielektrischen Trägern sollen denselben R_i -Wert haben.

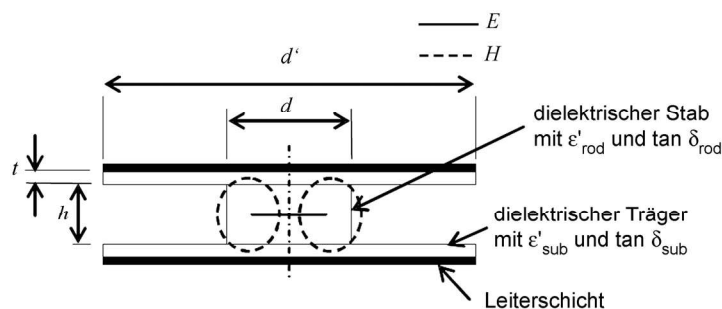


Bild 2 – Dielektrischer $TE_{01\delta}$ -Moden-Stabresonator zur Ermittlung von σ_i

Bei diesem Aufbau werden die Leiterrverluste des $TE_{01\delta}$ -Moden-Resonators durch den Grenzflächenwiderstand R_i verursacht. Der Wert von $1/Q_u$ ist durch eine Summe von R_i -, $\tan \delta_{rod}$ - und $\tan \delta_{sub}$ -bedingten Leistungsverlusten gegeben:

$$\frac{1}{Q_u} = \frac{R_i}{g} + P_{rod} \tan \delta_{rod} + P_{sub} \tan \delta_{sub} \quad (4)$$

Dabei ist

g der Formfaktor des Resonators (Ω);

P_{rod} der Füllfaktor der elektrischen Teilenergie des dielektrischen Stabs;

P_{sub} der Füllfaktor der elektrischen Teilenergie des dielektrischen Trägers.

Die Gleichung für R_i wird aus Gleichung (4) abgeleitet:

$$R_i = g \left(\frac{1}{Q_u} - P_{rod} \tan \delta_{rod} - P_{sub} \tan \delta_{sub} \right) \quad (5)$$

Der Wert für σ_i wird aus diesem R_i -Wert mithilfe von Gleichung (2) berechnet.

Die Herleitung der Gleichung (4) sowie die Bestimmung der Parameter g , P_{rod} und P_{sub} sind in Anhang A beschrieben. Diese Parameter des $TE_{01\delta}$ -Moden-Resonators können nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) oder dem Modenanpassungsverfahren berechnet werden. Die Berechnung aber ist kompliziert und mühsam. Um das Verfahren einfach und leicht zu gestalten, wird in diesem Dokument empfohlen, die für die Parameter der dielektrischen Bezugsstabresonatoren – ein Saphir-Einkristall- und ein $(Zr,Sn)TiO_4$ -Keramik-Resonator – (siehe Tabelle 1) erstellten grafischen Diagramme zu verwenden. Der $(Zr,Sn)TiO_4$ -Keramikstab ist beim Japan Fine Ceramics Center erhältlich. Die in den Bildern 3 und 4 grafisch dargestellten Parameter f_0 , g , P_{rod} und P_{sub} der Bezugsstäbe wurden mit der FE-Methode berechnet und in einem zylindrischen Koordinatensystem analysiert. Angaben zur Unsicherheit bei der Berechnung der Parameter sind in Anhang B enthalten.

Zur Berechnung von R_i in Gleichung (5) müssen zuvor die Werte für die komplexe Permittivität des dielektrischen Stabs und des dielektrischen Trägers angegeben werden. Die Werte für ϵ'_{rod} und $\tan \delta_{\text{rod}}$ werden nach dem in IEC 61338-1-3 beschriebenen Verfahren für die komplexe Permittivität von dielektrischen Stabresonatoren gemessen. Die Werte für ϵ'_{sub} und $\tan \delta_{\text{sub}}$ können mithilfe des Hohlraumresonanzverfahrens nach IEC 62562 ermittelt werden.

Tabelle 1 – Festlegungen für die Bezugsstäbe

Bezugsstab	f_0 GHz	ϵ'_{rod}	$\tan \delta_{\text{rod}}$	Durchmesser d mm	Höhe h mm
Saphir-Einkristall	13	$9,4 \pm 0,1$	13×10^{-6}	$10,00 \pm 0,05$	$5,00 \pm 0,05$
(Zr,Sn)TiO ₄ -Keramik	5	39 ± 1	$< 10 \times 10^{-4}$	$14,00 \pm 0,05$	$6,46 \pm 0,05$

ANMERKUNG 1 Die Achse des Saphirstabs sollte mit einer Genauigkeit von 0,3 Grad parallel zur c-Achse liegen.

ANMERKUNG 2 Der dielektrische Bezugsstab aus (Zr,Sn)TiO₄-Keramik ist beim JFCC (Japan Fine Ceramics Center) unter der Bezeichnung ER-ZST erhältlich.

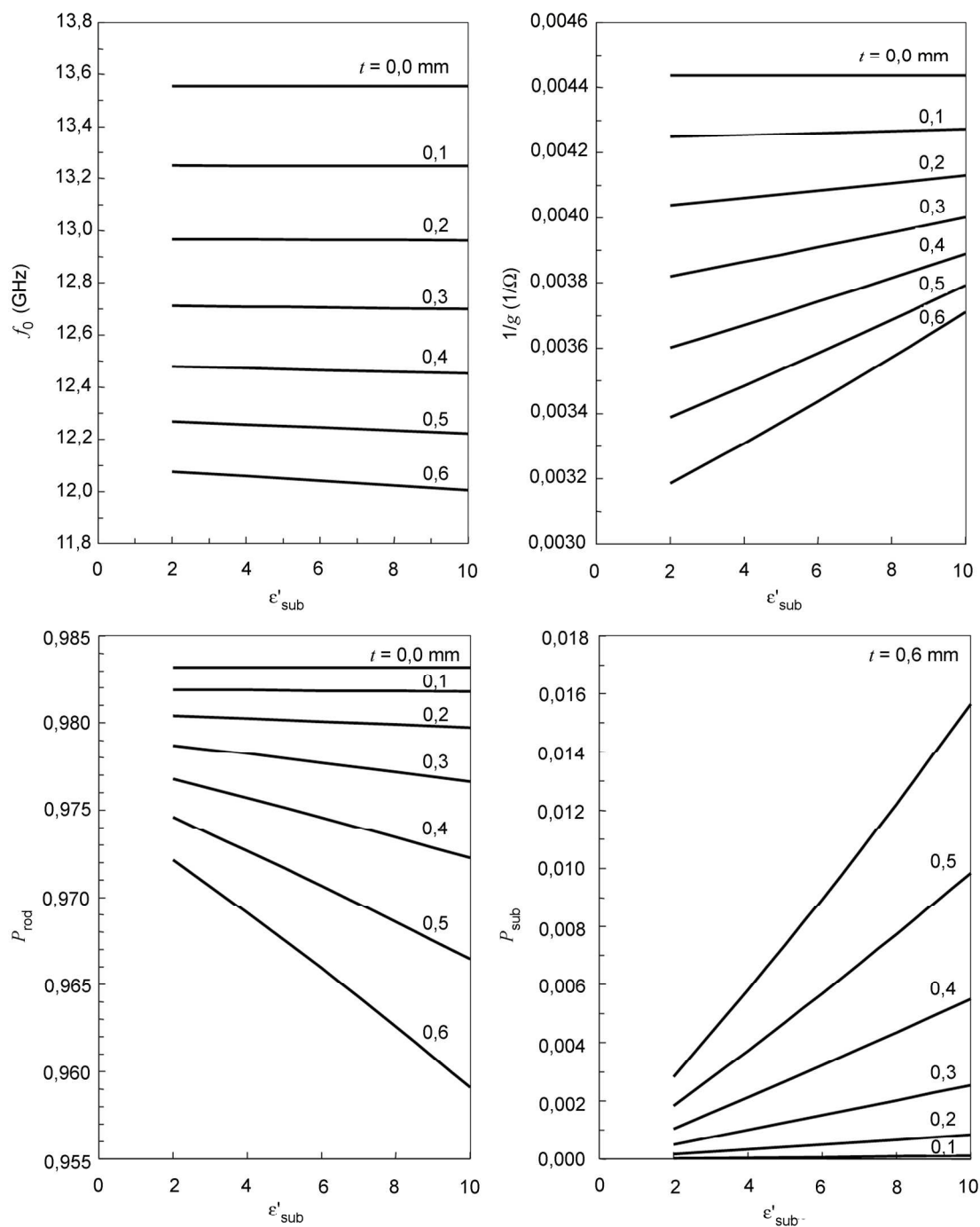


**Bild 3 – Grafische Darstellung der Parameter f_0 , g , P_{rod} und P_{sub} für den Saphir-Bezugsstab –
Berechnungsbedingungen: $\epsilon'_{\text{rod}} = 9,4$, $d = 10,00$ mm und $h = 5,00$ mm**

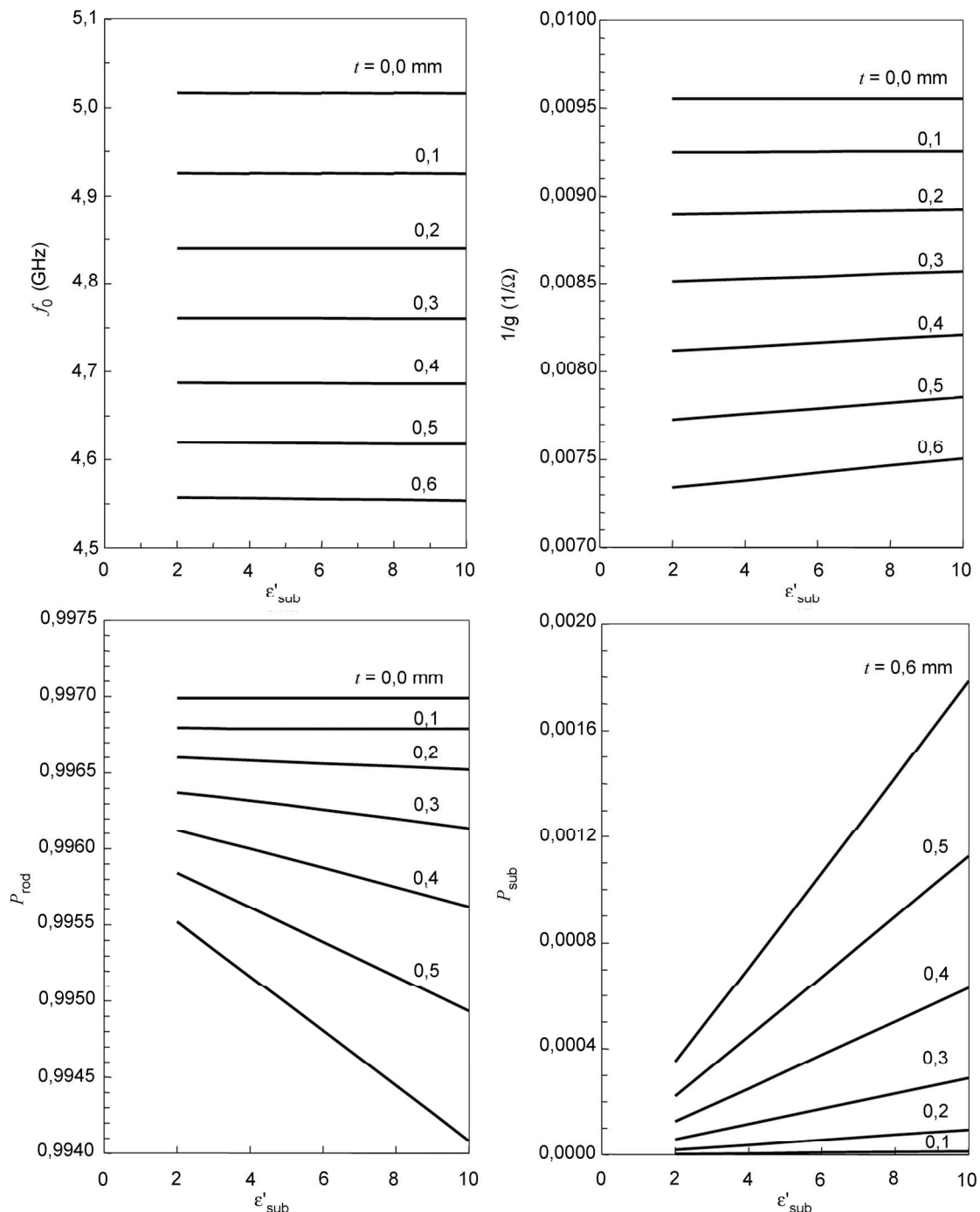


Bild 4 – Grafische Darstellung der Parameter f_0 , g , P_{rod} und P_{sub} für den (Zr,Sn)TiO₄-Keramik-Bezugsstab – Berechnungsbedingungen: $\epsilon'_{\text{rod}} = 39$, $d = 14,00$ mm und $h = 6,46$ mm

5 Vorbereitung der Prüflinge

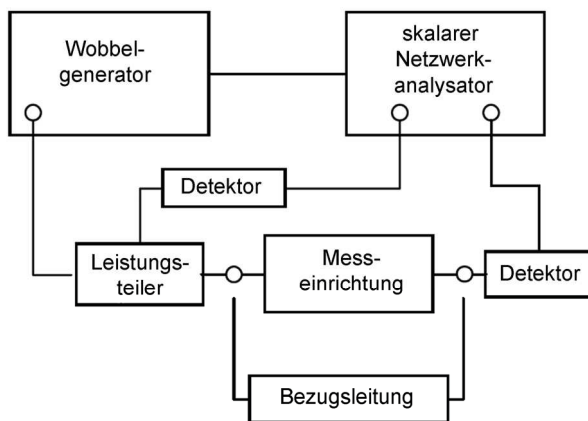
Für die Ermittlung von σ_{fi} werden zwei Prüflinge der dielektrischen Träger mit je einem Leiter auf einer Seite vorbereitet. Die Dicke des Leiters t_c muss dreimal größer als die Eindringtiefe δ sein. Der Wert von δ beträgt bei 5 GHz 0,9 μm für Kupfer und 1,7 μm für Wolfram. Der Durchmesser d' des dielektrischen Trägers muss dreimal größer als der Durchmesser d des dielektrischen Bezugsstabs sein. Bei praktischen Messungen werden dielektrische Träger beliebiger Form mit einem Durchmesser, der größer als $3 \times d$ ist, verwendet. Ein Biegen des Prüflings führt zum Messfehler bei der Ermittlung von σ_{fi} . Eine Träger/Leiter/Träger-

Schichtstruktur, bei der der Leiter zwischen zwei dielektrischen Trägern gebildet wird, verhindert wirksam ein Verbiegen des Prüflings.

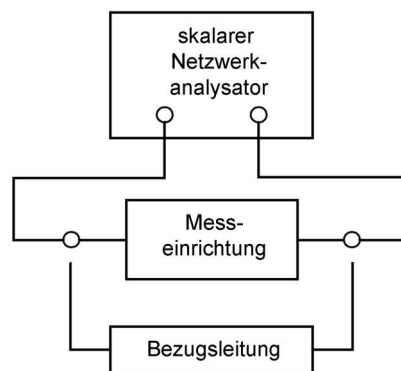
6 Messgeräte und Messeinrichtung

6.1 Messgeräte

Bild 5 zeigt eine schematische Darstellung zweier Messsysteme. Für die Messung der Leerlaufgüte Q_u des Resonators zur Berechnung von σ_{ri} wird nur die Angabe der Amplitude der übertragenen Leistung benötigt, das heißt, dass Informationen über den Phasenverlauf des übertragenen Signals nicht erforderlich sind. Für die Messung kann daher ein skalarer Netzwerkanalysator nach Bild 5(a) verwendet werden. Ein Vektor-Netzwerkanalysator nach Bild 5(b) aber weist aufgrund seines großen Dynamikbereichs eine höhere Messgenauigkeit als ein skalarer Netzwerkanalysator auf.



5(a) Skalarer Netzwerkanalysator



5(b) Vektor-Netzwerkanalysator

Bild 5 – Schematische Darstellung der Messgeräte

6.2 Messeinrichtung

In Bild 6 ist eine Messeinrichtung zur Ermittlung von σ_{ri} dargestellt. Der dielektrische Bezugsstab wird zwischen zwei dielektrischen Trägern, die auf jeweils einer Seite mit einem Leiter versehen sind, angeordnet. Die beiden Träger werden so ausgerichtet, dass sie parallel zueinander liegen.

Die beiden halbstarren Koaxialkabel haben an ihrer Spitze je eine kleine Schlaufe. Es werden halbstarre Kabel mit einem Außendurchmesser von 1,2 mm empfohlen. Die beiden Schleifen weisen denselben Durchmesser auf und ihre Länge muss kleiner als die Viertelwellenlänge der Messfrequenz sein. Für praktische Messungen bei Frequenzen um 10 GHz wird ein Schlaufendurchmesser von 1 mm bis 2 mm empfohlen. Die Schlaufenebene wird parallel zu den dielektrischen Trägern ausgerichtet, um die Anregung der unerwünschten TM-Mode zu unterdrücken. Die Kabel können nach rechts und links bewegt werden, um die Einfügungsdämpfung IA_0 bei f_0 auf ungefähr 30 dB einzustellen (wie in Bild 8 dargestellt). Für IA_0 wird ein Wert zwischen 20 dB und 30 dB empfohlen, um die durch die Koppelschleife verursachten Feldstörungen sowie den Einfluss von Rauschen auf die vom Netzwerkanalysator aufgezeichnete Resonanzkurve zu verringern.

Eine aus einem halbstarren Kabel bestehende Bezugsleitung, wie in Bild 6 dargestellt, wird zur Messung des gesamten Übertragungsleistungspegels, d. h. des Bezugspegels nach Bild 8, verwendet. Die Länge dieser Leitung entspricht der Summe der Längen der beiden mit einer Schlaufe versehenen Kabel.