Ihre Korrekturfahne!

Sehr geehrter Autor, liebe Autorin!

Anbei senden wir Ihnen die Korrekturfahne für Ihren Artikel mit der Bitte um Prüfung. Bitte prüfen Sie Text, aber auch alle Bilder, Bildunterschriften und Tabellen, sofern vorhanden. Es kann vorkommen, dass im „Eifer des redaktionellen Gefechts" Bilder versehentlich vertauscht wurden. Sollten Sie uns Handskizzen eingereicht haben prüfen Sie bitte, ob unsere Zeichnerin diese korrekt umgesetzt hat.

Sollten Sie noch Änderungswünsche haben, teilen Sie uns diese bitte bis zum Ende April mit. Alternativ gehen wir von Ihrer Druckfreigabe und der Autorisierung der vorliegenden Form aus.

Im Falle von Textänderungen bitten wir um präzise sowie umgehend verständliche Anweisungen, welche Textstelle wie zu ändern ist. Bitte vermeiden Sie lange Abhandlungen und inhaltliche Erklärungen von Korrekturanweisungen, diese erhöhen den Korrekturaufwand unnötig! Eine direkte Information in der Form „Seite X, Spalte Y, Stelle Z ändern von ... in ..." genügt! So haben wir die Möglichkeit, Ihre Wünsche schnell und vor allem fehlerfrei umzusetzen.

Bitte beachten Sie, dass Sie sich mit Einsenden des Manuskriptes mit redaktioneller Bearbeitung einverstanden erklärt haben. Weiterhin haben Sie damit auch unsere Autorenhinweise unter http://www.darc.de/mitglieder/cq-dl/hinweise-fuer-autoren/ akzeptiert.

Sollte ein Artikel nicht in Ihrem Sinne umgesetzt worden sein, kommen Sie bitte auf uns zu, wir finden eine Lösung! Bitte haben Sie aber auch Verständnis dafür, das die Redaktion mit ihrem Lektoratsprozess den „ersten Testleser" darstellt. Sollten wir Redundanz oder Umstimmigkeiten entdecken, ist es unsere Aufgabe dem Leser gegenüber, Sie bei der Artikel-Gestaltung zu Unterstützen.

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Ihre Redaktion CQ DL

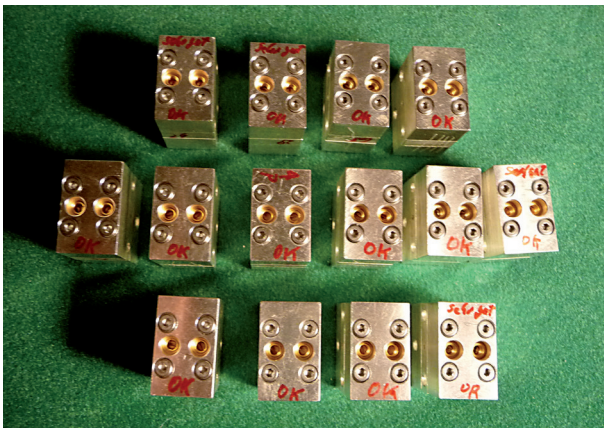
05-0xx, GERÄTE/blau, Frank
ARTIKEL/BFREI, IK / , AK: DL2AM

Anfertigen und Vermessen

Steilflankige Zweikammerfilter für 76 GHz

Philipp Prinz, DL2AM

Des öfteren fragten mich GHz-Freunde nach meinen zuletzt gelieferten 76-GHz-Bandfiltern. Nun habe ich wieder versucht, diese Filter anfertigen zu lassen.



Es ist eine immense Arbeit. Die letzten 20 76-GHz-Filter hat Hubert Krause mir noch angefertigt. Wir haben diese damals aus zwei Teilen gefertigt. Diese Filter sind notwendig, um bei 76-GHz-Transvertern mit Verstärker mehr Leistung auf dem oberen Seitenband zu erreichen, wenn die DSB-Leistung des Mischers mit nachgeschaltetem Filter bis zur Sättigung des Verstärkers angehoben werden kann. Gleichzeitig gibt es einen wesentlich besseren Rauschabstand **(Bild 1)**.

Nun wollte ich es wissen, ob diese auch bei einfacherer Herstellung aus drei Teilen auch funktionieren.

Zielstellung

Ich wollte wieder die Werte von USB = –35 dB, LO minimal –30 dB und ein Loss von 3 bis 4 dB für eine ZF von 144 MHz erreichen. Mir war klar, dass diese Anordnung durch eine Press-Stelle mehr wohl eine Veränderung bringt. Aus der Literatur können die Maße für Zylinder-Kavitäten festgestellt werden [4]. Wenn die f_o (oberes Seitenband) 76,032 GHz ist, dann ist der errechnete Cavity-Durchmesser 5,6 mm (f_o/D = SQR aus 180.000 = 424,2 GHz/mm). Das heißt einfach 424,2 GHz / 76,032 GHz = 5,579 mm Durchmesser, und die Höhe sollte D/L = 1,44 sein. Mit dieser Höhe bin ich schon mit den ersten Filtern vor vier Jahren nicht zurechtgekommen. Ich wählte D/L = 1,25.

Durchführung der Arbeiten

Die ersten zwei Filtergehäuse mit vier Cavity-Teilen fertigte Guido Windscheif [5]. Ich bearbeitete diese noch für den Tuning-Einbau und Iris-Blende nach. Die zwei Durchmesser vom Ein- und Ausgang des Filters machte ich wieder 1,4 mm und die innere Iris (Koppel-Bohrung), die die Verbindung zu den zwei Kammern herstellt, 1,14 mm groß **(Bild 2)**.

Auch besorgte ich mir sechs Maschinen-Reibahlen von den Größen 5,4 bis 5,8 mm und eine mit 5,65 mm Durchmesser, um die errechneten Angaben selbst prüfen zu können. Bei den Reibahlen war das Problem, dass diese keinen kegeligen Anschnitt hatten. Bei diesen Größen gibt es keine verstellbaren Reibahlen.

Mit der größten Stärke von 4,6 mm des Cavity-Teils und einer Bohrung von 5,3 mm Durchmessers begann ich die ersten Versuche. Ich polierte die Cavity-Teile und versilberte diese chemisch mit aufreibbarem Silber **(Bild 3)**.

Schrauben und messen

An Ein- und Ausgang des Filters schraubte ich einen Isolator für 76 GHz WR 12 an. Mit diesen Maßen war auf 76,032 GHz kein schmalbandiger Mod zu finden. Im besten Fall war die LO-Frequenz nur –15 dB unterdrückt und das Loss war 8 dB bei OSB.

Mit einer planen Schlichtfeil-Platte habe ich das Cavity-Teil dünner gemacht auf

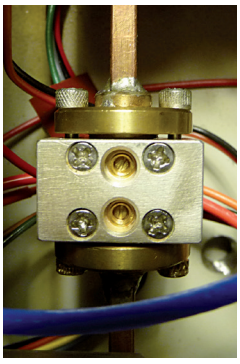


Bild 1: Schmalbandiges Filter für 76 GHz in einem Transverter

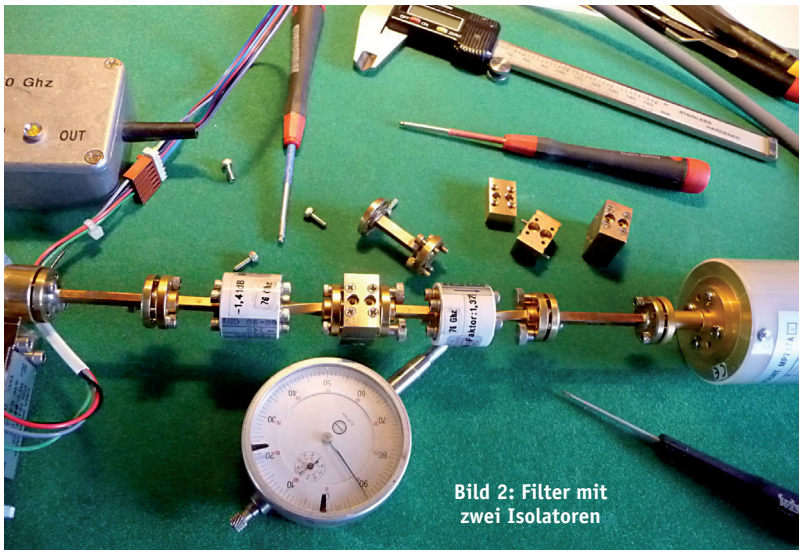


Bild 2: Filter mit zwei Isolatoren

Zur Person

Philipp Prinz, DL2AM
Jahrgang 1939, Amateurfunkgenehmigung seit 1967
Ausbildung als Technischer Zeichner, Mechanikermeister, Pädagogik für Lehrlingsausbildung, Refa-Ausbildung, seit 1980 Modultechnik, Herstellung und Vertrieb von Linears bis 2003

Anschrift:
Riedweg 12
88299 Leutkirch
prinz.dl2am@t-online.de
www.dl2am.de

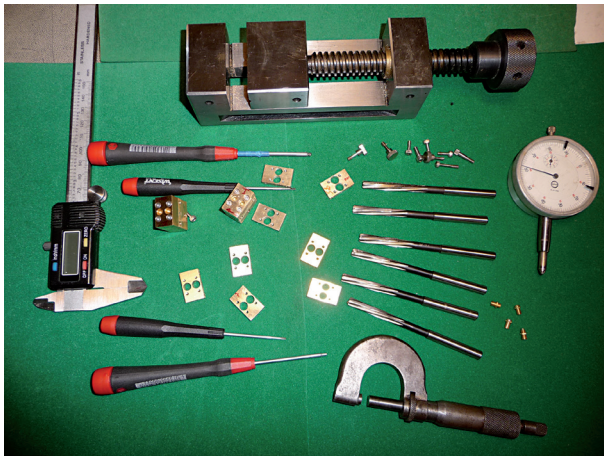


Bild 3: Werkzeuge zum Nacharbeiten der Filter

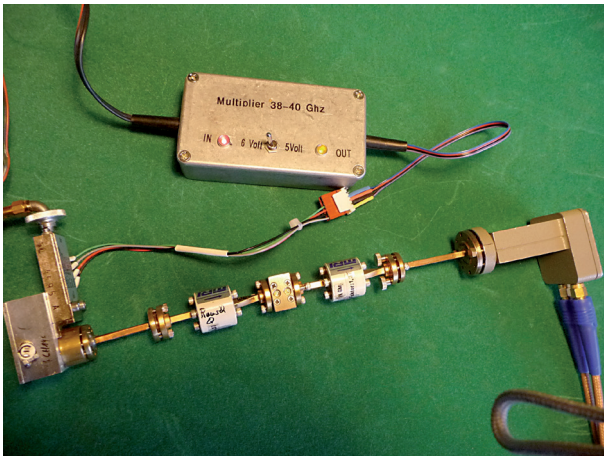


Bild 5: Messanordnung für diese Filter

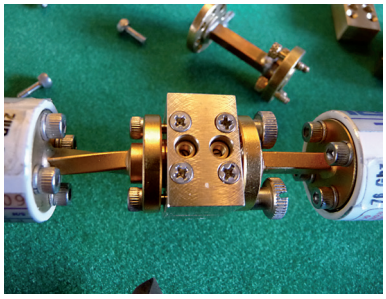


Bild 4: Zu tief eingeschraubte Tuning-Elemente

4,5 mm, zusammengeschraubt und wieder gemessen. Es war noch nicht besser. So ging es zehn Tage lang, ohne ein vernünftiges Ergebnis zu erhalten. Guido Windscheif fertigte mir nochmals sechs Cavity-Teile, und die Arbeit ging weiter. Wenn die Tuning-Abgleich-Stifte zu weit in das Cavity ragen, ist das Loss immer zu hoch. Da ist die HF gestört. Ideal sind 0,2 bis 1 mm Tiefe. Und wenn die Tuning-Elemente zu oft gedreht werden, verlieren sie an Güte. Da fließt doch ein hoher HF-Strom **(Bild 4)**.

Inzwischen hatte ich schon wunde Finger von dem vielen Schrauben. Ich denke, dass ich doch weit mehr als 50 Mal alles zusammen- und auseinandergeschraubt habe. Auch möchte ich erwähnen, dass beim Reindrehen der Tuning-Schrauben die Frequenz höher wird und schon beim Verdrehen von ¼ Grad diese danebenliegt.

Jetzt bin ich bei 4,28 mm Filterhöhe und einem Durchmesser von 5,7 mm angekommen. Die Ein- und Auskoppelbohrung blieb bei 1,4 mm und die Iris bei 1,14 mm. Mir ist aufgefallen, dass die Größe der Iris wesentlich die Durchlass-Bandbreite der Filter beeinflusst.

Diese Maße kommen den oben angestrebten Werten am nächsten.

Versilbert wurde mit 5 µm Schichtstärke, das sollte mehr als gut sein für 76 GHz, da die Skin-Eindringtiefe bei Silber bei dieser Frequenz ca. 0,3 µm sein wird **(Bild 5)**.

Alle Messungen habe ich dokumentiert. Mein großer Dank geht an HP, denn diese Messgeräte HP-8563 E, HP-7673 B, HP-83650 L und Anritsu ML 83 mit HL-Messköpfen haben alles gut überstanden.

Durch das Versilbern hat sich die f_o nicht geändert, aber das Loss ist um 1,1 dB besser geworden. Ich denke, bei dieser galvanischen Versilberung ist der Kontakt zu Messing viel besser als bei der einfachen Aufreibe-Versilberung.

Fazit

Die Vorgaben habe ich voll erfüllt. Ein 76-GHz-Filter hatte 2,6 dB Loss und das zweite 2,7 dB.

Diese Messungen sind nur mit einem Spektrum-Analyzer präzise möglich, noch besser wäre ein Network Analyzer mit den nötigen HL-Messköpfen. Die Mühe hat sich gelohnt.

CQ DL

Literatur und Bezugsquellen

- [1] P. Prinz, DL2AM: „76-GHz-Wendeverstärker“, CQ DL 2/10
- [2] P. Prinz, DL2AM: „76-GHz-Wendeverstärker“, Dubus 3/09
- [3] P. Prinz, DL2AM: „76-GHz-Wendeverstärker“, Dubus Technik 9
- [4] IW2ACD, Dubus-Buch 12, S. 212
- [5] www.windscheif-cnc.de

Tipps&Tricks

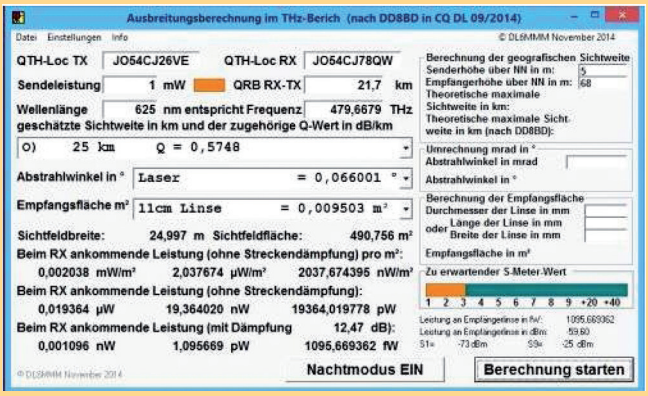
THZPROPAGATION für Windows

Mein BASIC-Programm „THZPROPAGATION“ – s. CQ DL 9/14 – wurde dankenswerterweise durch Norbert Friedrichs, DL6MMM, als ausführbares Programm in deutscher Sprache für moderne Windows-Versionen umgearbeitet und durch neue Features wie u.a. ein Balken-S-Meter und eine Locatorberechnung erweitert. Das Programm findet man auf seiner Webseite www.friedrichs-n.de unter Downloads mit der Überschrift „Berechnungen zur THz-Ausbreitung - THz Propagation“.

Es kann unter www.friedrichs-n.de/THz_Ausbreitung_install.exe heruntergeladen werden.

Nach der Installation des Programmes steht auch die Datei „Ausbreitungsberechnung im THz-Bereich.pdf“ zur Verfügung.

Wolfgang Demmer, DD8BD



Norbert Friedrichs, DL6MMM, setzte das BASIC-Programm „THZPROPAGATION“ von DD8BD für Windows um