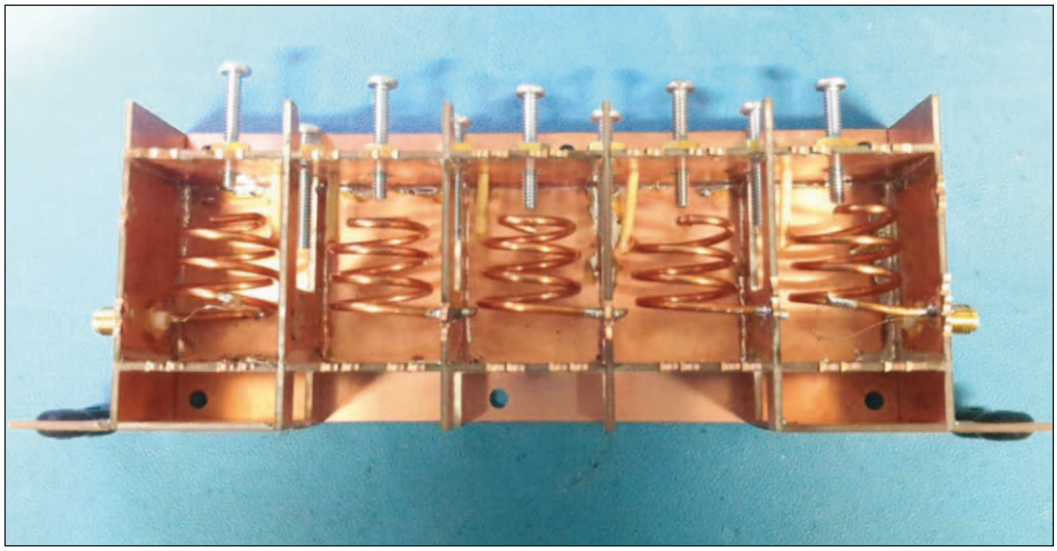
NI AWR Software in Aktion:

Entwicklung hohlraumbasierter Helical-Resonator-Bandpassfilter mit parametrierter Projektvorlage (Teil 3 und Schluss)

Dieser abschließende Teil behandelt die Aspekte der Fertigungs des Filters einschließlich Tuning und Simulation.



Es stellt sich heraus, dass ein solches Cavity-Filter nicht nur sehr hohe Güten erreicht, die direkt Einfluss auf die Selektivität haben, sondern auch günstig hergestellt werden kann. Das Software-Werkzeug NI AWR Design Environment inklusive des Simulators Analyst 3D EM hat sich sich als hervoragender Assistent erwiesen.

Die Hohlräume des Filters und ihre Einschlüsse wurden mit einer PCB-Milling-Maschine des Herstellers LPKF unter Nutzung zweier separater Panels hergestellt. Die hierarchisch parameterisierten Elemente dienten dazu, die Fabrikationsordner gemäß Bild 14 zu erstellen.

In Bild 15 sieht man die Panelgestaltung aus Microwave Office. Das war die Basis, um die Vorschnitte für die Hohlräume, Wände und Schlitze und das Gehäuse auszuführen. Die resultierenden Hohlraumblocks wurden dann gefertigt, wovon Bild 16 einen Eindruck vermittelt. Die Montage erfolgte similar, um eine planare Oberfläche zu sichern. Die Spulen der Resonatoren wurden auf einem mit einem 3D-Drucker hergestellten Plastikkörper aus solidem Draht gewickelt. Die Abschlussmontage bestand darin, die Spulen und die Abstimmschrauben einzusetzen. Ein hölzerner Dübel sicherte die Enden der Spulen mechanisch. Im Aufmacherbild ist das zusammengebaute 380-MHz-Filter zu sehen. Bild 17 zeigt es zusammen mit dem 215- und dem 540-MHz-Bandpass, bereits als Teile einer schaltbaren Filterbank.

Die fertig montierten Filter müssen vor ihrem Einsatz abgestimmt werden. Dies erfolgte für jedes komplette Filter mit der gleichen Methode wie im Simulationsmodell benutzt. Dabei wurde das Verhalten der Gruppenlaufzeit von

Microwave Office in den Vector-Netzwerkanalysator (VNA) exportiert, wobei auch die Abstimmschablone zum Einsatz kam. Alle Resonatoren wurden zunächst durch Kurzschließen mit ihrer zugehörigen Abstimmschraube verstimmt. Der Abgleich erfolgte, indem

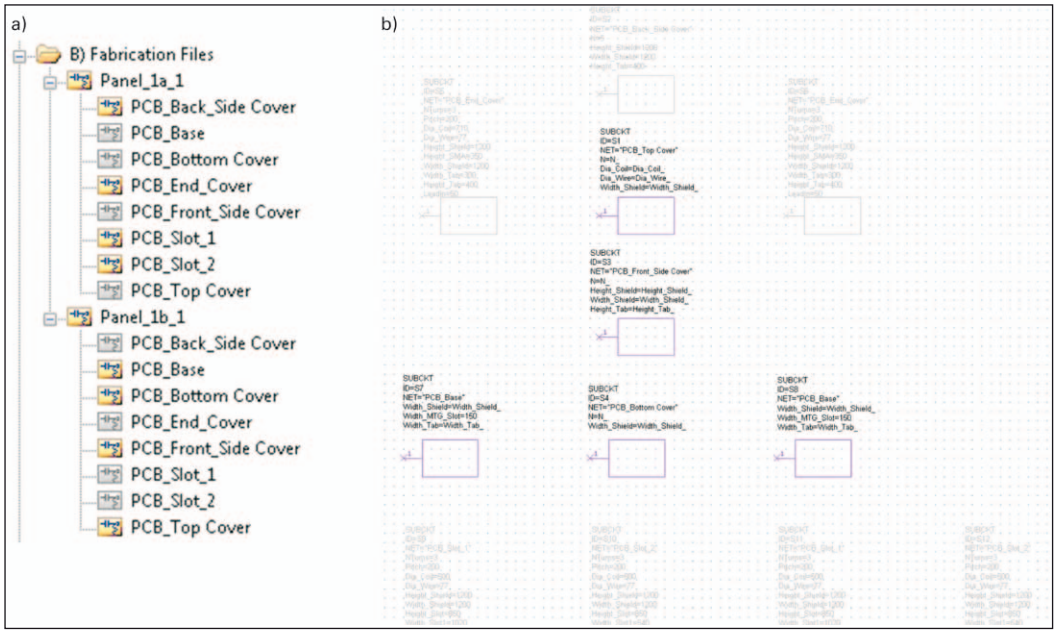


Bild 14: Hierarchie für die PCB-Aufteilung (Panelization)

Quelle: Application Note „Cavity-Based Helical Resonator Bandpass Filters Designed With Parameterized Project Template in NI AWR Software“ frei übersetzt und leicht gekürzt von FS

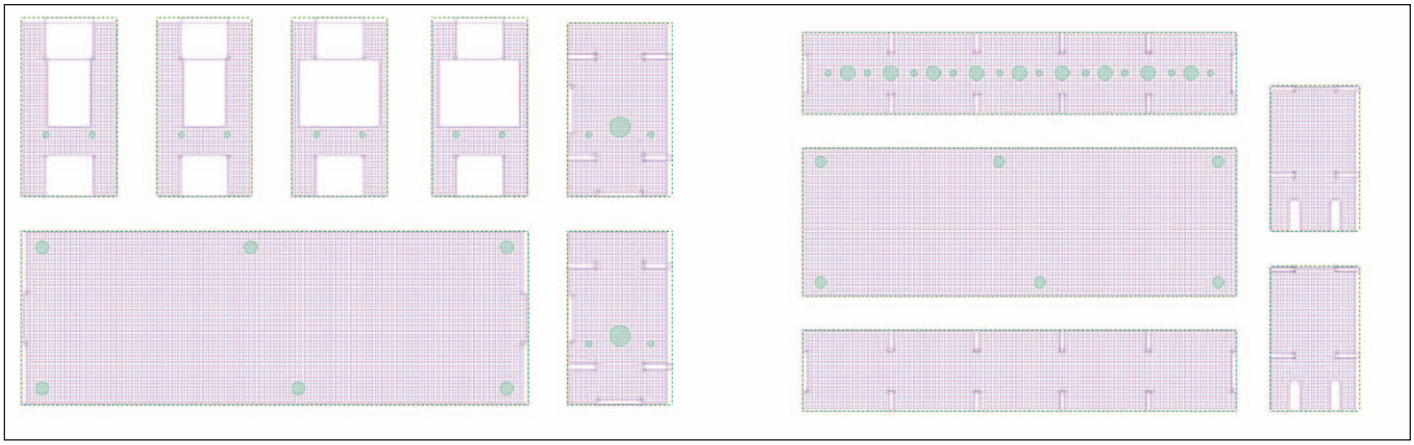


Bild 15: Das komplette Ergebnis des Designs der einzelnen PCB-Teile

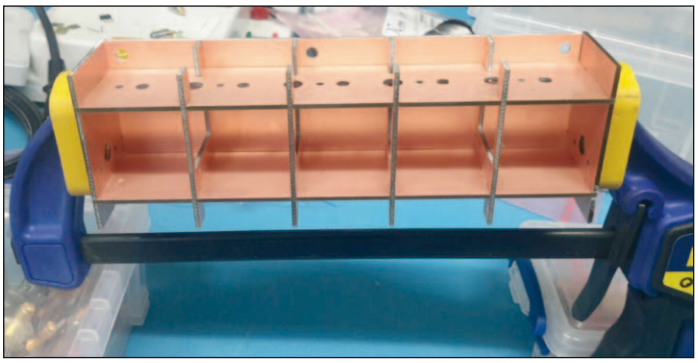


Bild 16: Ansicht der fixierten und zum Filter zusammengefügten vorgeschnittenen Teile aus dem Material FR4

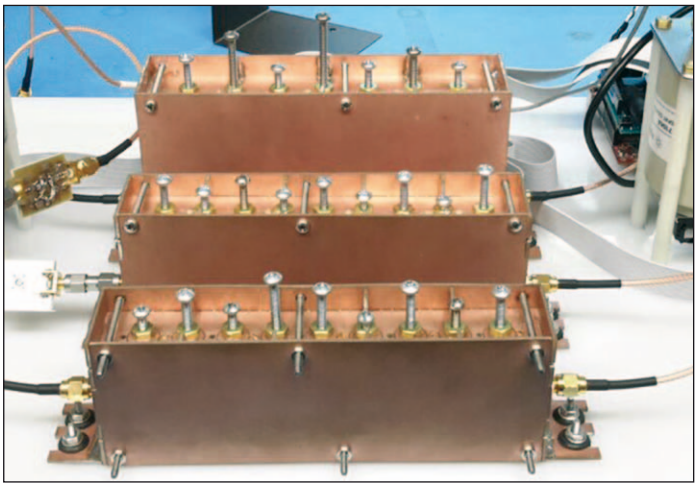


Bild 17: Ansicht der drei bereits elektrisch kombinierten Filter

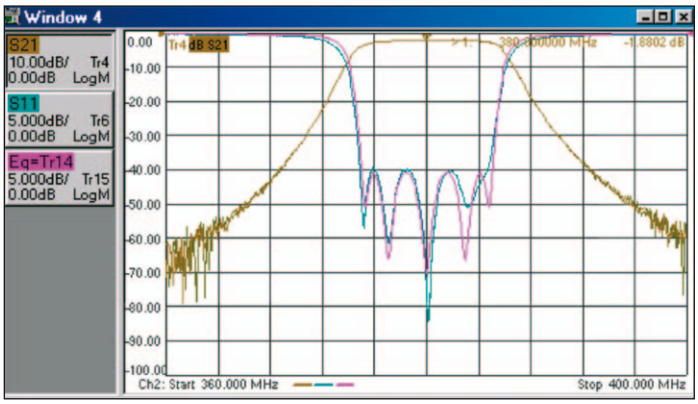


Bild 18: Die Messergebnisse für das 380-MHz-Filter decken sich praktisch perfekt mit den simulierten Daten, welche in den VNA importiert wurden

nacheinander einzelne Resonatoren vom Kurzschluss befreit und erfolgreich abgestimmt wurden.

Die Einstellung der Mittenfrequenzen und Kopplungen erfolgte durch Anpassung der Gruppenlaufzeit an die entsprechende Abstimmschablone.

Es ist bei einer solchen Entwicklung immer von großem Interesse, die simulierten und die tatsächlich gemessenen Ergebnisse zu vergleichen.

Typische reale Messergebnisse gehen aus Bild 18 hervor. Die Übereinstimmung von simulierten und gemessenen Resultaten kann als exzellent bezeichnet werden. Sowohl das angestrebte Übertragungsverhalten als auch die Konstruktion wurden erfolgreich in die Praxis umgesetzt. Daran hat sicherlich die ausgiebige Nutzung der 3D-EM-Simulation von Spulen, Hohlräumen und Aperturen einen großen Anteil wie auch eine parameterisierte Projektschablone, die alle Schritte des Design-Prozesses umfasste. Die NI AWR Design Environment Platform erlaubt es dem Entwickler, nahtlos zwischen der Microwave-Office-Schaltungs-Design-Software und dem Analyst 3D EM Simulator zu wechseln.

Referenzen

[1] Zverev, Anatol I.: Handbook of Filter Synthesis, January 15, 1967

[2] D. G. Swanson and G. Macchiarella: "Microwave filter design by synthesis and optimization", Microwave Magazine, IEEE Vol 8 Iss. 2, pp 55-69, Apr. 2007

[3] K. V. Puglia: "A General Design Procedure for Bandpass Filters Derived from Low Pass Prototype Elements: Part 1 and 2", Microwave Journal, Dec. 2000

[4] D. G. Swanson, Jr. and R. J. Wenzel: "Fast analysis and optimization of combline filters using FEM," IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., Phoenix, AZ, vol. 2, pp. 1159-1162, May 20-25, 2001

[5] Ness, John B.: "A Unified Approach to the Design, Measurement, and Tuning of Coupled-Resonator Filters", IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol 46 (4), pp. 343-351, April 1998