

فیلتر میانگذر فراپهن باند کوچک با استفاده از پچ‌های کوپل شده با جلوگیری از تداخل باندهای باریک بی‌سیم

حسین ملک‌پور^۱ و حمیدرضا قادری^۲

^۱گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، h-malekpoor@araku.ac.ir

^۲گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، hamidrezaqaderi74@gmail.com

چکیده - یک فیلتر میان‌گذر (BPF) فرا پهن باند (UWB) کوچک جدید بر پایه ساختار کوپل شده بر سطح ارائه شده است. ساختارهای دورنق‌های کوپل شده بر سطح و رزوناتور استاب کوتاه Y شکل به عنوان رزوناتور مدار باز به منظور دستیابی به باند گذر فرا پهن باند به کار گرفته می‌شوند. این فیلتر دارای پهنای باند نسبی 3 dB ۱۰۸٪ برای باند عبور در محدوده فرکانسی 3.15-10.6 GHz است. به منظور جلوگیری از تداخل شبکه-ی محلی بی‌سیم در فرکانس‌های 5.25 GHz و 5.75 GHz دو خط یک چهارم طول موج متفاوت بر روی صفحه زمین فیلتر میانگذر جهت تولید دو باند ناگذر باریک WLAN ترتیب داده شده‌اند. با توجه به عناصر شبه فشرده، فیلترهای میانگذر فرا پهن باند ارائه شده دارای ابعاد بسیار کوچکی است. مزیت فیلترهای فرا پهن باند ارائه شده تلفات داخلی (insertion loss) کم، جدا کنندگی (selectivity) خوب و تأخیر گروه مسطح است. نتایج قابل قبول پاسخ‌های شبیه سازی شده فیلتر پیشنهادی آن را برای کاربردهای دیپلکسر و داپلکسر راداری مناسب می‌کند.

کلید واژه- فیلتر، فراپهن باند، ساختار کوپل شده، استاب Y شکل.

بخشی در پهنای باند عبور دلخواه از خود نشان داده‌اند. با این حال، برای دستیابی به قطعه قابل کاربرد خصوصاً در سیستم‌های راداری، فیلتر فرا پهن باند با ابعاد فشرده‌تر و تلفات داخلی (insertion) کمتر نیاز است.

از سوی دیگر، برای از بین بردن تداخل با دیگر شبکه‌های محلی (WLAN)، فیلترهای میانگذر فرا پهن باند حذف باند باریک یگانه یا چند گانه ارائه شده‌اند [۱۰]-[۱۴]. فیلترهای میان‌گذر فرا پهن باند ارائه شده با باندهای شکافدار چندگانه می‌توانند از تداخل با سیستم‌های رادیویی موجود چندگانه، محافظت به عمل آورند. با این حال، هر دوی آن‌ها با استفاده از مدار بیش از دو لایه طراحی شده است، که باعث مشکل شدن یکپارچگی با مدار مسطح می‌شود.

در این مقاله، یک فیلتر فرا پهن باند فشرده با استفاده از ساختارهای کوپل شده به سطح ارائه شده است. ساختارهای کوپل شده به سطح و رزوناتور استاب کوتاه Y شکل موجود در فیلتر میان‌گذر ارائه شده به عنوان عناصر مداری شبه فشرده به منظور دستیابی به باند گذر فرا پهن باند به کار گرفته می‌شوند. در مقایسه‌ی بین فیلترهای فرا پهن باند میان‌گذر ارائه شده، فیلتر ارائه شده در

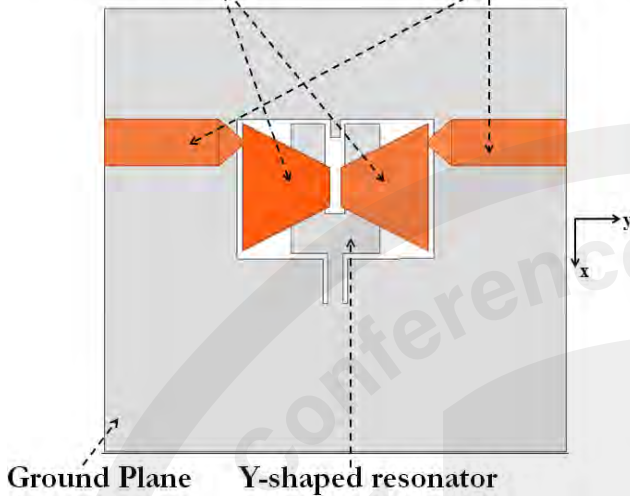
۱- مقدمه

تکنولوژی ارتباط بی‌سیم فرا پهن باند به خاطر مزیت‌های جذاب فراوان مانند سرعت انتقال داده بالا، مقاومت در برابر تداخل، ایمنی بالا و نیاز به توان انتقال پایین مورد توجه بالایی قرار گرفته است. به عنوان یکی از اجزای کلیدی در این سیستم، فیلترهای فرا پهن باند میان‌گذر گوناگونی با باند گذر عریض و جداکنندگی (selectivity) خوب در مطالعات گذشته ارائه شده‌اند. در مقایسه با فیلترهای فرا پهن باند میان‌گذر اجرا شده با کسکود مستقیم فیلترهای بالا گذر و پایین گذر [۱]، فیلتر فرا پهن باند با استفاده از رزوناتور چند منظوره تلفات داخلی (insertion) کمتری دارد و مدار کمتری اشغال می‌کند [۲]-[۵]. اما ابعاد آن‌ها معمولاً به وسیله ساختارهای به کار گرفته شده رزوناتور چند منظوره محدود می‌شود. به علاوه، روش‌های دیگری به منظور کاهش ابعاد فیلترهای فرا پهن باند میان‌گذر مانند ساختار زمین ناقص (DGS) [۶] و [۷]، رزوناتور اصلاح شده چند منظوره [۸] و مدارهای چند لایه [۹] به کار گرفته می‌شود. همه‌ی فیلترهای فرا پهن باند ذکر شده در بالا عملکرد رضایت

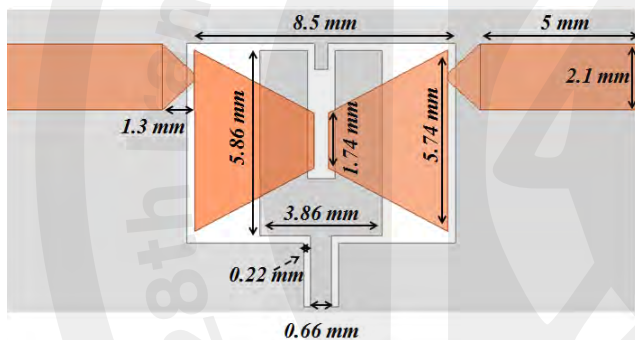
باریک 0.22 mm است.

این مقاله کاهش قابل توجه ابعاد و تلفات داخلی (insertion) را نشان می‌دهد. برای جلوگیری از تداخل با باندهای شبکه‌های محلی بی‌سیم (WLAN) موجود، دو خط کوتاه یک چهارم طول موج متفاوت، به منظور تولید دو باند ناگذر خیلی باریک در فرکانس‌های 5.25 GHz و 5.75 GHz طراحی شده‌اند. فناوری شکاف‌دار ارائه شده نیازی به مدار اضافی ندارد و انعطف پذیری بالایی در طراحی را نشان می‌دهد.

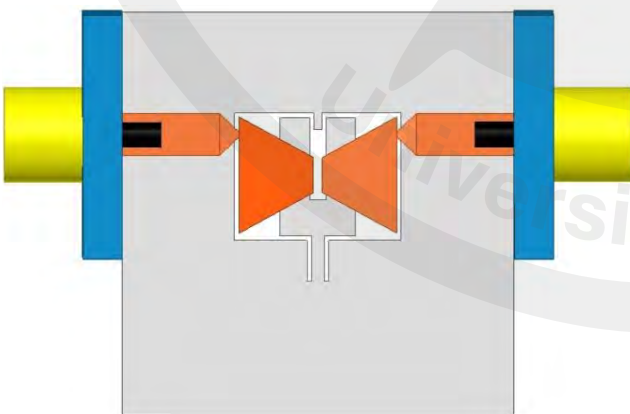
Coupled Structures Microstrip Lines



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱- ساختار فیلتر میان‌گذر فراپهن باند پیشنهادی (الف)
ساختار کلی (ب) ابعاد (ج) طرح شبیه‌سازی شده در نرم افزار HFSS

۲- ساختار و عملکرد فیلتر میان‌گذر فرا پهن باند

فیلتر میان‌گذر فرا پهن باند ارائه شده با ابعاد کوچک شامل چندین بخش از خطوط انتقال ماکروویو، در شکل ۱ نشان داده شده است. یک رزوناتور Y شکل در صفحه زمین تعبیه شده است، که متشکل از یک استاب موج بر هم‌سطح (CPW) اتصال کوتاه و دو خط میکرواستریپ هم‌سطح مدار باز می‌باشد. ساختارهای کوپل شده به سطح بین صفحه‌های دوزنقه‌ی بالا و خطوط میکرواستریپ هم‌سطح مدار باز رزوناتور Y شکل، میزان کوپلینگ به اندازه کافی قدرتمندی را در فرا پهنای باند مورد نظر تولید می‌کند. به علاوه، بخش کوچک به شکل مثلث قرار داده شده بین خط 50Ω و سطح کوپل شده برای تطبیق امپدانس ورودی- خروجی به کار رفته است. با تغییر در ساختار هندسی پچ‌های دوزنقه‌ی شکل می‌توان به پهنای باند عبور بیشتری دست یافت.

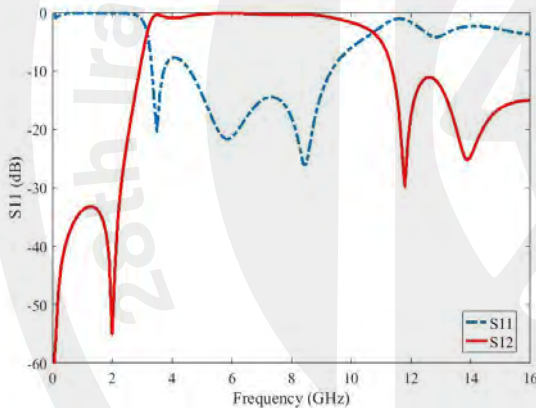
فیلتر فرا پهن باند ارائه شده روی زیر لایه‌ای با ثابت دی‌الکتریک نسبی $\epsilon_r = 2.55$ ، تانژانت تلفات $\delta = 0.002$ و ضخامت $h = 0.8$ mm طراحی شده‌اند، که در شکل ۱ نشان داده شده است. ابعاد فیلتر میان‌گذر فرا پهن باند در شکل ۱ (ب) لیست شده‌اند. کلی صفحه زمین $20 \times 20 \text{ mm}^2$ در نظر گرفته شده است.

به منظور جلوگیری از تداخل باندهای باریک WLAN در فرکانس‌های 5.25 GHz و 5.75 GHz، دو خط اتصال کوتاه یک چهارم طول موج متفاوت، روی لایه زیرین برای ایجاد دو باند باریک ناگذر ترتیب داده شده، که در شکل ۲ نشان داده شده است. فرکانس‌های ناگذر در طول‌های 5.4 و 6.65 میلی‌متر که تقریباً یک چهارم طول موج هستند، رخ می‌دهد. باند ناگذر ایجاد شده به وسیله خط اتصال کوتاه یک چهارم طول موج کار گذاشته شده در زمین، می‌تواند با تغییر طول خط تغییر کرده و در نتیجه برای باندهای مختلف تنظیم گردد. در نهایت دو باند ناگذر می‌تواند به وسیله دو خط با طول‌های متفاوت ایجاد شود. ضخامت این خطوط

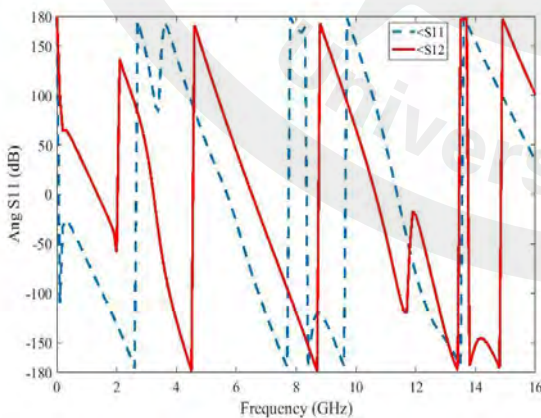
شکل نشان داده شده است. با توجه به این نتایج در مقایسه با شکل ۳، اثر استاب روی صفحه زمین در وسیع کردن پهنای باند عبوری فیلتر بسیار تاثیر گذار است.

در شکل ۵، منحنی مربوط به پارامترهای S_{11} و S_{12} فیلتر فراپهن باند با دو باند باریک (Notch) مشاهده می‌شود. با اضافه شدن دو خط باریک یک چهارم طول موج روی صفحه زمین، تداخل دو باند WLAN در فرکانس های 5.25 GHz و 5.75 GHz حذف شده است. همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، مشخصات فیلتر بدون تغییر باقی مانده است. ساختار پیشنهادی در مقایسه با کارهای ارائه شده قبلی در مقالات [۱۰]-[۱۳] دارای پهنای باند عبور بیشتر با ساختار هندسی ساده‌تری است.

تاخیر گروه فیلترهای پیشنهادی در شکل ۶ نشان شده است. مطابق شکل، تغییرات تاخیر گروه درون باند عبور بسیار ناچیز و کمتر از 0.3 ns است. برای فیلتر پیشنهادی با دو باند باریک در محدوده دو باند WLAN تغییراتی در تاخیر گروه مشاهده می‌شود.

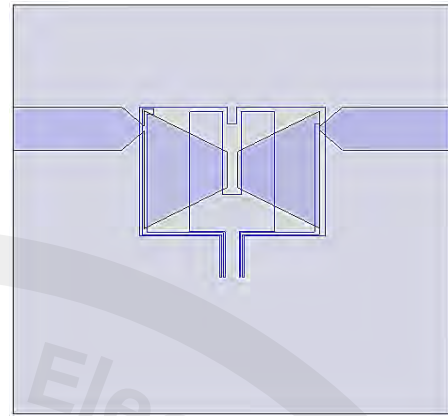


(الف)

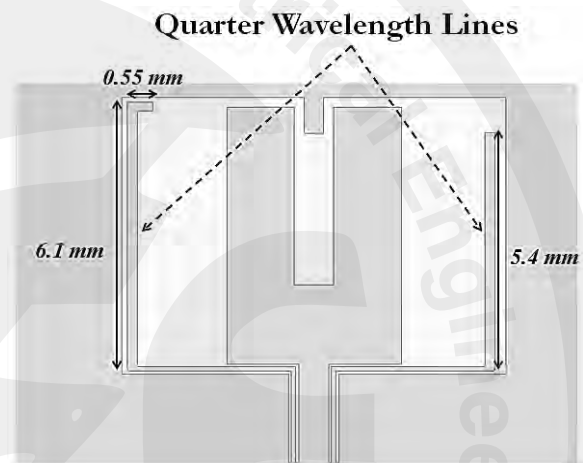


(ب)

شکل ۳- پارامترهای S برای فیلتر فراپهن باند ارائه شده در شکل ۱: (S_{11} و S_{12}) (الف) اندازه (ب) فاز



(الف)



(ب)

شکل ۲- ساختار هندسی صفحه زمین فیلتر فرا پهن باند با حذف اثر تداخل دو باند باریک WLAN (اضافه شدن دو خط باریک اتصال کوتاه روی صفحه زمین)

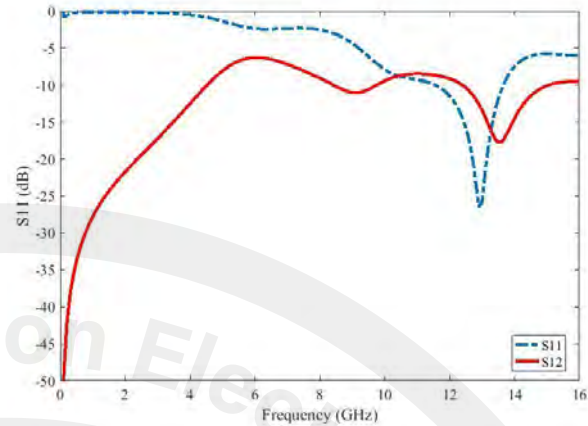
۳- شبیه‌سازی و نتایج بدست آمده

نتایج شبیه سازی در نرم افزار تمام-موج HFSS بر اساس روش المان محدود انجام گرفته است. نتایج شبیه سازی پارامترهای S_{11} و S_{12} فیلتر فراپهن باند در نمودار ۳ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، این فیلتر میان گذر شامل باند عبور با پهنای باند 3 dB در محدوده فرکانسی ۱۵/۶-۳/۱۰ GHz می‌باشد. این محدوده دارای پهنای باند ۱۰۸/۴٪ در باند UWB است. همچنین، تلفات داخلی در این باند حدود 0.45 dB می‌باشد. با توجه به نمودار S_{12} ، باند قطع این فیلتر با تضعیف حدود 14 dB از 11.4 GHz تا 16 GHz است. بعلاوه، باند قطع پایین در فرکانس های کمتر 3 GHz دارای تضعیفی بیش از 20 dB است. در شکل ۴، نتایج شبیه سازی پارامترهای S_{11} و S_{12} فیلتر فراپهن باند بدون استاب Y

روش المان محدود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فیلتر میان‌گذر فرا پهن باند دارای ابعاد کوچک با تلفات داخلی پایین، جداکنندگی (selectivity) خوب در هر دو لبه‌های باند عبور بالا و پایین و تأخیر گروه مسطح می‌باشد. با اضافه کردن دو خط اتصال کوتاه روی زمین دو باند ناگذر باریک بدون مدار اضافی بدست می‌آید. ابعاد کوچک فیلتر میان‌گذر فرا پهن باند ارائه شده و تلفات داخلی پایین موجب می‌شود که آن انتخاب مناسبی برای کاربردهای قابل حمل و راداری باشد.

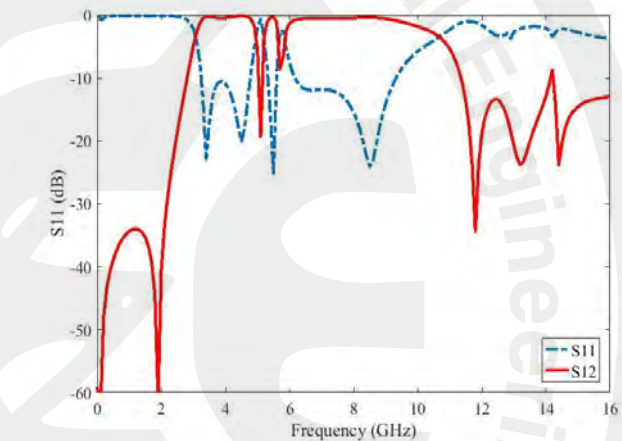
مراجع

- [1] Lin, Y. S., W. C. Ku, C. H. Wang, "Wideband coplanar-waveguide bandpass filters with good stopband rejection", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, Vol. 4, No. 9, pp. 422-424, Sep. 2004.
- [2] Jingya Deng ; Simin Hou ; Luyu Zhao ; Lixin Guo, "A Reconfigurable Filtering Antenna With Integrated Bandpass Filters for UWB/WLAN Applications", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 66, pp. 401-404, 2018.
- [3] Li, R. and L. Zhu, "Compact UWB bandpass filter using stub-loaded multiple-mode resonator", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, Vol. 17, No. 1, pp. 40-42, Jan. 2007.
- [4] X. Gao , W. Feng, W. Che, "Compact Ultra-Wideband Bandpass Filter With Improved Upper Stopband Using Open/Shorted Stubs", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, Vol. 27, No. 2, pp. 123-125, Mar. 2017.
- [5] Gao, S. S., X. S. Yang, J. P. Wang, S. Q. Xiao, and B. Z. Wang, "Compact ultra-wideband (UWB) bandpass filter using modified stepped impedance resonator", *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 22, No. 4, pp. 541-548, 2008.
- [6] Wei, F., P. Chen, L. Chen, and X. W. Shi, "Design of a compact UWB bandpass filter with wide defected ground structure", *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 22, No. 13, pp. 1783-1790, 2008.
- [7] 9. Fallahzadeh, S. and M. Tayarani, "A new microstrip UWB bandpass filter using defected microstrip structure", *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 24, No. 7, pp. 893-902, 2010.
- [8] Liu, Y. and W. Dou, "Mutually-tapped coupling between combine resonator pairs for ultra-wideband (UWB) filter realization", *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 23, No. 8-9, pp. 1165-1172, 2009.
- [9] Hao, Z. C. and J. S. Hong, "Compact UWB filter with double notch-bands using multi-layer LCP technology", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, Vol. 19, No. 8, pp. 500-502, Aug. 2009.
- [10] M. Gandamalla, D. Marathe, and K. Kulat, "Design and Analysis of Compact Single and Dual Notch Ultra-Wideband Bandpass Filter", *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 75, pp. 91-102, 2018.
- [11] W. Feng , W. Che, Q. Xue, "Compact ultra-wideband bandpass filters with narrow notched bands based on a ring resonator", *IET Microw. Ant. Propag.*, Vol. 7, No. 12, pp. 961-969, 2013.
- [12] X. Chen, L. Zhang, Y. Peng, "UWB bandpass filter with sharp rejection and narrow notched band", *Electronics Lett.*, Vol. 50, No. 15, pp. 1077-1079, Sep. 2014.
- [13] P. Kumari, M. Pal, P. Sarkar, R. Ghatak, "Compact UWB bandpass filter with dual-notch bands using asymmetric tri-section stepped impedance resonator", *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Eng.*, Vol. 28, No. 6, pp. 1-8, 2018.
- [14] M. Hamidkhani, H. Malekpoor, H. Oraizi, "Oscillator Phase-Noise Reduction Using High-Q Active Giuseppe Peano Fractal Resonators", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, Vol. 29, No. 5, pp. 354-356, 2019.



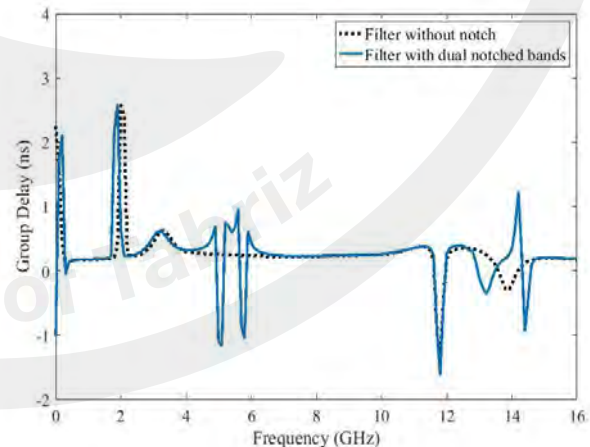
شکل ۴- پارامترهای S برای فیلتر فراپهن باند ارائه شده در شکل

۱ بدون استاب Y شکل: (S_{11} و S_{12})



شکل ۵- پارامترهای S برای فیلتر ارائه شده در شکل ۲ با حذف

اثر تداخل دو باند باریک WLAN



شکل ۶- تأخیر گروه فیلترهای پیشنهادی

۴- نتیجه‌گیری

فیلترهای میان‌گذر فرا پهن باند دارای ابعاد کوچک بر پایه ساختارهای کوپل شده به سطح ارائه شد و بر اساس شبیه سازی با