بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : A-۱۰-۱۷۴۱-۲

بهبود پهنای باند آنتن پچ آرایه ای با استفاده از ساختار بلور فوتونی

حمیده کندری[۱]، محمدعلی منصوری بیرجندی[۲]
[۱]دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه پیام‌نور سیستان و بلوچستان، زاهدان
[۲]دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

[1]Kondori_h@yahoo.com, [2]mansouri@ece.usb.ac.ir

چکیده –یکی از مباحث مهم در طراحی آنتن‌ها، افزایش پهنای باند آنتن است. این مقاله آنتن پچ مایکرواستریپی را ارایه می‌کند که در طراحی آن از ساختار باند ممنوعه‌ی فوتونی استفاده شده است. در آنتن طراحی شده، بلورهای فوتونی درون سطح زمین قرار گرفته‌اند. ساختار پیشنهادی، شامل سه ردیف بلور فوتونی به شکل صلیب است. به‌کارگیری این ساختار، مانع انتشار امواج سطحی و بهبود مشخصات این آنتن در مقایسه با آنتن معمولی شده، به‌طوریکه پهنای باند آنتن بلور فوتونی در مقایسه با اندازه آنتن معمولی ۲۴.۲% فزایش یافته است. علاوه بر این، تلفات برگشتی و تزویج متقابل نیز در آنتن فوق بهبود یافته است.

کلید واژه- آنتنپچ آرایه‌ای ، بلور فوتونی، پهنای باند،تزویج متقابل آنتن، تلفات برگشتی.

Improvement of Array Microstrip AntennaBandwidthusing a photonic crystal structure

Hamideh. Kondori[1], Mohammad Ali Mansouri-Birjandi[2]
[1]Faculty of Engineering, Payam Noor University Sistan and Baluchestan,zahedan
[2]Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Sistan and Baluchestan

[1]Kondori_h@yahoo.com, [2]mansouri@ece.usb.ac.ir

Abstract- One of the important issues in antenna design is increasing the antenna bandwidth. This paper presents a microstrip patch antenna that uses a photonic crystal structure in its design. In the designed antenna, photonic crystals are embedded inside the ground's surface. The proposed structure consists of three rows of cross-shaped photonic crystals. The use of this structure prevents the propagation of surface waves and improves the characteristics of this antenna compared to a conventional antenna, so that the bandwidth of the photonic crystal antenna has increased by 24.2% compared to a conventional antenna. In addition, return loss and mutual coupling have been improved in the above antenna.

Keywords:Array patch antenna, Bandwidth, mutual coupling, photonic crystal, return loss.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

در سال‌های اخیر، رشد چشمگیری در استفاده از آنتن‌های مایکرواستریپ مشاهده شده است. از جمله می‌توان به کاربردشان در آنتن‌های آرایه‌ای، تلفن‌های سلولی، مخابرات سیار و سایر سیستم‌های مخابراتی اشاره نمود و این به دلیل مزایایی همچون هزینه پایین، وزن کم و انعطاف‌پذیری بالاست [۱]. آنتن مایکرواستریپ شامل زیرلایه‌ای است که یک صفحه‌ی تشعشع کننده (پچ) در یک طرف آن و در سمت دیگر آن صفحه‌ی زمین قرار دارد. بنابراین طراحی پچ و زیرلایه اثر مستقیمی در نتایج آنتن دارد. انتشار امواج در آنتن، به ماده‌ی دی‌الکتریک به کار رفته در آنتن بستگی دارد. بخشی از این امواج از آنتن خارج و قسمتی در آن ذخیره می‌شود [۲]. به دلیل انرژی ذخیره شده، پدیده‌ی ایجاد امواج سطحی روی صفحه زمین آنتن اتفاق می‌افتد. در آنتن آرایه‌ای، پچ علاوه بر خصوصیت انتشاری به عنوان یک تشدیدگر هم عمل می‌کند؛ بنابراین مولفه‌های هارمونی شاید منجر به ایجاد مشکلاتی در آنتن شود [۳].

اخیرا چندین تکنیک جهت جلوگیری از انتشار امواج سطحی پیشنهاد شده است. یکی از روش‌های موثر در این زمینه، استفاده از ساختارهای متناوب بلورهای فوتونی است. این ایده اولین بار توسط آقای یابلونوویچ ارائه شد [۴]. ساختارهای فوق، جهت بهبود مشخصات آنتن‌های پچ مایکرواستریپ و آنتن‌های تشدیدگر استفاده می‌شود. ساختارهای بلور فوتونی با آرایش متناوبی که دارند از انتشار امواج سطحی در باندهای فرکانسی معینی جلوگیری می‌کنند [۵]. به همین دلیل گاهی به عنوان ساختارهای باند

ممنوعه‌ی فوتونی شناخته می‌شوند. انواع زیرلایه‌ها با ساختار باند ممنوعه‌ی فوتونی در [۶] مورد بررسی قرار گرفته است. در [۷] جهت بهبود الگوهای تشعشعی، کاهش سطح لوب‌های کناری و پشتی و همچنین افزایش بهره‌ی آنتن پچ مایکرواستریپ از ساختار بلورهای فوتونی استفاده شده است. علاوه براین، بهبود بهره‌ی آنتن، سمتگرایی و بهره‌ی تشعشعی آنتن آرایه‌ای در فرکانس تراهرتز روی زیرلایه‌ی بلور فوتونی صورت گرفته است [۸]. همچنین در مقالات [9-10] برای بهبود برخی از مشخصات آنتن‌های مایکرواستریپ از بلورهای فوتونی در ساختار آن‌ها استفاده شده است.

در این مقاله از یک ساختار بلور فوتونی، درون سطح زمین آنتن مایکرواستریپ استفاده شده است. باید دقت شود که در سایر آنتن‌های بلور فوتونی طراحی شده توسط محققین، عمدتا از ساختارهای تکراری مانند حفره‌های دایروی یا ساختارهای پیچیده‌ی متناوب استفاده شده است. در این مقاله، ما از ساختار ساده‌ی بلور فوتونی صلیبی انحنادار استفاده کرده‌ایم.

طراحی آنتن‌ها

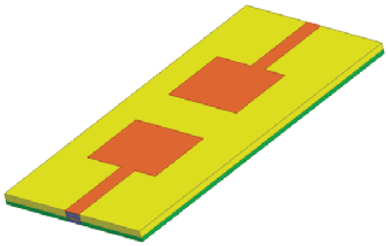
همانطور که قبلا اشاره شد، وجود امواج سطحی در آنتن، باعث کاهش عملکرد آن می‌شود؛ بنابراین جهت جلوگیری از انتشار این امواج ، از ساختار متفاوت بلور فوتونی به صورت صلیب‌هایی در سطح زمین استفاده شده است. ابعاد صلیب‌های فوق به گونه‌ای انتخاب شده اند که بهترین نتیجه برای آنتن بلور فوتونی حاصل شود.

آنتن بلور فوتونی

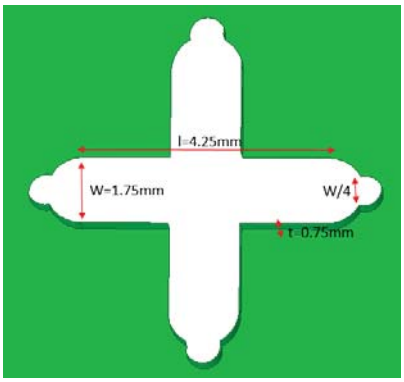
آنتن آرایه‌ای مایکرواستریپ معمولی در شکل ۱ مشاهده می‌شود. در این آنتن، طول و عرض خط تغذیه به‌ترتیب13.95mmو 3mmمی‌باشد. پچ مستطیلی دارای طول 15mm و عرض12mmاست. ابعاد زیرلایه‌ی FR-4 با ضریب تراوایی 4.4، 30mm×60mm×1.27mm می‌باشد. جهت بهبود مشخصات این آنتن، ساختار متناوب PBG داخل صفحه‌ی زمین به ضخامت0.75mmقرار گرفته است.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

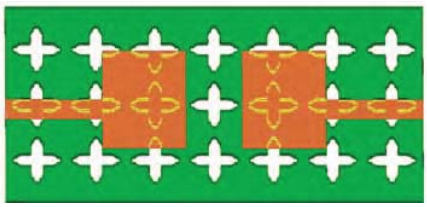
یک سلول واحد از ساختار PBG به کار گرفته شده در ساختمان آنتن، در شکل 2به همراه ابعاد بهینه نشان داده شده است. شکل ۳ بیانگر آنتن بلور فوتونی طراحی شده از نمای بالا است.



شکل ۱: آنتن پچ آرایه‌ای معمولی



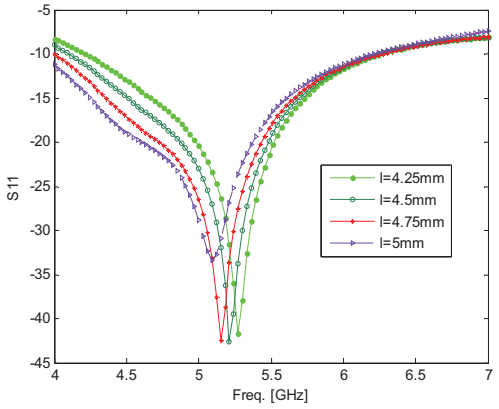
شکل ۲: سلول واحد از ساختار متناوب در آنتن طراحی شده



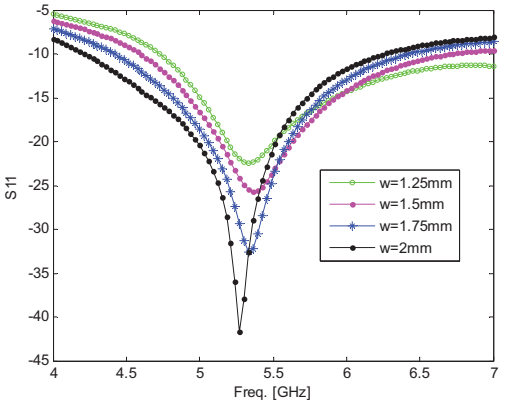
شکل۳: آنتن PBG

نتایج شبیه‌سازی

در آنتن طراحی شده، ابتدا اثرات طول l را روی تلفات بازگشتی بررسی کردیم که در شکل ۴ نشان داده شده است. آن‌گاه با انتخاب طول بهینه‌ی l=4.25mm به تاثیر تغییر عرض wپرداخته شد که در شکل ۵ نتایج ترسیم شده است. در نهایت، با انتخاب w=1.75mm، به فرکانس 5.4GHz نزدیکتر خواهیم شد و به عنوان عرض بهینه انتخاب می‌شود. مقایسه تلفات برگشتی آنتن PBG و آنتن معمولی در شکل ۶، بیانگر این است که پهنای باند آنتن به میزان ۲۴.۲٪و تلفات برگشتی آنتن بلور فوتونی به میزان10.9dBبهبود داشته است که در شکل 4 قابل مشاهده است. از مقایسه منحنی‌های مربوط به تزویج متقابل دو آنتن در شکل ۷ نیز بهبود تزویج متقابل به میزان 4dB در آنتن PBG مشاهده می‌شود.

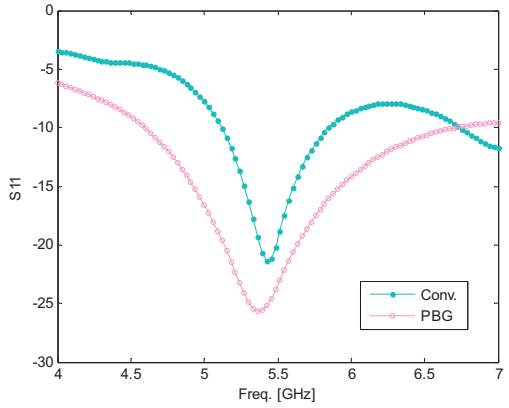


شکل ۴: اثرات تغییرات طول سلول واحد بر تلفات بازگشتی

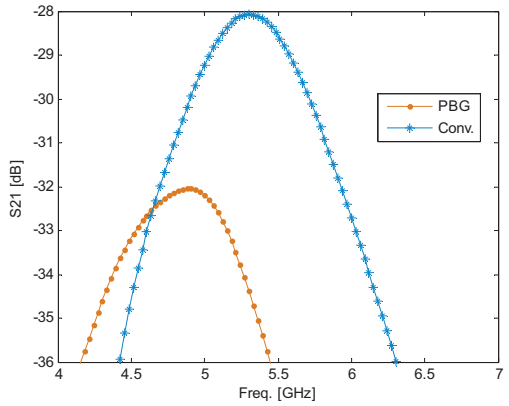


شکل ۵: اثرات تغییرات عرض سلول واحد بر تلفات بازگشتی

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.



شکل ۶: تلفات بازگشتی آنتن معمولی و PBG



شکل 7: تزویج متقابل آنتن معمولی وPBG

نتیجه‌گیری

به دلیل اثرات منفی که امواج سطحی روی مشخصات آنتن دارد، باید از انتشار آن‌ها جلوگیری شود تا قابلیت‌های آنتن افزایش یابد. در این مقاله از ساختار بلور فوتونی درون سطح زمین استفاده شده است. نتایج به دست آمده از آنتن طراحی شده، بیانگر عدم انتشار امواج سطحی در باند فرکانسی خاصی است که باعث بهبود مشخصاتیمانند پهنای باند، تلفات برگشتی و تزویج متقابل آنتنPBGدر مقایسه با آنتن معمولی شده است.

مرجع‌ها

[1] G.Singh, "Design considerations for rectangular microstrip patch antenna on electromagnetic crystal substrate at terahertz frequency", Infrared Physics & Tech. Vol. 53, pp. 17-22,2010.

[2] H. Mosallael, Y. Rahmat-Samii, "Photonic-band gap (PBG) versus effective index: a case study of dielectric nanocavities", IEEE Symposium on Antennas and Propag. Vol. 1, pp.338-34, 2000.

[3] T. Kim, C. Seo, "A Novel Photonic Band Gap Structure for Low-Pass Filter of Wide Stop band", IEEE Microwave Guided Wave Lett. Vol. 10, pp. 13-15, 2000.

[4] E. Yablonovitch, "Photonic Band-Gap Structures", J. Opt. Soc. Amer. B. Vol. 10, pp. 283–294,1993.

[5] J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade, J. N. Winn, *Photonic crystals molding the flow of light,* second ed., Princeton Univ. Press, 2008.

[6] T. D. Amalraj , R. "Savarimuthu, Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Using Periodic EBG Structure for C-Band Applications", Wireless Personal CommunicationsVol. 109, PP. 2077–2094, 2019.

[7] A. Kaabala, M. Elhalaouia, B. ElJaafarib, S. Ahyoudc, A. Asselmana, "Design of EBG antenna with multi-sources excitation for high directivity applications", Procedia Manufacturing, Vol. 22, pp. 598-604, 2018.

[8] S.Ullah,C.Ruan,T. U. Haq, X.Zhang,"Highperformance THz patch antenna using photonic band Gap andDefected ground structure", J. Electromagn. Waves Appl., Vol.33,pp.1943–1954,2019.

[9] K., R. Kumar, P.Karuppanan, L. D.Malviya, "Design and analysis of novel microstrip patch antenna on photonic crystal in THz", Physica B: Physics of Condensed Matter, Vol. 545, pp. 107-112, 2018.

[10] M. N. EddineTemmar, A. Hocini, D. Khedrouche, and M. Zamani, "Analysis and design of a terahertz microstrip antenna based on a synthesized photonic bandgap substrate using BPSO", J. Comput. Electron., Vol. 18,pp.231–240,2019.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.