

تحریک شکاف موازی طولی توسط تیغه‌ی زیگ زاگی شکل، در موجبر مجتمع شده در زیر لایه

مهدی سالمی^(۱) - مهدی مرادیان پور چهارزی^(۲) - رضا صفیان^(۳)

(۱) کارشناس ارشد - دانشکده مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد

(۲) استادیار - دانشکده مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد

(۳) استادیار - دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۵

خلاصه: در این مقاله کاربرد یک موجبر مجتمع شده در زیر لایه با تیغه زیگ زاگی شکل، برای تحریک آنتن شکافی طولی موازی نشان داده شده است. دو رابطه‌ی اصلی برای طراحی ساختار موجبر مجتمع شده در زیر لایه و به دست آوردن پارامترهای ساختار مورد نظر، برای تحریک شکاف موازی طولی توسط تیغه زیگ زاگی شکل، در موجبر مجتمع شده در زیر لایه تعیین شده است. تیغه زیگ زاگی درست زیر شکاف طولی قرار گرفته است. شکاف مورد نظر در امتداد خط مرکزی موجبر و در مرکز موجبر روی سطح مسی دی الکتریک و بالای موجبر قرار می‌گیرد. میزان عمق زیگ‌زاگ از خط مرکزی موجبر متناسب با تشعشع مورد نیاز از شکاف است و کندانانس نرمالیزه شده شکاف نیز با افزایش عمق زیگ‌زاگ می‌تواند افزایش یابد. در این مقاله فرض توزیع المان موازی برای ساختار پیشنهادی در نظر گرفته شد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد ساختار پیشنهادی، کاندیدای مناسبی برای جایگزینی با شکاف موازی طولی رایج است. از جمله دلایلی که این ساختار برای تحریک یک آنتن شکافی طولی معرفی شده است، هزینه ساخت کم، کوچک بودن و سازگاری آن‌ها با مدارهای میکرواستریپ است. هم چنین با توجه به این که شکاف مورد نظر در امتداد خط مرکزی موجبر قرار می‌گیرد و عمق زیگ‌زاگ جایگزین انحراف شکاف از خط مرکزی (offset) می‌شود، با این روش می‌توانیم طراز گلبرگ‌های پروانه‌ای در الگوی تشعشعی یک آرایه متشکل از ساختار پیشنهادی را کاهش دهیم.

کلمات کلیدی: شکاف موازی طولی، موجبر مجتمع شده درون زیر لایه، تیغه زیگ زاگی، انحراف شکاف از خط مرکزی، گلبرگ‌های پروانه‌ای.

Longitudinal Shunt Slot Excitation by Wiggly Ridge Substrate Integrated Waveguide

Mahdi Salemi⁽¹⁾ - Mahdi Moradian⁽²⁾ - Reza Safian⁽³⁾

(1) Msc - Department Electrical Engineering, Islamic Azad University, Najafabad Branch
mehdi_salemi65@yahoo.com

(2) Assistant Professor - Department Electrical Engineering, Islamic Azad University, Najafabad Branch
moradianpour@gmail.com

(3) Assistant Professor - Department Electrical and Computer Engineering, Isfahan University of Technology
rsafian@cc.iut.ac.ir

Application of a substrate integrated waveguide with wiggly ridge shape is presented for excitation longitudinal shunt slot antenna. Two main design equations for design substrate integrated waveguide structure and get parameters of structures, for longitudinal shunt slot excitation by shape wiggly ridge in substrate integrated waveguide are modified. Proposed method is used by applied the crinkle shape to ridge for ridge substrate integrated waveguide structure. This shape wiggly ridge just under longitudinal slot. The slot is place at centreline of substrate integrated waveguide (siw) in center of waveguide and on dielectric copper surface, top of substrate integrated waveguide. Amount of crinkle depth of waveguide centreline is proportional with needful radiation of slot and normalized conductance could be much to increase crinkle depth. In this paper the shunt element distribution assumption for proposed structure is spotted. Results of simulation show, proposed method is suitable candidate for replacing with usual longitudinal shunt slot. Structure's useful is, low fabrication price, small profile and adaptation with microstrip circuit. Also slot place along waveguide centerline and wiggle depth substitute slot offset, therefore this procedure can suppress second order bim in array containing suggestion structure.

Index Terms: Longitudinal shunt slot, ridge substrate integrate waveguide, Wiggly, crinkle, antenna, HFSS, offset, butterfly lobes.

۱- مقدمه

آرایه‌های شکافی موجبری به طور وسیعی در رادار و مخابرات به دلیل تغذیه ساده، ساخت آسان، تلفات کم و کنترل دقیق توزیع دهانه استفاده می‌شود. در میان انواع آنتن‌های شکافی، آنتن شکافی طولی موازی^۱ به طور مکرر به دلیل پلاریزاسیون خطی خالص آن استفاده شده است. اما از طرفی، آنتن‌های شکافی طولی رایج دارای چند نقیصه هستند. مشکل اصلی این آنتن‌ها حضور بیم‌های مرتبه دوم در صفحات اصلی است که به طور معمول گلبرگ‌های پروانه‌ای^۲ نامیده می‌شوند [۲] و [۱]. گلبرگ‌های پروانه‌ای یا بیم‌های مرتبه دوم بازده آنتن را کاهش داده و قابلیت رادار برای جمینگ را افزایش می‌دهند. بنابراین باید گلبرگ‌های پروانه‌ای یا بیم‌های مرتبه دوم را حذف کنیم. حضور بیم‌های مرتبه دوم در الگوی تشعشعی آنتن ناشی از جا به جایی پی در پی شکاف‌ها نسبت به خط مرکزی موجبر هستند. اما از طرفی جابه جایی شکاف‌ها از خط مرکزی موجبر نیز برای جلوگیری از حضور گلبرگ‌های فرعی^۳ در الگوی تشعشعی آنتن ضروری هستند. یکی از روش‌های حذف بیم‌های مرتبه دوم ناشی از جابه جایی پی در پی شکاف‌ها، پر کردن موجبر با دی‌الکتریک و فاصله گذاری بین المان‌های تشعشعی برابر با یک طول موج رونده است [۳]. اما این شیوه تلفات زیادی برای آنتن دارد و مطالعه و بررسی آن مشکل است. چند روش دیگر نیز برای حذف گلبرگ‌های پروانه‌ای مانند استفاده از میله، پروب و دیافراگم جهت تحریک شکاف‌های طولی قرار گرفته بر روی خط مرکزی موجبر مستطیلی استفاده شده است.

به عنوان مثال در روش استفاده از میله شکاف‌ها روی خط مرکزی موجبر قرار گرفته و جهت میله‌ها نسبت به خط مرکزی موجبر به صورت پی در پی عوض می‌شود و به این ترتیب سطح گلبرگ‌های پروانه‌ای کاهش می‌یابد [۳-۵]. استفاده از موجبر تیغه‌ای با تیغه زیگ‌زاگ^۴ هم از جمله روش‌های متداول و معرفی شده برای حذف گلبرگ‌های پروانه‌ای یا بیم‌های مرتبه دوم است [۶-۸]. از جمله معایب دیگر آنتن‌های شکافی طولی، عرض زیاد موجبر (که برابر 0.7λ در فرکانس مرکزی می‌باشد) است، که این عرض باعث می‌شود فاصله بین دو المان مجاور در آنتن برابر 0.7λ شود. بنابراین برای بعضی از کاربردها که زاویه اسکن بزرگی در صفحه E-PLANE نیاز دارند، آنتن شکافی موجبری رایج کاندیدای خوبی نیست. زیرا در موجبر معمولی وقتی فاصله بین المان‌ها زیاد باشد، به محض افزایش فاز هر یک از منابع المان‌های موجبر، گلبرگ‌های فرعی ظاهر می‌شوند. برای رفع این مسئله در [۹] از موجبر تیغه دار استفاده شد اما باز هم به دلیل فاصله‌ی شکاف‌های پی در پی از خط مرکزی موجبر، حضور گلبرگ‌های پروانه‌ای را در پترن تشعشعی آنتن داشتیم. این مسئله یعنی حضور گلبرگ‌های پروانه‌ای در آنتن پیشنهادی [۷] (آنتن شکافی تغذیه شونده با موجبر تیغه دار) حل شد. در این مقاله کاربرد آرایه‌های شکافی تغذیه شده با موجبر مجتمع شده در زیر لایه با تیغه زیگ زاگی^۵ نشان داده می‌شود. از جمله دلایلی که این ساختار برای یک

آنتن آرایه شکافی معرفی شده است، هزینه ساخت کم، ابعاد کوچک و سازگاری آن‌ها با مدارهای مایکرواستریپ است. این در حالی است که آنتن جدید ویژگی حذف گلبرگ‌های پروانه‌ای و گلبرگ‌های فرعی را به طور همزمان دارد. ساختار پیشنهادی از یک تیغه زیگ زاگی^۶ شکل در موجبر مجتمع شده در زیر لایه استفاده می‌کند. این تیغه زیگ زاگی دقیقاً^۷ زیر شکاف طولی قرار گرفته در امتداد خط مرکزی موجبر قرار می‌گیرد. مشخصات تشعشعی شکاف با تغییر هر دو پارامتر طول شکاف و عمق زیگ زاگ می‌تواند تغییر کند. کاربرد روش پیشنهادی نه فقط انحراف تیغه از خط مرکزی موجبر (معادل انحراف شکاف از خط مرکزی موجبر)، بلکه مزیت موجبر تیغه‌ای در کاهش عرض مورد نیاز موجبر را دارد. در بخش‌های بعدی، قسمت‌های مختلف مختصات و شکل ساختار پیشنهادی را معرفی کرده و در مورد مشخصات تشعشعی آنتن شکافی پیشنهادی بیشتر بحث می‌شود.

۲- ساختار پیشنهادی

شکل (۲۰۱) نمای بالایی و کناری ساختار پیشنهادی، برای جایگزینی با آنتن شکافی طولی رایج تغذیه شده با موجبر مستطیلی^۸ را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل‌ها می‌توان دید، ساختار مورد نظر از دو زیر لایه از جنس دی‌الکتریک فایبرگلاس تشکیل شده است و سطوح بالایی و پایینی دو زیر لایه از جنس مس است. بخش دیگر از ساختار سوراخ‌های موجود در زیر لایه‌ها هستند. این سوراخ‌ها در دو قسمت قرار دارند. سوراخ‌هایی که صفحه مسی زیر لایه بالایی را به صفحه مسی زیر لایه پایینی متصل می‌کنند. دسته دیگر از سوراخ‌ها که روی تیغه زیگ زاگی مسی بین دو زیر لایه قرار دارند و تیغه مسی را به صفحه مسی زیر لایه زیرین متصل می‌کنند. یک شکاف^۹ باریک طولی در دیواره بالا و رویی یک موجبر مجتمع شده در زیر لایه ایجاد شده است. شکاف به طور دقیق در مرکز موجبر و روی خط مرکزی موجبر قرار می‌گیرد. شکل زیگ زاگی برای قسمتی از تیغه مسی موجبر مجتمع شده در زیر لایه به کار گرفته شده است، که به طور دقیق زیر شکاف طولی قرار می‌گیرد. ابعاد آنتن پیشنهادی در جدول (۱) نشان داده شده است. میدان الکترو مغناطیسی مود غالب و جریان روی دیواره بالایی موجبر، از خط مرکزی موجبر به واسطه زیگ زاگ قرار گرفته روی تیغه منحرف می‌شوند. بنابراین مقداری از جریان توسط شکاف قطع شده و میدان الکتریکی مود عرضی در داخل شکاف شکل می‌گیرد. جابه جایی جریان و جریان مغناطیسی سطحی معادل آن، تشعشع شکاف به فضای خارجی را توجیه می‌کند. موجبر مجتمع شده در زیر لایه دارای یکسری پارامتر است. یکی از پارامترهای مهم آن‌ها که به طور مستقیم با فرکانس قطع طراحی رابطه دارد، عرض موجبر مجتمع شده در زیر لایه یا a است. برای محاسبه a ابتدا باید از مرجع هدف عرض موجبر تیغه‌دار رایج را محاسبه کرد [۱۰] و سپس عرض موجبر مجتمع شده در زیر لایه یا a' را محاسبه کرد [۱۱].

لایه) طراحی کرده و مقادیر ارتفاع موجبر، عرض موجبر، ارتفاع تیغه و عرض تیغه را محاسبه کرده و سپس با استفاده از عرض به دست آمده برای موجبر یعنی مقدار a ، عرض معادل موجبر مجتمع شده در زیر لایه a' را با استفاده از [۱۱] محاسبه کنیم. شبکه متقاطع معادل یک موجبر تیغه دار برای مود غالب شامل یک خازن موازی شده روی یک خط انتقال با دو اتصال کوتاه و اتصال باز ختم شده روی خط انتقال است [۱۰]. طول موج انتشار (λ_g) مود غالب در وضعیت تشدید به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\frac{y'_0}{y_0} \tan\left(\frac{\pi}{\lambda_g} \cdot a'\right) + \frac{B}{y_0} - \cot\left(\frac{\pi}{\lambda_g} \cdot (a - a')\right) = 0 \quad (الف-۱)$$

$$\frac{y'_0}{y_0} = \frac{b}{b'} \quad (ب-۱)$$

در رابطه (الف-۱) پارامتر a عرض موجبر، پارامتر a' عرض تیغه موجبر و پارامتر B/Y_0 سوسپیتانس نرمالیزه شده خازن روی شبکه معادل موجبر است. در رابطه (ب-۱) پارامتر b ارتفاع کل موجبر و پارامتر b' اختلاف ارتفاع تیغه و ارتفاع کل موجبر است [۱۰]. با استفاده از روابط موجود در مرجع [۱۰] و روابط (الف-۱) و (ب-۱) از مرجع [۱۰]، عرض موجبر و پارامترهای دیگر به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\frac{b}{b'} = \frac{3.2}{1.6}, \quad a = 31.5\text{mm} \quad (ج-۱)$$

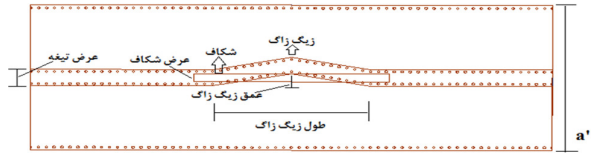
همان طور که گفته شد ارتفاع زیر لایه اول شامل تیغه مسی $1/6$ میلیمتر و ارتفاع زیر لایه دوم $1/6$ میلیمتر در نظر گرفته شد، در مورد ارتفاع زیر لایه اول شامل تیغه مسی، هر چه ارتفاع این زیر لایه بیشتر شود به دنبال آن ارتفاع تیغه هم بیشتر شده و تشعشع بیشتر می‌شود و اگر کم شود تشعشع کم می‌شود اما با شبیه سازی‌هایی که انجام دادیم به این نتیجه رسیدیم که استاندارد $1/6$ میلیمتر برای ارتفاع زیر لایه اول و ارتفاع $1/6$ برای زیر لایه دوم حالت مناسب‌تری برای طراحی ما هستند. سپس با استفاده از رابطه (۲) از [۱۱] مقدار a' محاسبه شد:

$$a' = \frac{2a}{\pi} \cdot \cot^{-1}\left(\frac{\pi \cdot W}{4a} \cdot \ln \frac{W}{4R}\right) \rightarrow a' \cong 31.5\text{mm} \quad (۲)$$

در این رابطه پارامتر R شعاع سوراخ‌های موجود در ساختار شکل (۱) است. پارامتر دیگر در رابطه (۲)، W است که فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها را نشان می‌دهد و برابر مقدار 1.5 میلیمتر انتخاب شده است. مقادیر این دو پارامتر و ارتفاع زیر لایه‌ها مطابق با استانداردهای شرکت‌های سازنده در نظر گرفته شد. در این رابطه شرط $R < W/4$ باید رعایت شود [۱۱]. فرکانس کاری در این طراحی، ۳ گیگا هرتز و فرکانس قطع ۲ گیگا هرتز در نظر گرفته شده است.

۲-۲- نتایج شبیه سازی

برای بررسی مشخصات تشعشعی ساختار پیشنهادی، آنتن شکافی طولی مجتمع شده در زیر لایه پیشنهادی، با تغییر عمق زیگ زاگ و طول شکاف با استفاده از نرم افزار HFSS شبیه سازی شد. ابعاد آنتن پیشنهادی در جدول (۱) نشان داده شده است. اما پس از شبیه سازی‌های انجام شده برای مقادیر طول شکاف در بازه ۳۳ تا ۳۵ میلیمتر و بررسی مقادیر ادمیتانس‌های نرمالیزه شده به دست آمده از



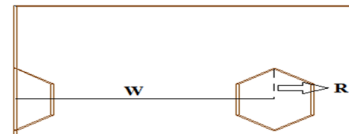
شکل (۱): نمای بالایی آنتن شکافی تغذیه شده با موجبر مجتمع شده در زیر لایه با تیغه زیگ زاگی

Fig. (1): Top view slot antenna fed by wiggly ridge substrate integrated waveguide



شکل (۲-الف): نمای روبرو آنتن شکافی تغذیه شده با موجبر مجتمع شده در زیر لایه با تیغه زیگ زاگی

Fig. (2-a): Front view slot antenna fed by wiggly ridge substrate integrated waveguide



شکل (ب-۲): فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها و شعاع سوراخ

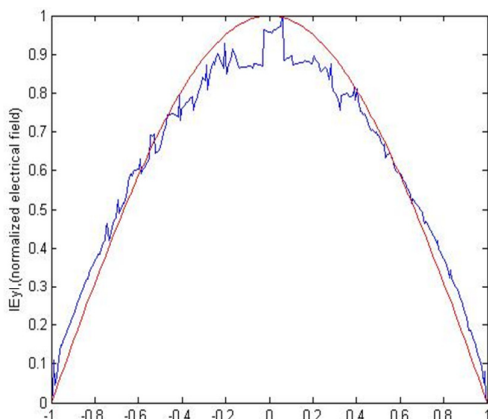
Fig. (2-b): Distance via's center to center and via's radius

همان طور که گفته شد ساختار موجبر مجتمع شده در زیر لایه مورد نظر از دو زیر لایه تشکیل شده است که مقادیر ارتفاع دو زیر لایه با توجه به استانداردهای شرکت‌های سازنده و شبیه سازی‌های انجام شده برای زیر لایه اول شامل تیغه مسی، $1/6$ میلیمتر و برای زیر لایه دوم $1/6$ میلیمتر در نظر گرفته شد و پارامتر ارتفاع کل موجبر برابر $3/2$ میلیمتر به دست آمد. ارتفاع تیغه روی مشخصات تشعشعی موجبر و مشخصه تشعشعی شکاف تأثیر گذار است. هر چه ارتفاع تیغه بیشتر باشد به ازای عمق تیغه ثابت مقدار توان تشعشعی خارج شده از شکاف بیشتر می‌شود که در این طراحی، مقادیر ارتفاع تیغه و ارتفاع کل ثابت در نظر گرفته شده است. عرض تیغه در ساختار مورد نظر مقدار ۴ میلیمتر در نظر گرفته شد، زیرا هر چه عرض تیغه کم شود تلفات موج هدایت شده روی تیغه زیاد می‌شود. در مقابل اگر عرض تیغه بیش از اندازه هم زیاد شود، آنتن حساسیت لازم نسبت به عمق زیگ زاگ و میزان انحراف از خط مرکزی موجبر برای ایجاد تشعشع از شکاف تعبیه شده روی دیواره بالایی موجبر را ندارد. بنابراین ما مقدار ۴ میلیمتر را برای عرض تیغه در نظر گرفتیم. عرض شکاف هم ۲ میلیمتر در نظر گرفته شد، زیرا عرض شکاف باید کوچکتر از یک دهم طول شکاف باشد [۱۲]، بنابراین با توجه به این که طول شکاف برای شبیه سازی در بازه‌ی ۳۳ تا ۳۵ میلیمتر در نظر گرفته شد، مقدار عرض شکاف ۲ میلیمتر انتخاب شد. در شکل‌های (۱) و (الف-۲) و (ب-۲) ساختار آنتن پیشنهادی و پارامترهای آن نشان داده شده است.

۲-۱- محاسبه عرض موجبر تیغه دار

همان طور که گفته شد در شروع کار ما باید موجبر مستطیلی تیغه دار معادل طرح خود را (موجبر با تیغه زیگ زاگی مجتمع شده در زیر

در این مقاله شکاف ایجاد شده روی دیواره بالایی آنتن معادل یک ادمیتانس موازی روی یک خط انتقال در نظر گرفته شد. حال می‌خواهیم ببینیم می‌توانیم فرض توزیع المان موازی را برای ساختار پیشنهادی در نظر بگیریم [۱۳]. فرض المان موازی زمانی درست است که توزیع میدان الکتریکی دهانه شکاف به صورت کسینوسی باشد، که ما توزیع میدان الکتریکی در دهانه شکاف برای آنتن پیشنهادی را در شکل (۵) به دست آورده‌ایم که نمودار قرمز رنگ نیمی از یک نمودار کسینوسی (جهت مقایسه) و نمودار آبی رنگ توزیع میدان الکتریکی دهانه شکاف، به دست آمده از شبیه‌سازی است. همان طور که در شکل (۵) ملاحظه می‌کنید دو نمودار تطابق خوبی با یکدیگر دارند، بنابراین می‌توانیم فرض توزیع المان موازی را برای آنتن پیشنهادی در نظر گرفته و شکاف ایجاد شده روی دیواره بالایی آنتن پیشنهادی را معادل یک ادمیتانس موازی روی یک خط انتقال در نظر گرفت. قسمت حقیقی این ادمیتانس (کنداکتانس) معادل میزان تشعشع از شکاف به ازای میزان عمق زیگ زاگ (میزان انحراف زیگ زاگ از خط مرکزی موجبر) و قسمت موهومی این ادمیتانس (سوسپتانس) در حالت رزونانس در فرکانس ۳ گیگا هرتز مقداری بسیار کوچک معادل با صفر دارد. در شکل‌های (۶) و (۷) به ترتیب نمودارهای کنداکتانس و سوسپتانس نرمالیزه شده برای بازه فرکانسی ۲/۵ تا ۳/۵ گیگا هرتز به دست آمده است.



شکل (۵): نمودار توزیع نرمالیزه میدان الکتریکی در دهانه شکاف

Fig. (5): Diagram of electrical field normalized distribution in slot aperture

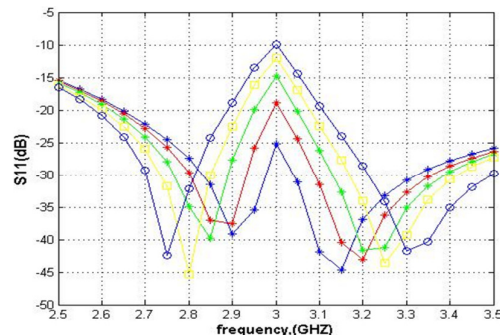
همان طور که در شکل (۶) ملاحظه می‌شود با افزایش عمق زیگ زاگ مقدار کنداکتانس نرمالیزه شده شکاف و به دنبال آن میزان توان تشعشعی خارج شده از شکاف بیشتر می‌شود. در فرکانس ۳ گیگا هرتز رزونانس اتفاق افتاده و بیشترین میزان کنداکتانس نرمالیزه شده و تشعشعی از شکاف را داریم. هم چنین مقدار سوسپتانس نرمالیزه شده برای عمق‌های مختلف زیگ زاگ و به ازای طول رزونانس شکاف در فرکانس ۳ گیگا هرتز (فرکانس کاری) از نقطه‌ی صفر عبور می‌کند که

ساختار، به این نتیجه رسیدیم که مقدار طول شکاف در حالت رزونانس برای عمق زیگ زاگ برابر با ۰.۵ میلی‌متر حدود ۳۳.۵ میلی‌متر است. اما همان طور که از مرجع [۱۲] می‌دانیم طول رزونانس شکاف متناسب با مقدار انحراف شکاف از خط مرکزی موجبر (میزان عمق زیگ زاگ) است و با افزایش مقدار عمق زیگ زاگ طول رزونانس شکاف هم افزایش می‌یابد. شبیه سازی آنتن برای مقادیر متفاوت طول شکاف و عمق زیگ زاگ ۰/۵ و ۰/۷۵ و ۱ و ۱/۲۵ و ۱/۵ میلی‌متر انجام شد و پارامترهای پراکندگی ساختار در شکل‌های (۳) و (۴) به دست آمد. (نتایج به دست آمده به ازای طول‌های رزونانس متفاوت برای شکاف و عمق‌های ذکر شده برای زیگ زاگ است.)

Table (1): Characteristic of slot antenna fed by wiggly ridge substrate integrated waveguide

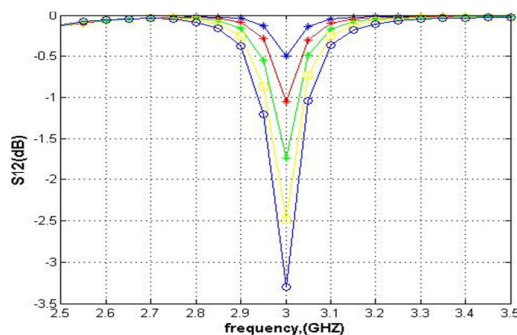
جدول (۱): مشخصات آنتن شکافی تغذیه شده با موجبر با تیغه زیگ زاگی مجتمع شده در زیر لایه

Parameter	value
a'	31.5mm
H	3.2mm
R	0.25mm
W	1.5 mm
Ridge width	4mm
Width of slot	2mm
Length of wiggle	30mm
Height of ridge	1.6mm



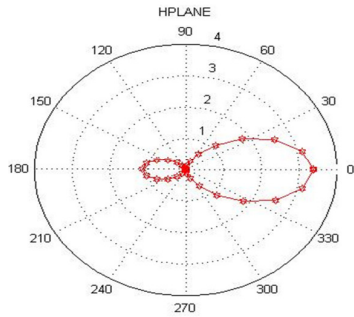
شکل (۳): نمودار پارامتر ضریب انعکاس ساختار پیشنهادی

Fig. (3): Figure of return loss parameter for proposed structure



شکل (۴): نمودار پارامتر ضریب انتقال ساختار پیشنهادی

Fig. (4): Figure of insertion loss parameter for proposed structure



شکل (۹): نمودار الگوهای تشعشی ساختار پیشنهادی در صفحه H-PLANE
Fig. (9): Diagram of radiation pattern proposed structure in H-PLANE

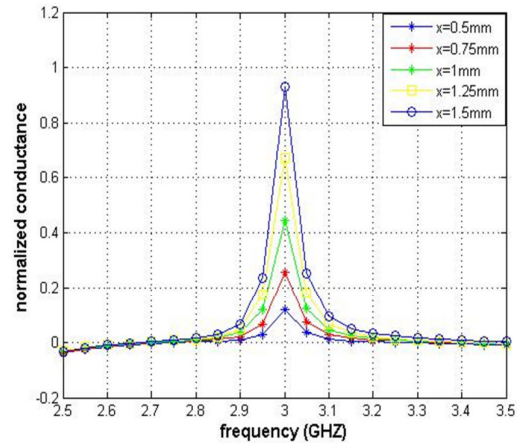
۳-۲- نتیجه گیری

یک ساختار جدید برای تحریک شکاف طولی که در خط مرکزی موجبر مجتمع شده در زیر لایه قطع شده بود در این مقاله پیشنهاد شد. شکل زیگ زاگی برای قسمتی از تیغه موجبر مجتمع شده در زیر لایه به کار گرفته شد که به طور دقیق زیر محل شکاف قرار دارد. حضور شکاف در سطح بالایی موجبر باعث می شود که مقداری از جریان‌های سطحی در سطح موجبر قطع شده و زیگ زاگ مورد نظر باعث تحریک میدان‌های الکترومغناطیسی شده و مقداری از امواج الکترومغناطیسی از داخل شکاف تشعشع کنند. شبیه سازی‌ها نشان می‌دهند با افزایش عمق زیگ زاگ و طول شکاف مقدار تشعشع خارج شده از شکاف بیشتر می‌شود.

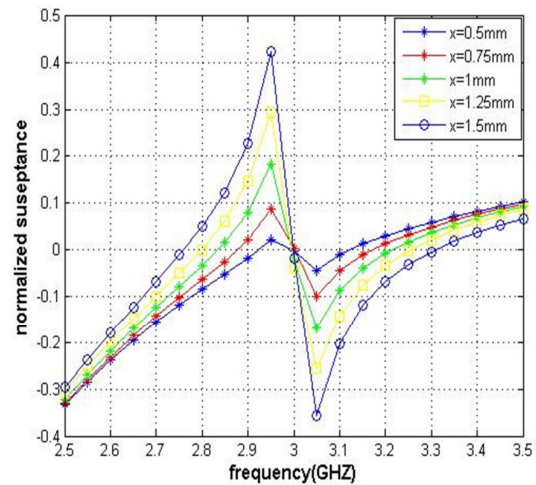
پی نوشت:

- 1- Longitudinal shunt slot antenna
- 2- Butterfly lobes
- 3- Grating lobes
- 4- Wiggly ridge waveguide
- 5- Wiggly ridge substrate integrated waveguide
- 6- Wiggly ridge
- 7- Rectangular waveguide
- 8- Via
- 9- Slot

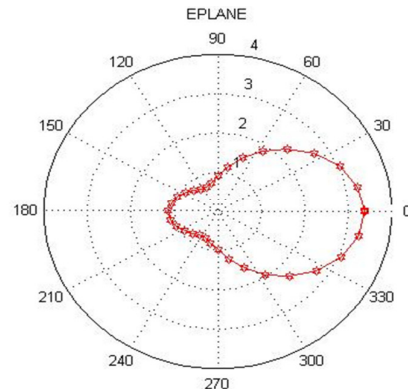
نشان دهنده‌ی رزونانس در این فرکانس و به دنبال آن ماکزیمم تشعشع در این فرکانس است. در شکل‌های (۸) و (۹) هم به ترتیب الگوهای تشعشی در صفحات E-PLANE و H-PLANE به دست آمد.



شکل (۶): نمودار کنداکتانس نرمالیزه شده ساختار پیشنهادی
Fig. (6): Diagram of normalized conductance proposed structure



شکل (۷): نمودار سوسپتانس نرمالیزه شده ساختار پیشنهادی
Fig. (7): Diagram of normalized susceptance proposed structure



شکل (۸): نمودار پترن تشعشی ساختار پیشنهادی در صفحه E-PLANE
Fig. (8): Diagram of radiation pattern proposed structure in E-PLANE

References

- [1] L.A. Kurtz, J.S. Yee, "Second-order beams of two dimensional slot arrays", IRE Trans., AP-5, pp. 356-36, 1957.
- [2] K. Forooghi, P-S Kildal, "Transverse radiation pattern of a slotted waveguide array radiating between finite height baffles in terms of a spectrum of two-dimensional solutions", Proc. Inst. Elec. Eng., pt. H, Microwaves Antennas and Propagation, Vol. 140, No. 1, pp. 52-58, Feb. 1993.
- [3] H.S. Jones, W.G. Heind, "An improved slot array using post excitation", Microwave Journal, Vol. 8, pp. 69-72, July 1965.
- [4] R.E. Clapp, "Probe-fed slots as radiating elements in linear arrays", MIT Rad. Lab. Series Report, No. 455.25, Jan. 1944.
- [5] W.E. Kummer, "Iris-excited shunt slots in rectangular waveguide, theory and experiment", Ph.D. Dissertation, University of California Los Angeles, 1989.
- [6] M. Moradian, M. Khalaj-Amirhosseini, M. Tayarani, "Application of wiggly ridge waveguide for design of linear array antennas of centered longitudinal shunt slot", International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, Vol. 19 ,No. 6 , pp. 717-726, Nov. 2009.
- [7] M. Moradian, M. Khalaj-Amirhosseini, M. Tayarani, "Design of planar slotted array antenna fed by single wiggly-ridge waveguide", International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, Vol. 20, No. 6, pp. 593-602, Nov. 2010.
- [8] M. Moradian, M. Tayarani, M. Khalaj-Amirhosseini, "Planar slotted array antenna fed by single wiggly-ridge waveguide", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 10, 21 July 2011.
- [9] R.S. Elliott, "An improved design procedure for small arrays of shunt slots", IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-31, No. 1, pp. 48-53, Jan.1983.
- [10] N. Marquitz, Waveguide handbook, Peter pregrinus Ltd on behalf of the institution Electrical engineers, 1986.
- [11] W. Che, K. Deng, D. Wang, L. Xu, Y.L. Chow, "Analytical equivalence between substrate-integrated waveguide (SIW) and rectangular waveguide", IET Microwaves, Antennas and Propagation, Vol. 2, No.1, pp. 35-41, Feb. 2008.
- [12] R.S. Elliott, Antenna Theory and Design, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1981.
- [13] D.Y. Kim, R.S. Elliott, "A design procedure for slot arrays fed by single-ridge waveguide", IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 36, No. 11, pp. 1531-1536, Nov. 1988.