



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی مخابرات

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق مخابرات-میدان

عنوان

طراحی و ساخت آنتن آرایه انعکاسی میکرواستریپی با قابلیت پیکر بندی مجدد برای کار در دو باند

استاد راهنما

دکتر سعید نیک مهر

استاد مشاور

دکتر علی پورزیاد

پژوهشگر

سعید حقی کلهر

بهمن ۹۳

باسپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم،

مویشان سپید شد تا ما رو سفید شویم،

و عاشقانه سوختند تا گرما بخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

نام خانوادگی: حقی کلهر	نام: سعید	شماره‌ی دانشجویی: ۹۱۹۴۳۶۱۰۱
عنوان پایان‌نامه: طراحی و ساخت آنتن آرایه انعکاسی میکرواستریپی با قابلیت پیکر بندی مجدد برای کار در دو باند		
استاد راهنما: دکتر سعید نیک مهر	استاد مشاور: دکتر علی پورزیاد	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی برق	گرایش: مخابرات میدان
دانشگاه تبریز	دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر	
تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰	تعداد صفحه: ۹۸	
کلیدواژه: آنتن های Reflectarray ، المانهای میکرواستریپی، سویچ های RF MEMS ، مدل موجبری		
<p>چکیده: در این پایان نامه آرایه انعکاسی با استفاده از المانهای میکرواستریپی طراحی می شود. در این طراحی از پیچ ساده مستطیلی استفاده شده است. برای ایجاد قابلیت پیکربندی مجدد در آرایه، در صفحه زمین المان ها، شکاف هایی قرار داده می شود که با قرار دادن سویچ هایی بر روی شکاف ها، می توان شیفت فاز را کنترل کرد. تاثیر شکل ظاهری، ابعاد، محل قرار گیری و نیز تعداد شکاف ها در عملکرد آرایه انعکاسی مورد توجه قرار گرفته اند. شیفت فاز بالاتر همراه با پهنای باند بیشتر پارامترهایی از آرایه انعکاسی اند که در طراحی مورد توجه قرار گرفته اند. برای داشتن آرایه با بازده بهتر سعی شده است تا از رزونانس خود المان و نیز میدان های نشتی در قسمت پشتی آرایه جلوگیری شود. ابتدا تک المان میکرواستریپی آرایه انعکاسی با استفاده از مدل موجبری بررسی میگردد تا ماکزیمم شیفت فاز را در این المان ها بتوان بدست آورد. در ادامه با آنتن شیپوری، تعداد 35×9 المان آرایه مورد تابش قرار داده می شوند و عملکرد آرایه از نقطه نظر پترن مورد بررسی قرار می گیرد. هدف مهم دیگر در این پایان نامه رسیدن به آرایه دوباندی است که آرایه طراحی شده قابلیت عملکرد در بانده های X و Ku را دارا باشد. برای نیل به این هدف و داشتن عملکرد مستقل برای باندهای مذکور، از شکاف های متفاوت برای دو باند استفاده شده است. برای مدل سازی سویچ های RF MEMS ابتدا حالت ایده ال آنها در نظر گرفته می شود و در دامه این سویچ ها نیز به شکل دقیق تری مدل سازی می شوند. نمونه هایی از المان طراحی شده بر روی زیر لایه Rogers 4003C ساخته شده و با استفاده از موجبر باند X اندازه گیری می شود. نتایج اندازه گیری با نتایج شبیه سازی نیز مقایسه می شوند.</p>		

فهرست مطالب

د	فهرست شکل ها
ش	فهرست جداول
۱	
۱	معرفی آرایه های انعکاسی
۱	۱-۱ معرفی آرایه های انعکاسی
۳	۲-۱ آرایه های انعکاسی چاپی
۴	۱-۲-۱ مزایای آرایه های انعکاسی
۵	۲-۲-۱ معایب آرایه های انعکاسی
۶	بررسی منابع
۷	۱-۲ آرایه های انعکاسی موجبری و فاز چرخشی
۹	۲-۲ آرایه های انعکاسی میکرواستریپی
۲۶	۳-۲ آرایه انعکاسی با تکنولوژی مشابه
۳۰	مواد و روش ها
۳۲	۱-۳ نگاهی اجمالی به روش های تحلیل
۳۴	۲-۳ توزیع شیفت فاز:
۳۵	۳-۳ انتخاب المان ها و تاثیر آنها [۲]
۳۶	۱-۳-۳ فاز انعکاسی المانها:
۳۸	۲-۳-۳ پهنای باند المان ها
۳۹	۳-۳-۳ پهنای باند المان ها
۳۹	۱-۳-۳-۳ پهنای باند محدود شده توسط المانها
۳۹	۲-۳-۳-۳ پهنای باند محدود شده توسط تاخیر فاز فضایی
۴۱	۴-۳-۳ بازده انعکاسی المان ها:
۴۳	۵-۳-۳ فاصله المان ها
۴۴	۴-۳ سویچ ها
۴۶	۵-۳ نرم افزار Ansoft HFSS

۴۷	..... بحث و نتایج
۴۸	..... ۱-۴ ساختار پیشنهادی اولیه
۴۸	..... ۱-۱-۴ آنتن آرایه انعکاسی
۵۱	..... ۲-۱-۴ بررسی تغییرات شیفیت فاز ناشی از شکاف در صفحه زمین
۵۶	..... ۳-۱-۴ بررسی تاثیر موجبر بر نتایج بدست آمده
۵۷	..... ۴-۱-۴ افزایش میزان شیفیت فاز
۶۲	..... ۵-۱-۴ بررسی آنتن ارائه شده در باند Ku
۶۷	..... ۶-۱-۴ بررسی back radiation آرایه
۷۱	..... ۲-۴ طرح پیشنهادی دوم
۷۱	..... ۱-۲-۴ ساختار کلی و بررسی شیفیت فاز
۸۰	..... ۲-۲-۴ بررسی back radiation در آنتن
۸۳	..... ۳-۲-۴ بررسی سوییچ ها بصورت گسسته:
۸۶	..... ۴-۲-۴ بررسی آرایه ی انعکاسی با ۳۱۵ المان
۹۰	..... ۳-۴ اندازه گیری و ساخت آنتن ارائه شده
۹۴	..... نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۷	..... مراجع

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱: پیکربندی آنتن های آرایه ی انعکاسی [۲] ۱
- شکل ۱-۲: آرایه های انعکاسی با المان های مختلف، (الف) پیچ های یکتا با طول استاب های مختلف، (ب) دایپل ها و حلقه ها با طول های مختلف، (ج) پیچ با ابعاد مختلف، (د) زوایای چرخش متفاوت [۴-۶] ۲
- شکل ۱-۳: آرایه انعکاسی بصورت پیچ مایکرواستریپی با استاب های متصل [۲] ۳
- شکل ۱-۲: آرایه انعکاسی موجبری [۹] ۷
- شکل ۲-۲: آرایه انعکاسی با فاز چرخشی [۲] ۸
- شکل ۲-۳: آرایه انعکاسی بصورت پیچ مایکرواستریپی با استاب های متصل با طول های مختلف [۳] ۹
- شکل ۲-۴: آرایه های انعکاسی با المان های مختلف، (الف) پیچ های یکتا با طول استاب های مختلف، (ب) دایپل ها و حلقه ها با طول های مختلف، (ج) پیچ با ابعاد مختلف، (د) زوایای چرخش متفاوت [۴-۶] ۱۰
- شکل ۲-۵: کاهش پلاریزاسیون مخالف با استفاده از جهت و فاز مخالف [۱۶] ۱۱
- شکل ۲-۶: پیکربندی آنتن آرایه انعکاسی (الف) تک حلقه، (ب) دو حلقه، (ج) سه حلقه [۱۷] ۱۲
- شکل ۲-۷: منحنی فاز نسبت به تغییر طول حلقه بیرونی [۱۷] ۱۳
- شکل ۲-۸: منحنی فاز خطی نسبت به تغییر طول حلقه بیرونی [۱۷] ۱۳
- شکل ۲-۹: پیکربندی آنتن آرایه انعکاسی (الف) تک حلقه، (ب) دو حلقه، (ج) سه حلقه [۱۷] ۱۴
- شکل ۲-۱۰: منحنی فاز نسبت به تغییر شعاع R، شعاع بیرونی حلقه ها [۱۷] ۱۴
- شکل ۲-۱۱: منحنی فاز نسبت به تغییر شعاع L [۱۸] ۱۵
- شکل ۲-۱۲: منحنی فاز نسبت به تغییر شعاع L [۱۸] ۱۶
- شکل ۲-۱۳: حالت های ممکن برای استفاده از سوئیچ های MEMS [۱۹] ۱۷
- شکل ۲-۱۴: شماتیک موجبر با دیواره های PEC و المان مایکرواستریپی [۱۹] ۱۸
- شکل ۲-۱۵: منحنی تغییرات ضریب انعکاس و شیفیت فاز نسبت به طول شکاف [۱۹] ۱۹
- شکل ۲-۱۶: توزیع میدان الکتریکی برای پیچ و شکاف با طول های مختلف [۱۹] ۲۰
- شکل ۲-۱۷: (الف) شماتیک موجبر با دیواره های PEC و PMC برای شبیه سازی موج عمودی. (ب) منحنی مقایسه ضریب انعکاس و شیفیت فاز برای زوایای مختلف موج تابشی. [۱۹] ۲۱
- شکل ۲-۱۸: المان های آرایه (الف) دید از بالا. (ب) دید از پایین. [۲۱] ۲۲
- شکل ۲-۱۹: ضریب انعکاس و شیفیت فاز برای زیر لایه با ارتفاع متغیر [۲۱] ۲۳
- شکل ۲-۲۰: شیفیت فاز برای زیر لایه های متفاوت [۲۱] ۲۳
- شکل ۲-۲۱: شیفیت فاز برای پیچ های دایروی با شعاع های متفاوت [۲۱] ۲۴

- شکل ۲-۲۲: توزیع میدان الکتریکی برای (الف) پچ با شعاع 4.25mm (ب) پچ با شعاع 2mm [۲۱]..... ۲۴
- شکل ۲-۲۳: پهنای باند آرایه انعکاسی برای المان با پچ های دایروی [۲۱]..... ۲۵
- شکل ۲-۲۴: بهبود و افزایش شیفیت فاز برای آرایه انعکاسی با پچ دایروی [۲۱]..... ۲۵
- شکل ۲-۲۵: (الف) مدل شبیه سازی سوئیچ های RF MEMS (دید از پایین) (ب) عملکرد مدل سوئیچ ها در حالت خاموش و روشن [۲۱]..... ۲۶
- شکل ۲-۲۶: ساختار کلی آرایه لنز [۳]..... ۲۷
- شکل ۲-۲۷: ساختار تک المان در آرایه لنز [۳]..... ۲۸
- شکل ۲-۲۸: آرایه لنز، نشان دهنده عدم حساسیت طول مسیر ها به خمیدگی سطح [۳]..... ۲۹
- شکل ۳-۱: ساختار کلی آرایه انعکاسی [۲]..... ۳۱
- شکل ۳-۲: ساختار کلی آرایه انعکاسی [۲]..... ۳۴
- شکل ۳-۳: شیفیت فاز مورد نیاز برای آرایه ای با ۹۰۰ المان [۲]..... ۳۵
- شکل ۳-۴: موجبر با دیواره های موازی برای شبیه سازی آنتن آرایه انعکاسی [۲]..... ۳۶
- شکل ۳-۵: منحنی S، نشان دهنده تغییر فاز نسبت به تغییر المان [۲]..... ۳۷
- شکل ۳-۶: تاثیر پترن المان های آرایه انعکاسی [۳]..... ۳۸
- شکل ۳-۷: تاخیر فاز فضایی آرایه انعکاسی [۲]..... ۴۰
- شکل ۳-۸: امواج منعکس شده و تشعشع یافته از المان های آرایه انعکاسی [۲]..... ۴۲
- شکل ۴-۱: ساختار کلی آنتن (الف) تک المان آرایه انعکاسی، (ب) تک المان در درون موجبر..... ۴۹
- شکل ۴-۲: ساختار آنتن با شکاف مستقیم در صفحه زمین..... ۵۲
- شکل ۴-۳: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف..... ۵۲
- شکل ۴-۴: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف برای زوایای مختلف در فرکانس 9.5GHz..... ۵۳
- شکل ۴-۵: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف برای زوایای مختلف در فرکانس 10GHz..... ۵۴
- شکل ۴-۶: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف برای زوایای مختلف در فرکانس 10.5GHz..... ۵۴
- شکل ۴-۷: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف برای زوایای مختلف در فرکانس 11GHz..... ۵۴
- شکل ۴-۸: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف با زاویه ۳۵ درجه حول محور Z..... ۵۵
- شکل ۴-۹: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف با زاویه ۳۵ درجه حول محور Z..... ۵۵
- شکل ۴-۱۰: ساختار کلی آنتن ارائه شده برای شبیه سازی موجبری..... ۵۶
- شکل ۴-۱۱: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف برای پارامترهای مختلف S در فرکانس 9.5GHz..... ۵۶
- شکل ۴-۱۲: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف برای پارامترهای مختلف S در فرکانس 10GHz..... ۵۷
- شکل ۴-۱۳: ساختار آنتن با وجود شکاف مرکزی..... ۵۸

- شکل ۴-۱۴: ساختار آنتن با افزودن شکاف دوم ۵۸
- شکل ۴-۱۵: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف b ۵۹
- شکل ۴-۱۶: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف b ۵۹
- شکل ۴-۱۷: ساختار آنتن با وجود شکاف سوم در باند X ۶۰
- شکل ۴-۱۸: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف c ۶۰
- شکل ۴-۱۹: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف c ۶۱
- شکل ۴-۲۰: مجموع شیفیت فاز حاصل از سه شکاف در باند X ۶۱
- شکل ۴-۲۱: ساختار آنتن با یک شکاف برای باند ku ۶۲
- شکل ۴-۲۲: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف مرکزی برای باند Ku ۶۲
- شکل ۴-۲۳: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف مرکزی برای باند Ku ۶۳
- شکل ۴-۲۴: ساختار آنتن با دو شکاف برای باند ku ۶۳
- شکل ۴-۲۵: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف دوم برای باند ku ۶۴
- شکل ۴-۲۶: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف دوم برای باند ku ۶۴
- شکل ۴-۲۷: ساختار آنتن با سه شکاف برای باند ku ۶۵
- شکل ۴-۲۸: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف سوم برای باند ku ۶۵
- شکل ۴-۲۹: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف سوم برای باند ku ۶۶
- شکل ۴-۳۰: مجموع شیفیت فاز حاصل از سه شکاف در باند ku ۶۶
- شکل ۴-۳۱: اندازه میدان الکتریکی با وجود شکاف مرکزی (الف) فرکانس 9GHz، (ب) فرکانس 10GHz، (ج) فرکانس 11GHz ۶۷
- شکل ۴-۳۲: اندازه میدان الکتریکی با وجود شکاف دوم. (الف) فرکانس 9GHz، (ب) فرکانس 10GHz، (ج) فرکانس 11GHz ۶۸
- شکل ۴-۳۳: اندازه میدان الکتریکی با وجود شکاف سوم. (الف) فرکانس 9GHz، (ب) فرکانس 10GHz، (ج) فرکانس 11GHz ۶۹
- شکل ۴-۳۴: اندازه میدان الکتریکی در فرکانس 13.5GHz (الف) با وجود شکاف مرکزی (ب) با وجود شکاف دوم (ج) با وجود شکاف سوم ۷۰
- شکل ۴-۳۵: ساختار کلی آنتن برای باند X ۷۱
- شکل ۴-۳۶: ساختار آنتن با تک شکاف برای باند X ۷۲
- شکل ۴-۳۷: منحنی ضریب انعکاس نسبت به میزان طول شکاف ۷۲
- شکل ۴-۳۸: منحنی ضریب انعکاس نسبت به میزان طول شکاف ۷۳
- شکل ۴-۳۹: ساختار آنتن با سه شکاف برای باند X ۷۳
- شکل ۴-۴۰: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به میزان طول شکاف دوم ۷۴
- شکل ۴-۴۱: منحنی ضریب انعکاسی نسبت به میزان طول شکاف دوم ۷۴

- شکل ۴-۴۲: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به میزان طول شکاف سوم ۷۵
- شکل ۴-۴۳: منحنی ضریب انعکاس نسبت به میزان طول شکاف سوم ۷۵
- شکل ۴-۴۴: مجموع شیفیت فاز حاصل از سه شکاف در باند X ۷۶
- شکل ۴-۴۵: ساختار کلی آنتن برای باند Ku ۷۶
- شکل ۴-۴۶: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به میزان طول شکاف مرکزی ۷۷
- شکل ۴-۴۷: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به میزان طول شکاف (b) ۷۷
- شکل ۴-۴۸: منحنی تغییرات شیفیت فاز نسبت به طول شکاف (c) ۷۸
- شکل ۴-۴۹: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف (a) ۷۸
- شکل ۴-۵۰: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف (b) ۷۸
- شکل ۴-۵۱: منحنی ضریب انعکاس نسبت به طول شکاف (c) ۷۹
- شکل ۴-۵۲: اندازه میدان الکتریکی در فرکانس 9GHz (الف) با وجود شکاف مرکزی (ب) با وجود شکاف دوم (ج) با وجود هر سه شکاف ۸۰
- شکل ۴-۵۳: اندازه میدان الکتریکی در فرکانس 10GHz (الف) با وجود شکاف مرکزی، (ب) با وجود شکاف دوم، (ج) با وجود هر سه شکاف ۸۱
- شکل ۴-۵۴: اندازه میدان الکتریکی در فرکانس 13GHz (الف) با وجود شکاف مرکزی، (ب) با وجود شکاف دوم، (ج) با وجود هر سه شکاف ۸۲
- شکل ۴-۵۵: ساختار آنتن با وجود ۱۲ سوئیچ در شکاف حلقوی ۸۳
- شکل ۴-۵۶: ساختار کلی آنتن با وجود ۳۵×۹ المان و تغذیه شیپوری ۸۶
- شکل ۴-۵۷: صفحه زمین آرایه انعکاسی با شکاف با زاویه ۲۰ درجه ۸۶
- شکل ۴-۵۸: پترن تشعشی آنتن در فرکانس 9GHz با وجود شکاف های حداقل در صفحه زمین ۸۷
- شکل ۴-۵۹: صفحه زمین آرایه انعکاسی با شکاف مرکزی ماکزیمم ۸۷
- شکل ۴-۶۰: پترن تشعشی آنتن در فرکانس 9GHz با وجود شکاف های مرکزی ماکزیمم در صفحه زمین ۸۸
- شکل ۴-۶۱: صفحه زمین آرایه انعکاسی با تلفیقی از دو نوع شکاف ۸۹
- شکل ۴-۶۲: پترن تشعشی آنتن در فرکانس 9GHz با وجود شکاف های مرکزی ماکزیمم، مینیمم و دو شکاف حلقوی در صفحه زمین ۸۹
- شکل ۴-۶۳: صفحات زمین آنتن تست شده. (الف) نمونه اول، (ب) نمونه دوم، (ج) نمونه سوم ۹۰
- شکل ۴-۶۴: تست آنتن در آزمایشگاه. (الف) دید از بالا و نحوه قرار گیری آنتن در موجبر. (ب) نحوه اتصال کانکتور. (ج) ساختار کلی جهت تست آنتن ۹۱
- شکل ۴-۶۵: مقایسه نتایج نمونه اول ۹۲
- شکل ۴-۶۶: مقایسه نتایج نمونه دوم ۹۲

شکل ۴-۶۷: مقایسه نتایج نمونه سوم ۹۳

شکل ۴-۶۸: تاثیر ارتفاع موجبر بر شیفت فاز ۹۳

فهرست جداول

جدول ۴-۱: اندازه پارامترهای مشخص شده در شکل ۴-۱.....	۵۰
جدول ۴-۲: ده مود اول ساختار ارائه شده.....	۵۱
جدول ۴-۳: مقادیر پارامترهای مشخص شده در شکل ۴-۳۵.....	۷۲
جدول ۴-۴: شیفت فاز حاصل از ۱۲ سویچ در شکاف حلقوی بالایی.....	۸۳
جدول ۴-۵: شیفت فاز حاصل از ۱۲ سویچ در شکاف حلقوی پایینی.....	۸۴
جدول ۴-۶: شیفت فاز حاصل از ۱۲ سویچ در شکاف حلقوی مرکزی.....	۸۴

فصل

اول

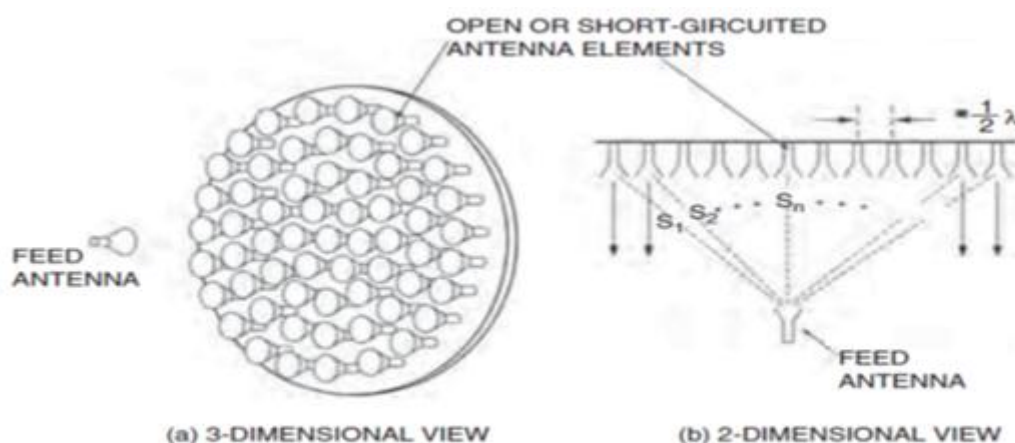
معرفی آرایه های

انعکاسی

۱-۱ معرفی آرایه های انعکاسی^۱

برای اکثر کاربردهای راداری و مخابرات راه دور استفاده از آنتن هایی با بهره بالا غیر قابل انکار است. برای این منظور اکثرا از منعکس کننده های سهموی و آرایه ها استفاده می شود [۱]. منعکس کننده های سهموی به دلیل ساختار منحنی وار خود دارای مشکلاتی در ساخت خواهند بود. همچنین توانایی اسکن پرتو در زوایای وسیع را نیز دارا نیستند. از سوی دیگر آنتن های آرایه ای با بهره بالا، زمانی که به شیفت دهنده های فاز قابل کنترل مجهز می گردند، توانایی اسکن پرتو در زاویه وسیع را دارا میگردند، ولی هزینه این سیستم ها به دلیل مکانیزم پیچیده تغذیه، بسیار بالا خواهد بود. در نتیجه نوع سوم آنتن ها به نام آرایه انعکاسی برای بهبود عملکرد و کاهش هزینه مربوط به آرایه ها و منعکس کننده های سهموی بوجود آمده است.

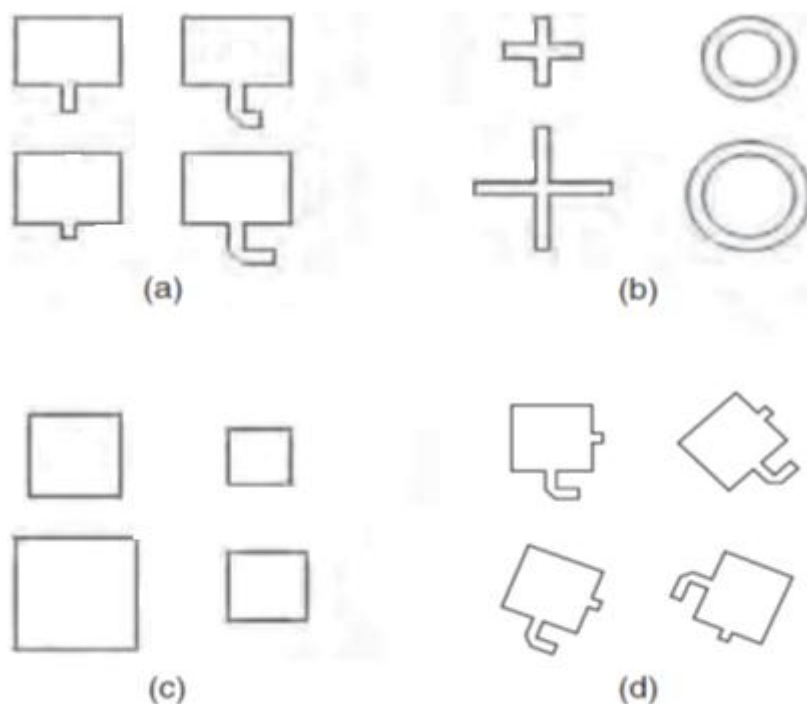
آرایه های انعکاسی همانند شکل ۱-۱ آنتن هایی با سطح صاف و یا دارای انحنای ناچیزند [۲]. این آنتن ها توسط آنتن دیگری، معمولا بصورت آنتن شیپوری، تغذیه می گردند. بر روی سطح آرایه انعکاسی المانهای تشعشعی فراوانی (موجبرهایی با انتهای باز- پچ های میکرواستریپی) قرار می گیرد.



شکل ۱-۱: پیکربندی آنتن های آرایه ی انعکاسی [۲]

¹ Reflectarray

آنتن تغذیه برای تغذیه مناسب المان های آرایه انعکاسی، پراکنده سازی و منعکس کردن موج تابیده با فاز الکتریکی مورد نیاز در نقاط دور استفاده می شود. به عبارت دیگر المان هایی با فاز گوناگون، برای جبران فازهای متفاوت ناشی از طول مسیرهای مختلف (S_1, S_2, \dots, S_n نشان داده شده در شکل ۱-۱) از آنتن تغذیه تا المان ها، بکار می رود. این عملکرد شبیه منعکس کننده های سهموی خواهد بود که در آن از انحنای خاص ساختار برای ایجاد فاصله یکسان از تمام نقاط روی سهمی تا محل تغذیه (کانون) استفاده می گردد. بنابراین عبارت "منعکس کننده ی صاف" را نیز می توان با آرایه های انعکاسی جایگزین کرد که در این آنتن ها از هر دو تکنولوژی منعکس کننده و آرایه استفاده شده است. همانطور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است روش های مختلفی برای ایجاد آرایه های انعکاسی وجود دارد.

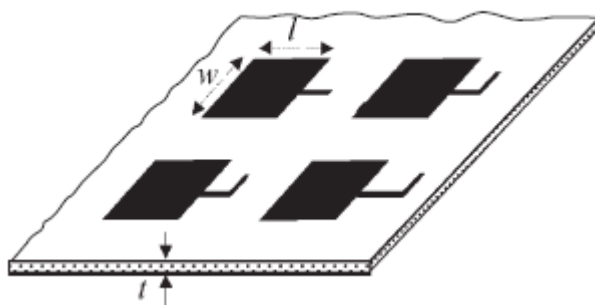


شکل ۱-۲: آرایه های انعکاسی با المان های مختلف، (الف) پیچ های یکتا با طول استاب های مختلف، (ب) دایپل ها و حلقه ها با طول های مختلف، (ج) پیچ با ابعاد مختلف، (د) زوایای چرخش متفاوت [۴-۶]

یکی از این روش ها استفاده از پچ میکرواستریپی با طول های مختلف استاب متصل به آن است [۳]-
 [۴] که این استاب ها برای جبران کننده فواصل گوناگون تا منبع تغذیه بکار برده می شوند. روش دیگر [۵]
 استفاده از پچ هایی با ابعاد مختلف دایپل و حلقه است که در آن، المان ها دارای امپدانس پراکندگی مختلف
 و در نتیجه فازهای مختلف برای جبران مسیر خواهد بود. برای داشتن پلاریزاسیون دایروی نیز از المانهایی
 با پلاریزاسیون دایروی و چرخش نسبت به هم برای جبران فواصل مختلف استفاده می شود [۶].

۱-۲ آرایه های انعکاسی چاپی

آرایه های انعکاسی با استفاده از المان های چاپی میکرواستریپی بدلیل کاهش عرض مقطع، کاهش
 حجم و کاهش هزینه ساخت در حال گسترش است. پیکربندی این آنتن ها با استفاده از المانهای چاپی با
 طول استاب های متغییر در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. این نوع آنتن ها از اشتراک برخی ویژگی های
 منعکس کننده های سهموی و آرایه های میکرواستریپی بهره می برد که مزایا و معایب آن در ادامه آورده
 شده است.



شکل ۱-۳: آرایه انعکاسی بصورت پچ میکرواستریپی با استاب های متصل [۲]

۱-۲-۱ مزایای آرایه های انعکاسی

همانند منعکس کننده های سهموی، آرایه های انعکاسی نیز دارای بهره بالا برای دهانه های بزرگ^۱ بدون نیاز به مقسم توان خواهند بود، در نتیجه تلفات در این آنتن ها بسیار ناچیزی است. از سوی دیگر مشابه آنتن های آرایه ای این نوع از آنتن ها با استفاده از المان های موجود در سطح خود توانایی اسکن پرتو در زاویه وسیع را دارا خواهند بود. در این آنتن ها شیفتهای فاز با تلفات کم در المانها برای اسکن با زوایای وسیع بکار برده می شود. با وجود این ویژگی در آرایه های انعکاسی، نیازی به شبکه های تشکیل دهنده پرتو^۲ با تلفات بالا و تقویت کننده های با هزینه بالا همچون آرایه های فازی وجود ندارد. مزیت مهم دیگر این آنتن ها در جاسازی ساده این آنتن ها در مقایسه با منعکس کننده های سهموی است. همچنین سطح صاف آرایه انعکاسی به هنگام افزودن بر روی سطوح دیگر هیچ حجم اضافی در ساختار کلی ایجاد نمی کند بنابراین می توان آرایه انعکاسی با صدها یا هزاران المان بصورت میکرواستریپی را با هزینه پایین، مخصوصاً زمانی که بصورت گستره تولید می گردند ایجاد کرد. قابلیت مهم دیگر این آنتن ها، با توانایی کنترل شیفتهای فاز در المانها و در نتیجه امکان ایجاد پرتو مناسب در جهت خاص است [۷-۸]. همچنین همچون منعکس کننده های سهموی، با قرار دادن المان های تغذیه متعدد در فاصله کانونی می توان چندین پرتو خاص را ایجاد کرد.

¹ large aperture

² beamforming network

۲-۲-۱ معایب آرایه های انعکاسی

با همه قابلیت های ذکر شده برای آرایه های انعکاسی، پهنای باند ناچیز این آنتن ها عیب عمده آن ها است. بصورت کلی پهنای باند این آنتن ها بسته به نوع آن (طراحی المانها، اندازه دهانه و فاصله کانونی و...) معمولاً کمتر از ۱۰ درصد خواهد بود. این پهنای باند ناچیز قابل مقایسه با پهنای باند بالای منعکس کننده های سهموی نیست. در این آنتن ها دو عامل، پهنای باند ناچیز المان های میکرواستریپی و فواصل مختلف تا المان ها محدود کننده اساسی پهنای باند است.

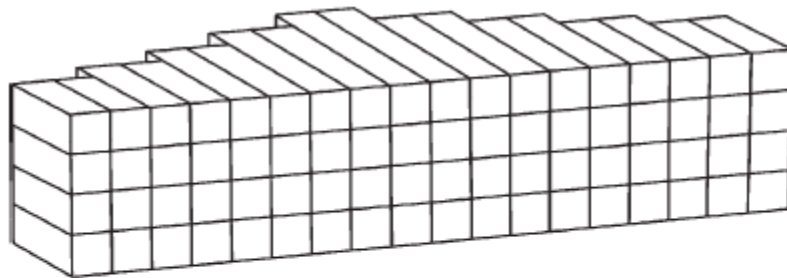
فصل

دوم

بررسی منابع

۱-۲ آرایه های انعکاسی موجبری و فاز چرخشی^۱

ایده آرایه های انعکاسی برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط Malech و همکارانش مطرح شد [۹] که در آن از موجبرهای اتصال کوتاه شده با طولهای مختلف همانند شکل ۱-۲ برای بدست آوردن پرتو راه دور استفاده شده بود. موج الکترومغناطیسی تابیده شده از منبع تغذیه با موجبر کوپل شده و همانند خطوط انتقال به سمت اتصال کوتاه شده آن جاری می گردد. از انتهای موجبر اتصال کوتاه شده تمام موج تابیده منعکس شده و به سمت بیرون تشعشع می کند. با کنترل طول موجبر ها، فاز امواج منتشر شده بصورت مناسب تنظیم می گردد تا پرتو مورد نظر در نقاط مختلف حاصل شود. از آنجا که اکثریت کاربردهای بی سیم در این دهه در فرکانس های پایین مایکروویوی عمل می کرد بنابراین موجبرهای بزرگ باعث ایجاد آنتن های سنگین و حجیم می گشت در نتیجه این مفهوم از آنتن ها تا ۱۰ سال مورد توجه قرار نگرفت.



شکل ۱-۲: آرایه انعکاسی موجبری [۹]

^۱ Spiriral phase

در اواسط دهه ۱۹۷۰ مفهومی از آرایه های انعکاسی توسط Phelan مورد توجه قرار گرفت [۲]، که در آن از سویچ های دیودی همانند شکل ۲-۲ در چهار بازوی چرخشی یا المانهای دو قطبی ضربداری با پلاریزاسیون دایروی برای اسکن پرتو در زاویه ی وسیع استفاده می شد. با چرخش زاویه ای المان با پلاریزاسیون دایروی فاز الکتریکی انتشاری آن نیز متناسب با میزان چرخش تغییر می کند. با تحریک سویچ ها برای فعال سازی بازوهای مختلف، نه تنها فاز برای ایجاد پرتوهای هم فاز در نقاط دور قابل کنترل خواهد بود، بلکه امکان اسکن الکتریکی پرتو در زاویه وسیع نیز وجود خواهد داشت. با وجود بازوهای چرخشی ضخیم و المانهای الکترونیکی این آنتن ها بطور قابل توجهی حجیم بودند. با توجه به حجم زیاد، این نوع آنتن ها دارای بازده کمتری نیز بودند. مخصوصا در نقاط بالای باند فرکانسی، فاصله المانها بسیار بیشتر از نصف طول موج فضای آزاد می گردد که باعث ایجاد گلبرگ های فرعی^۱ ناخواسته و در نتیجه بازده کم می گردد. در نتیجه هیچ تلاشی برای گسترش این نوع آنتن ها صورت نگرفت. باید توجه گردد که برای بازده بالا در آرایه های انعکاسی، باید رابطه مناسب بین پهنای بیم المان ها، فاصله المان ها و نسبت فاصله کانونی به قطر آنتن برقرار گردد در غیر اینصورت میدان برگشتی به صورت پراکندگی^۲ و یا امپدانس نامناسب صفحه ای ایجاد^۳ خواهد شد.



شکل ۲-۲: آرایه انعکاسی با فاز چرخشی [۲]

¹ grating lobes

² Backscattered

³ mismatched surface impedance