



دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

کرایش مخابرات

عنوان :

بررسی انواع جدید تقسیم کننده‌های توان ماکروویو از ۳ گیگاهرتز تا

باند نوری

استاد راهنما: دکتر علیرضا شریفی

نگارش : مینا بیات

فهرست	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول: تقسیم کننده توان ماکروویو	۲
۱- تقسیم کننده توان ماکروویو	۳
۱-۱. تقسیم کننده توان چند ضلعی ماکرواستریپ	۴
۱-۲. طراحی و شبیه سازی رت ریس تقسیم کننده نامساوی توان	۱۲
۱-۳. مقسیم کننده توان گایسل	۲۳
۱-۴. مقسم توان کوچک و پهن باند با ۴ پورت خروجی	۲۶
۱-۵. طراحی تقسیم کننده توان هایبرید	۳۳
فصل دوم: تقسیم کننده توان نوری	۴۰
۲. تقسیم کننده توان نوری	۴۱
۲-۱. بلور های فوتونی	۴۱
۲-۲. تقسیم کننده توان نوری مبتنی بر بلور فوتونی	۴۳
۲-۳. تقسیم کننده توان بلور فوتونی مبتنی بر سیال نوری	۴۷
۲-۴. تقسیم کننده توان بلور فوتونی با سطوح توان مختلف	۵۲
مراجع	۵۷

مقدمه

در پایان نامه حاضر در ابتدای فصل اول به معرفی انواع تقسیم کننده های توان ماکروویو پرداخته شده و مزیت برخی از انواع مهم آن آورده شده است .

در بخش اول فصل اول به تحلیل مداری و ریاضی تقسیم کننده توان چند ضلعی ماکرواستریپ پرداخته شده است و همچنین شبیه سازی آن در نرم افزار HFSS توضیح داده شده است و نتایج شبیه سازی آورده شده است .

در بخش دوم فصل اول، طراحی و شبیه سازی یک رت ریس تقسیم کننده نا مساوی توان را مشاهده خواهید کرد که در فرکانس ۷.۵ تا ۸ گیگاهرتز طراحی و تحلیل شده است .

در بخش سوم فصل اول یکی از بهترین مقسم های توان که مقسم توان گایسل است آورده شده و مدل بهبود یافته آن نیز مطرح گردیده است .

در بخش چهارم فصل اول به مقسم توان کوچک و پهن باند با ۴ پورت خروجی پرداخته شده است که ساختاری متقارن دارد و انرژی ورودی را به طور یکسان بین ۴ پورت خروجی تقسیم می کند .

در فصل دوم پایان نامه به معرفی تقسیم کننده توان نوری پرداخته شده است که یکی از اجزاء مهم برای دست یابی به شبکه غیر فعال نوری است .

در بخش اول فصل دوم ساختار و کاربرد های بلور های فوتونی آورده شده است که جزء مهم بسیاری از تقسیم کننده های توان نوری است .

در بخش دوم فصل دوم یک تقسیم کننده توان با موجبر های نقص خطی بلور های فوتونی آورده شده است که بر مبنای تزویج بین مدهای هدایت استفاده شده و ساختار پیشنهادی این مقسم توان توضیح داده شده است .

در بخش سوم فصل دوم یک تقسیم توان نوری بر اساس تداخل چند حالت بلور فوتونی مطرح شده است و مدل و تجزیه و تحلیل آن آورده شده است .

در بخش چهارم فصل دوم تقسیم کننده توان نوری با دو طول موج آورده شده است و به گونه ای طراحی شده که به طول موج در یک زمان دست پیدا کنیم .

در بخش پنجم فصل دوم به معرفی مقسم توان بلور فوتونی مبتنی بر سیال نوری پرداخته شده است که با یک ورودی و دو خروجی موازی در یک شبکه بلور بلور فوتونی مثلثی متشکل از حفره های هوا در

بستر Si، طراحی و شبیه سازی شده است که توان هر خروجی بیش از ۳۴ درصد توان ورودی است و در ساخت آن از دو خم موجبر ۶۰ درجه با اتصال Y شکل استفاده شده است.

فصل اول

تقسیم کننده توان ماکروویو

۱. تقسیم کننده توان ماکروویو

تقسیم کننده توان از ترکیبات پسیو ماکروویوی است که برای تقسیم یا ترکیب توان استفاده می شود. در تقسیم توان، یک سیگنال ورودی به وسیله یک تزویج گر به چند سیگنال با توان کمتر تقسیم می شود. تقسیم کننده های توان اغلب از نوع تقسیم مساوی (3 dB) هستند، ولی ممکن است تقسیم نامساوی نیز صورت گیرد. از تزویج گر های جهتی می توان برای تقسیم توان به صورت دلخواه استفاده شود در حالی که اتصالات هیبرید معمولاً تقسیم توان مساوی دارند. از انواع تقسیم کننده های بررسی شده در کتاب مهندسی ماکروویو نوشته دیوید پوزار می توان به تقسیم کننده توان اتصال T و تقسیم کننده مقاومتی و تقسیم کننده توان ویلکینسون اشاره کرد.

مزیت های تقسیم کننده توان ویلکینسون:

- ۱- از آن می توان به عنوان تقسیم کننده وهم جمع کننده استفاده نمود.
- ۲- در حالت تقسیم کنندگی ایزولاسیون پورت های خروجی نسبت به یکدیگر بیشتر از ۲۰ دسیبل می باشد.
- ۳- در طراحی آن می توان امپدانس دهانه های ورودی و خروجی آن را به صورت دلخواه تعیین و طراحی نمود.
- ۴- این تقسیم کننده دارای این خاصیت مفید است که بدون تلفات می باشد در حالی که تمام دهانه های خروجی تطبیق گردیده و این بدان معناست که فقط توان انعکاس یافته تلف خواهد گردید.
- ۵- می توان آن را به گونه ای ساخت که تقسیم توان به مقدار مساوی انجام گردد.
- ۶- شیفت فاز دهانه های خروجی یکسان است.
- ۷- به سادگی بر روی بردهای میکرواستریپ (ریزنوارک) قابل پیاده سازی است.
- ۸- پهنای باند وسیع را پوشش می دهد.

کاربرد های تقسیم کننده توان ویلکینسون

استفاده در انواع تقویت کننده های ماکروویو جهت تقسیم کردن توان ورودی به ترانزیستور های قدرت .
استفاده در انواع تقویت کننده های ماکروویو جهت جمع کردن توان ورودی به ترانزیستور های قدرت .
استفاده در مسیر فرستنده برای گرفتن نمونه سیگنال خروجی با تضعیف مناسب جهت استفاده در شاخه پروانه برق مدارات گیرنده .

کوپلر جهتی یکی از اجزای مهم مقسم توان

کوپلرهای جهتی^۱ استفاده فراوانی در مدارات مایکروویو و بخصوص تقسیم کننده های توان دارند. آنها برای بدست آوردن نمونه توان و جبران حرارت و کنترل دامنه و نیز برای تقسیم و ترکیب توان در

محدوده فرکانس های بالا کاربرد فراوانی دارند. در تقویت کننده های متوازن از آنها برای دستیابی به V

SWR ورودی و خرجی خوب سود جسته و در ترکیب کننده های متوازن در دستگاه های مایکروویو و

در نمونه گیری سیگنال های بازتابی و تابشی بکار می روند. کوپلرهای جهتی دارای چهار دهانه بوده و

یکسان بودن مشخصات آنها در هر چهار دهانه آنها را برای قرار دادن در یک مدار و یا سیستم ایده آل می

کند.

اصولاً بصورت مایکرواستریپ دو نوع کوپلر جهتی کاربرد عملی دارند:

(۱) کوپلر جهتی خط شاخه ای

(۲) کوپلر جهتی خط پیونده^۲

این دو کوپلر جهتی اساساً در تقسیم کننده های توان مورد استفاده قرار می گیرند و دو ویژگی مهم دارند،

یکی آنکه در خروجی آنها نسبت به یکدیگر ایزوله بوده و دیگر اینکه در 90° درجه اختلاف فاز دارند. [1] و [2]

۱-۱. تقسیم کننده توان چند ضلعی ماکرواستریپ

در این قسمت ابتدا به تحلیل ریاضی یک مقسم توان ماکرواستریپ چهار دهانه ای در باند 1900MHz

می پردازیم و ماتریس پراکندگی آن را با توجه به ساختار متقارنش از طریق تحلیل مدهای زوج و فرد

بدست می آوریم و سپس قطعه را در محیط نرم افزار HFSS طراحی می کنیم و در پایان با استفاده از

معادل سازی به کوچک کردن سایز قطعه مورد نظر تا 50% میزان اولیه می پردازیم.

مقسم توان بگلی توان ورودی را به صورت مساوی در $(1-2N)$ پورت خروجی تقسیم می کند. در این

قسمت به بررسی یک مدل ساده از مقسم های توان بگلی با سه پورت خروجی می پردازیم.

تحلیل ساده مداری

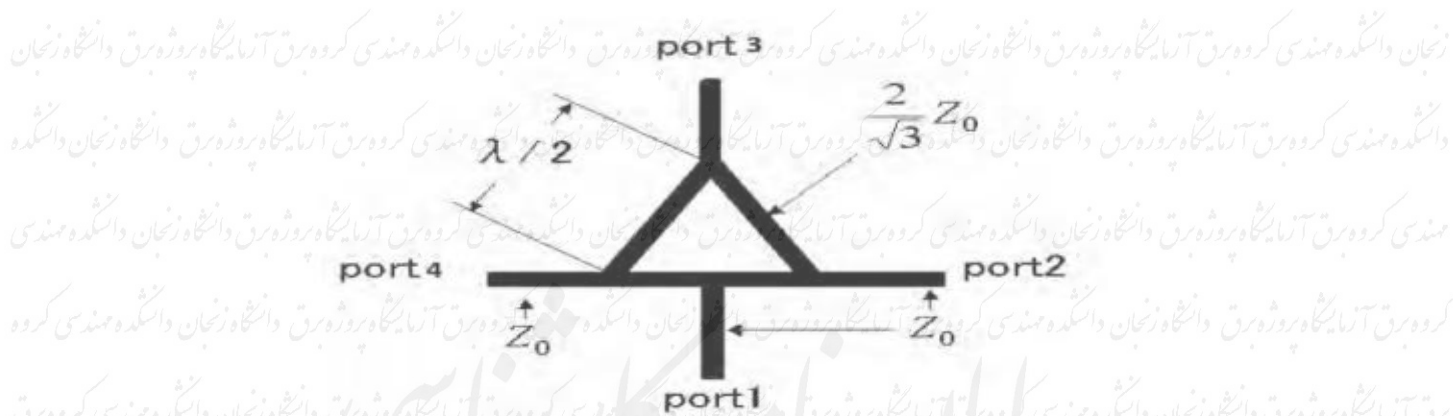
مقسم توان چند ضلعی ماکرواستریپ بگلی یک ساختار متقارن از قطعات و از خط انتقال می باشد.

شکل ۱-۱ یک مقسم توان ماکرواستریپ با ۳ پورت خروجی به همراه مدار معادل آن را نشان می دهد.

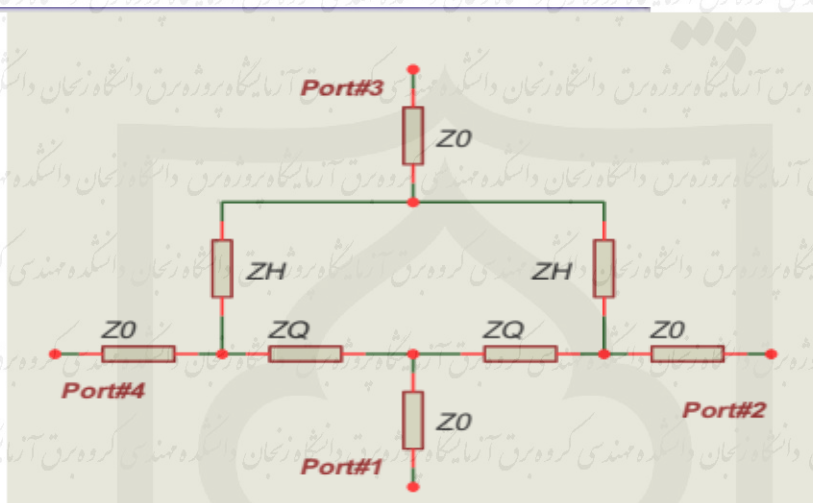
^۱ Directional Coupler

^۲ Coupled-line Direction Coupler

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان



شکل ۱-۱ ساختار مقسم توان چند ضلعی ماکرواستریپ



شکل ۲-۱ مدار معادل مقسم توان چند ضلعی ماکرواستریپ

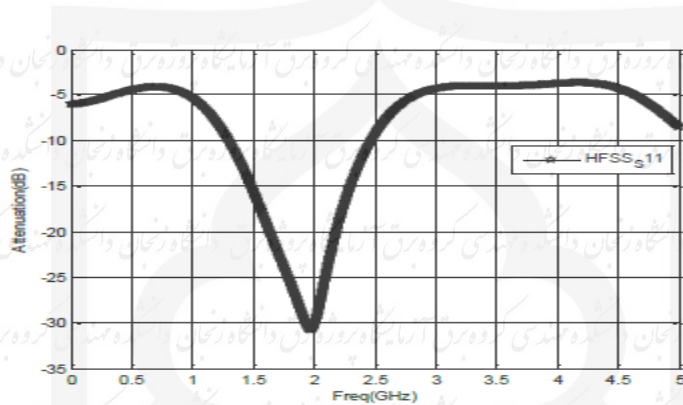
در شکل ۱-۲ امپدانس مشخصه مربوط به پورتهای Z_0 و امپدانس مشخصه خطوط $\lambda/2$ و $\lambda/4$ را به مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

ترتیب با Z_Q و Z_H نشان می دهیم . امپدانس متصل به پورت ۲، برابر $Z_0/2$ و مقدار امپدانس ورودی در پورت ۲، برابر $Z_0/3$ است . امپدانس مشخصه خط $\lambda/4$ برابر است با $Z_Q = 2Z_0/\sqrt{3}$ ، مقدار Z_H تحت تاثیر شرایط تطبیق قرار نمی گیرد و معمولا برابر با Z_Q است . فاصله بین دو پورت ۲ و ۴ تا پورت ۳ سبب فراهم آوردن شرایط کنترل فاز امواج در پورت ۳ می شود و دو سیگنال هم فاز در پورت ۳ با هم جمع شده و در خروجی پورت ۳ ظاهر می شوند .

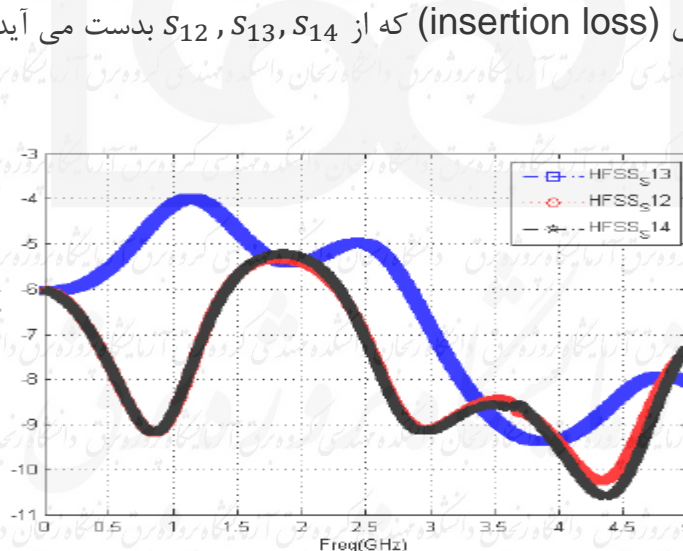
محاسبه ماتریس پراکندگی

مقدار امپدانس مشخصه پورت ۳ با توجه به شرایط تطبیق برابر $2Z_0$ می شود . اگر از پورت ۱ به مدار نگاه کنیم مقدار Z_{in1} به صورت زیر در نظر گرفته می شود :

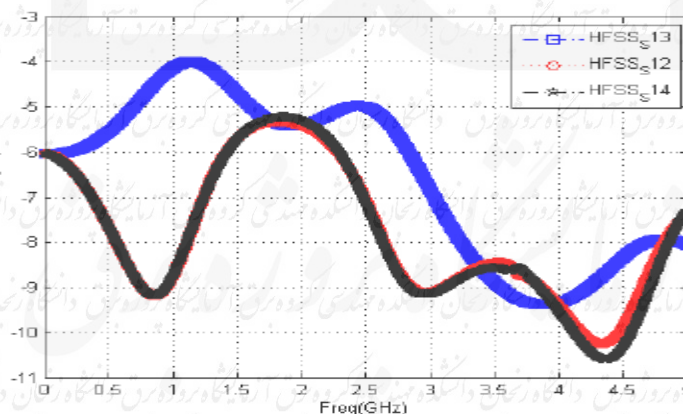
شکل ۱-۳ فرم سه بعدی



نتایج تست قطعه طراحی شده را در نرم افزار HFSS ترسیم می کنیم . نمودار S_{11} در شکل زیر، تلفات بازگشتی (return loss) قطعه در اثر عدم تطبیق منبع با قطعه در محل پورت ورودی را نمایش می دهد.



نمودار تلفات جایگذاری (insertion loss) که از S_{12} , S_{13} , S_{14} بدست می آید در شکل زیر نمایش داده شده است .



نتایج تست قطعه ساخته شده

طراحی مقسم توان بکلی بر روی یک بورد پیاده سازی شده که در شکل ۱-۴ زیر نشان داده شده است .

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

[1] Fooks, E.H, and R.A.Zakaaverevicius, *Microwave Engineering using Microstrip Circuits*, Englewood cliff, NJ: Prentice-Hall, 1990.

[2] Pozar, D.M, *Microwave Engineering*, 2nd Edition, New York: Wiley, 1998.

[3]. *David Senior Elles and Yong-Kyu Yoon ,Compact Dual Band Three Way Bagley Polygon Power Divider Using Composite Right/Left Handed (CRLH) Transmission Lines, University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo,NY, 14260, USA,2009*

[4]. *D. M. Pozar , Microwave Engineering, John Wiley & Sons, Third Edition, 2005.*

[5].*TuyaWuren, KeiitiTaniya, Iwata Sakagami and Minoru Tahara ,Miniaturization of 3- and 5- way Bagley Polygon power dividers, Toyama University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Gofuku, Toyama-shi, 930-8555 Japan,2005.*

[6].*Collin.Roberte,Microwave Engineering, McGraw-Hill Companies,Second Edition,1992,Foundationsfor ,New York,*

[7] Ashok K Agrawal and Garaldf F.Mkucki,"A Printed Hybrid directional COUPLER For Arbitrary Power Divisions", CA Missile and surface Radar division Moorestown, NJ 08057,1986.

[8] CHUCK Y. PONT," Hybrid-Ring Directional Coupler for Arbitrary Power Divisions", MEMBER, IRE, 1961.

[9] Chilhyeun Gwon and Kwansun Choi," A New Branch-Line Hybrid Coupler with Arbitrary Power Division Ratio" Dept. of Electrical and Communication System Engineering Soonchunhyang University Asan, Hungnam, Republic of KOREA, 2007.

[10] Cho-Yu Wu, Yi-Chyun Chiou and Jen-Tsai Kuo," Dual-Band Rat-Race Coupler With Arbitrary Power Divisions Using

[11] *Microwave C-Sections"*, Institute of Communication Engineering and Department of Electrical Engineering, National Chiao Tung University 1001 Tahsueh Rd., Hsinchu 300 Taiwan,2009 .

[12] Ching-Luh Hsu, Jen-Tsai Kuo, Senior Member, "Miniaturized Dual-Band Hybrid Couplers with Arbitrary Power Division Ratios", IEEE, 2009.

[13] K.C Gupta and Ramesh Garg, "Microstrip and slotlines, second edition", Artech House Boston, London, 1996.

[14] S. S. BEDAIR," acteristics of Some Asymmetrical Coupled Transmission Lines", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. MTT-32, NO. 1, JANUARY 1984.

- [15] Jamshed A. Ansari and Ram Brij Ram, "ANALYSIS OF A COMPACT AND BROADBAND MICROSTRIP PATCH ANTENNA", *MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS*, August 2008.
- [16] C. C. Chai, B. K. Chung, and H. T. Chuah, "SIMPLE TIME-DOMAIN EXPRESSIONS FOR PREDICTION OF CROSSTALK ON coupled microstrip lines, Faculty of Engineering, multimedia university, 63100 cyberjaya, celangor, Malaysia, 2003.
- [17] L. Chiu and Q. Xue, "Investigation of a wideband 90 hybrid coupler with an arbitrary coupling level", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 58, no. 4, pp. 1022-1029, Apr 2010
- [18] U. H. Gysel, "A new N -way power divider/combiner suitable for high-power application," *IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig.*, May 1975, vol. 75, pp. 116–118.
- [19] D.M. Pozar, "Microwave engineering", 2nd edition, John-Wiley & Sons, 1998.
- [20] LIAO.SAMUEL Y, "Microwave circuit analysis and amplifier design".
- [21] Naveed Ahsan "Integrated microstrip patch antenna and Ina assembly for gps repeaters".
- [22] K. Wu, D. Deslandes, and Y. Cassivi, "The substrate integrated circuits-A new concept for high frequency electronics and optoelectronics," in Proc. 2003 Sixth Int. Conf. on Telecommunication Modern Satellite, pp. 2-9.
- [23] F. Xu and K. Wu, "Guided wave and leakage characteristics of substrate integrated waveguide," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 53, pp. 66-71, Jan. 2005.
- [24] S. Germain, D. Deslandes and K. Wu, "Development of substrate integrated waveguide power dividers," *CCECE 2003*, pp. 1921- 1924.
- [25] Z. C. Hao, W. Hong, H. Li, H. Zhang and K. Wu, "Multiway broadband substrate integrated waveguide (SIW) power divider," 2005 *International Symposium on Antenna and Propagation*, pp. 639-642.
- [26] K. Song, Y. Fan and Y. Zhang "Radial cavity power divider based on substrate integrated waveguide technology," *Electronics Lett.*, vol. 42, pp. 1100-1101, Sep. 2006.
- [27] K. Song, Y. Fan and Y. Zhang, "Eight-way substrate integrated waveguide power divider with low insertion loss," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 56, pp. 1473-1477, Jun. 2008.
- [28] K. Song and Y. Fan, "Broadband travelling-wave power divider based on substrate integrated rectangular waveguide," *Electronics Lett.*, vol. 45, pp. 631-632, Jun. 2009.
- [29] K. Song, Y. Fan and X. Zhou, "X-band broadband substrate integrated rectangular waveguide power divider," *Electronics Lett.*, vol. 44, pp. 211-213, Jan. 2008.

[30] J. Yu, Y. Jiang, X. Lin, Z. Zhu and Y. Fan, "A four-way halfmode SIW power divider with improved impedance match," in *Proc. of Asia-Pacific Microwave Conference*, pp. 306-308, 2011.

[31] T. Y. Seo, J. W. Lee, C. S. Cho and T. K. Lee, "Radial guided 4-way unequal power divider using substrate integrated waveguide with center-fed structure," in *Proc. of Asia-Pacific Microwave Conference*, pp. 2758-2761, 2009.

[32] D. S. Eom, J. Byun and H. Y. Lee, "Multilayer substrate integrated waveguide four-way out-of-phase power divider," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 57, pp. 3469-3476, Dec. 2009.

[33] J. N. Hui, W. J. Feng and W. Q. Che, "Balun bandpass filter based on multilayer substrate integrated waveguide power divider," *Electronics Lett.*, vol. 48, pp. 571-573, May 2012.

[34] D. Wu, Y. Fan and Z. He, "Vertical transition and power divider using substrate integrated circular cavity," *IEEE Microw. Wireless, Comp. Lett.*, vol. 19, pp. 371-373, Jun. 2009.

[35] A. Mekis, J. C. Chen, I. Kurland, S. H. Fan, P. R. Villeneuve, and J.D. Joannopoulos, "High transmission through sharp bends in photonic crystal waveguides," *Phys. Rev. Lett.* 77_18_, 3787-3790_1996_.

[36] I. Park, H.-S. Lee, H.-J. Kim, K.-M. Moon, S.-G. Lee, B.-H. O, S.-G. Park, and E.-H. Lee, "Photonic crystal power-splitter based on directional coupling," *Opt. Express* 12_15_, 3599-3604_2004_.

[37] S. Huang, J. Shi, D Wang, W Li, "Power splitters with different output power levels built with two-dimensional photonic crystals" *Opt Engineering*, February 2006

[38] M. Javid, F. Monifi, A. Ghafari, M. S. Abrishamian, "A New Broadband L-shaped Bend Based on Photonic Crystal Ring Resonators," *PIERS 2008 in Hangzhou Committee*. Key: 070807091236 (posted 11 August 2007, in press).

[39] P. Strasser*, R. Flückiger, R. Wüest, F. Robin, and H. Jäckel, "InP-based compact photonic crystal directional coupler with large operation range" *OPTICS EXPRESS* 8472, 2007.

[40] T-B Yu, M-H Wang, X-Q Jiang, Q-H Liao and J-Y Yang, "Ultracompact and wideband power splitter based on triple photonic crystal waveguides directional coupler", *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.* 9 (2007) 37-42

[41] T. Liu, A. R. Zakharian, M. Fallahi, Multimode Interference Based Photonic Crystal Waveguide Power Splitter, *Journal of Lightwave technology*, Vol. 22, No. 12, 2004.

[42] I. Park, H-S. Lee, H-J. Kim, S-G. Lee., S-G. Park, and E-H. Lee, Photonic Crystal Power Splitter based on directional coupling, *Optical Society of America Optical Express*, Vol. 12, No. 15, pp- 3598-3604, 2004.

[43] Yablonovitch, Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics, *Phys. Rev. Lett.*, Vol 58, pp. 2059-2062, 1987.

[44] J. Yonekura, M. Ikeda and T. Baba, Analysis of finite 2-D Photonic crystal of Columns and Lightwave Devices using the Scattering Matrix Method, *Journal of Lightwave technology*, Vol 17, No. 8, 1999.

[45] K. Fasihi and S. Mohammadnejad, Highly efficient channel-drop filter with a coupled cavity-based wavelength-selective reflection feedback, In *Proceedings Optics Express*, Vol. 17, pp. 8983-8997, 2009.

[46] M. A. Mansouri-Birjandi, M. K Moravvej-Farshi and A. Rostami, Ultrafast low-threshold all-optical switch implemented by arrays of ring resonators coupled to a Mach-Zehnder interferometer arm: based on 2D photonic crystals, in *proceeding of Optical Society of America*, vol. 47, No 27, pp. 5041-5050, 2008.

[47] Park I., Lee H. S., Kim H. J., Moon K. M., Lee S. G., Park S. G., and Lee E. H., Photonic crystal power-splitter based on directional coupling, *Opt. Express*, 12 (2004) 3599-3604.

[48] Fan S., Johnson S. G., Joannopoulos J., Manolatu C., and Haus H., Waveguide branches in photonic crystals, *JOSA B*. 18 (2001) 162-165.

[49] Zhang Y., Li Z., Li B., Multimode interference effect and self-imaging principle in two-dimensional silicon photonic crystal waveguides for terahertz waves, *Opt. Express*, 14 (2006) 2679-2689.

[50] Joannopoulos J. D., Johnson S. G., Meade R. D., Winn J. N., *Molding the Flow of Light*, Photonic Crystal, Princeton University Press, 2008.

[51] Hou Y., Fan F., Wang X. -H., and Chang S. -J., Terahertz Power splitter based on ferrite photonic crystal, *Optik*, (2012).

[52] Xu Q., Xie K., Ran Y., and Tang J., 3dB power splitter design based on coupled cavity waveguides, *Optik*, 122 (2011)156-158.

[53] Ebnali-Heidari M., Grillet C., Monat C., and Eggleton B., Dispersion engineering of slow light photonic crystal waveguides using microfluidic infiltration, *Opt. Express*, 17 (2009) 1628-1635.

[54] A. Mekis, J. C. Chen, I. Kurland, S. H. Fan, P. R. Villeneuve, and J.D. Joannopoulos, "High transmission through sharp bends in photonic Crystal waveguides," *Phys. Rev. Lett.* 77_18_, 3787-3790_1996_.

[55] I. Park, H.-S. Lee, H.-J. Kim, K.-M. Moon, S.-G. Lee, B.-H. O, S.-G. Park, and E.-H. Lee, "Photonic crystal power-splitter based on directional coupling," *Opt. Express* 12_15_, 3599-3604_2004_.

[56] S. Huang , J. Shi, D Wang, W Li, "Power splitters with different output power levels built with two-dimensional photonic crystals" *Opt Engineering*, February 2006.