

KRAJEVIMA SPREGNUT MIKROSTRIP REZONATOR SA VIŠESTRUKIM KVADRATNIM FRAKTALOM SIERPINSKOG

Ramiz Ahmetović, *Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu*
Vesna Crnojević-Bengin, Đurađ Budimir, *Dept. of Electronic Systems, University of Westminster, London, UK*

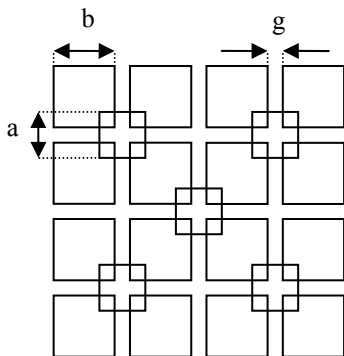
Sadržaj — U ovom radu predstavljen je novi krajevima spregnut mikrostrip rezonator sa umetnutim višestrukim kvadratnim fraktalima Sierpinskog trećeg reda. Ostvareno je smanjenje dimenzija za oko 40% u odnosu na konvencionalni mikrostrip rezonator uz očuvanje performansi.

1. UVOD

U poslednje vreme u literaturi se pojavio velik broj radova iz oblasti primene PBG (*photonic bandgap*) efekta. Pokazano je da se mikrostrip linija sa ugrađenim periodičnim elementima ponaša kao PBG struktura, [1]. Velik broj različitih geometrija predložen je u cilju pospešavanja 'slow-wave' efekta i poboljšavanja performansi projektovanih kola, [2]-[4].

Fraktalne krive se odlikuju osobinom da dobro popunjavaju prostor (engl. *space-filing property*). Od 2001. godine pa do danas, pojavile su se mikrotalasne aplikacije koje koriste različite fraktalne krive: planarni rezonatori sa fraktalnim krivama pokazali su superiornost nad konvencionalnim geometrijama, [5], dok višestruki rezonatori sa trodimenzionalnim (3-D) fraktalnim krivama imaju performanse bolje od svih ekvivalentnih 2-D i 3-D struktura, [6]. Fraktalne strukture koriste se i pri projektovanju višeslojnih PBG struktura, [7], kao i meta-materijala (površina visoke impedanse), [8]-[9].

U ovom radu, prikazan je krajevima spregnutog mikrostrip rezonator sa umetnutim višestrukim kvadratnim fraktalom Sierpinskog trećeg reda. Osnovni oblik kvadratnog fraktala Sierpinskog trećeg reda dat je na slici 1. Analiziran je uticaj broja fraktalnih krivih umetnutih u mikrostrip rezonator, N , kao i promene dimenzija fraktala, a , b i g . Predložena struktura simulirana je koristeći vrednosti tipične za debeloslojnu tehnologiju, ali se rezultati lako mogu proširiti i na konvencionalnu tehnologiju štampanih ploča.

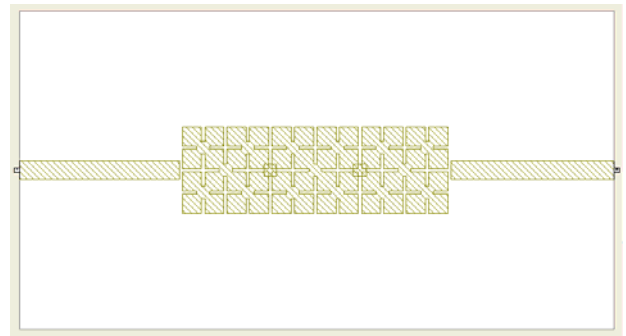


Sl. 1. Kvadratni fraktal Sierpinskog trećeg reda

2. KONFIGURACIJA PRELOŽENOG REZONATORA

Predloženi rezonator baziran je na konvencionalnom krajevima spregnutom mikrostrip rezonatoru sa 50-omskim ulaznim linijama i procepima jednakim $s=200$ um. Rezonator je projektovan na Alumini debljine 625 um, sa relativnom dielektričnom konstantom $\epsilon_r=9.6$ i tangensom gubitaka jednakom 0.0006.

Konvencionalni rezonator zamenjen je sa N kvadratnih fraktala Sierpinskog trećeg reda, međusobno povezanih na jednom mestu, slika 2. Menjane su dimenzije kvadrata a i b , kao i rastojanja među kvadratima, g .



Sl. 2. Rezonator sa umetnutih $N=3$ kvadratnih fraktala Sierpinskog trećeg reda

3. REZULTATI SIMULACIJA

Performanse rezonatora određene su pomoću *EMSiight*, elektromagnetskog simulatora u *Microwave Office*-u. Sve karakteristike materijala i dimenzije linija nalaze se u granicama standardne debeloslojne procedure.

U Tabeli I prikazan je uticaj broja fraktalnih krivih umetnutih u rezonator, N , gde L označava ukupnu dužinu rezonatora po x-osi, f_r rezonantnu učestanost, $s_{21,0}$ gubitke na rezonantnoj frekvenciji, a Q_L i Q_U faktore dobrote. Dimenzije jednog fraktalnog elementa korišćenog u simulacijama su $a=400$ um, $b=600$ um, $g=200$ um.

Tabela 1. Rezultati simulacije za rezonator sa umetnutih N kvadratnih fraktala Sierpinskog

N	3	4	5	6
L , [mm]	9.4	12.6	15.8	19
f_r , [GHz]	3.695	2.815	2.272	1.9048
$s_{21,0}$, [dB]	-2	-3.07	-4.27	-5.52
Q_L	358	521	678	936
Q_U	970	1027	1083	1301

Poređenja radi, konvencionalni krajevima spregnut mikrostrip rezonator projektovan da radi na 3.7 GHz imao bi približno iste performanse (u smislu unesenog slabljenja i Q-faktora) kao i rezonator sa $N=3$ kvadratna fraktala Sierpinskog, ali bi njegova ukupna dužina bila oko 15.6 mm, dakle za oko 65% više.

U Tabeli 2 prikazan je uticaj promena dimenzija fraktala, odnosno dužine stranica kvadrata a i b i rastojanja među kvadratima g , za slučaj $N=3$.

Tabela 2. Analiza uticaja promene dimenzija fraktala na performanse rezonatora za $N=3$

slučaj	1	2	3	4
a , [μm]	400	400	300	400
b , [μm]	600	600	600	1000
g , [μm]	200	100	100	200
L , [mm]	9.4	8.3	8.3	14.2
f_r , [GHz]	3.69	4.55	4.46	2.51
$s_{21, 0s}$, [dB]	-2	-1.34	-1.36	-5.23
BW , [MHz]	10.3	18.2	17.6	2.85
Q_L	358	250	253	882
Q_U	970	941	941	1260

Poređenjem slučaja 1 i 2 iz Tabele 2, može se zaključiti da se komprimovanjem fraktala, odnosno međusobnim približavanjem kvadrata, uneto slabljenje smanjuje dok se istovremeno povećava širina rezonantnog pika, što dovodi do relativno male promene Q_U . Predloženi rezonator je relativno neosetljiv na promene a (poređenje slučaja 2 i 3), dok povećanje dimenzija kvadrata b , i pored povećanja unetog slabljenja, rezultuje u značajno povećanom faktoru dobrote, zahvaljujući velikom suženju rezonantnog pika (poređenje slučaja 1 i 4).

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je krajevima spregnut mikrostrip rezonator sa kvadratnim fraktalom Sierpinskog trećeg reda. Performanse predloženog rezonatora određene su simulacijama za različit broj umetnutih fraktala N , kao i za različite dimenzije kvadrata fraktala i njihovog međusobnog rastojanja.

Pokazano je da umetanje kvadratnog fraktala Sierpinskog na mesto konvencionalnog mikrostrip rezonatora dovodi do smanjenja dimenzija od oko 40% uz očuvanje performansi.

LITERATURA

- [1] V. Radišić, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Novel 2-D photonic bandgap structure for microstrip lines," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, , pp. 69-71, February 1998.
- [2] F. Yang, K. Ma, Y. Qian, and T. Itoh, "A uniplanar compact photonic-bandgap (UC-PBG) structure and its applications for microwave circuits," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech.*, vol. 47, no. 8, pp. 1509-1514, August 1999.
- [3] M. A. G. Laso, T. Lopetegi, M. J. Erro, D. Benito, M. J. Garde, and M. Sorolla, "Multiple-frequency-tuned photonic bandgap microstrip structures," *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, vol. 10, no. 6, pp. 220-222, June 2000.
- [4] T. Kim, C. Seo, "A novel photonic bandgap structure for lowpass filter of wide stopband," *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, vol. 10, no. 1, pp. 13-15, January 2000.
- [5] Fractalcoms Final Report, Project No. IST-2001-33055, www.tsc.upc.es/fractalcoms
- [6] V. Crnojevic-Bengin, and D. Budimir, "Novel microstrip resonators with embedded 3-D curves," *Asia-Pacific Microwave Conference APMC 2004*, New Delhi, India, December 2004.
- [7] H. Liu, X. Sun, and Z. Li, "A low-pass filter of wide stopband with a novel multilayer photonic bandgap structure," *Microwave and Optical Technology Lett.*, vol. 40, no. 5, pp. 431-432, March 2004.

Abstract - In this paper novel capacitively coupled microstrip resonators with multiple 2-D Sierpinski square fractal curves embedded in the microstrip is presented. The proposed resonator achieves length reduction of over 40% when compared to the conventional one, while preserving the resonator performances.

END-COUPLED MICROSTRIP RESONATOR WITH MULTIPLE SQUARE SIERPINSKI FRACTAL CURVES

Ramiz Ahmetović, Vesna Crnojević-Bengin, Đurađ Budimir