

Návrh mikropásikovej pásmovej priepuste pre UWB aplikácie

 Ruman Kornel · [Elektrotechnika](#)

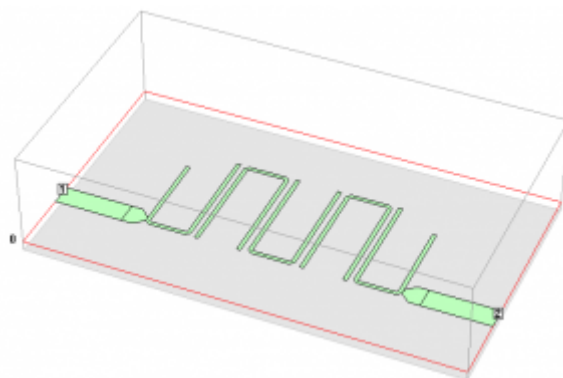
05.10.2012



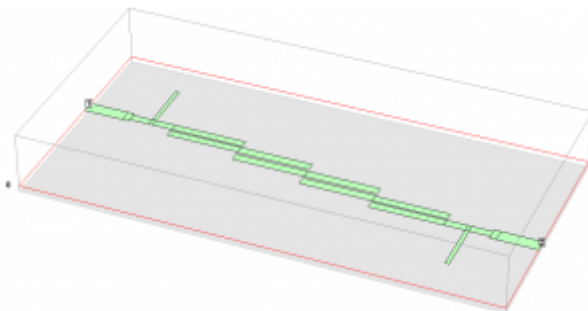
Článok sa zaoberá návrhom a simuláciami mikropásikovej PP (pásmovej priepuste) pre UWB (Ultra Wide-Band) radarové aplikácie. Demonštruje návrh päť úrovňovej mikropásikovej PP použitím programu Filter Solution 2011 od firmy Nuhertz a simuláciu priebehov prenosových charakteristík použitím Sonnet Litle 13.55 od firmy Sonnet Software. Sú prezentované výsledky simulácii vložených (S21) a odrazených strát (S11).

Pre výrobu mikropásikového PP filtra bol použitý materiál na báze hydrokarbónu plnený sklom a keramickými časticami typu Rogers RO4003C, ktorý je vhodný pre oblasť vysokých frekvencií. Na podklade získaných výsledkov bude následne skúmaná možnosť výroby takéhoto filtra na báze viacvrstvovej keramiky LTCC (Low Temperature Ceramic). Prezentovaný filter je príkladom mikropásikového PP filtra pre konkrétny laboratórny UWB radar.

Mikropásikový filter, ktorého tvar „U“ je jeden z najpopulárnejších v oblasti mikrovlnných frekvencií (Obr. 1a), predstavuje kompaktnú štruktúru, ktorá nepotrebuje uzemnenie. Jeho tvar je odvodený z tzv. „edge-coupled“ filtra (Obr. 1.b). Výhodou tvaru „U“ mikropásikového filtra je možnosť zmenšenia dĺžky vodičov. Takáto štruktúra má vplyv na zmenšenie pomeru šírky k výške mikropásikového filtra v porovnaní s „edge-coupled“ konfiguráciou, čím dáva predpoklad pre miniaturizáciu bez zhoršenia kvality [1, 2].



Obr. 1.a. 3D zobrazenie mikropásikového PP filtra tvar „U“.



Obr. 1.b. 3D zobrazenie „edge-coupled“ PP filtra.

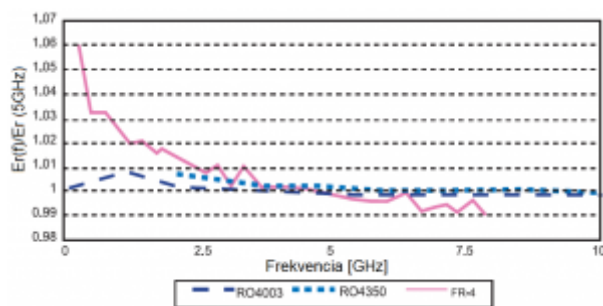
UWB radarové systémy sú používané v rôznych aplikáciách. Sú dobre známe pre ich použiteľnosť v lokalizačných alebo komunikačných systémoch. Použitie UWB signálu môže poskytovať meranie vzdialenosti s veľkou presnosťou. Dôležitý pri tom je správny návrh a simulácia ako aj výroba kvalitného filtra pre odstránenie nežiaducich frekvenčných zložiek.

Dizajn a simulácie klasického mikropásikového PP filtra pre UWB radarové aplikácie s pásmom priepustnosti od 6 do 8 GHz je dobrým riešením, ktorý zohľadňuje uvedené problémy [3]. Keďže ECC (Electronic Communications Committee) v Európe stanovila povolené pásmo pre UWB radarové aplikácie od 6 do 8,5 GHz, pásmo priepustnosti filtra bolo navrhované v tejto oblasti [4]. Návrh mikropásikovej pásmovej priepuste pre UWB aplikácie uvedený v tomto článku bol zameraný na uvedenú frekvenčnú oblasť.

1. Materiál substrátu mikropásikového filtra

Prechodové charakteristiky filtra pracujúceho v oblasti UWB frekvencií sú ovplyvňované okrem návrhu aj vlastnosťami materiálu substrátu. Pre návrh mikropásikového filtra pracujúceho v oblasti UWB sme vybrali vysokofrekvenčný laminát na báze sklenej vlny a hydrokarbónu (termosetu) plneného keramickými časticami typu ROGERS [5]. Substrát na báze hydrokarbónu typu ROGERS RO4003C má relatívnu permitivitu meranú pri 10 GHz 3,38. Pri tejto frekvencii vykazuje dielektrické straty len 0,0027.

Z dôvodu vynikajúcich dielektrických aj iných vlastností možno použiť materiál typu ROGERS v mnohých aplikáciách, kde pri vyšších pracovných frekvenciách sú konvenčné laminátové dosky typu FR 4 (sklo - epoxid) obmedzene alebo úplne nepoužiteľné. Tento materiál sa vyznačuje v prostredí vysokých frekvencií stabilnými elektrickými vlastnosťami, čo ho predurčuje aj pre použitie vo viacvrstvových alebo mixovaných dielektrických štruktúrach. Materiál typu ROGERS má nízky teplotný koeficient relatívnej permitivity, je preto ideálny pre aplikácie citlivé na zmeny teplôt. Má tiež veľmi stabilný priebeh relatívnej permitivity v širokom rozsahu frekvencií (Obr. 2.).



Obr. 2. Zmena relatívnej permitivity (ϵ_r) od frekvencie u 2 materiálov typu ROGERS a FR 4 [6].

Nízke dielektrické straty a stabilita dielektrických vlastností v oblasti UWB frekvencií predurčujú použitie substrátov typu ROGERS ako ideálny materiál pre širokopásmové aplikácie. Tento vysokogrekvenčný laminát má teplotu skleného prechodu $T_g > 280^\circ\text{C}$, preto je v rozsahu predpokladaných teplôt zaťažovania veľmi stabilný [6].

Koeficient teplotnej rozťažnosti v smere osi „x“ je len $11 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ (výborná spoľahlivosť pri aplikácii povrchovej montáže) a v smere osi „z“ len $40 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ (spoľahlivé naspájkovanie vývodových súčiastok v otvoroch). Pre porovnanie, materiál typu FR4 vykazuje v smere osi „z“ koeficient teplotnej rozťažnosti až $140 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Z Obr. 2 je zrejmé, že vhodnejší pre aplikácie v oblasti UWB frekvencií (najmä v oblasti do cca 5 GHz) je v porovnaní so štandardným materiálom typu FR 4 substrát na báze hydrokarbónu typu ROGERS RO4003C.

2. Návrh mikropásikového filtra

Návrh mikropásikového filtra bol realizovaný ako PP s dolnou medznou frekvenciou 6 GHz a hornou medznou frekvenciou 8 GHz. Filter typu Chebishev I a jeho distribuovanú implementáciu, ktorá spĺňa požadovaný útlm v nepriepustnom pásme ako aj impulznú odpoveď, sme realizovali na podklade analýzy a následného výberu z viacerých druhov filtrov. Päť úrovňový mikropásikový filter bol zvolený pre zabezpečenie priepustného pásma s referenčnou frekvenciou 7 GHz a so šírkou pásma približne 2 GHz. Šírka mikropásikových dráh bola nastavená na $200 \mu\text{m}$ a šírky medzi dráhami boli stanovené na 2 mm (Obr. 1a).

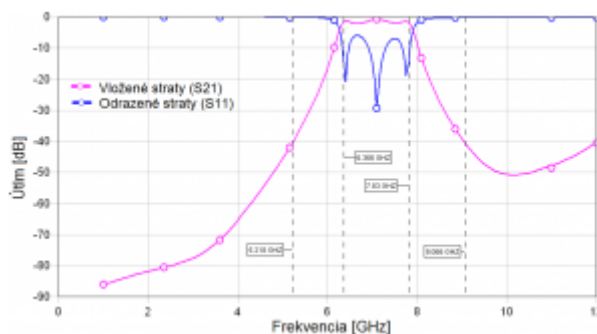
Zvlnenie v priepustnom pásme bolo nastavené na 0,05 dB. Rozmery filtra boli navrhnuté tak, aby boli splnené počiatočné požiadavky na vložené a odrazené straty. Pre návrh bola aplikovaná funkcia „optimalizácie“, ktorú priamo poskytuje Filter Solution 2011. Výpočtový čas tejto funkcie je dlhší, ale poskytuje presnejšie riešenie ako samotná syntéza. Výsledný návrh mikropásikového filtra je zobrazený na Obr. 1a.

Oblasť, ktorú zaberá filter, je približne $13.5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ ($0.531 \text{ in} \times 0.197 \text{ in}$). Vstup a výstup mikropásikového PP filtra je prispôbený charakteristickej impedancii 50 ohm. Výber hodnoty impedancie 50 ohm bol kompromisom medzi schopnosťou prenášať vysoký výkon a stratami signálu na jednotku dĺžky pre dielektrikum ovzdušia [7].

3. Výsledky analýzy

Návrh bol exportovaný do programu Sonnet Lite 13,55 od firmy Sonnet Software, ktorý je voľne dostupný a poskytuje EM analýzu. Bez zakúpenej licencie poskytuje

tento softvér len obmedzené funkcie bez možnosti komplexnejšej analýzy. Výstupné dáta z Filter Solution 2011 boli použité pre EM analýzu v Sonnet Lite 13.55. Vložené a odrazené straty po EM simulácii sú zobrazené na Obr. 3.



Obr. 3. Vložené a odrazené straty po EM simulácii mikropásikového PP filtra.

EM simulácia bola zámerne vykonaná len do 12 GHz. Z Obrázku 3 vyplýva, že priepustné pásmo je trochu užšie. Medzné frekvencie sa posunuli oproti svojim pôvodným polohám a to dolná zo 6 GHz na 6,3 GHz a horná z 8 GHz na 8,7 GHz. To dokazuje, že navrhnutý mikropásikový PP filter spĺňa minimálny útlm -40 dB pri posune o 1 GHz od medzných frekvencií v nepriepustnom pásme. Výsledky EM syntézy z Sonnet Lite 13.55 indikujú, že vložené a odrazené straty spĺňajú návrhové kritéria.

4. Záver

Bol navrhnutý a simulovaný päť úrovňový mikropásikový PP filter s pásmom priepustnosti od 6 GHz do 8 GHz. Bola vytvorená schéma mikropásikového filtra pomocou programu Filter Solution 2011, ktorá bola použitá na EM analýzu v programe Sonnet Lite 13.55. Boli prezentované výsledky simulácií vložených (S21) a odrazených strát (S11). Mikropásikový PP filter bude vyrobený na substráte na báze hydrokarbónu a bude slúžiť ako základ pre výrobu PP filtra s využitím LTCC technológie.

Podakovanie



Tento článok bol vypracovaný s podporou projektu "Centrum excelentnosti integrovaného výskumu a využitia progresívnych materiálov a technológií" v oblasti automobilovej elektroniky", ITMS 26220120055, ktorý je spolu-financovaný zo štrukturálneho fondu EÚ ERDF v rámci výzvy OPVaV-2009/2.1/03-SORO a prioritnej osi 2 Podpora výskumu a vývoja.

Literatúra

1. Jia-Sheng Hong, "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications," John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2nd edition, New Jersey, 2011, 655.
2. Jia-Sheng Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications," John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New York, ISBN 0-471-22161-9, 2001, 471.
3. I. J. Immoreev, and J. D. Taylor, "Future of radars," Ultra Wideband Systems and Technologies, 2002. pp. 197-199.
4. <http://www.cept.org/ecc>
5. Nikholas G. Toledo, "Practical Techniques for Designing Microstrip Tapped Hairpin

Resonator Filters on FR4 Laminates”, in Communications Engineering Division,
Advanced Science and Technology Institute, Diliman Quezon City, Philippines 1101

6. <http://microboone-docdb.fnal.gov/cgi-bin/RetrieveFile?docid=1896;filename=RO4000%20%20Laminates%20-%20Data%20sheet%20.pdf;version=1>
7. <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/why50ohms.cfm>

Spoluautormi článku sú prof. Ing. Alena Pietriková, CSc. a Ing. Igor Vehec, PhD. z Katedry technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach
