

SUBSTRATE INTEGRATED WAVEGUIDE SLOT ANTENNA ARRAY

Petr Sedláček

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsedla31@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Mikulášek

E-mail: xmikul30@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This paper presents a substrate integrated waveguide slot antenna array. The antenna operates in 5 GHz Wi-Fi band. The optimized parameters are the impedance bandwidth (low reflection coefficient in the desired frequency band) and the gain (the maximum value). The antenna was designed in Ansoft HFSS and subsequently fabricated. The simulated and the measured results are presented and discussed.

Keywords: substrate integrated waveguide (SIW), antenna array, slot

1. ÚVOD

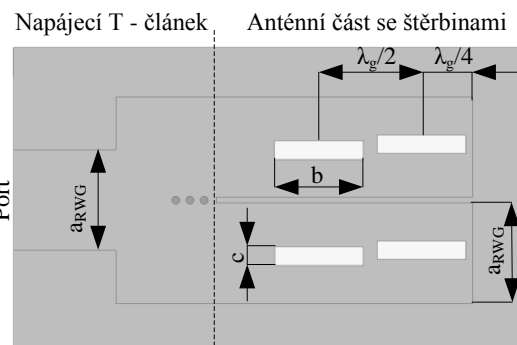
V posledních letech získávají stále větší pozornost bezdrátové systémy a komponenty v oblasti milimetrových vln. Většina těchto systémů závisí na efektivní a cenově dostupné technologii, vhodné pro sériovou výrobu. Slibným kandidátem pro rozvoj obvodů a komponent pracujících v oblasti mikrovln je vlnovod integrovaný do substrátu (z angl. Substrate Integrated Waveguide, SIW). Krajní stěny tohoto vlnovodu jsou tvořeny dvěma řadami prokůvů, které spojují horní a spodní pokovení dielektrického substrátu. Tím je tvořen běžný obdélníkový vlnovod (z angl. Rectangle Waveguide, RWG) v planární formě. SIW struktura vykazuje podobné vlastnosti jako běžné kovové vlnovody, včetně rozložení elektromagnetického pole a rozptylových parametrů. Rozdíl je v tom, že strukturou SIW se mohou šířit pouze módy TE_{m0} . Řešením vlnovodných komponent založených na vlnovodu integrovaném do substrátu lze podstatně snížit velikost a hmotnost součástek oproti realizaci s běžným kovovým vlnovodem [1].

Prezentovaná anténa byla navržena pro aplikaci Wi-Fi v pásmu 5,47 – 5,725 GHz, šířka pásma 255 MHz. Požadavky kladené na anténu byly hodnota činitele odrazu $s_{11} < -10$ dB v celém pásmu kmitočtů a maximální zisk antény. Sledovanými parametry byly dále dostatečné potlačení bočních laloků a vhodný výběr přechodu koaxiální vedení na SIW.

2. KONFIGURACE ANTÉNY

Anténa je navržena na dielektrický substrát Arlon CuClad 217 s tloušťkou $h = 1,524$ mm, permitivitou $\epsilon_r = 2,17$ a ztrátovým úhlem $\text{tg } \delta = 0,0009$. Na obrázku 1 je uveden model antény s pevnými stěnami buzené vlnovodným portem. Jelikož má struktura SIW ekvivalentní vlastnosti jako běžný obdélníkový vlnovod RWG, viz obrázek 2, byla anténa nejprve modelována s pevnými stěnami. Další výhodou je i jednoduchost modelu anténní řady.

Anténa se skládá ze dvou částí, napáječe a anténní části. Z mezní frekvence vlnovodu $f_{\text{krit}} = 4$ GHz vy-

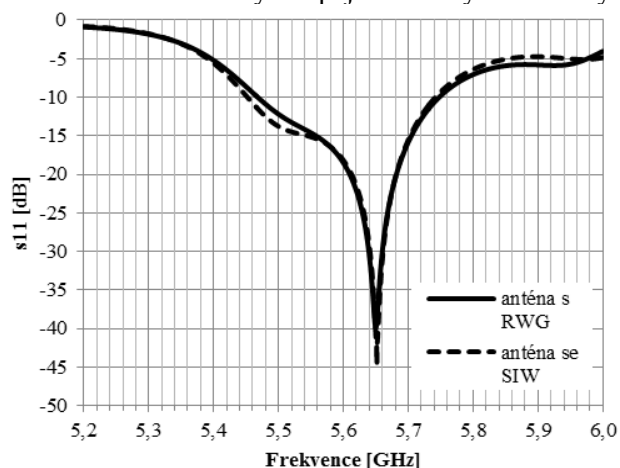


Obrázek 1: Model anténní řady 2x2 s pevnými stěnami.

chází délka příčné strany vlnovodu $a_{\text{RWG}} = 25,47$ mm. Napáječ byl optimalizován polohou tří prokovev vůči portu pro minimalizaci činitele odrazu s_{11} mezi portem a anténní částí na střední frekvenci 5,6 GHz. Výchozí délka štěrbin b pro simulaci byla odvozena z poloviny vlnové délky ve vlnovodu s permitivitou ϵ_r . Poloha štěrbin vůči vlnovodu je dána rozložením elektromagnetické vlny ve vlnovodu s vlnovou délkou λ_g . Štěrbiny jsou umístěny v maximu tohoto pole. Pro dosažení požadované šířky pásma byla u antény optimalizována šířka štěrbin c a pro maximalizaci zisku byly optimalizovány rozměry antény.

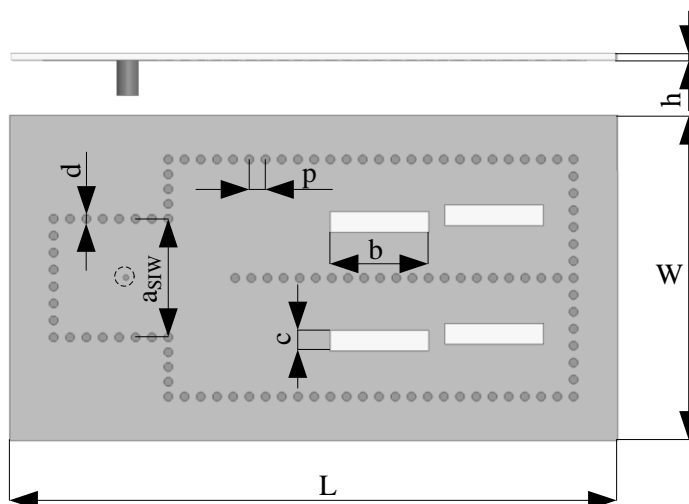
3. SIMULACE A EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

Anténní řada 2x2 byla modelována a optimalizována v programu Ansoft HFSS. Výsledky simulací byly ověřeny programem CST MWS a měřením realizované antény. Napájení antény vlnovodným portem bylo nahrazeno přechodem koaxiálního vedení na SIW s konektorem SMA od firmy Pasternack. Tento přechod vykazuje nulové parazitní vyzářování. Poloha SMA konektoru byla optimalizována pro minimalizaci činitele odrazu s_{11} na střední frekvenci 5,6 GHz. Optimalizovaná anténa s RWG byla v závěrečné fázi přepočítána na strukturu se SIW dle vztahů uvedených v literatuře [2]. Po přepočtu antény s RWG na strukturu se SIW mají obě antény ekvivalentní vlastnosti, což je patrné z průběhu činitele odrazu s_{11} na obrázku 2.



Obrázek 2: Srovnání s_{11} antény s RWG a se SIW.

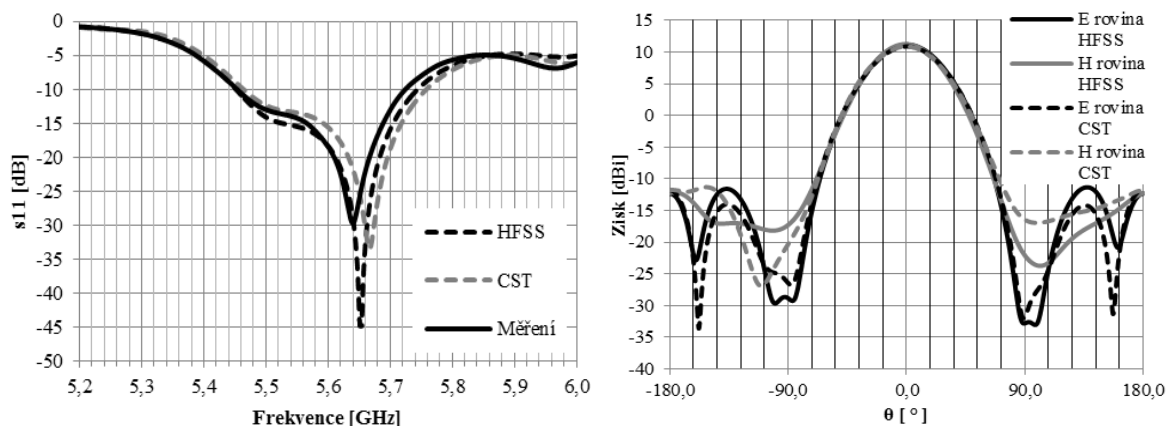
Na obrázku 3 je zobrazen model optimalizované anténní řady 2x2 se strukturou SIW. Odečtená šířka pásma je 292 MHz (simulace), 270 MHz (měření) a zisk 11,2 dBi (simulace). Geometrické rozměry antény jsou: $L = 137,87$ mm, $W = 73,74$ mm, $c = 4,70$ mm, $b = 22,40$ mm, $a_{\text{siw}} = 26,87$ mm, $p = 3,60$ mm, $d = 2,00$ mm.



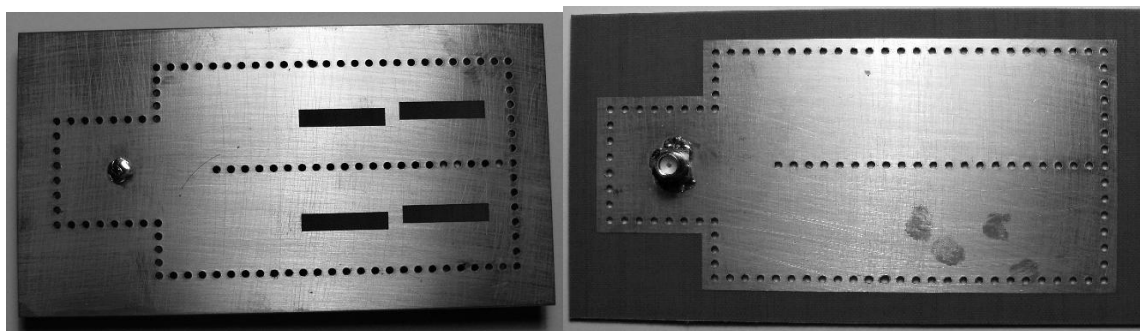
Obrázek 3: Model anténní řady 2x2 se strukturou SIW a SMA konektorem.

Na obrázku 4 jsou uvedeny výsledky simulací a měření činitele odrazu s_{11} a simulací směrových charakteristik z obou simulačních programů. Měřený činitel odrazu s_{11} odpovídá s malými odchylkami, které jsou dány parazitními jevy v reálném vzorku, výsledkům ze simulací. Simulované směrové charakteristiky si v obou programech odpovídají s malými rozdíly, které jsou dány různými

metodami výpočtu. Šířka hlavního laloku je $2\theta_{0,7} = 40^\circ$. Jelikož je hlavní lalok široký, boční laloky se vyskytují od úhlu $\theta \geq 90^\circ$ s potlačením více než 20 dB. Na obrázku 5 jsou fotografie realizované anténní řady 2x2.



Obrázek 4: Simulovaný a změřený činitel odrazu anténní řady s_{11} (vlevo) a simulované směrové charakteristiky anténní řady v rovině E a H (vpravo).



Obrázek 5: Realizovaná anténní řada 2x2, pohled shora (vlevo), pohled zdola (vpravo).

4. ZÁVĚR

V tomto článku byl popsán návrh anténní řady 2x2 využívající vlnovodu integrovaného do substrátu. Anténa byla modelována v simulačním programu, vyrobena a experimentálně ověřena měřením. Ze změřené charakteristiky činitele odrazu je patrná velmi dobrá shoda se simulacemi. Anténní řada bude dále doplněna a modelována s ochranným plastovým boxem pro venkovní použití a na závěr budou změřeny její směrové charakteristiky v bezodrazové komoře.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0007 WICOMT, který je financovaný z operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

REFERENCE

- [1] BOZZI, M.; GEORGIADIS, A.; WU, K. Review of substrate-integrated waveguide circuits. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 2011, vol. 5, no. 8, p. 909-920.
- [2] YAN, L.; HONG, W.; HUA, G.; CHEN, J.; WU, K.; CUI, T. J. Simulation and experiment on SIW slot array antennas. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 2004, vol. 14, no. 9, p. 446-448.