

# PRINTING RF COMPONENTS WITH CONDUCTIVE INK

**Tomáš Pařízek, Roman Hermány**

Master (1), FEEC BUT

E-mail: xpariz07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zbyněk Raida

E-mail: raida@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The thesis deals with the conductive printing of RF electronic components like antennas and transmission lines. The thesis shows conductive printing with commercial ink jet printers which use AgIc conductive ink. Conductive printing with commercial printers is cheaper and faster as silkscreen therefore we can use the AgIc for printing prototypes of electronic circuits.

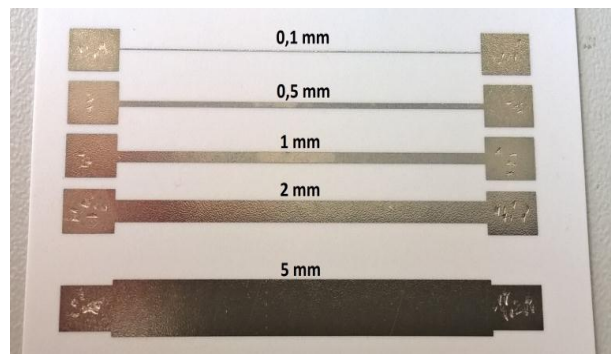
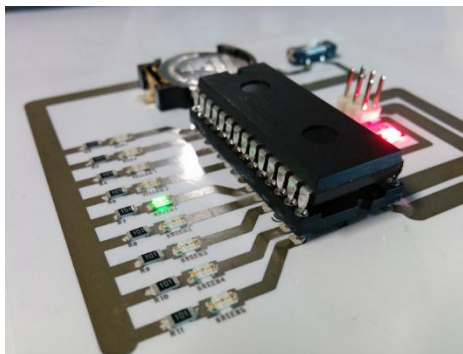
**Keywords:** Conductive ink, AgIc, Printed antenna

## 1 ÚVOD

V dnešní době jsou stále více konvenční vysokofrekvenční substráty nahrazovány substráty nekonvenčními, jako jsou například různé pleteniny, tkaniny, PET fólie a papíry. Na tyto substráty je většinou vodivá vrstva nanášena pomocí síťotisku nebo pomocí 3D tisku. Nevýhodou těchto metod je jejich poměrná složitost, časová náročnost a v neposlední řadě cena. Cílem tohoto článku je popsat metodu a parametry tisku RF komponentů pomocí komerční inkoustové tiskárny a vodivého inkoustu [1].

## 2 VODIVÝ INKOUST AGIC

Jako testovací byl zvolen inkoust od firmy AgIc [2]. Jedná se o inkoust, který se aplikuje pomocí běžné komerční inkoustové tiskárny. Jeho primární využití je k tisku prototypů elektronických obvodů. Inkoust není třeba pro vytvrzení nějak zahřívat, což ovšem znamená, že na rozdíl od inkoustů určených pro síťotisk má poměrně malou vodivost (dle výrobce 0,3 Ohm/Sq). Tento fakt způsobuje, že takto natisknuté komponenty vykazují ztráty, se kterými je nutno počítat. Avšak je třeba si uvědomit, že obvod je natisknut pomocí poměrně levné inkoustové tiskárny za zlomek času a ceny. Což může být důležitý faktor pro různé „low coast“ aplikace, kde si můžeme dovolit nižší účinnost. Na obrázku 1 jsou zobrazeny natisknuté struktury pomocí AgIc inkoustu.



**Obrázek 1:** Obvod natisknutý pomocí AgIc (vlevo) + Natisknuté měřené úseky vedení (vpravo)

## 2.1 PARAMETRY AGIC INKOSTU

Jak již bylo zmíněno výše, inkoust má nezanedbatelný odpor. Dle výrobce je to 0,3 Ohm/Sq. Tato hodnota byla potvrzena měřením. Kdy byly natištěny 40 mm úseky o různých šířkách a pomocí VF. ohmmetru byl změřen odpor těchto úseků. Měření bylo prováděno na frekvenci 100 kHz. Výsledky jsou znázorněny v tabulce č. 1. Tloušťka natisknuté vrstvy činí 2,5  $\mu\text{m}$ .

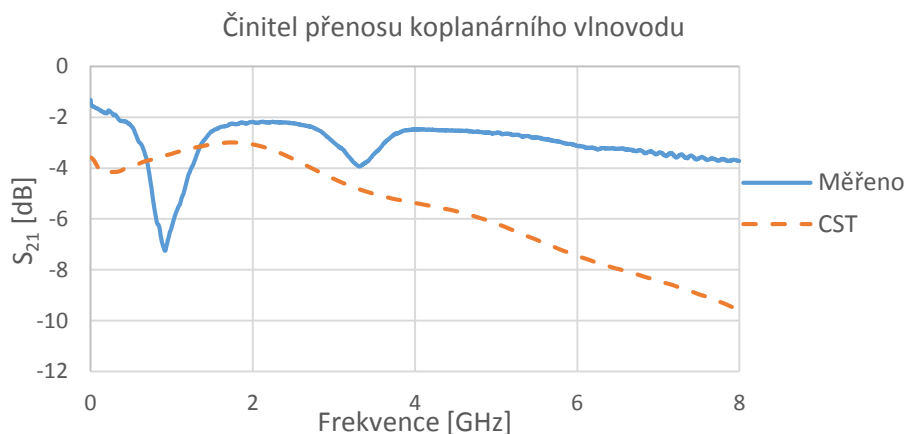
Tloušťka spoje	1 vrstva		2 vrstvy	
	Odpor [ $\Omega/\text{cm}$ ]	Odpor [ $\Omega/\text{Sq}$ ]	Odpor [ $\Omega/\text{cm}$ ]	Odpor [ $\Omega/\text{Sq}$ ]
5 mm	0,6	0,28	0,4	0,19
2 mm	1,3	0,26	0,9	0,18
1 mm	2,8	0,28	1,8	0,18
0,5 mm	7,1	0,36	4,2	0,2
0,1 mm	//	//	117,3	1,2

**Tabulka 1:** Změřené hodnoty odporů AgIc

Z tabulky je patrné, že u spojů, jejichž šířka je menší než 0,5 mm začíná růst hodnota odporu nad hodnotu 0,3 Ohm/Sq. Minimální doporučená šířka cesty je dle výrobce 0,3 mm. Důležitým faktorem pro tisk je substrát, na který je motiv nanášen. Je nutné, aby se inkoust do daného substrátu „nevpil“, ale vytvořil vodivou vrstvu. Vhodným řešením je tedy fotopapír nebo transparentní fólie pro inkoustovou tiskárnu. Komponenty popisované v této práci byly tištěny na fotopapír Canon Plus Glossy II PP-201, jehož relativní permitivita je 3,4 a ztrátový úhel 0,07. Tloušťka papíru je 250 nm.

## 3 TISK PŘENOSOVÝCH VEDENÍ

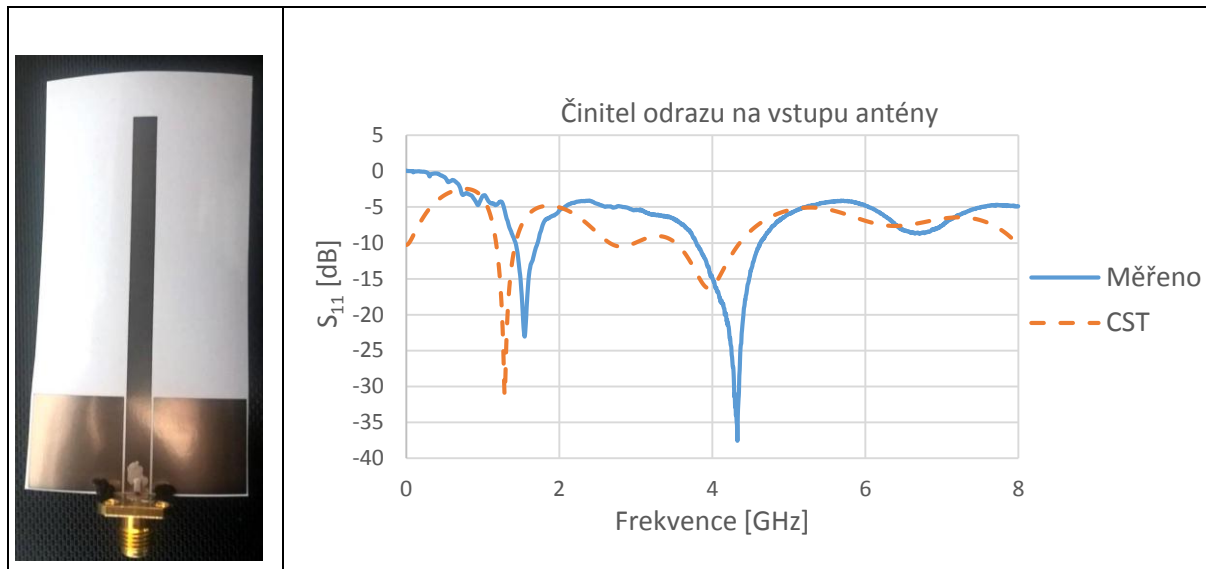
K tisku vodivých komponentů je využita inkoustová tiskárna Epson L310. Inkoustem byl natisknut koplánární vlnovod, jehož činitel přenosu je znázorněn na obrázku 2. Vlnovod je natisknut na fotopapír Canon Plus Glossy II PP-201. Střední vodič vlnovodu má šířku 4,5 mm, šířka štěrbin je 0,3 mm, délka vlnovodu je 40 mm. Přenos tohoto vlnovodu je v pásmu okolo 2 GHz blízký -2 dB. Odlišnost mezi simulací a změřenou hodnotou je způsobena z větší části tím, že odpor inkoustu byl měřen na 100 kHz. Z měření je patrné, že se inkoust na vyšších frekvencích chová příznivěji z hlediska vodivosti.



**Obrázek 2:** Koplánární vlnovod (bez GND) + výsledky simulace a měření parametru  $S_{21}$

## 4 TISK ANTÉN

Jako testovací anténa byl zvolen monopól s pracovní frekvencí 1,2 GHz. Monopól byl natisknut na fotopapír Canon Plus Glossy II PP-201 s relativní permitivitou 3,2 a ztrátovým úhlem 0,07. Pro simulaci byla vodivost inkoustu zvolena 500 S/m viz. tab. 1. U antény byl změřen činitel odrazu na vstupu a pomocí simulace v CST Microwave studio byla vyjádřena teoretická účinnost takto natištěné antény.



**Obrázek 3:** Monopólová anténa + výsledky simulace a měření parametru  $S_{11}$

Naměřené hodnoty se blíží hodnotám dosažených v simulaci, což je patrné z grafu na obrázku 3. Účinnost této antény je dle simulace 54%. Takto vytisknutý monopól nelze na ústavu radioelektroniky objektivně změřit, vzhledem absenci vhodné měřicí metody. Reálná účinnost takto natištěných antén je zpravidla o 10-15% nižší. Napájení antény je zajištěno SMA konektorem, který je k motivu antény nakontaktován pomocí vodivého lepidla.

## 5 ZÁVĚR

Inkoust je tedy možné využít k tisku antén a přenosových vedení. Je ovšem nutné uvážit, že jeho vodivost je o několik řádů nižší než u konvenčních materiálů. Tento fakt se odráží na výsledné účinnosti vytištěných komponentů. Natištěnou vrstvu je též vhodné ochránit před mechanickým opotřebením například pomocí vhodné fólie nebo nanesením ochranného laku. Dalším předmětem zkoumání bude možné navýšení vodivosti a prodloužení doby životnosti AgIc inkoustu. Inkoust bude také testován k možnému využití v oblasti RFID antén. Také bude zkoumáno využití těchto inkoustů k tisku nízkofrekvenčních aplikací, jako jsou například různé senzory (tlaku, vlhkosti...). Dalším možným využitím je tisk topných motivů, které je možné rychle a efektivně aplikovat (např. nalepit).

## PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla za podpory grantu FV10087 Ministerstva průmyslu a obchodu a za podpory Interní grantové agentury Vysokého učení technického v Brně projekt č. FEKT-S-17-4713.

## REFERENCE

- [1] Instant Inkjet Circuits. [online]. Japan, 2013 [cit. 2017-2-15]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/ubi1415-instant20inkjet.pdf>
- [2] AGIC INC. SAFETY DATA SHEET. [online]. Japan, 2016 [cit. 2017-2-15]. Dostupné z: [https://agic.cc/downloads/SDS\\_Ink1000.pdf](https://agic.cc/downloads/SDS_Ink1000.pdf)