



Fakulta elektrotechniky
a informatiky

FLEXIBILNÁ ELEKTRONIKA

Technológia Inkjet Printing

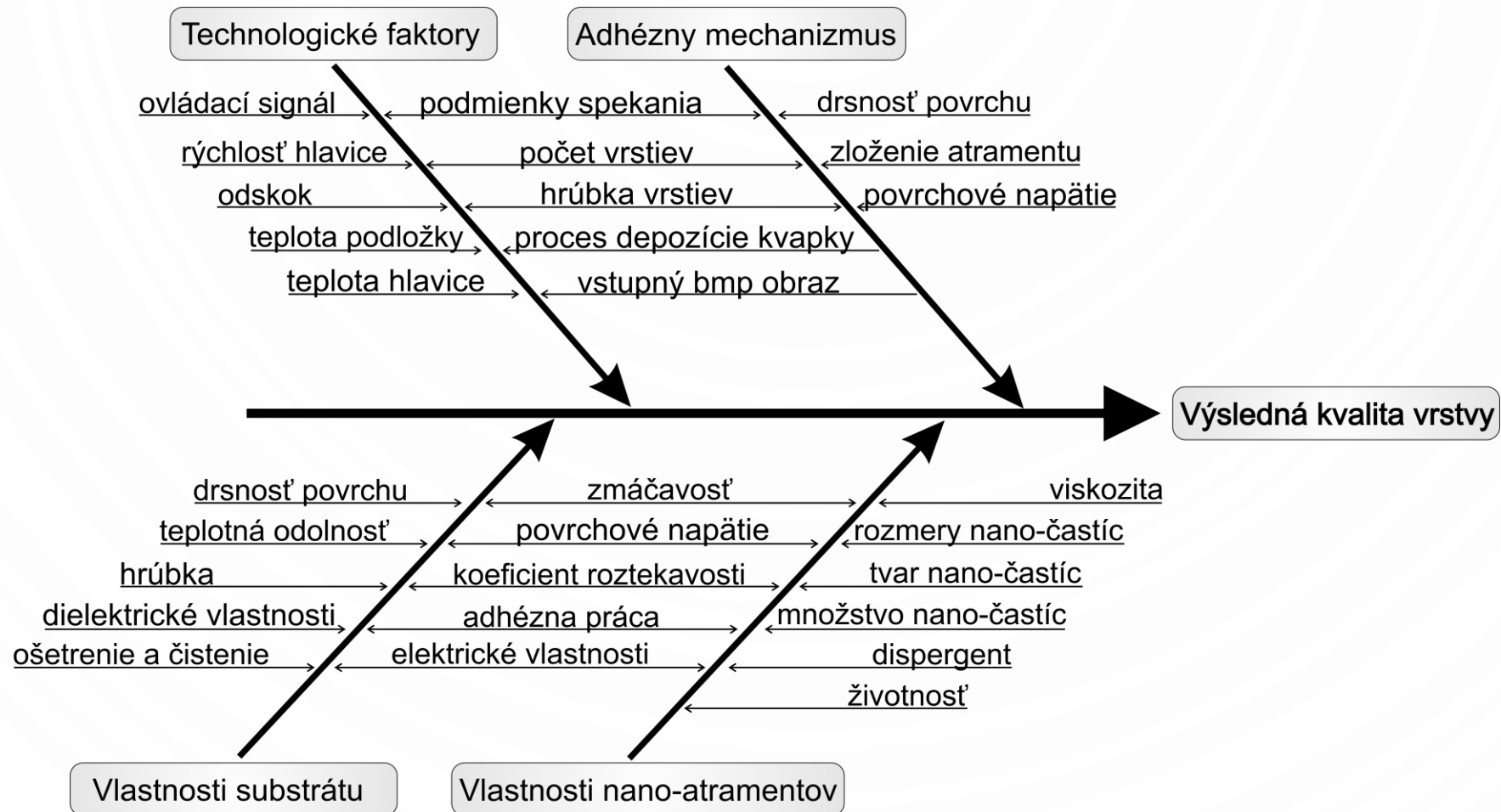
Practical point of view

ING. PETER LUKÁCS, PHD.

peter.lukacs@tuke.sk

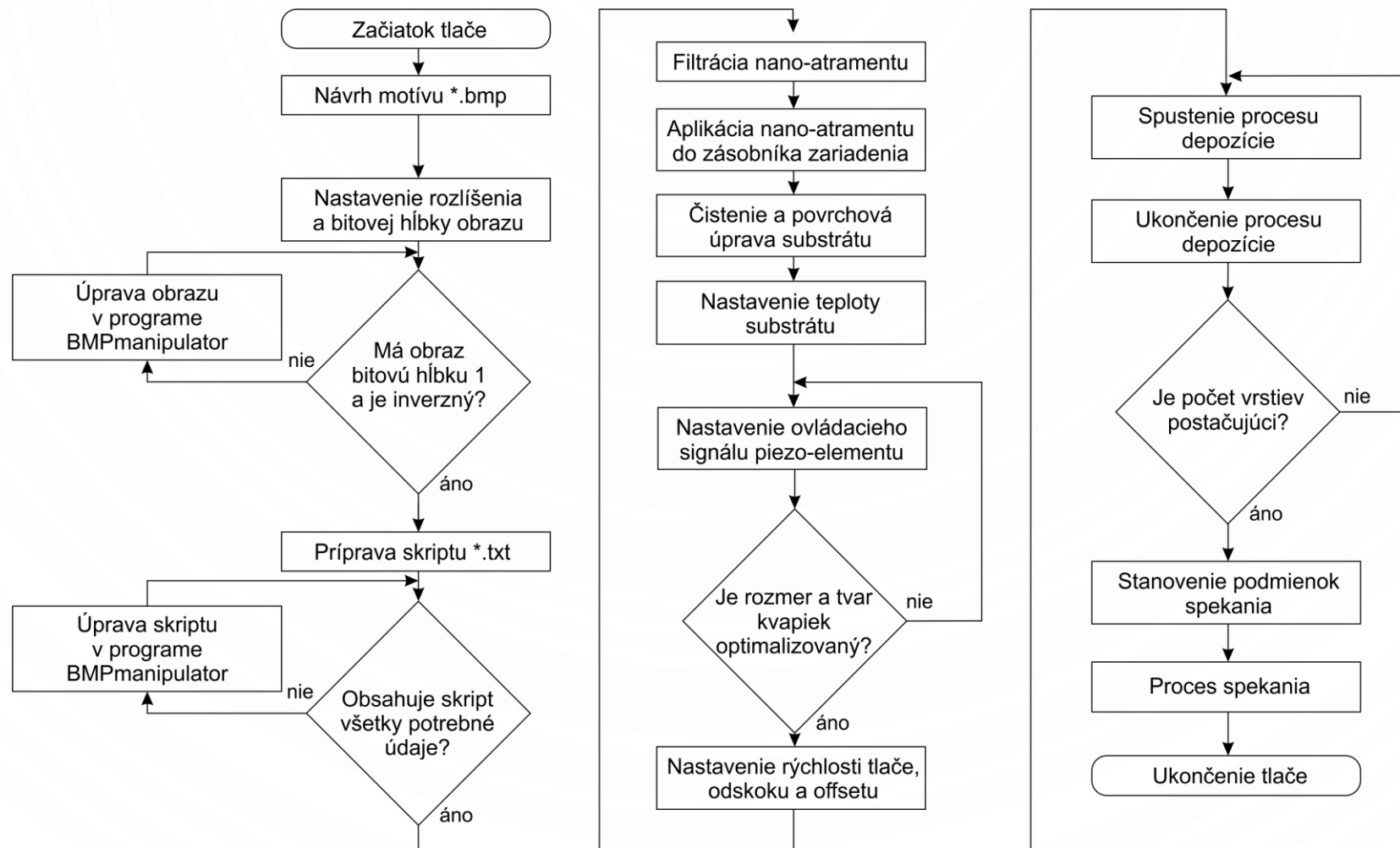
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Ishikawov diagram technológie InkJet Printing



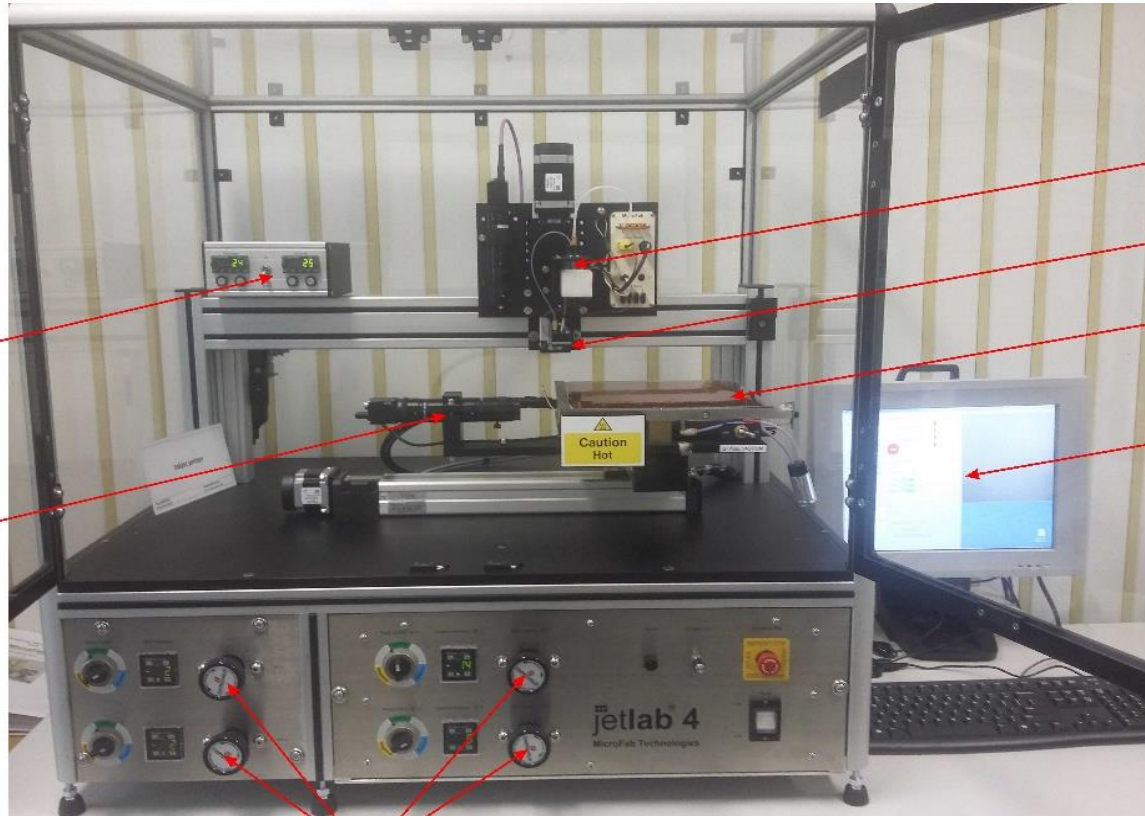
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Postupnosť technologických krokov InkJet Printing technológie:



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

InkJet Printer zariadenie MicroFab Jetlab[®] 4xl-A



nastavenia
teploty trysky
a substrátu

vysokorýchlostná
kamera

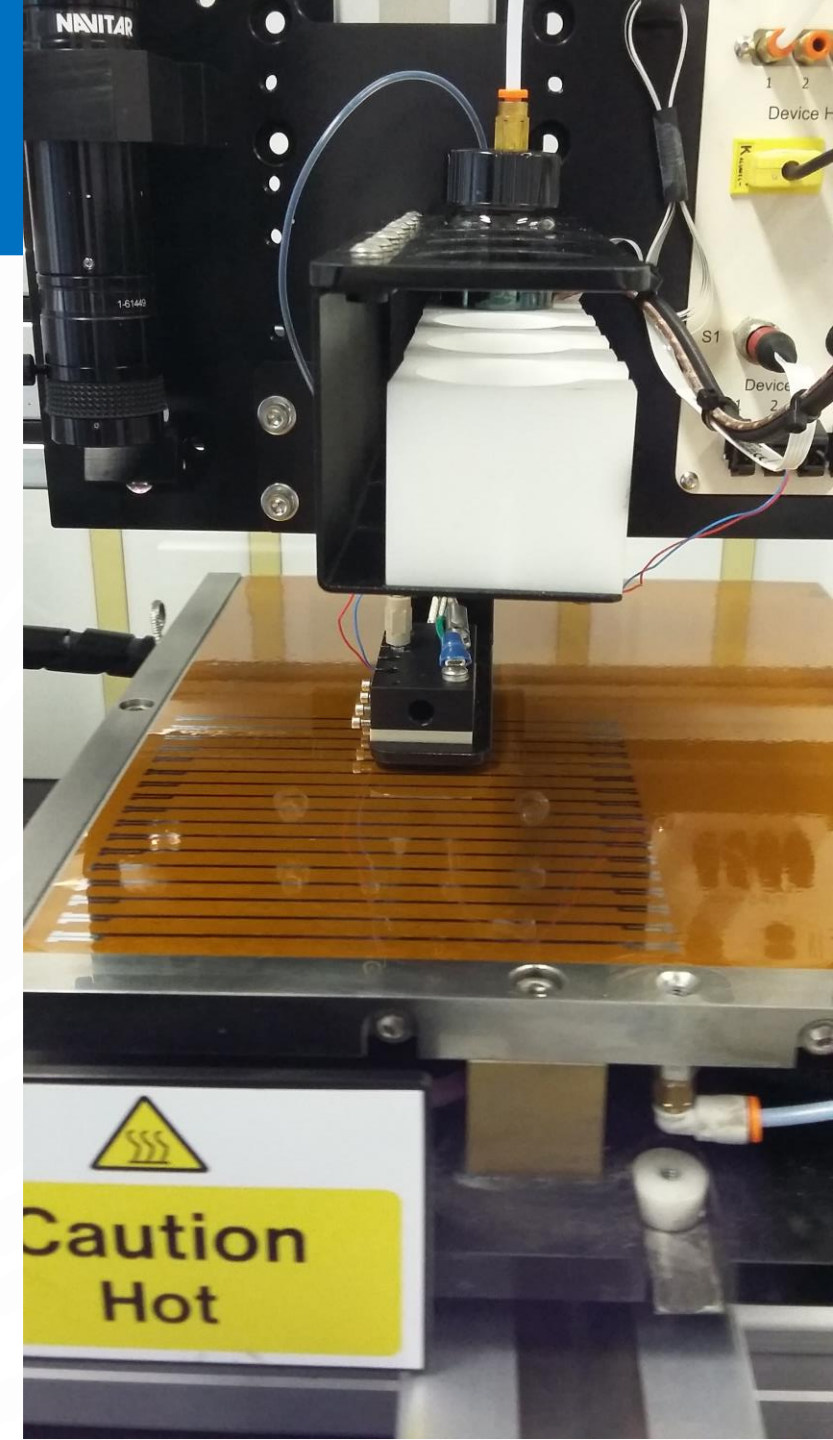
nastavenie podtlaku v tryske

zásobník
nano-atramentu

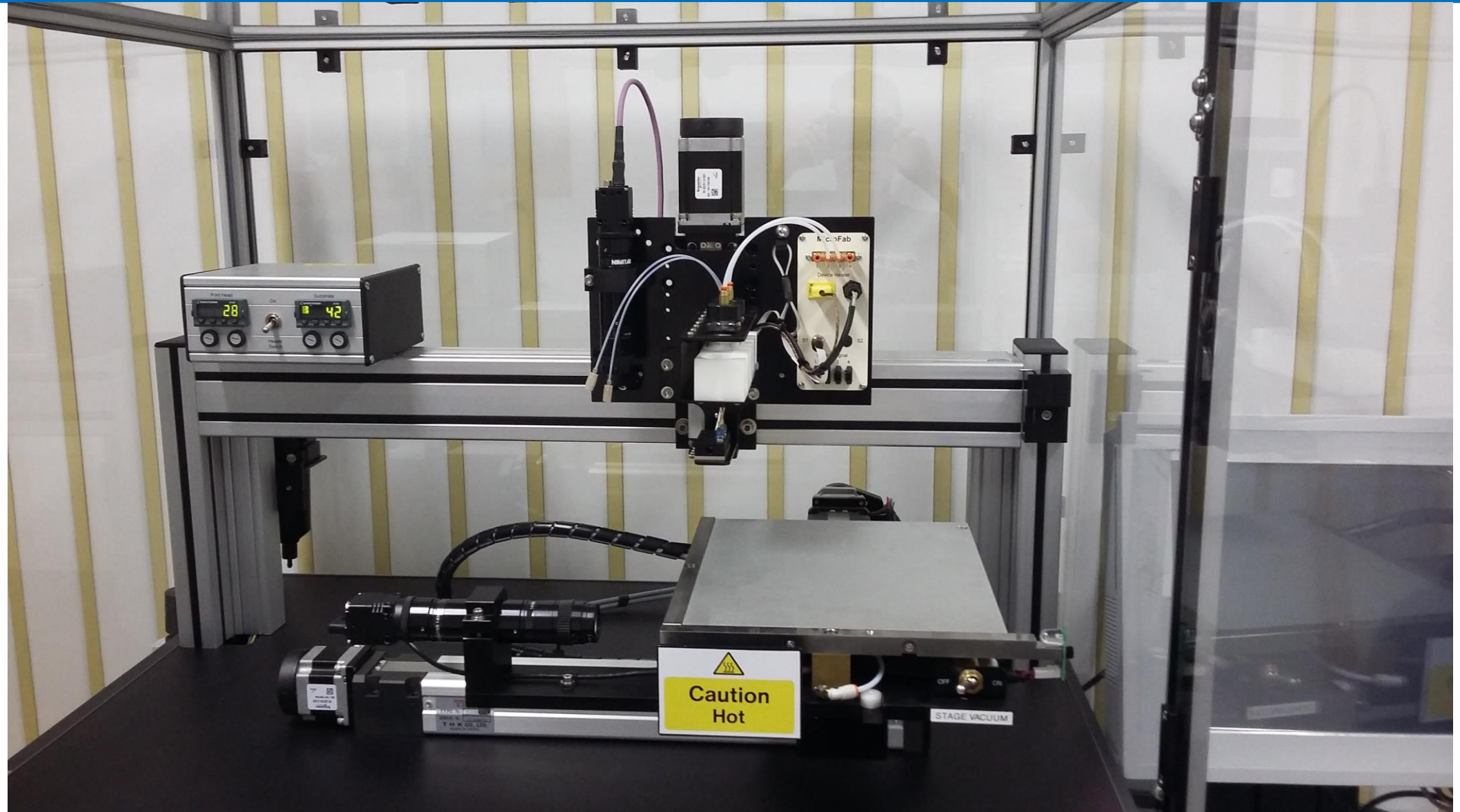
tryska

stolík pre
substrát

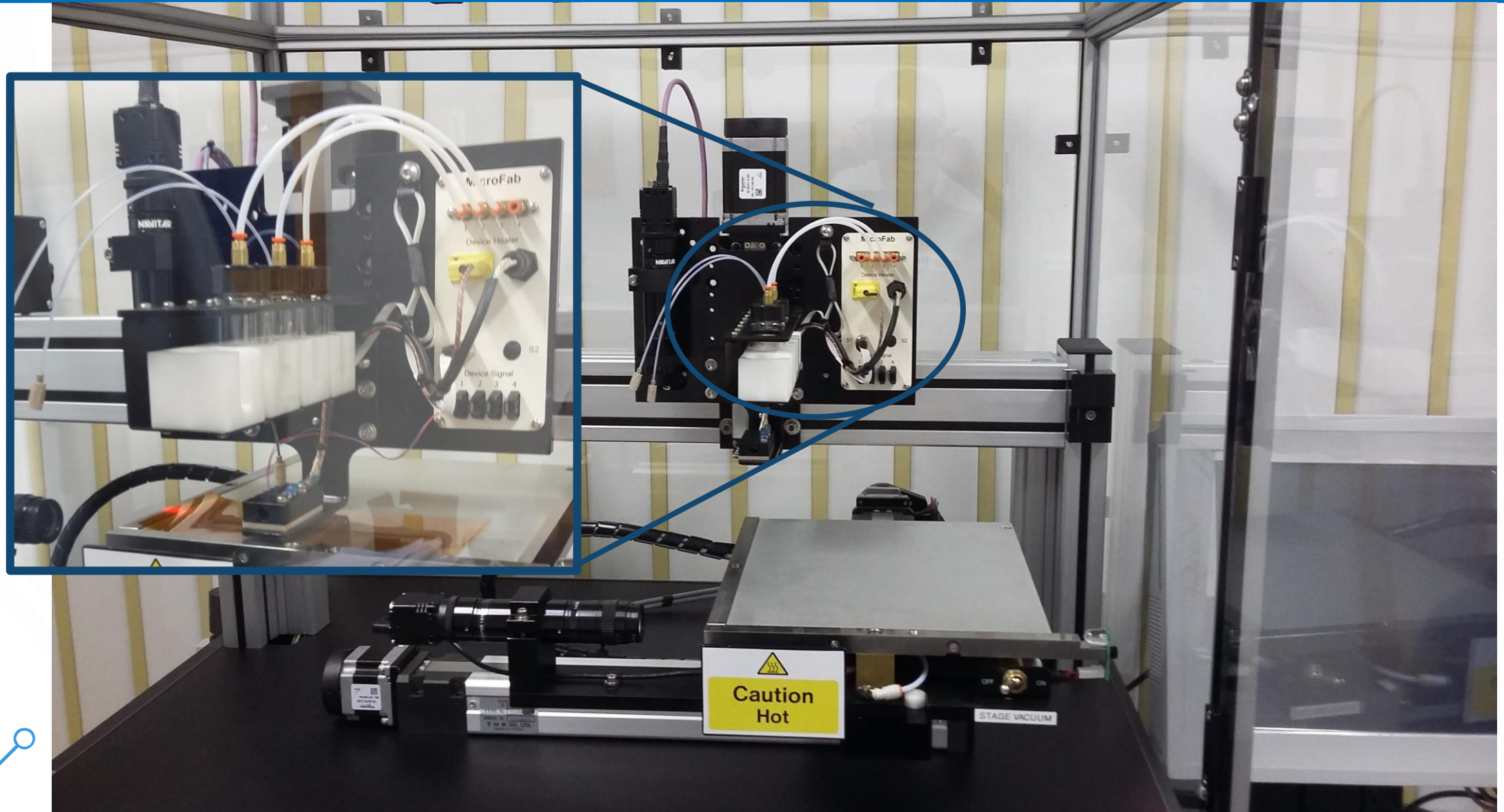
PC s ovládacím
softvérom



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING



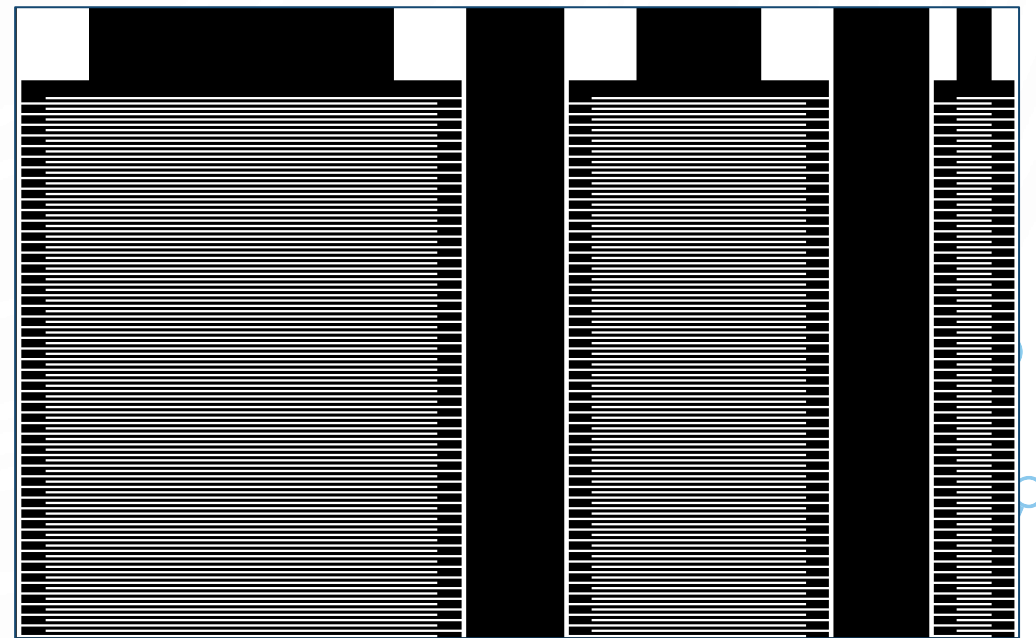
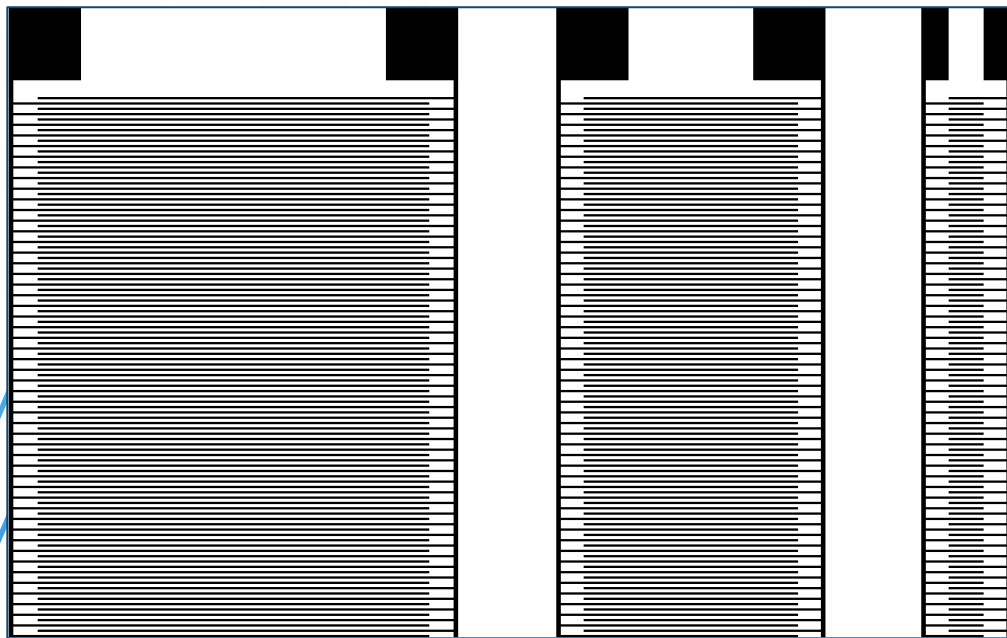
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Digitálne podklady pre tlač

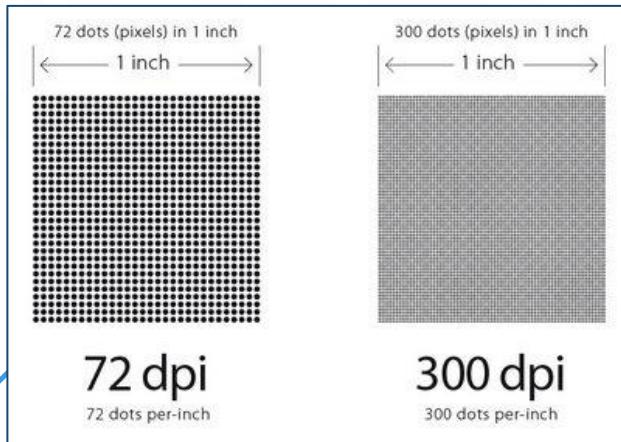
- *.bmp
- invertované farby



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Digitálne podklady pre tlač

- *.bmp
- invertované farby
- vyvinutý softvér na KTE
- bitová hĺbka 1
- dôležité DPI



BMPmanipulator

File

Options

Image

Load image Save bin image Save image

Invert Threshold

Reset Process

Change dpi

Size [pix] 50 50 Dpi 72

Lock Lock Lock

Compute

Resize h v from dpi Reset

Loaded image info

Name: D:\OwnCloud\Peto\PhD\Clanky\ISSE2016\Test pattern\la.bmp
Bitdepth:1
Width:50
Height:50
Compression:none

Scripteditor

Starting position
on/off 0 x 0 y 0

Fly parameters
on/off 1 Velocity 5 mm/s

Bitmap parameters
Path From image section Load
D:\OwnCloud\Peto\PhD\Clanky\ISSE2016\Te

x-step 0.0846 Fix
y-step 0.0846
angle 0
top/bottom 0
bidir 1

Repeat and offset
on/off 0 Multiplicity 1 times
on/off 0 offse 0.01 0.01 mm

Generate Save

Image preview

Set as input Full resolution

Preview of generated script

```
;Printing of bitmap image.  
set fly on 5  
bitmap 0.0846 0.0846 0 0 1  
"D:\OwnCloud\Peto\PhD\Clanky\ISSE2016\Test pattern\la.bmp"
```

Log

```
31-Mar-2017 11:20:06 [I] BMPmanipulator started correctly  
31-Mar-2017 11:20:45 [I] The input image is loaded  
31-Mar-2017 11:26:05 [I] The script was generated  
31-Mar-2017 11:26:16 [I] The script was generated  
31-Mar-2017 11:26:20 [I] The script was generated  
31-Mar-2017 11:26:48 [I] The script was generated  
31-Mar-2017 11:28:30 [I] The script was generated
```

Department of Technologies in Electronics
Faculty of Electrical Engineering and Informatics
Technical University of Košice

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Digitálne podklady pre tlač

- nevyhnutný skript pre tlač

```
;Script generated by BMPmanipulator v 1.0
;Developed by Ing. Ondrej Kovac, PhD. and Ing. Peter Lukacs
;Department of Technologies in Electronics
;Faculty of Electrical Engineering and Informatics
;Technical University of Košice
;1 repeat
moveto -120 120
set fly on 10
bitmap 0.135 0.135 0 0 1 "C:\route.bmp"
moveto -119.9325 120
set fly on 10
bitmap 0.135 0.135 0 0 1 "C:\route.bmp"
moveto -120 120.0068
set fly on 10
bitmap 0.135 0.135 0 0 1 "C:\route.bmp"
moveto -119.9325 120.0068
set fly on 10
bitmap 0.135 0.135 0 0 1 "C:\route.bmp"
;
;2 repeat
moveto -120 120
set fly on 10
bitmap 0.135 0.135 0 0 1 "C:\route.bmp"
moveto -119.9325 120
set fly on 10
bitmap 0.135 0.135 0 0 1 "C:\route.bmp"
```

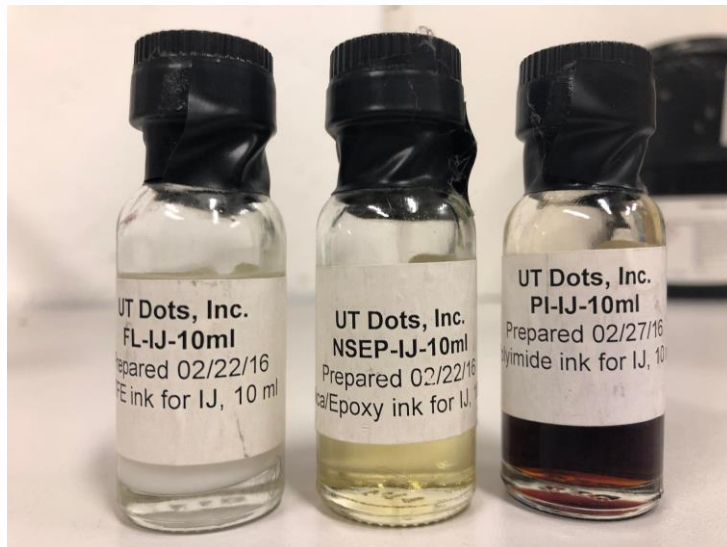
The screenshot shows the BMPmanipulator software interface. The 'Scripteditor' panel is highlighted with a red box. The interface includes a 'File' menu, 'Options' (Image, Change dpi, Loaded image info), and 'Scripteditor' (Starting position, Fly parameters, Bitmap parameters, Repeat and offset). An 'Image preview' shows a grid pattern. A 'Log' panel at the bottom shows the script generation process.

Department of Technologies in Electronics
Faculty of Electrical Engineering and Informatics
Technical University of Košice

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Príprava nano-atramentu pre tlač

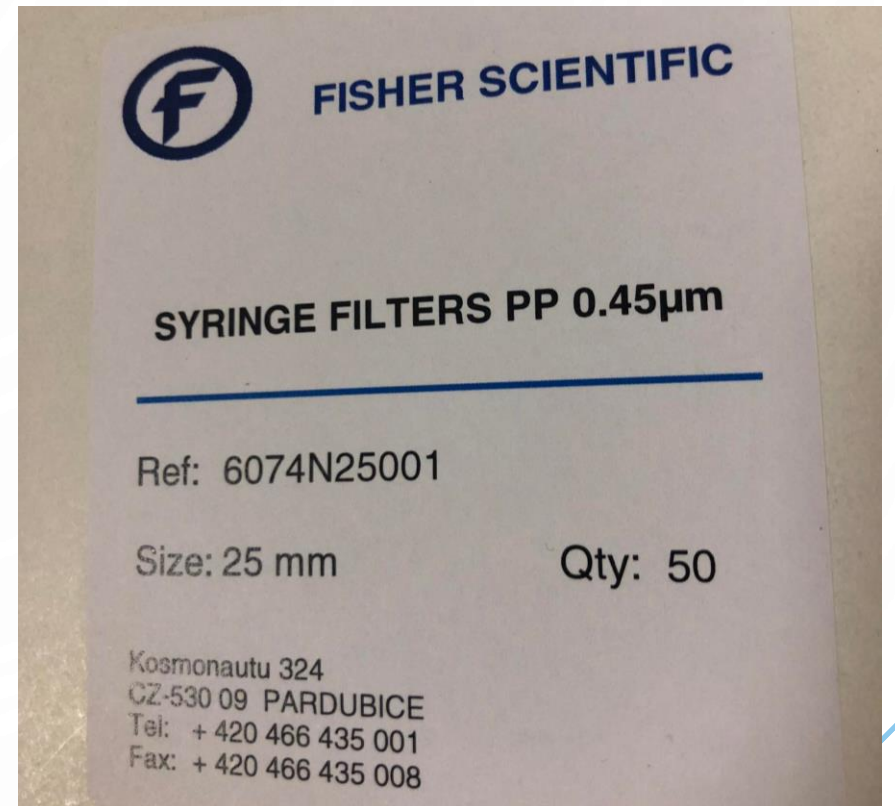
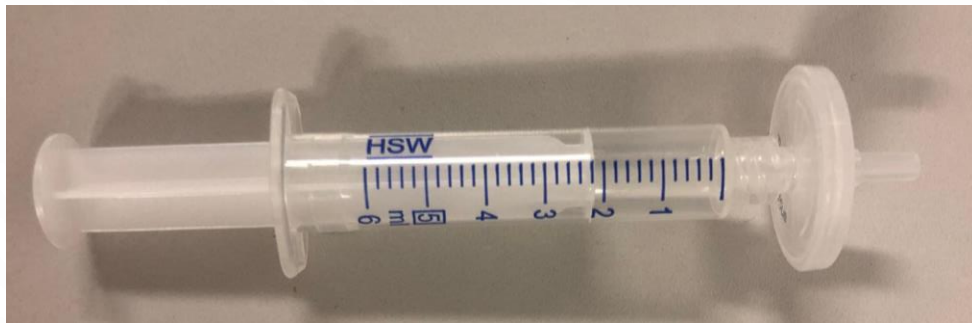
- izbová teplota
- rozptýlenie aglomerácií ultrazvukom
- nevyhnutná filtrácia nano-atramentu



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Príprava nano-atramentu pre tlač

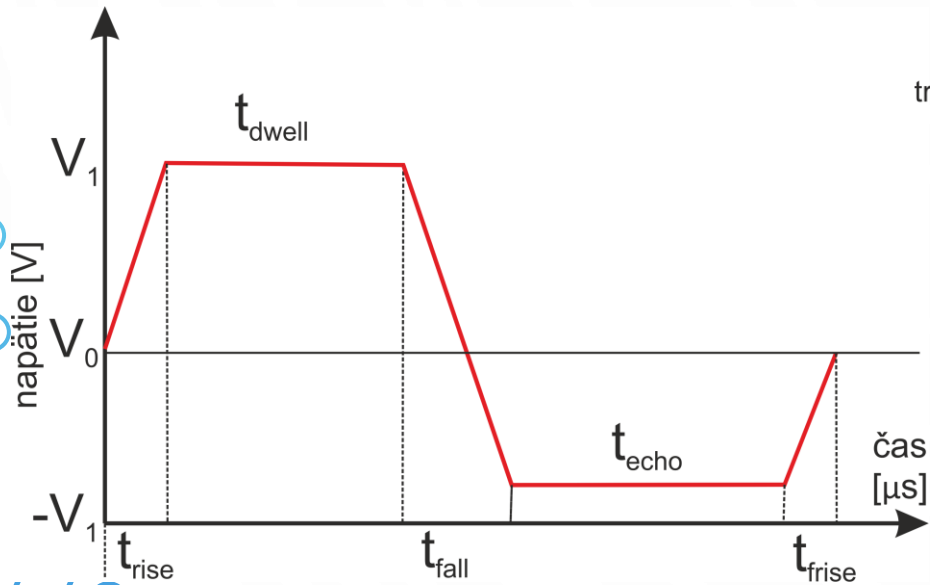
- izbová teplota
- rozptýlenie aglomerácií ultrazvukom
- **nevyhnutná filtrácia nano-atramentu**



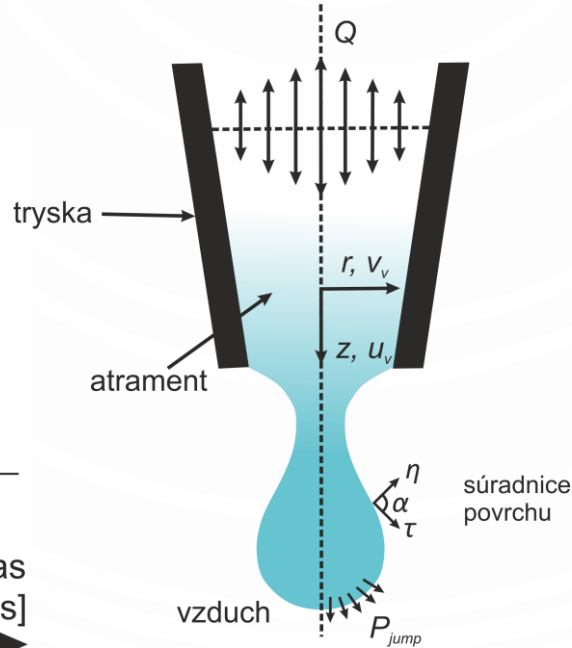
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTINGU

Proces depozície nano-atramentu

- ovládací signál



Bipolárny ovládací signál piezo-hlavice



Princíp generovania kvapky

jetlab

File Options Help

Jet Setup Motion Calibrations Print Patterns Print

Jet Setup

Standard Wave

Go to Maintenance Position

Raise Head

Start Jet Continuous

stop

Help

Strobe Delay

0 µs

Fixed 50 µs Sweep

X Offset 0.000 mm

Y Offset 9.000 mm

Frequency 300.03 Hz

Trigger Source

Internal External

Trigger Mode

Single Burst Continuous

Drops per Burst 200

Trigger Jet

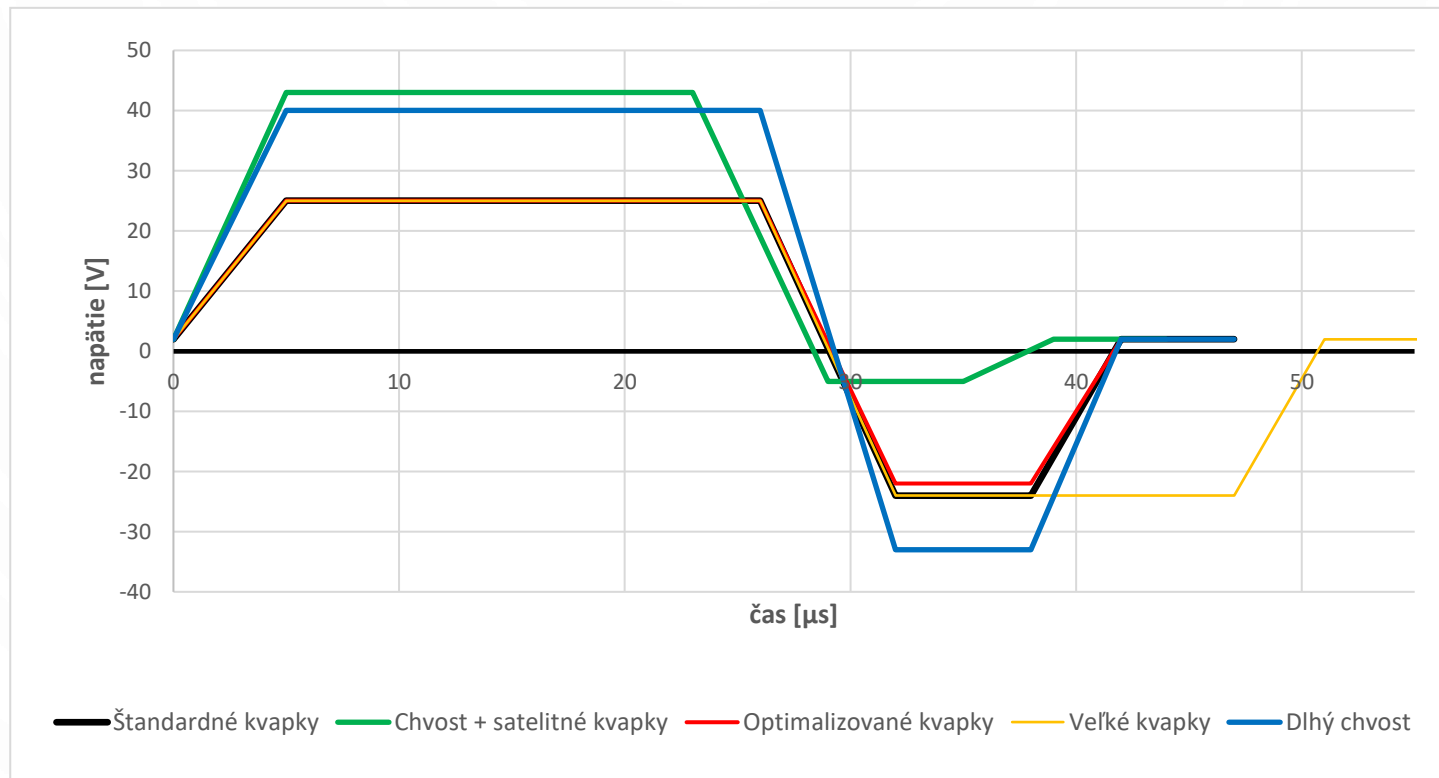
Use Current Pos as Maint

GUI ovládania riadiaceho signálu piezoelementu v tryske

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

- ovládací signál

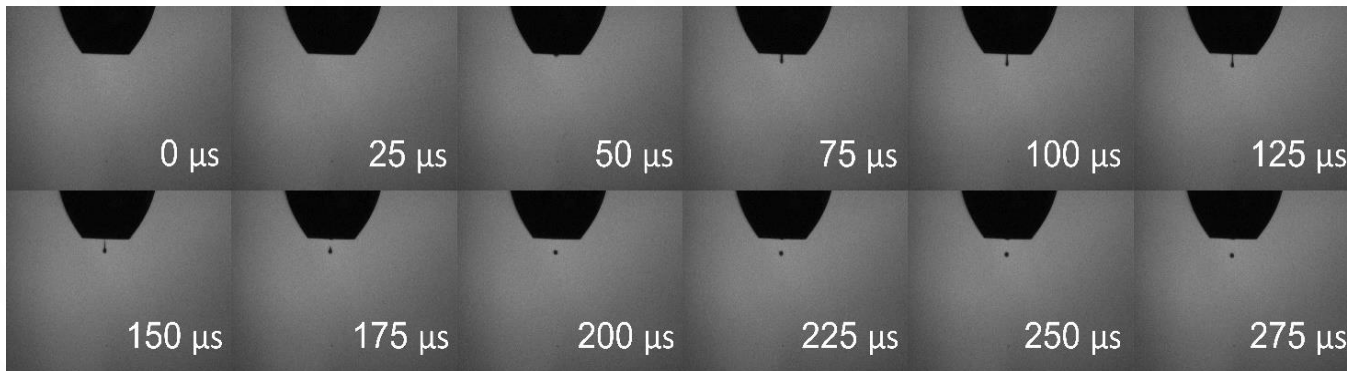


Modifikované ovládacie signály piezoelementu v tryske

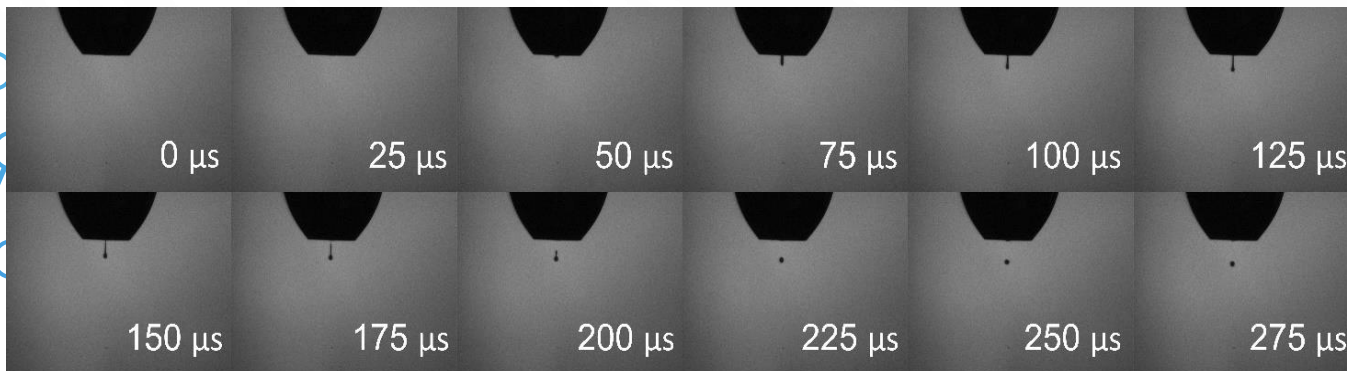
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

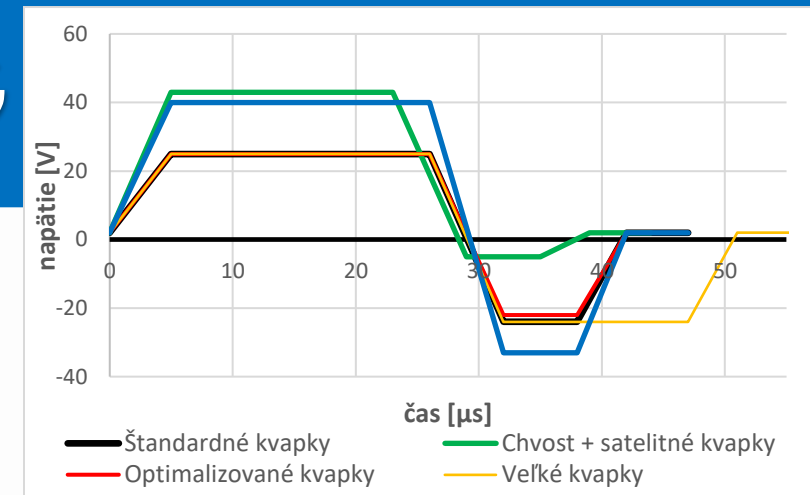
- ovládací signál



Sekvencia generovania kvapiek atramentu
optimalizované kvapky



Sekvencia generovania kvapiek atramentu
veľký objem kvapky

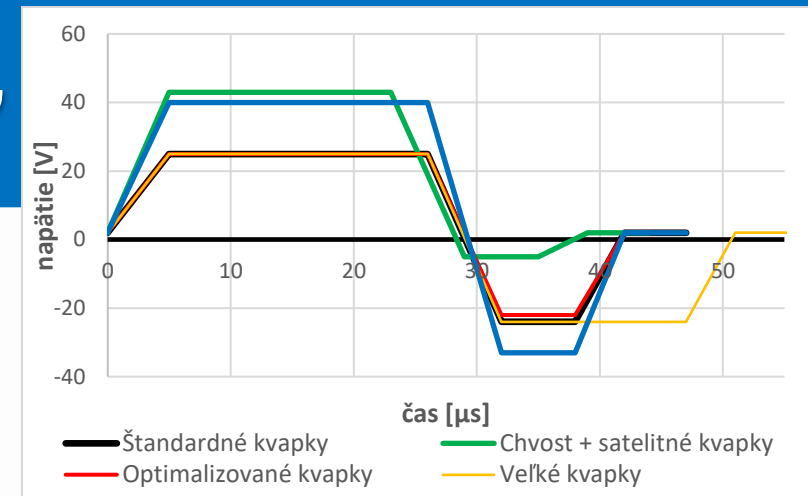
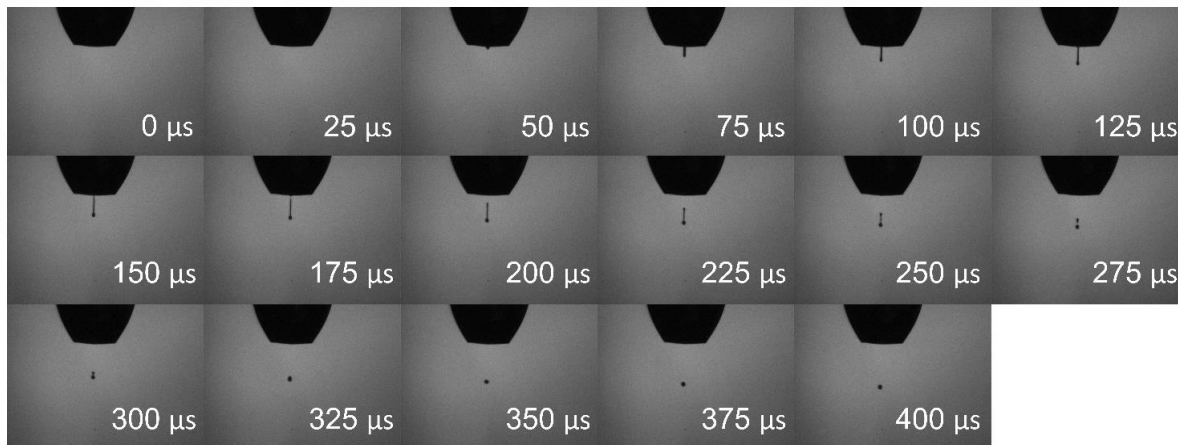
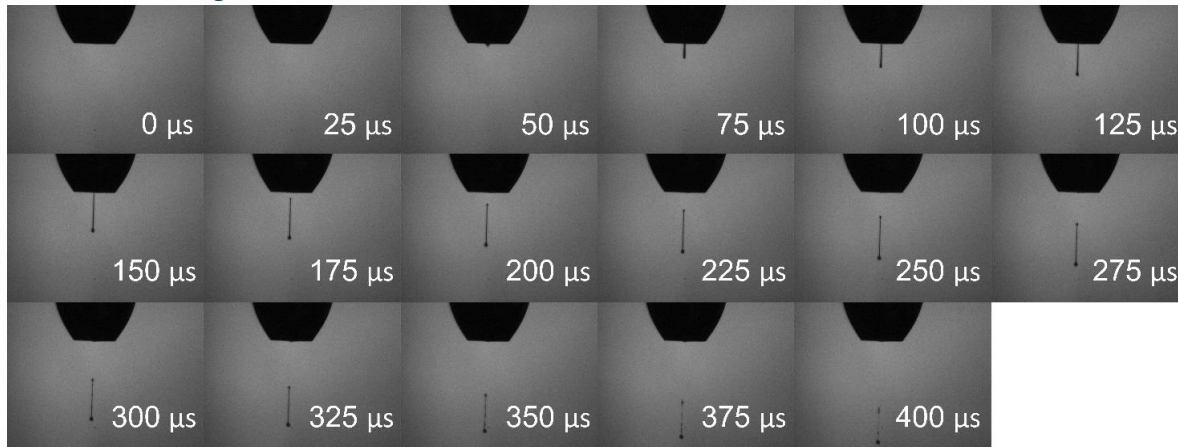


Modifikované ovládacie signály piezoelementu v tryske

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

- ovládací signál



Modifikované ovládací signály piezoelementu v tryske

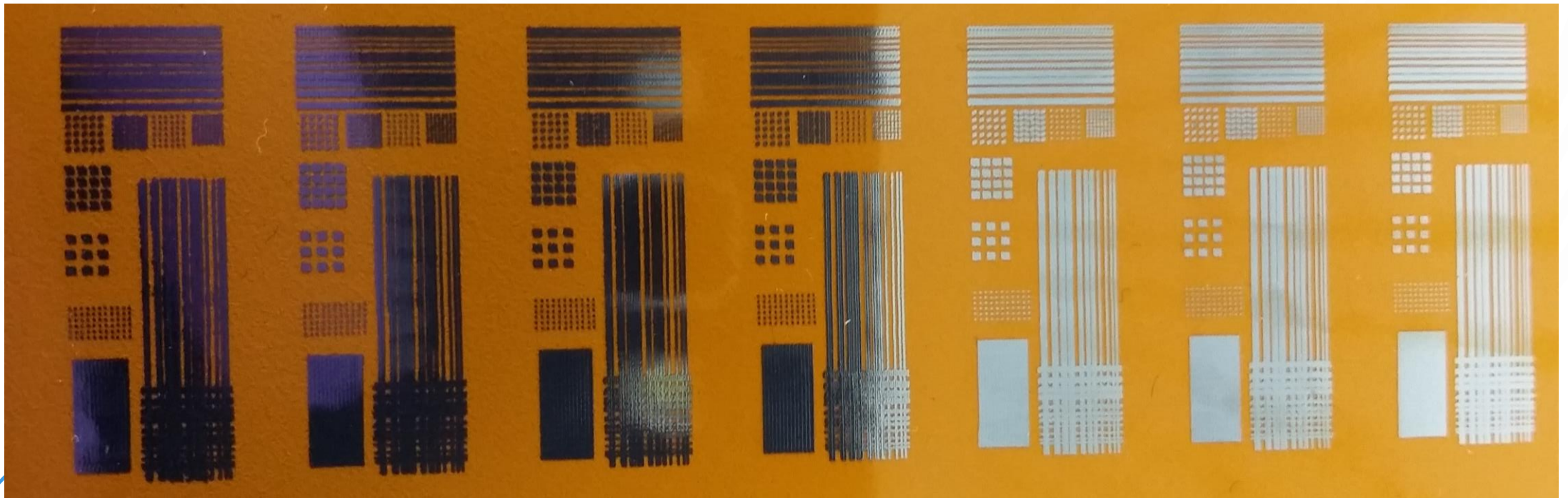
Sekvencia generovania kvapiek atramentu
dlhý chvost kvapky

Sekvencia generovania kvapiek atramentu
dlhý chvost a satelitné kvapky

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

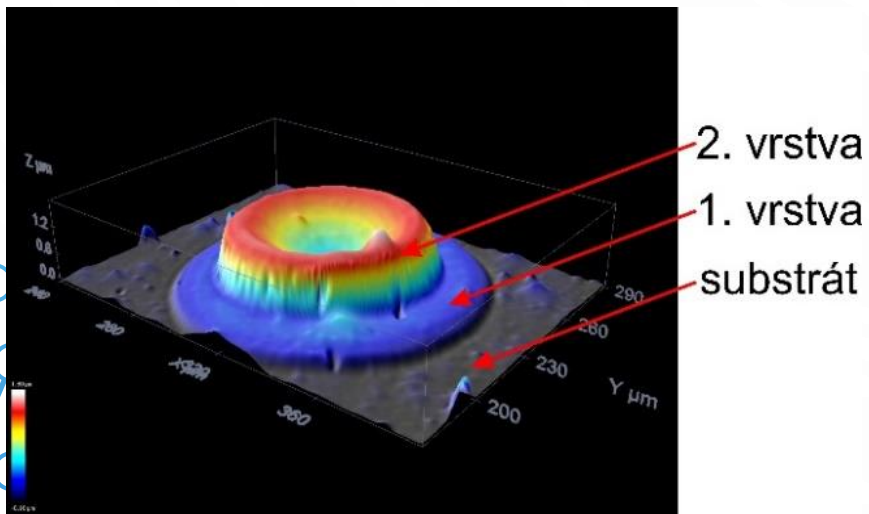
- vplyv teploty substrátu na kvalitu deponovanej štruktúry
- rozdielny priemer kvapiek po dopade na substrát



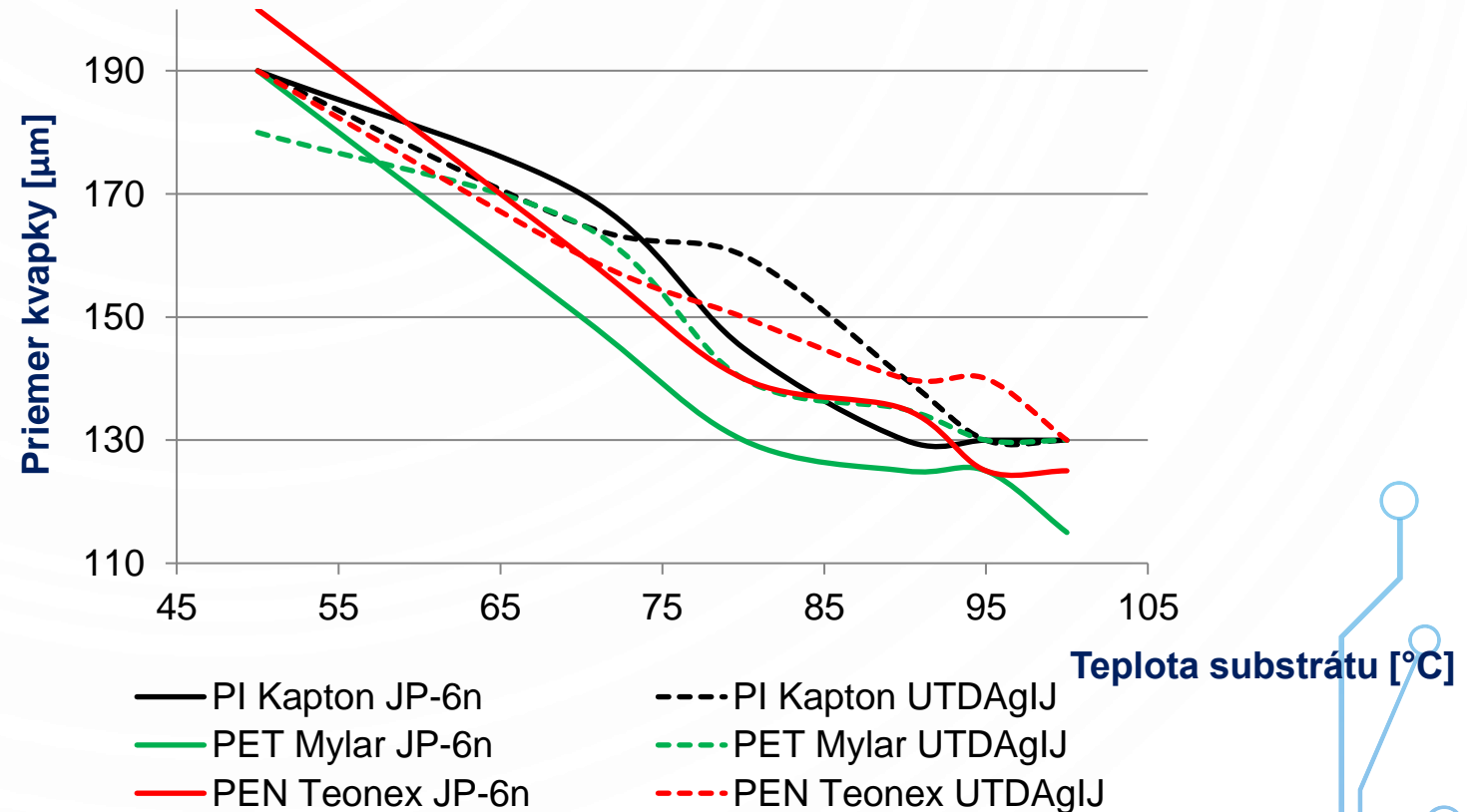
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

- vplyv teploty substrátu na kvalitu deponovanej štruktúry
- rozdielny priemer kvapiek po dopade na substrát



3D profil prvej a druhej kvapky nano-atramentu na povrchu substrátu

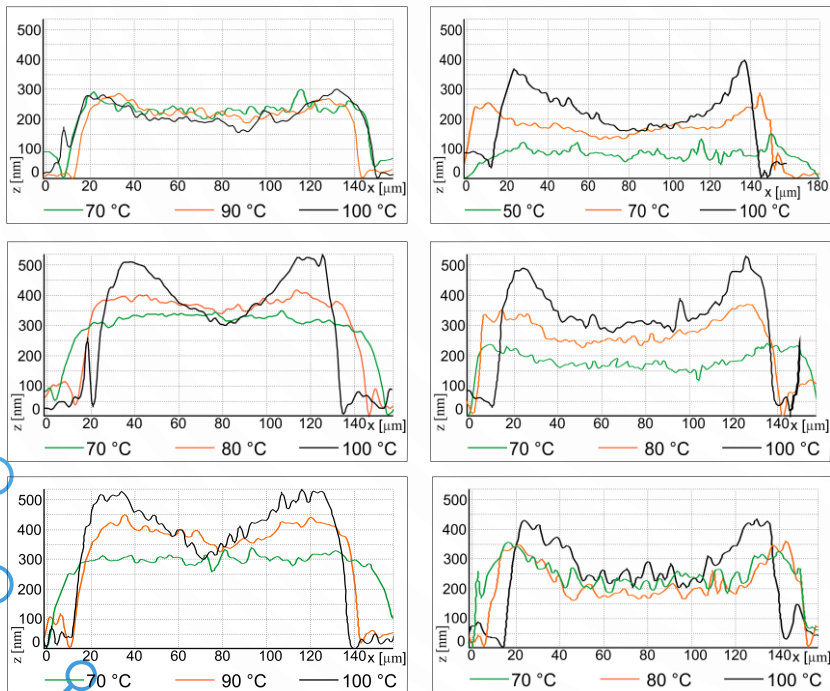


Vplyv teploty substrátu na priemer kvapky nano-atramentu

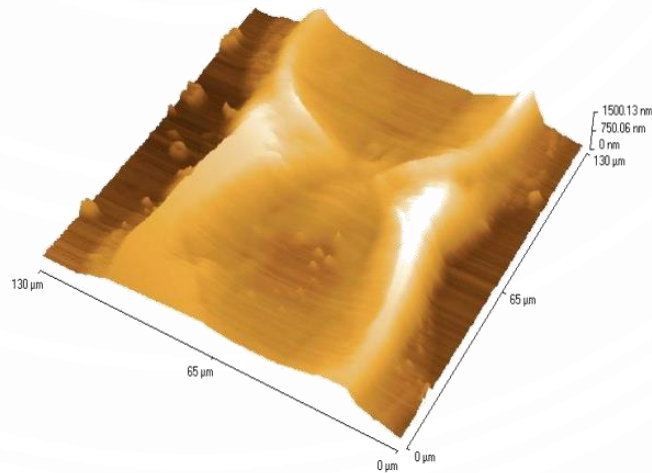
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

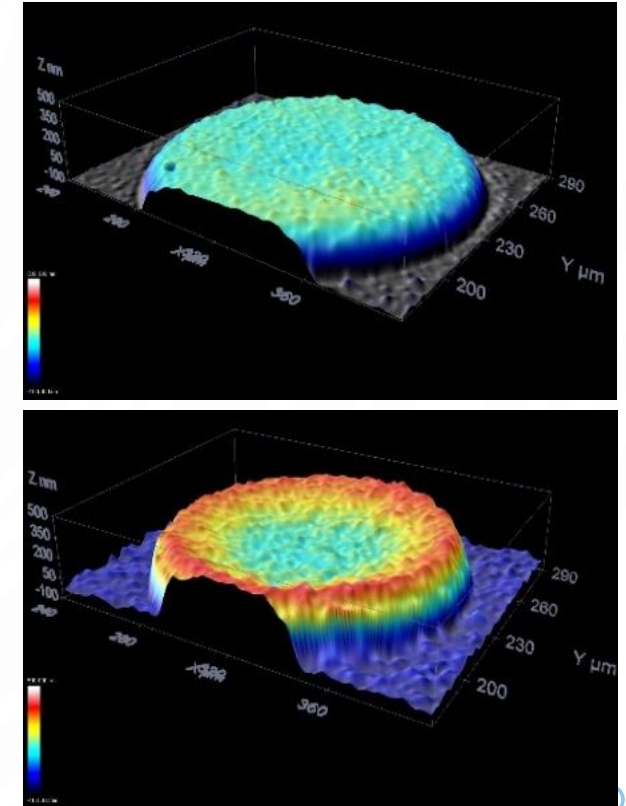
- vplyv teploty substrátu na kvalitu deponovanej štruktúry
- coffee ring effect



Vplyv teploty substrátu na coffee ring effect



„Coffee ring“ effect

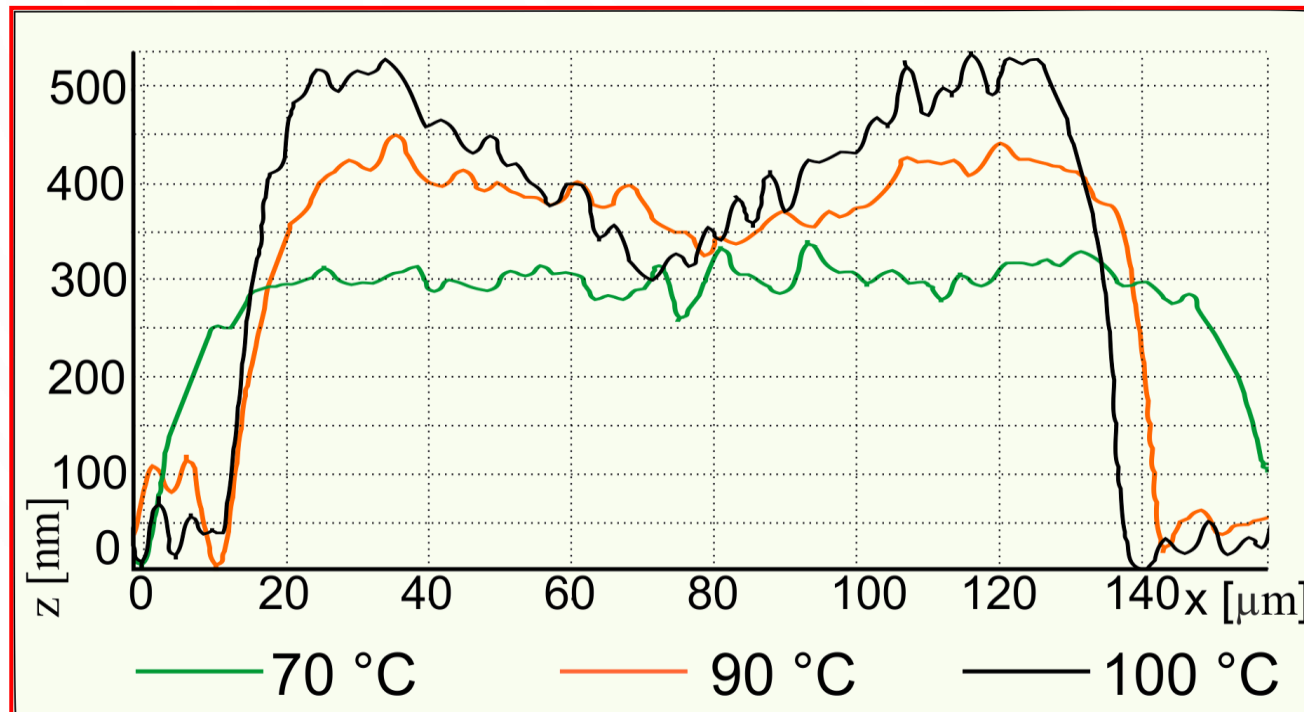


3D profily kvapiek nano-atramentu na PEN substráte Teonex Q51

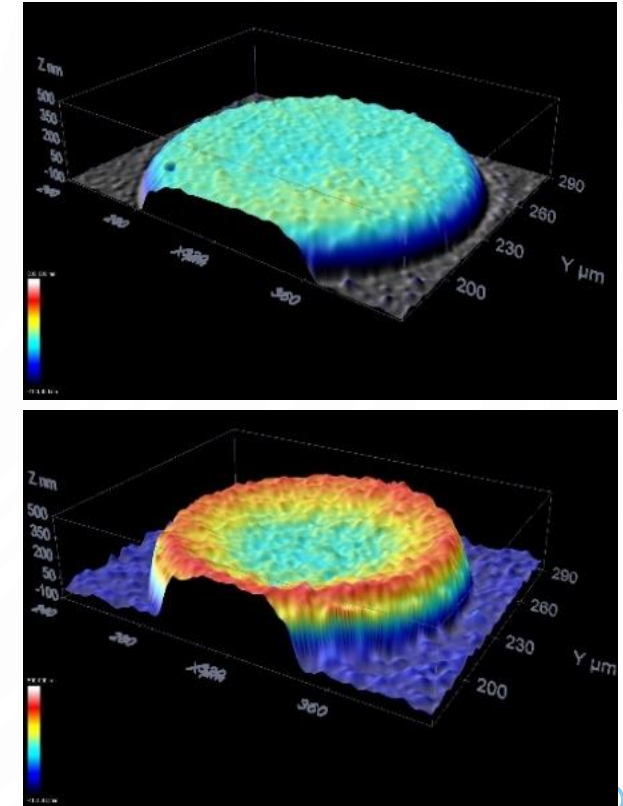
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atramentu

- vplyv teploty substrátu na kvalitu deponovanej štruktúry
- coffee ring effect



Vplyv teploty substrátu na coffee ring effect

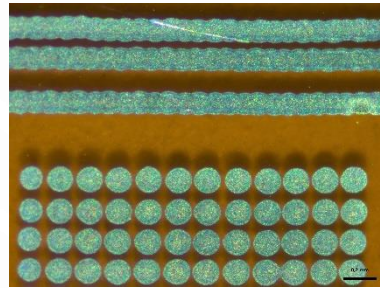


3D profily kvapiek nano-atramentu na PEN substráte Teonex Q51

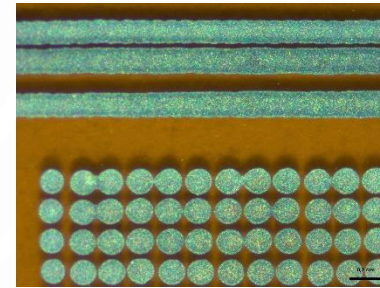
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Proces depozície nano-atriamentu

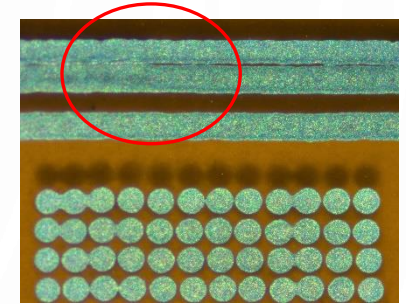
- vplyv rýchlosti tlače na kvalitu deponovanej štruktúry
- rýchlosť tlače sa nastavuje v skripte
- odskok tlačovej hlavice od substrátu



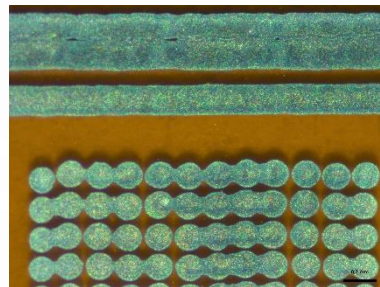
v=1 mm/s



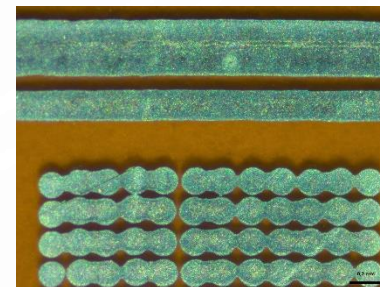
v=3 mm/s



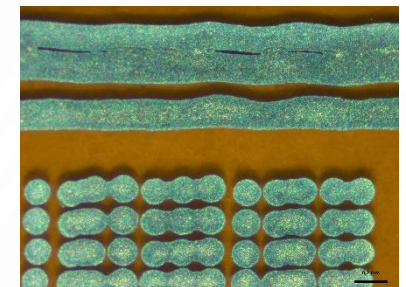
v=5 mm/s



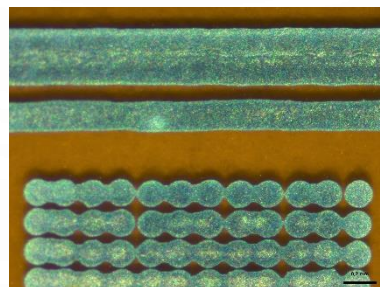
v=6 mm/s



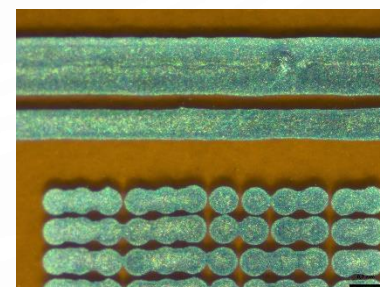
v=8 mm/s



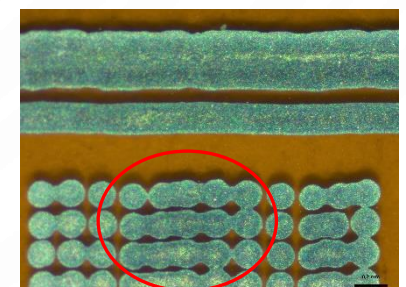
v=10 mm/s



v=12 mm/s



v=15 mm/s



v=20 mm/s

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Na elektrickú vodivosť štruktúry má vplyv:

- podmienky spekania,
- veľkosť a tvar nanočastíc,
- množstvo striebra v objeme,

$$R_s = \frac{\rho}{h} = R \frac{w}{l} \quad [\Omega/\square]$$

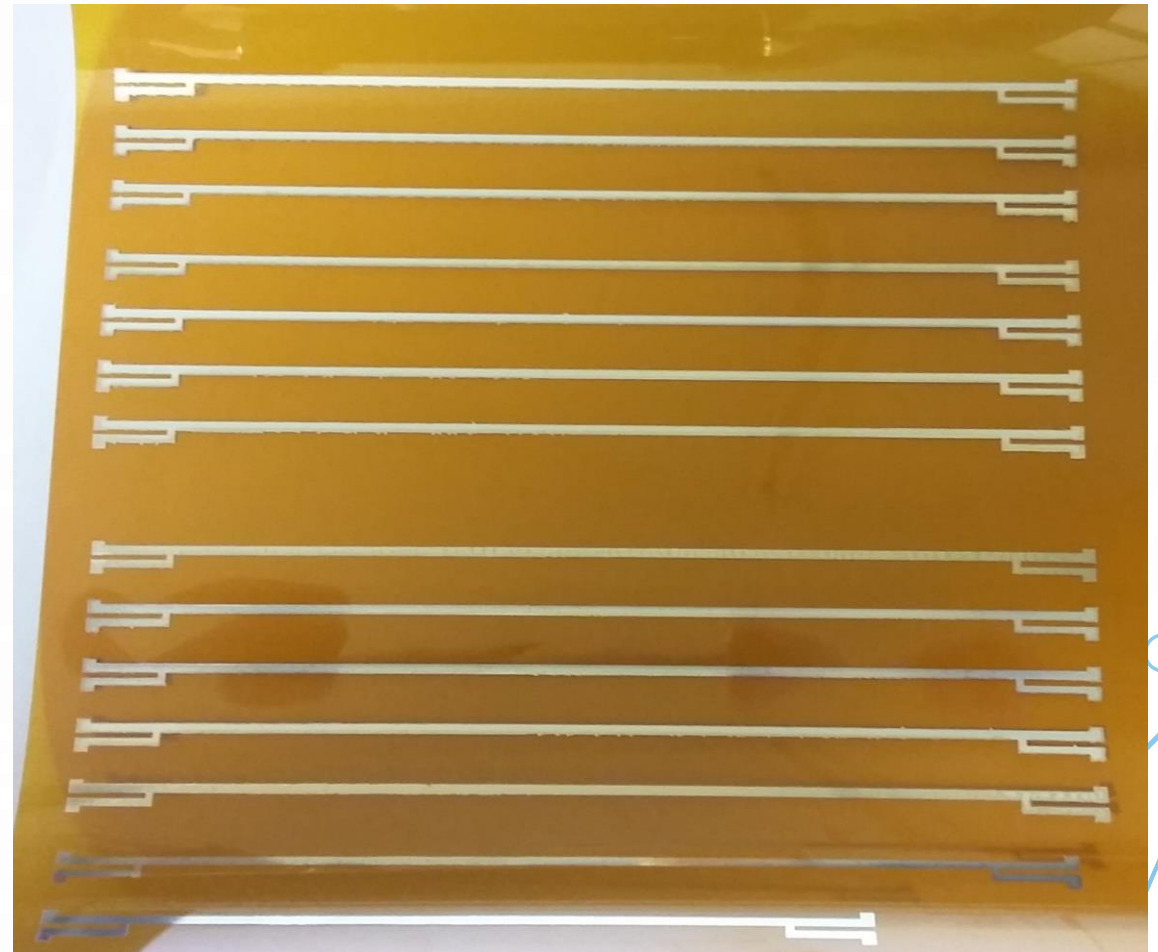
ρ je merný elektrický odpor materiálu,

h je hrúbka vrstvy,

R je elektrický odpor,

w je šírka čiary a

l je dĺžka čiary.



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Na elektrickú vodivosť štruktúry má vplyv:

- podmienky spekania,
- veľkosť a tvar nanočastíc,
- množstvo striebra v objeme,

$$R_s = \frac{\rho}{h} = R \frac{w}{l} \quad [\Omega/\square]$$

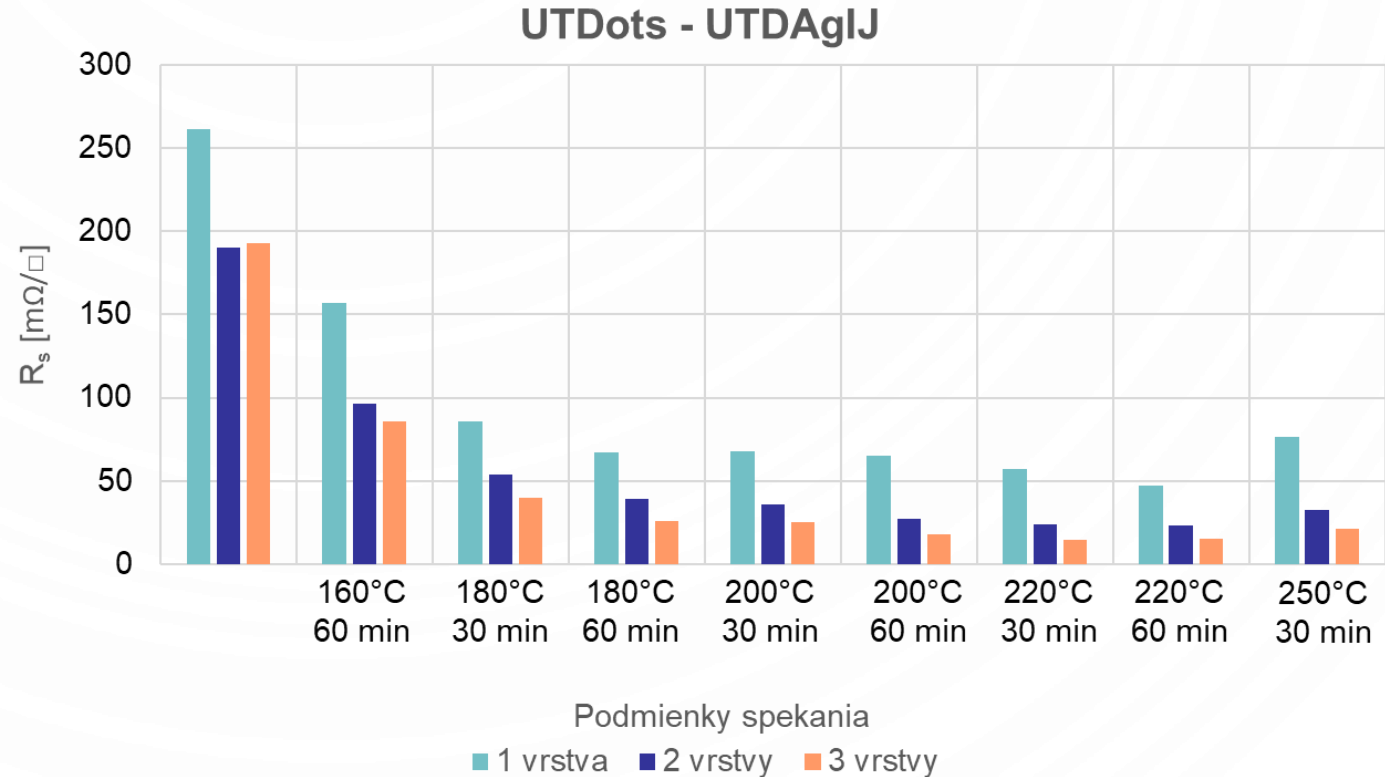
ρ je merný elektrický odpor materiálu,

h je hrúbka vrstvy,

R je elektrický odpor,

w je šírka čiary a

l je dĺžka čiary.



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Na elektrickú vodivosť štruktúry má vplyv:

- podmienky spekania,
- veľkosť a tvar nanočastíc,
- množstvo striebra v objeme,

$$R_s = \frac{\rho}{h} = R \frac{w}{l} \quad [\Omega/\square]$$

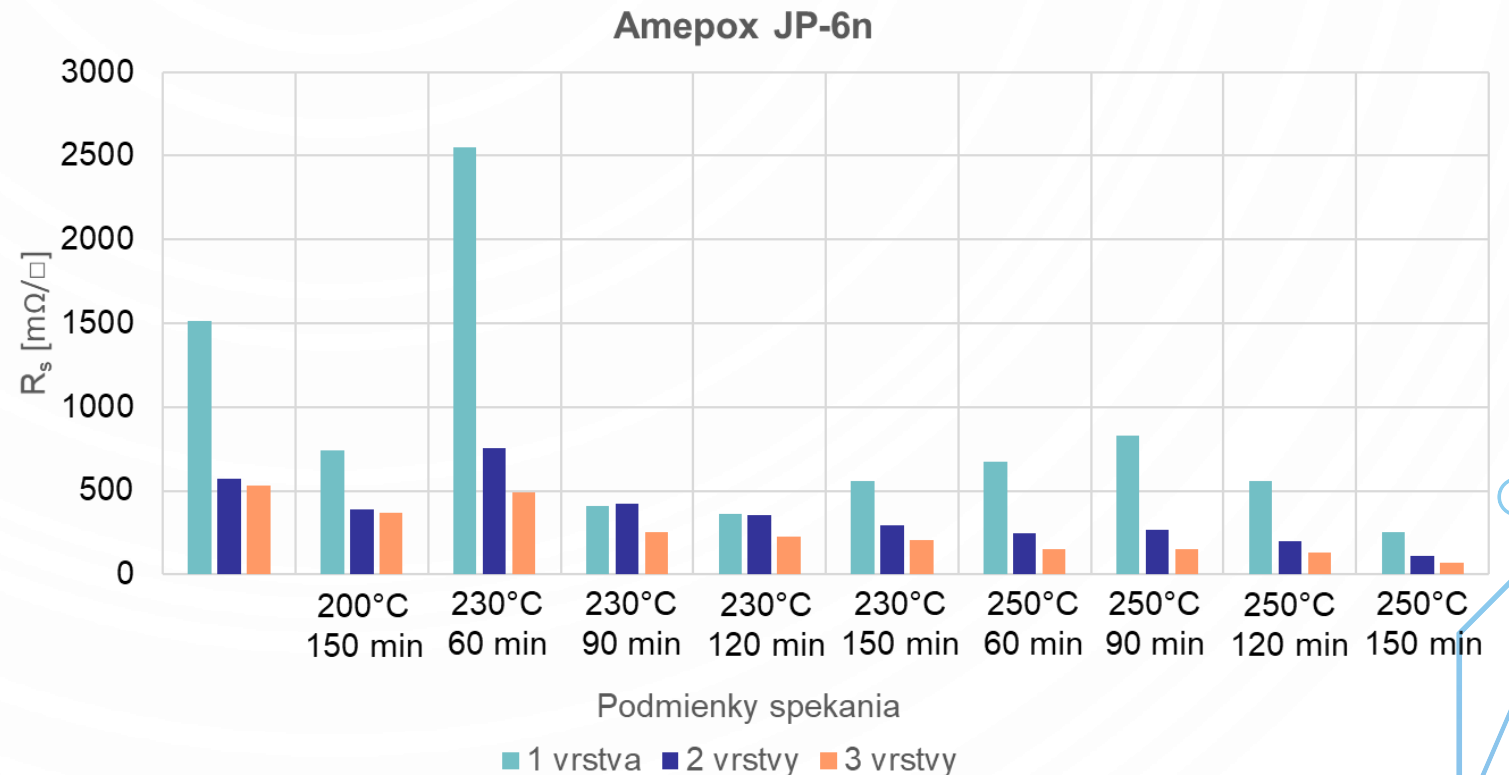
ρ je merný elektrický odpor materiálu,

h je hrúbka vrstvy,

R je elektrický odpor,

w je šírka čiary a

l je dĺžka čiary.



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Na elektrickú vodivosť štruktúry má vplyv:

- podmienky spekania,
- veľkosť a tvar nanočastíc,
- množstvo striebra v objeme,

$$R_s = \frac{\rho}{h} = R \frac{w}{l} \quad [\Omega/\square]$$

ρ je merný elektrický odpor materiálu,

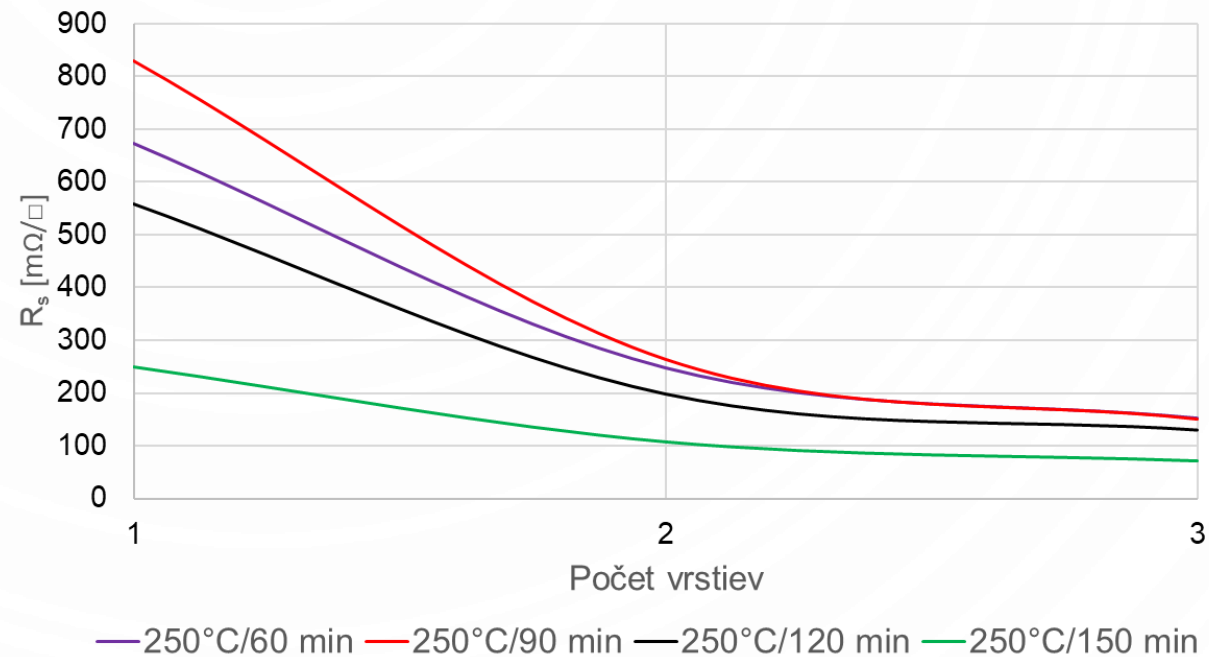
h je hrúbka vrstvy,

R je elektrický odpor,

w je šírka čiary a

l je dĺžka čiary.

Amepox - JP-6n 250°C



Na dosiahnutie dostatočnej elektrickej vodivosti štruktúry je nevyhnutné vytlačiť aspoň 3 vrstvy.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vyhodnotenie adhézie:

- metóda priečného rezu Cross Cut Test
- ISO 2409 a ASTM D3359
- zaradenie do kategórie podľa odlúpnutej plochy

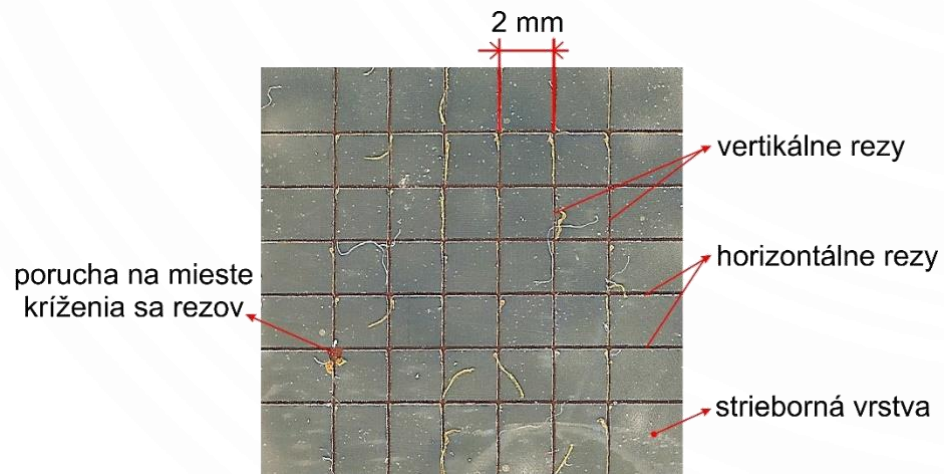


Zaradenie do normy		Popis	Výsledok merania
ISO 2409	ASTM D3359		
0	5B	Hrany rezov sú hladké, nie sú pozorovateľné žiadne defekty.	
1	4B	Sú pozorovateľné drobné poškodenia v miestach, kde sa rezy krížia. Defekty na povrchu nesmú presahovať 5 % celkovej analyzovanej plochy.	
2	3B	Analyzovaný povrch je navyše nepatrne poškodený aj na hranách. Poškodená plocha sa pohybuje od 5 do 15 % celkovej analyzovanej plochy.	
3	2B	Analyzovaný povrch je čiastočne poškodený aj v rohoch rezov, pozdĺž hrán rezov ako aj na iných miestach mriežky. Poškodená plocha sa pohybuje od 15 do 35 % celkovej analyzovanej plochy.	
4	1B	Na analyzovanom povrchu sú značné defekty. Poškodená plocha sa pohybuje od 35 do 65 % celkovej analyzovanej plochy.	
5	0B	Na analyzovanom povrchu sú defekty, ktoré predstavujú plochu väčšiu, než 65 %.	

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vyhodnotenie adhézie:

- metóda priečného rezu Cross Cut Test
- ISO 2409 a ASTM D3359
- nevýhodou je ľudský faktor



CCT_Analyzer

File Edit Help

Input & options

Open Image

Reset Image

Select area

Show threshold

Evaluate !

Invert det.

Report export

Save bin. image

Adjust

Rotation 1.5

Guidelines

Threshold 10

Reset

Outputs

Image

Results

Department of Technologies in Electronics
Faculty of Electrical Engineering and Informatics
Technical University of Kosice

Input image : scan0043.jpg
Total area : 2176756 pix
Wiped area : 162159 pix
Percentage of Wiped area : 3.4%
Classification by :
- ISO 2409 : 1
- ASTM D3359 : 4B

Evaluation treshold: 109
Date of evaluation : 25-Apr-2017 08:27:18

Error & Warning

25-Apr-2017 08:25:20 [|] Program has started corectly
25-Apr-2017 08:26:10 [|] The input image was loaded

Clear log

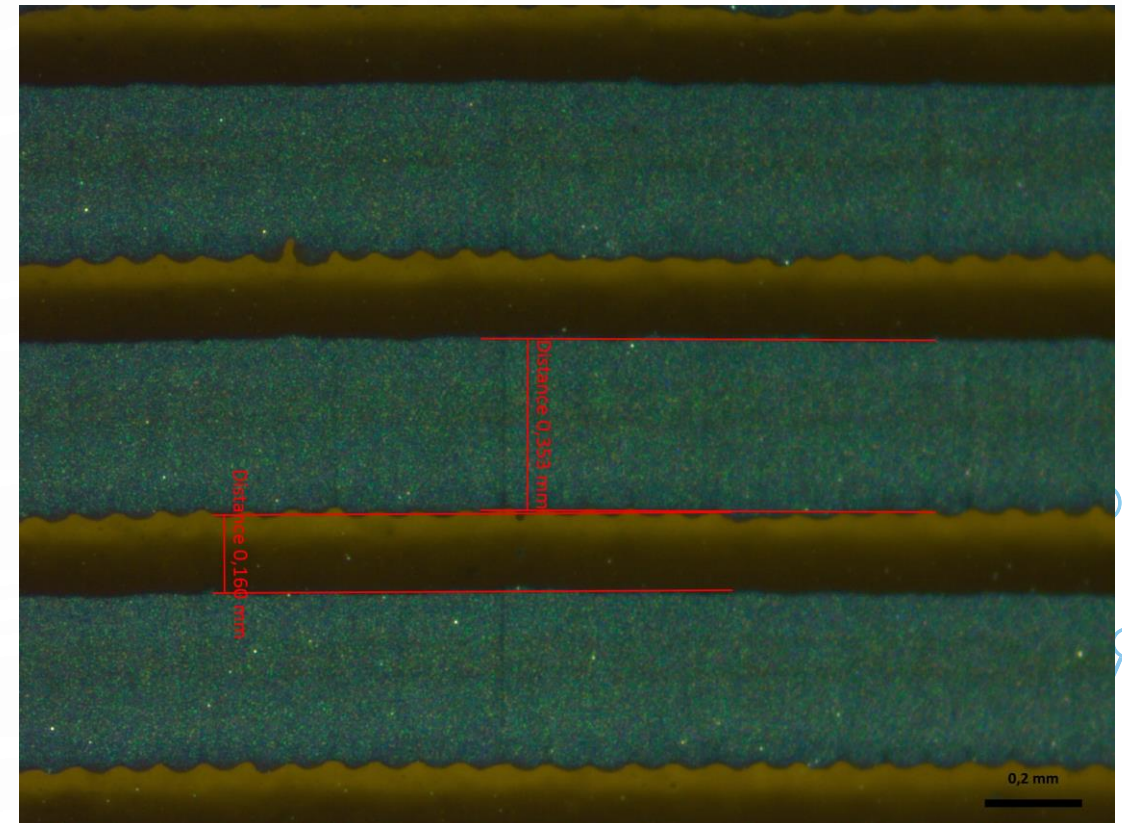
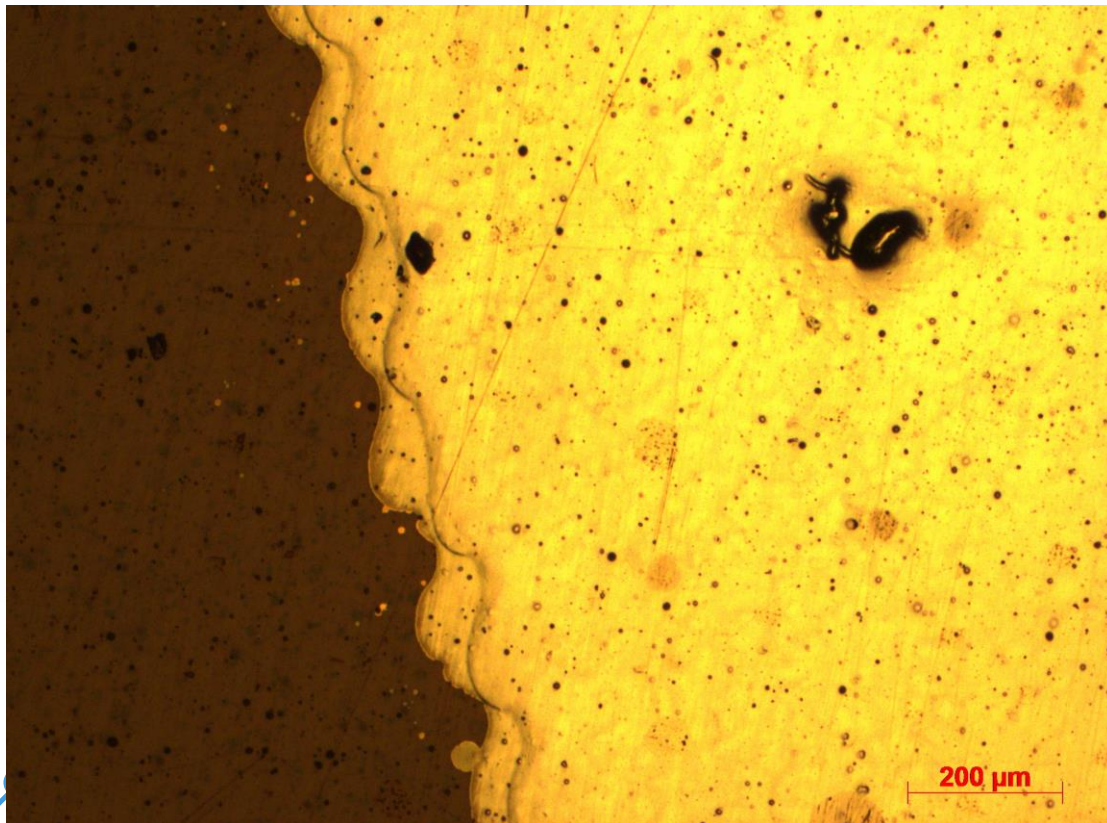
Department of Technologies in Electronics
Faculty of Electrical Engineering and Informatics
Technical University of Kosice
2017

Detailed description: The screenshot shows the CCT_Analyzer software interface. It features a menu bar (File, Edit, Help), a toolbar with icons for file operations, and a main window displaying a grid of cross-cuts on a dark surface. The interface includes input and options panels, an adjust panel for rotation and threshold, and a results panel showing evaluation statistics and classification. The results panel also displays the department and faculty information of the Technical University of Kosice.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Výsledná kvalita štruktúry:

- nedokonalé okraje vyplývajúce z technológie, kopírovanie povrchu substrátu...



Ďakujem za pozornosť.



**Faculty of Electrical Engineering
and Informatics**

Peter Lukacs, Ph.D.

Department of Technologies in Electronics
Faculty of Electrical Engineering and Informatics
Technical University of Košice
Košice, Slovakia
peter.lukacs@tuke.sk