



Fakulta elektrotechniky
a informatiky

FLEXIBILNÁ ELEKTRONIKA

Technológie nanášania vrstiev na flexibilné substráty

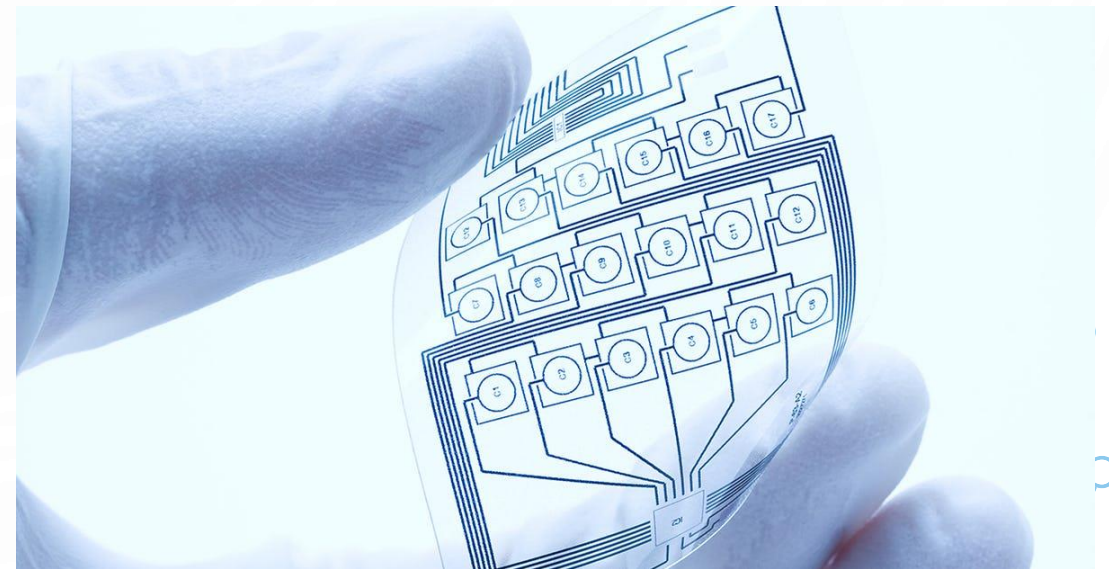
časť II. – bezkontaktné metódy

ING. PETER LUKÁCS, PHD.

peter.lukacs@tuke.sk

BEZKONTAKTNÉ METÓDY NANÁŠANIA VRSTIEV

Princíp bezkontaktných metód spočíva v nanášaní pasty, príp. špeciálneho atramentu bez priameho kontaktu šablóny a substrátu. Pre tieto účely sa najčastejšie používa InkJet Printing technológia. Táto technológia sa taktiež označuje ako digitálna metóda tlače. V prípade digitálnych metód tvorby elektronických štruktúr, ako sú InkJet Printing alebo Aerosol Jet, sú motívy tlačené z digitálnych predlôh bez aplikácie tlaku na substráty. Princíp metódy spočíva v generovaní kvapôčok atramentu pomocou trysky, ktoré následne dopadajú na substrát. Vývoj tejto technológie patrí v oblasti tlačových (printových) technológií v elektronike k novinkám a ide ruka v ruke s rozvojom nano-technológií.



Tlačená elektronika

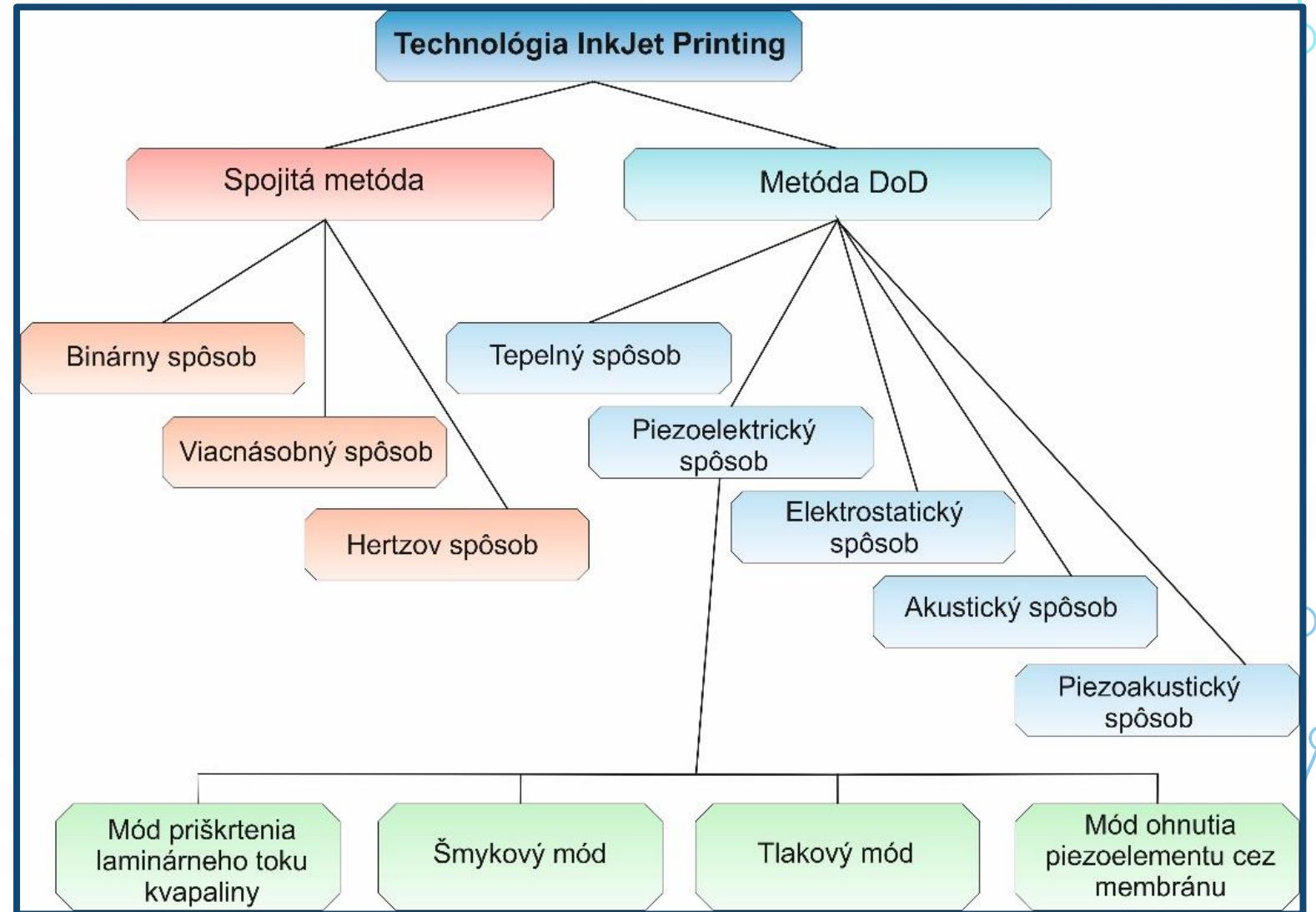
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

InkJet Printing technológia je známa už niekoľko desaťročí ako technológia tlače textu príj. grafických objektov na papier. V poslednom období však získava veľkú pozornosť vedcov v oblasti technológií v elektronike vďaka svojej vysokej presnosti tlače a možnosti generovania kvapôčok atramentu s rôznym zložením na širokú škálu substrátov. Navyše z dôvodu bezkontaktnej metódy tlače umožňuje tlačiť vodivé, odporové, izolačné a dielektrické vrstvy na tvarované substráty, ale aj na substráty citlivé na tlak.

InkJet Printing technológia výrazným spôsobom znižuje množstvo potrebných technologických krokov v porovnaní s kontaktnými, konvenčnými metódami tlače, čím znižuje množstvo použitého materiálu, čas i náklady na výrobu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

V kancelárskych, ale aj priemyselných tlačiarňach sa pre účely generovania kvapiek používajú spojité alebo tzv. „Drop-on-Demand“ metódy (metóda aplikácie presne definovaného nespojitého množstva a smeru letu kvapky atramentu).



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Spojité metóda generovania kvapiek atramentu

Spojité metóda generovania kvapiek atramentu je založená na spojitom generovaní toku kvapiek, pričom spôsob ukladania kvapiek na substrát je založený na vysokonapäťovom vychyľovaní kvapiek atramentu podľa motívu tlače. Na generovanie definovaného objemu kvapiek atramentu sa používa piezoelement. Stimuláciou piezoelementu elektrickým signálom s vysokou frekvenciou, v rozsahu od 20 Hz do 80 kHz, sa generuje spojitý tok kvapiek atramentu. Podstatným rozdielom medzi spojitou metódou tlače a metódou Drop-on-Demand je, že v prípade spojitej metódy sú kvapky atramentu elektricky nabité pomocou elektród. Takto nabité kvapky atramentu sú následne vychyľované z dráhy letu pomocou vychyľovacích doštičiek, na ktoré je privedené vysoké napätie. Pomocou vychyľovacích doštičiek sa vytvára požadovaný motív z toku kvapiek atramentu na substráte. Elektricky nenabité kvapky atramentu sú zachytené a prechádzajú znovu procesom generovania kvapiek atramentu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Spojité metóda generovania kvapiek atramentu

Vzťah medzi objemom a priemerom kvapky je možné vyjadriť nasledovne:

$$d_k = \left(\frac{6 \cdot V_k}{\pi} \right)^{1/3} = 1,24 \cdot V_k^{1/3}$$

kde,

d_k je priemer kvapky,

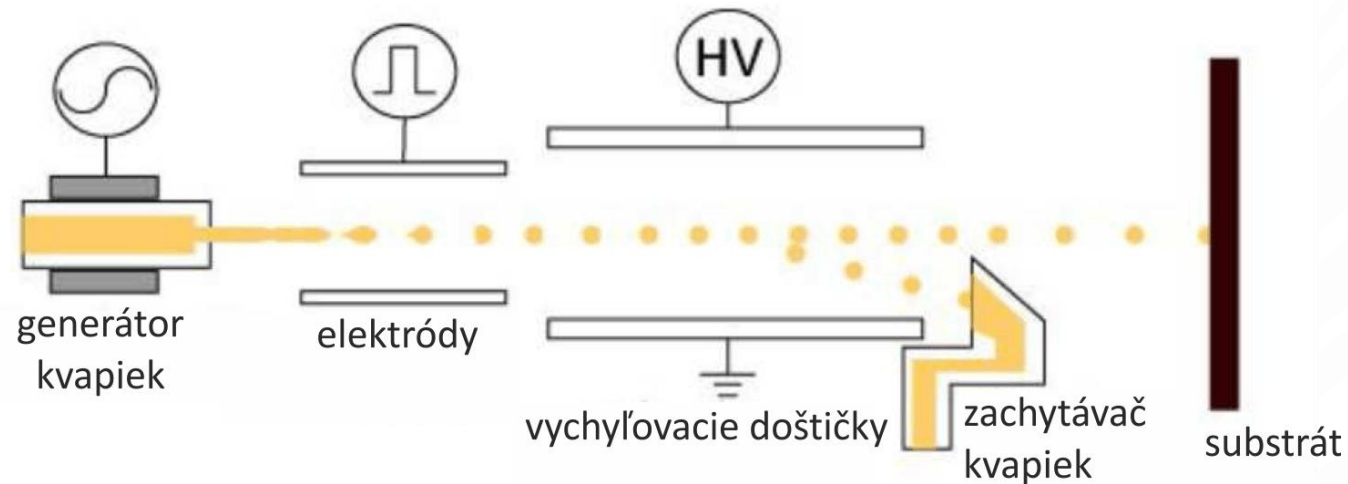
V_k je objem kvapky.

Spojité spôsoby generovania kvapky atramentu môžu byť ďalej rozdelené na binárny, viacnásobný a Hertzov systém

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Binárny systém

Binárny systém spojitaj metódy generovania kvapiek atramentu funguje na princípe elektrického nabíjania kvapiek atramentu po opustení trysky. Nenabité kvapky atramentu sú zachytené, pričom nabité kvapky atramentu sú vychyľovacími doskami smerované na substrát.

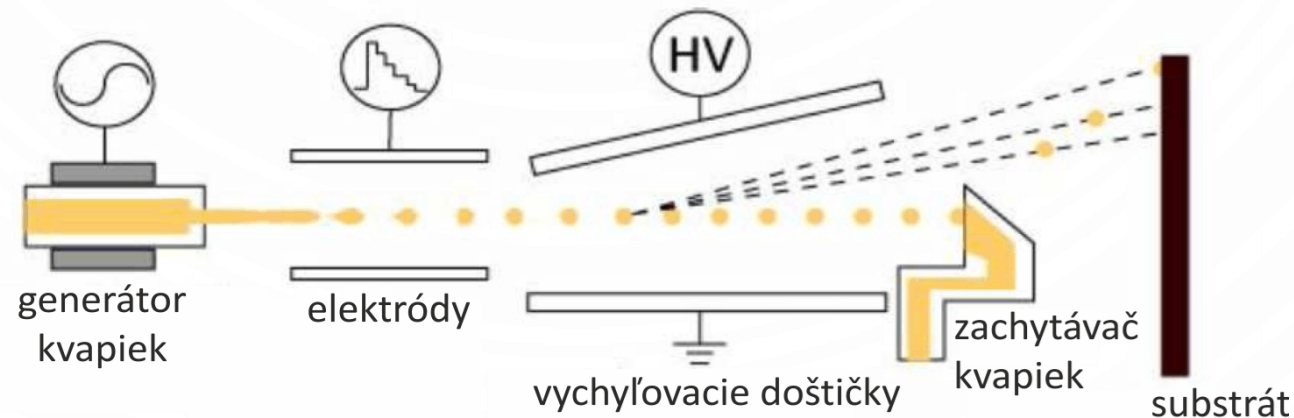


Binárny systém spojitaj metódy generovania kvapky atramentu

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Viacnásobný systém

Pri viacnásobnom systéme spojitaj metódy generovania kvapiek atramentu sú kvapky odlišne nabité, čo umožňuje rozdielne vychyľovať kvapky atramentu. Tento systém umožňuje tlač väčších plôch, urýchľuje priebeh tlače a umožňuje tlačiť aj pri statickej polohe tlačovej hlavice a substrátu.

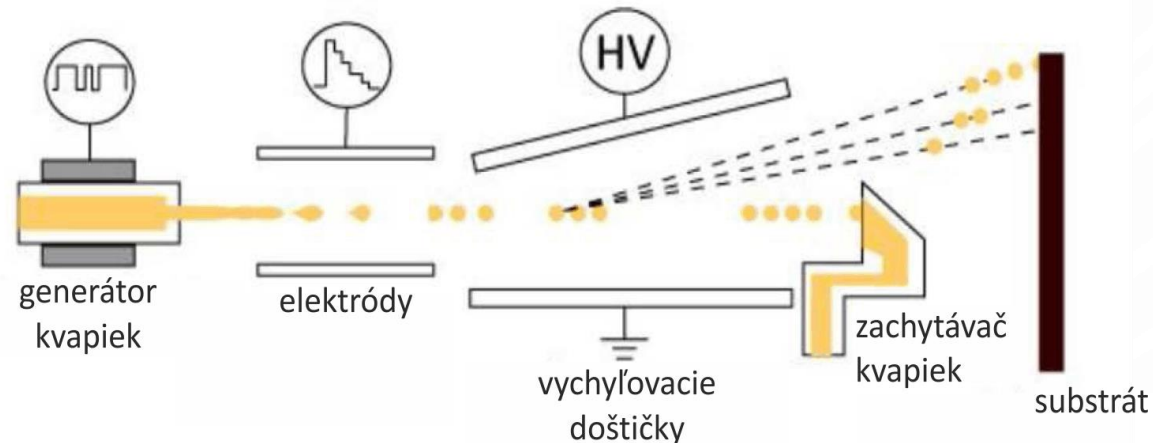


Viacnásobný systém spojitaj metódy generovania kvapky atramentu

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Hertzov systém

V roku 1966, Hertz vyvinul metódu na dosiahnutie premenlivej hustoty natlačených bodov spojitou metódou tlače využívajúc elektrostatické vychýľovanie kvapiek. Pri tomto systéme sa generuje rôzne množstvo atramentu na každý pixel. To sa dosahuje generovaním veľmi malých kvapiek atramentu s rýchlosťou tlače okolo 40 m/s s frekvenciou vyššou než 1 MHz.



Hertzov systém spojitej metódy generovania kvapky atramentu

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand

Drop-on-Demand (DoD) metóda generovania kvapiek atramentu sa využíva vo väčšine zariadení pre kancelárske, ale aj priemyselné aplikácie pre tlač špeciálnych atramentov na substráty v oblasti technológií v elektronike. **Táto metóda aplikuje presne definované nespojité množstvo atramentu na definovaný podložku.**

Metóda DoD eliminuje proces vychyľovania kvapiek atramentu pomocou vysokého napätia, ako aj potrebu recirkulácie nespotrebovaných kvapôčok atramentu, ako je to u spojitých metódy tlače.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand

Dostupné spôsoby generovania kvapiek v technológiách DoD môžu byť klasifikované do piatich skupín:

- tepelný spôsob,
- piezoelektrický spôsob,
- elektrostatický spôsob,
- akustický spôsob,
- piezo-akustický spôsob.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

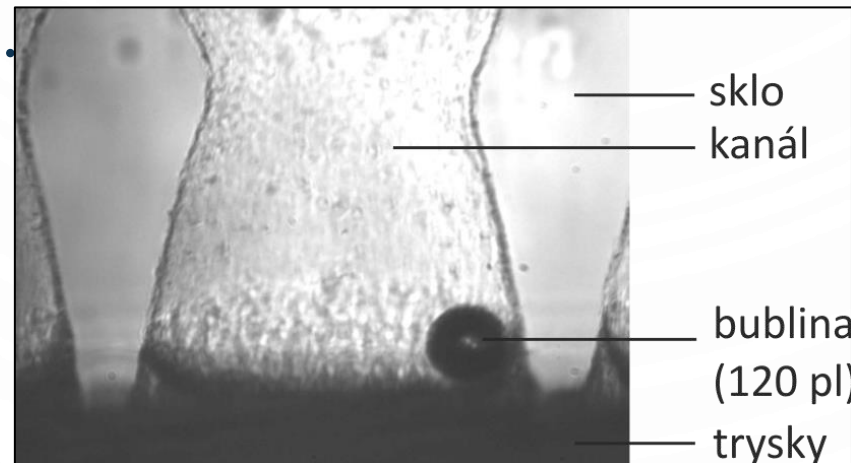
Metóda Drop-on-Demand – tepelný spôsob generovania kvapiek atramentu

Tepelný spôsob generovania kvapky atramentu je považovaný za najčastejšie používanú metódu, ktorá dominuje v kancelárskych tlačiarňach. Pri tomto spôsobe generovaní kvapky atramentu táto opustí trysku vplyvom vytvorenia bubliny plynu na povrchu výhrevného telesa, ktoré je uložené blízko trysky. V dôsledku krátkeho prúdového impulzu dochádza k zohriatiu výhrevného telesa, vplyvom čoho teplota atramentu stúpne nad kritickú teplotu, kde dochádza k odparovaniu atramentu. Objem vzduchovej bubliny spôsobí zvýšenie pnútia vnútorných síl v tryske, vplyvom čoho množstvo atramentu, rovné objemu vzniknutej bubliny, opustí trysku. Celý proces vzniku vzduchovej bubliny a následného vygenerovania kvapky atramentu trvá menej než 20 μ s. Teplota výhrevného telesa dosahuje približne 300°C pri generovaní vzduchovej bubliny.

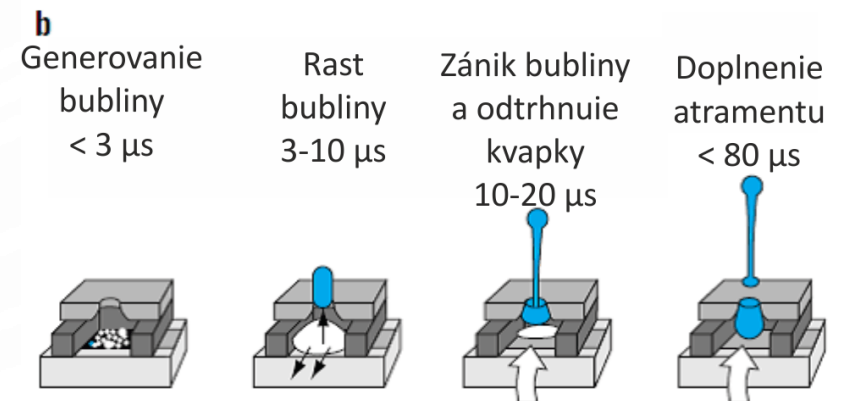
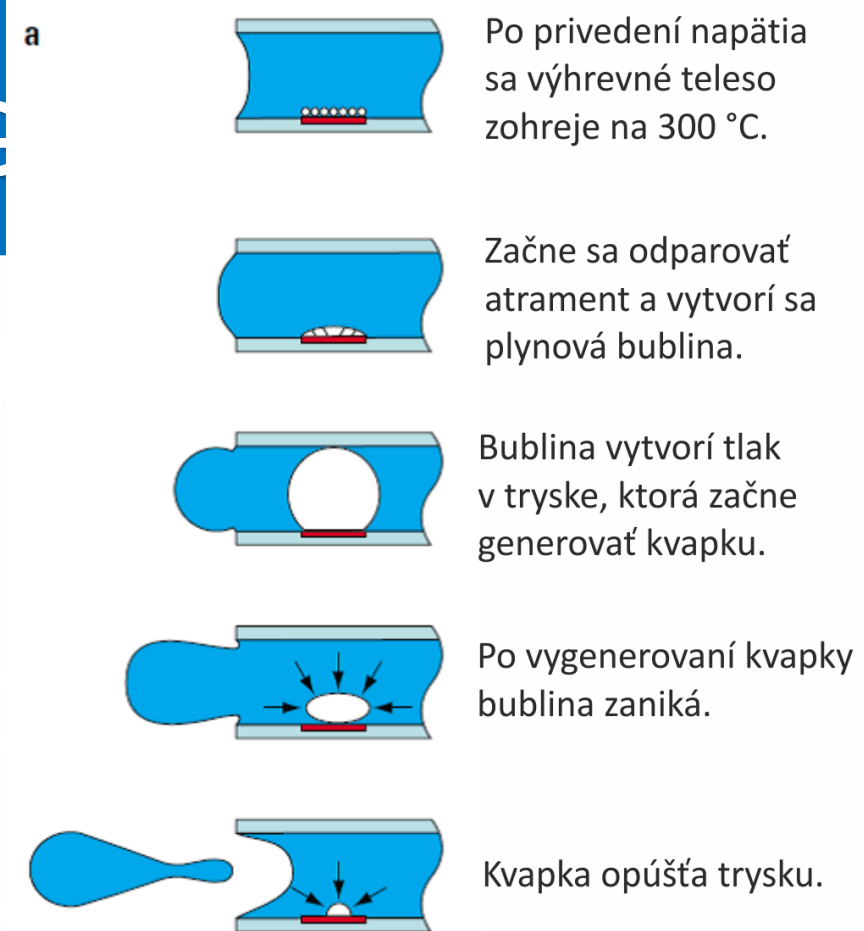
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – tepelný spôsob generovania kvapiek atramentu

Podstatou tepelného procesu je prevedenie kvapalného stavu atramentu do stavu plynného, v dôsledku čoho dochádza k odparovaniu atramentu v uzavretom priestore a následne ku generovaniu tlakových pnutí v mieste výhrevného telesa.



<https://www.youtube.com/watch?v=9yeZSaigBj4>



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – tepelný spôsob generovania kvapiek atramentu

Vo všeobecnosti sú známe 2 spôsoby umiestnenia výhrevného telesa v tryske zariadenia. V prvom prípade je výhrevné teleso umiestnené paralelne s tryskou. V druhom prípade je výhrevné teleso umiestnené na jednej zo strán zásobníka atramentu kolmo na trysku.

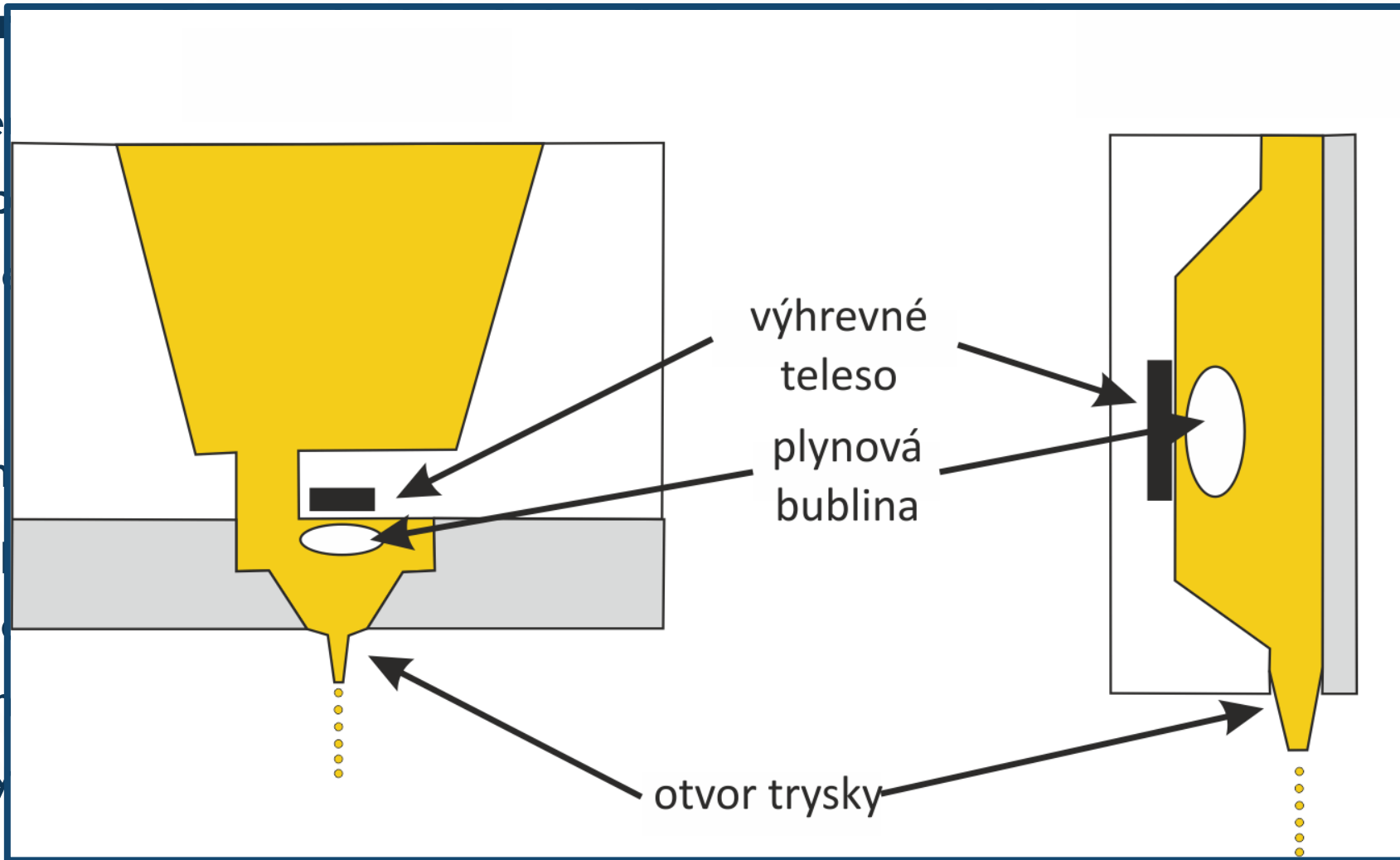
V oblasti nanášania atramentov na báze nano-častíc kovov a iných funkčných materiálov sa tento spôsob generovania kvapiek atramentu nepoužíva, z dôvodu vysokej teploty počas generovania vzduchovej bubliny v tryske. Keďže pre spekanie nano-častíc striebra je potrebná teplota okolo 230°C , môže dôjsť ku zhukovaniu či predspekaniu nano-častíc, vplyvom čoho sa upchá tryska zariadenia.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Direct Inkjet

Vo všeobecnosti sa používa v prvom krohu je vyhrevná

V oblasti n...
sa tento s...
počas gen...
je potrebn...
častíc, vply



zariadenia.
om prípade
na trysku.

materiálov
okej teploty
stíc striebra
kaniu nano-

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – piezoelektrický spôsob generovania kvapiek atramentu

V prípade zariadení pracujúcich na piezoelektrickom princípe sa výhrevné teleso nahrádza piezoelektrickým materiálom, ktorý vytvorí potrebnú silu na vygenerovanie kvapky atramentu. Piezoelektrický materiál vplyvom privedeného napätia zmení svoj tvar, čo spôsobí tlak v tryske. Na rozdiel od tepelného princípu, piezoelektrický jav predstavuje mechanický spôsob generovania kvapky atramentu, teda nedochádza k nežiaducim javom v atramente vplyvom vysokej teploty.

Generovanie kvapky atramentu využitím piezoelektrického princípu je možné realizovať nasledovnými spôsobmi deformácie piezoelementu:

- depozícia stlačením strán kapiláry,
- depozícia strihom,
- stlačenie piezoelementu paralelne na trysku,
- mód ohnutia cez membránu.

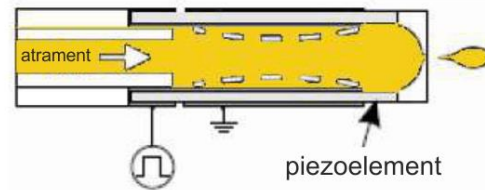
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – piezoelektrický

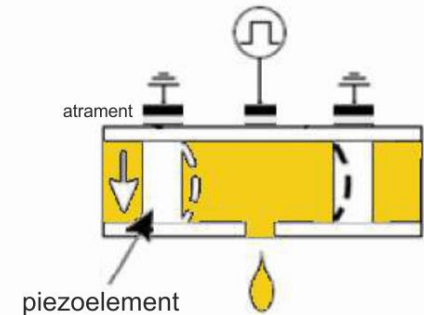
V prípade zariadení pracujúcich na piezoelektrickom materiáli, ktorý vytvára kvapky atramentu vďaka piezoelektrickému materiálu vplyvom privedeného napätia. Piezoelektrický materiál vplyvom privedeného napätia od tepelného princípu, piezoelektrický jav prechádza teda nedochádza k nežiaducim javom v atramente.

Generovanie kvapky atramentu využitím piezoelementu: Generovanie kvapky atramentu využitím piezoelementu: Generovanie kvapky atramentu využitím piezoelementu:

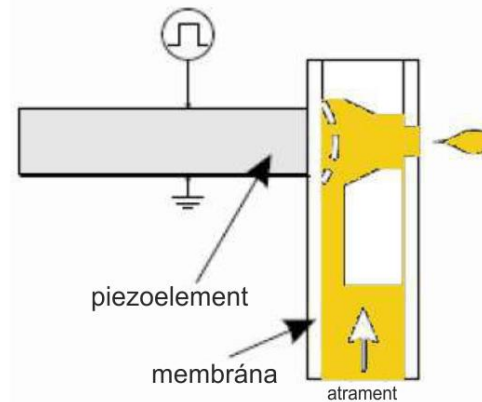
- depozícia stlačením strán kapiláry,
- depozícia strihom,
- stlačenie piezoelementu paralelne membránu,
- mód ohnutia cez membránu.



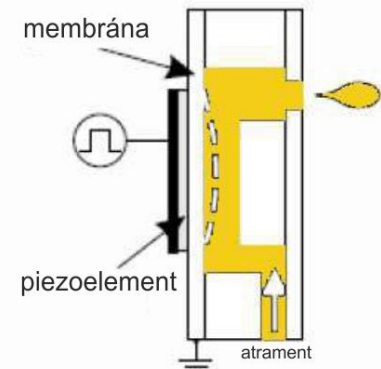
módu priškrtenia toku
(a) atramentu



(b) šmykový mód



(c) tlakový mód



(d) mód ohnutia piezoelementu cez membránu

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – elektrostatický spôsob generovania kvapiek atramentu

Základný princíp elektrostatického spôsobu generovania kvapiek atramentu spočíva vo vytvorení elektrického poľa medzi tryskou a substrátom. Na rozdiel od vyššie opísaných spôsobov generovania kvapiek atramentu, kde vystrieknutie kvapky atramentu bolo spôsobené tlakom v tryske, sa pri tomto spôsobe používa elektrostatické pole na vytvorenie kvapky atramentu. Existuje niekoľko metód na vytvorenie kvapky atramentu prostredníctvom elektrického poľa, ako napr. metóda založená na Taylorovom jave.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – akustický spôsob generovania kvapiek atramentu

Pri tomto spôsobe generovania kvapky atramentu sa využíva akustická vlna smerovaná na povrch atramentu. Piezoelektrický element je pripevnený na jeden koniec vlnovodu, ktorý má tvar tyče. Na druhej strane vlnovodu sa nachádza akustická šošovka, ktorá sústreďuje akustickú vlnu do jedného bodu, čím sa vytvorí kvapka atramentu.

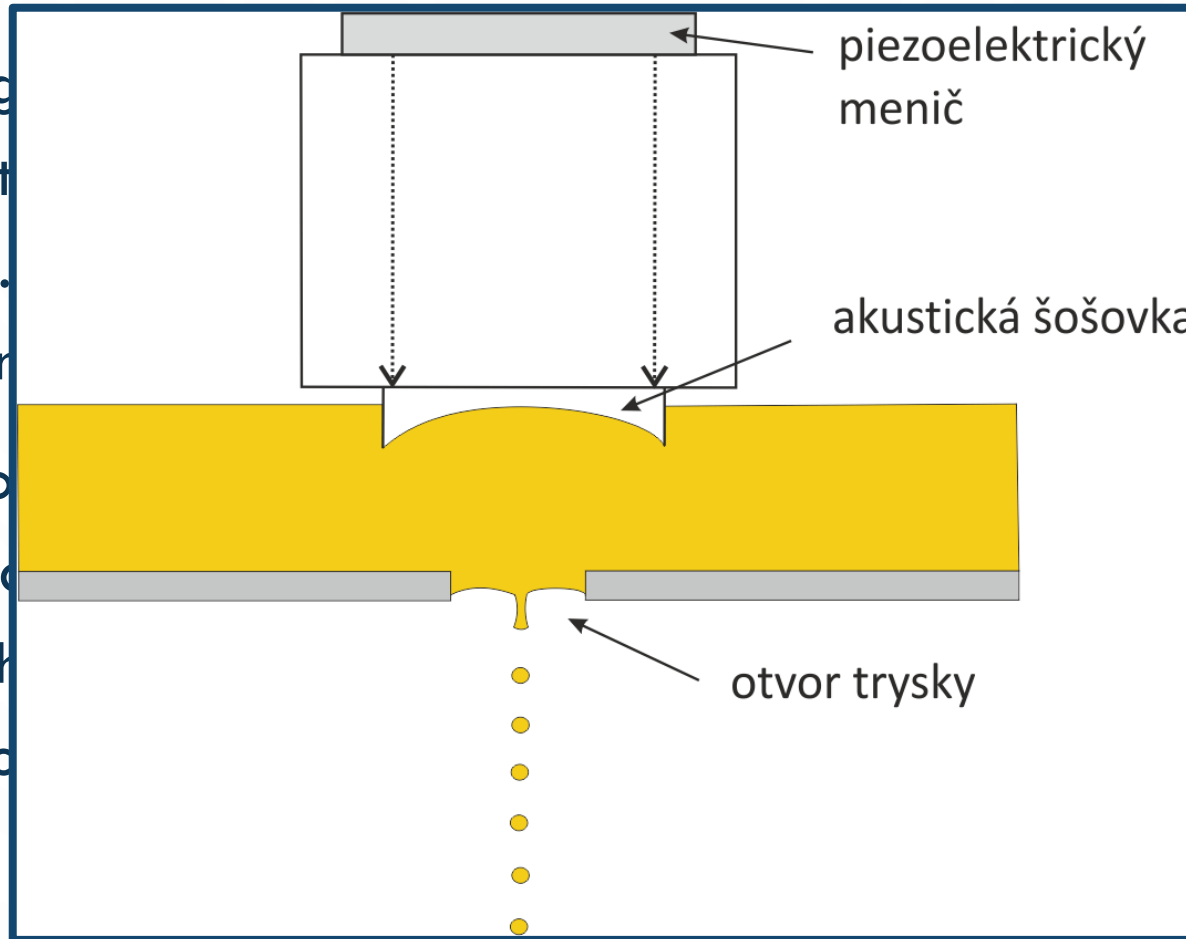
Výhoda tohto spôsobu generovania kvapky spočíva v minimalizovaní pravdepodobnosti upchatia trysky z dôvodu, že otvor trysky tvorí veľkú plochu definovanú priemerom ohniska. Ďalšou výhodou je možnosť nastavenia priemeru a objemu kvapky zmenou ohniskovej vzdialenosti medzi akustickou šošovkou a otvorom trysky.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – akustický spôsob generovania kvapiek atramentu

Pri tomto spôsobe generovania kvapiek atramentu sa inkjetová hlava vypočíta na povrch atramentu, ktorý má tvar tyče. Táto tyč sústreďuje akustickú vlnu na bod zvaný ohnisko.

Výhoda tohto spôsobu je v tom, že sa nedá upchať tryska z dôvodu veľkej ohniska. Ďalšou výhodou je, že sa dá ohniskovej vzdialenosti prispôbiť veľkosť kvapiek.



akustická vlna smerovaná na ohnisko. Na druhom konci vlnovodu, akustická šošovka, ktorá sústreďuje akustickú vlnu na bod zvaný ohnisko.

Pravidelnosť a veľkosť kvapiek závisí od veľkosti ohniska. Ďalšou výhodou je, že sa dá ohniskovej vzdialenosti prispôbiť veľkosť kvapiek.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

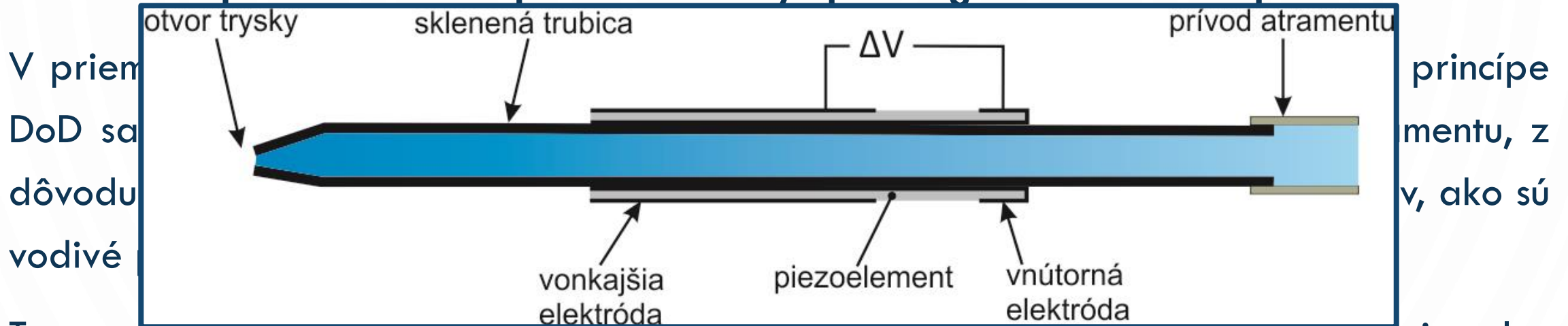
Metóda Drop-on-Demand – piezo-akustický spôsob generovania kvapiek atramentu

V priemyselných zariadeniach na výrobu elektronických štruktúr, pracujúcich na princípe DoD sa najčastejšie používa piezo-akustický spôsob generovania kvapky atramentu, z dôvodu širokej škály možností tlače rôznych dispergentov a funkčných materiálov, ako sú vodivé polyméry a nano-častice kovov.

Tento spôsob generovania kvapky pracuje na princípe privedenia napät'ového impulzu na piezoelement, ktorý sa nachádza okolo kapiláry. Po privedení napätia na piezoelement sa vytvorí tlaková vlna. Šíriaca sa tlaková vlna spôsobí vytvorenie kvapky v oblasti trysky, ak jej kinetická energia je dostatočná na prekonanie povrchovej energie vnútorných stien kapiláry a viskozity atramentu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – piezo-akustický spôsob generovania kvapiek atramentu



V priem
DoD sa
dôvodu
vodivé

princípe
mentu, z
v, ako sú

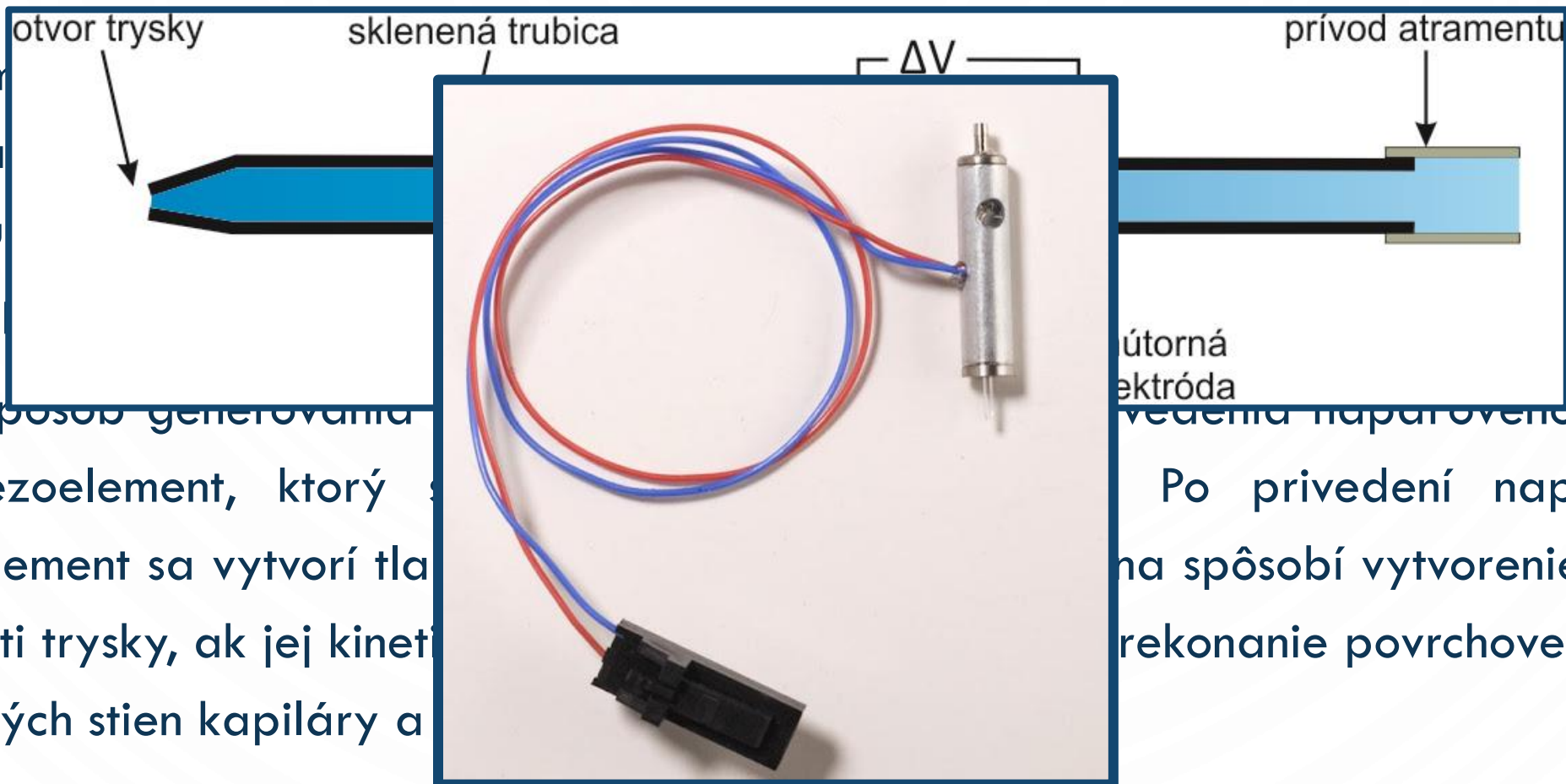
Tento spôsob generovania kvapky pracuje na princípe privedenia napätového impulzu na piezoelement, ktorý sa nachádza okolo kapiláry. Po privedení napätia na piezoelement sa vytvorí tlaková vlna. Šíriaca sa tlaková vlna spôsobí vytvorenie kvapky v oblasti trysky, ak jej kinetická energia je dostatočná na prekonanie povrchovej energie vnútorných stien kapiláry a viskozity atramentu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Metóda Drop-on-Demand – piezo-akustický spôsob generovania kvapiek atramentu

V priem
DoD sa
dôvodu
vodivé

Tento spôsob generovania
na piezoelement, ktorý
piezoelement sa vytvorí tla
v oblasti trysky, ak jej kinet
vnútorných stien kapiláry a



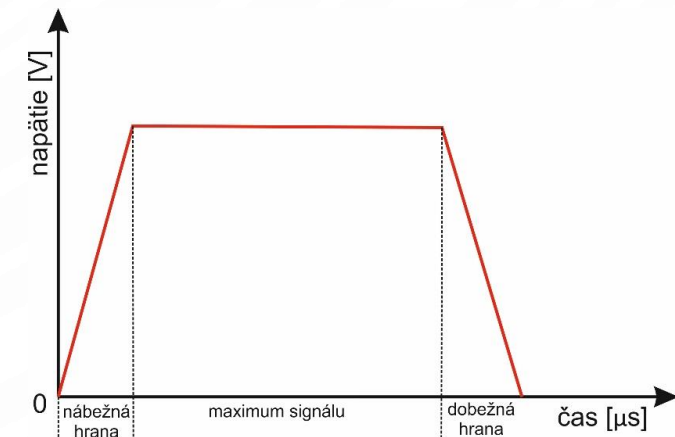
princípe
mentu, z
v, ako sú

útorná
elektróda
vedenia naparovené impulzu
Po privedení napätia na
na spôsobí vytvorenie kvapky
rekonanie povrchovej energie

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Modulácia rozmerov kvapky

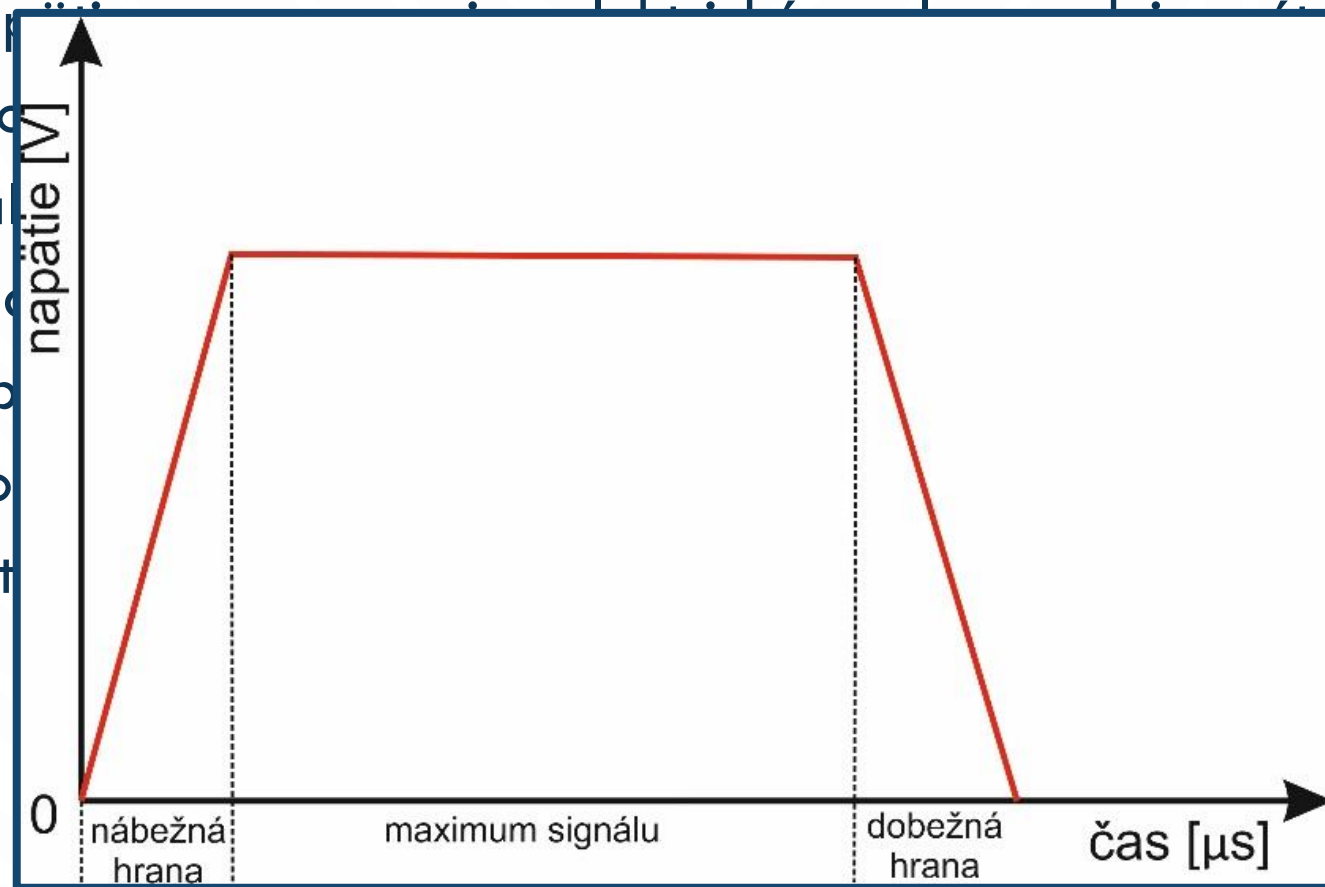
Po privedení napätia sa generuje elektrické pole medzi vnútornou a vonkajšiu elektródou, vplyvom čoho dochádza k radiálnemu rozšíreniu a k axiálnemu stiahnutiu piezoaktuátora, alebo k axiálnemu rozšíreniu a k radiálnemu stiahnutiu piezoaktuátora, v závislosti od polarizácie privedeného napätia. Najjednoduchší ovládací signál sa skladá z pravouhlého priebehu, ktorý sa privádza na jednu elektródu, kým druhá elektróda je uzemnená. K deformácii piezoaktuátora dochádza počas nárastu a poklesu napätia, a zaniká, keď napätie je konštantné.



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Modulácia rozmerov kvapky

Po privedení napätia na elektródou, vplyvom piezoaktuátora, a v závislosti od polohy pravouhlého priebehu napätia, je druhá elektróda uzemnená. K deflexii sa znižuje, keď napätie



vnútorne a vonkajšiu elektródou, vplyvom piezoaktuátora, a v závislosti od polohy pravouhlého priebehu napätia, je druhá elektróda uzemnená. K deflexii sa znižuje, keď napätie

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Modulácia rozmerov kvapky

Počas nárastu napätia ovládacieho signálu dochádza k rozšíreniu piezoaktuátora v tvare rúrky, vplyvom čoho sa zmenší jeho hrúbka. Táto rýchla deformácia sa prenáša cez epoxidové spojivo do sklenenej kapiláry a vedie k ohybu vnútornej steny kapiláry, čím sa vytvorí podtlak v kapiláre. Podtlak sa šíri v atramente rýchlosťou svetla pozdĺž sklenenej kapiláry vo forme akustickej vlny od otvoru trysky po koniec kapiláry, kde je prívod atramentu. Táto akustická vlna sa prejavuje ako tlaková vlna s vyšším tlakom, než je rovnovážny tlak v kapiláre a šíri sa od konca kapiláry po otvor trysky.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Modulácia rozmerov kvapky

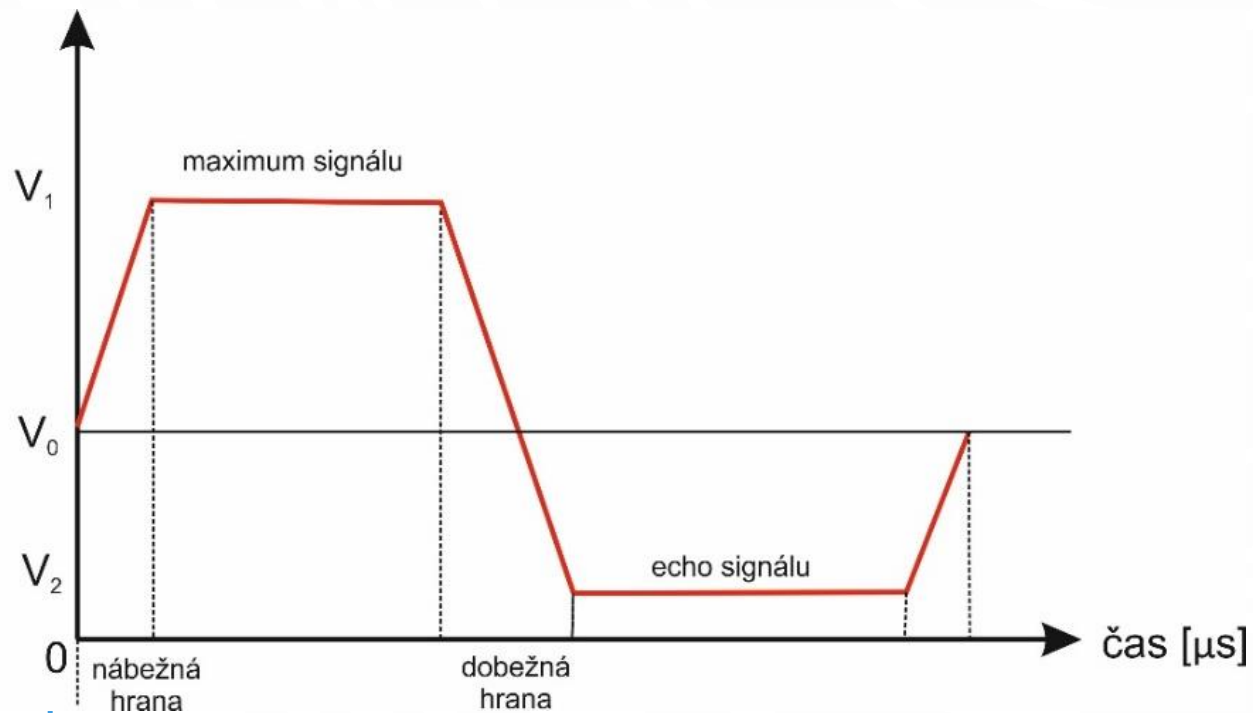
Prvá etapa generovania kvapky predstavuje rovnovážny stav v tryske. V druhej etape generovania kvapky sa vytvára podtlak v tryske, čo naznačuje príchod tlakovej vlny ku tryske. Tretia etapa znázorňuje prítomnosť tlakovej vlny v tryske, vplyvom čoho dochádza ku generovaniu kvapky atramentu. Ďalšia tlaková vlna opäť vytvorí podtlak v tryske, vplyvom čoho sa tok atramentu preruší a časť atramentu sa stiahne naspäť do trysky. V ďalšej etape dochádza k oddeleniu kvapky atramentu od trysky. V šiestej časti obrázku je možné vidieť typický chvost kvapky, ktorý v ďalšom kroku zaniká. V poslednom kroku dochádza k výslednému formovaniu tvaru kvapky.



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Modulácia rozmerov kvapky

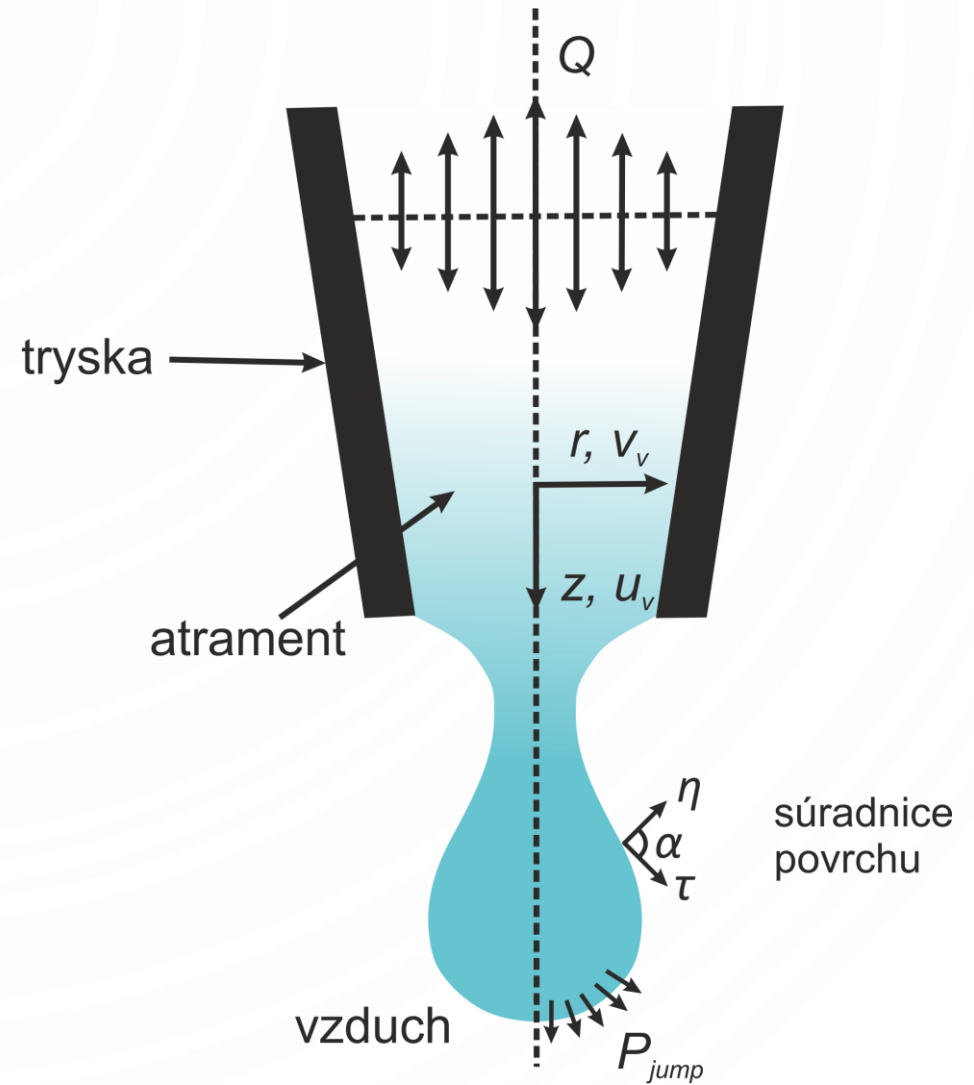
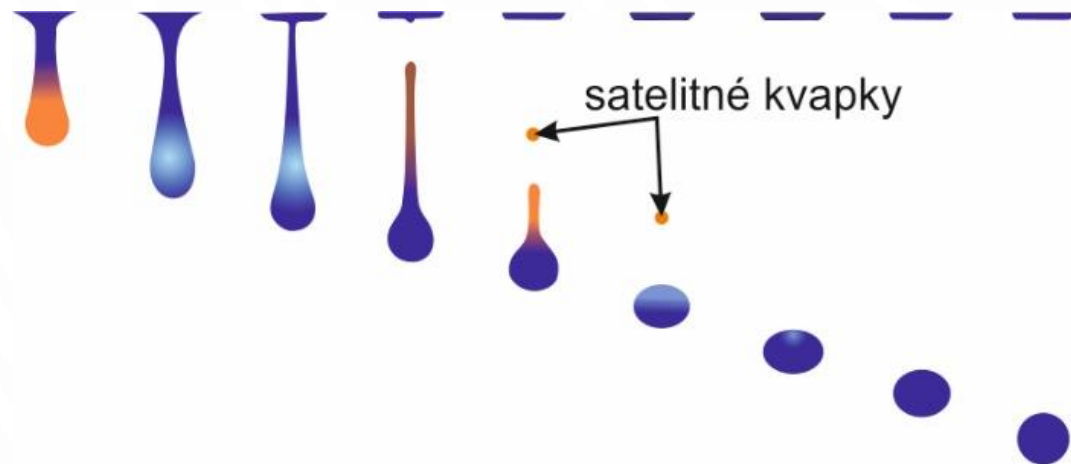
Bipolárny ovládací signál:



Zložitejšie ovládacie signály sa zvyčajne používajú z dôvodu zvýšenia stability pri generovaní kvapiek atramentu. Výhodou bipolárneho ovládacieho signálu je minimalizácia efektu vzniku tzv. satelitov. Takýto ovládací signál sa používa na elimináciu problémov pri tlači, alebo v prípade, že sa vyžaduje menší alebo väčší priemer kvapiek, než je otvor trysky. Tento fenomén sa nazýva modulácia rozmerov kvapky.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Modulácia rozmerov kvapky



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

Kľúčovým prvkom pre InkJet Printing technológiu je zloženie atramentu pre tlač. Prvou a najpodstatnejšou požiadavkou je kompatibilita atramentu s materiálom tlačovej hlavice zariadenia (s kapilárkou). Ak dochádza ku chemickým reakciám medzi atramentom a materiálom hlavice, je nevyhnutné používať sklenenú pipetu v hlavici.

V prípade použitia DoD technológie generovania kvapiek atramentu, vlastnosti atramentov musia spĺňať prísne fyzikálne a chemické požiadavky, ktoré závisia od veľmi malej mechanickej sily, potrebnej k deformácii piezoelementu. Atramenty pre InkJet Printing technológie musia mať nízku viskozitu, aby sa mohla vytvoriť kvapka atramentu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

Za predpokladu, že použité atramenty majú Newtonovské vlastnosti, sa kinematická viskozita μ vyjadruje nasledovne:

$$\mu = \frac{\eta}{\rho}$$

kde

η je dynamická viskozita,

ρ je hustota atramentu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

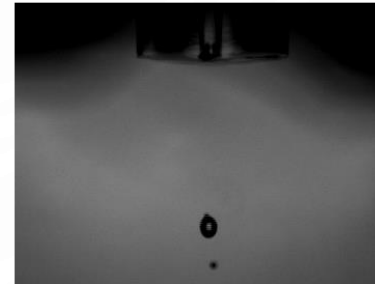
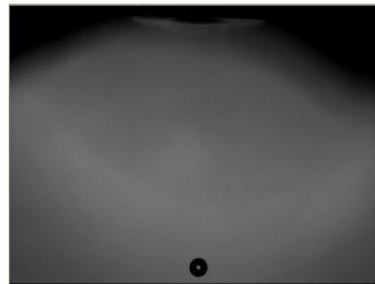
V prípade tlačovej hlavice zariadenia Jet Lab 4-xl-A sa udáva požadovaná hodnota viskozity atramentu menej ako 0,02 Pa.s. Ak je hodnota viskozity atramentu vyššia, nie je možné vytvoriť kvapku atramentu pomocou piezoelementu. V prípade, že je viskozita atramentu príliš nízka, môže dôjsť k samovoľnému vytekaniu atramentu z trysky, prípadne ku vzniku satelitných kvapiek alebo tzv. chvostu za kvapkou. Viskozitu atramentu je možné upravovať vhodnými dispergentmi.

Pre ideálne generovanie kvapky atramentu technológiou DoD sú vhodnejšie atramenty s nízkou viskozitou, pričom pre zníženie roztekavosti kvapky po substráte sa požaduje vyššia viskozita atramentu. Roztekavosť kvapky atramentu po substráte je parameter, ktorý po opustení kvapky atramentu trysky závisí najmä od povrchových napätí na povrchu substrátu, na ktorý kvapka dopadá. Dôležitú úlohu tu zohráva najmä uhol zmáčania θ .

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

V prípade, že je povrchové napätie atramentu príliš malé, je náročné vytvoriť stabilné kvapky atramentu a dochádza k vytváraniu tzv. chvostov za hlavnou kvapkou po opustení trysky. Z hľadiska roztekania kvapky po substráte je nežiaduce používať atrament s príliš malým povrchovým odporom z dôvodu väčšej roztekavosti kvapky po substráte, vplyvom čoho nie je možné vytvárať štruktúry s vysokou presnosťou.



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

Kvalita generovania kvapiek atramentu je charakterizovaná nasledovnými faktormi:

- kompatibilita použitých materiálov s hlavicom zariadenia,
- nízka diverzita (rôznorodosť) objemu kvapiek počas ich generovania,
- rovnaká rýchlosť letu kvapiek,
- nevytváranie nežiaducich javov, ako sú napr. satelitné kvapky, vlákna, atď.,
- kolmá dráha letu kvapiek na substrát,
- dlhodobá stabilita generovania kvapiek,
- kvalita povrchu substrátu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

Zmäčavosť substrátu je v prípade aplikácie InkJet Printing technológie veľmi dôležitý parameter. V prípade použitia piezo hlavice, kedy dochádza k veľmi rýchlemu nanášaniu drobných kvapôčok nano-atramentov na povrch, patrí táto vlastnosť k principiálnym z pohľadu precíznosti nanášania vodivých dráh v elektronike. Medzi najdôležitejšie faktory ovplyvňujúce roztekание atramentu po substráte patrí povrchové napätie atramentu. *Vo všeobecnosti platí, že molekuly v kvapaline sú podriadené príťažlivej sile molekulám okolitého prostredia. Vo vnútri tekutiny platí, že výslednica príťažlivých síl je nulová, zatiaľ čo sily na povrchu kvapaliny smerujú dovnútra. Tento efekt kompresie predstavuje tendenciu systému dosiahnuť minimálny energetický stav. Zvýšenie povrchu kvapaliny predstavuje aj zvýšenie síl a rovnovážny stav sa dosiahne vtedy, keď tekutina dosiahne minimálnu veľkosť, teda sférický tvar.*

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

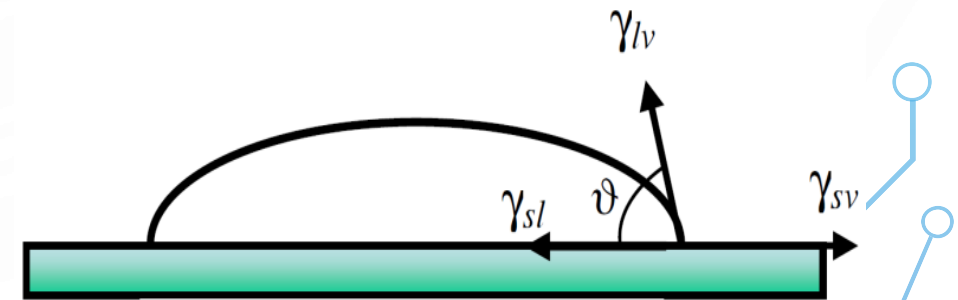
Vlastnosti nano-atramentov

V prípade interakcie kvapaliny a substrátu je užitočnejšie vnímať povrchové napätie ako systém, ktorý pozostáva z kvapalného, tuhého a plynného rozhrania. Tento systém v sebe zohľadňuje teóriu, na základe ktorej pri formovaní kvapky na povrchu substrátu vzniká plynno-tuhé rozhranie (γ_{sv}), kvapalno-tuhé rozhranie (γ_{sl}) a kvapalno-plynné rozhranie (γ_{lv}).

Kontaktný uhol θ je definovaný rovnováhou povrchových napätí jednotlivých rozhraní v súlade s

Youngovým vzťahom:

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \vartheta$$



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

V prípade, že kontaktný uhol θ je menší než 90° , zmáčanie povrchu je priaznivé a kvapka sa roztečie na veľkej ploche na substráte. Ak je kontaktný uhol θ väčší než 90° , zmáčanie povrchu je nepriaznivé a kontaktná plocha je medzi kvapkou a substrátom minimálna. Pre modifikáciu zmáčania substrátu sa najčastejšie používajú povrchové úpravy plazmou a silán (SiH_4), z dôvodu úpravy povrchových vlastností substrátu.

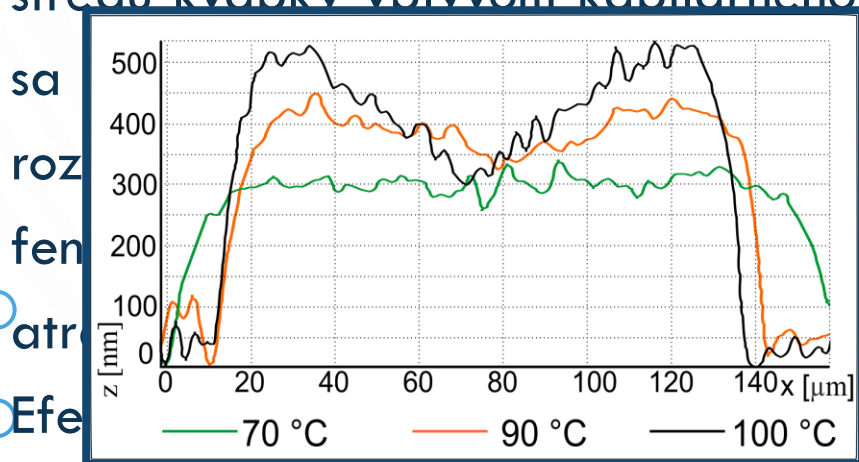
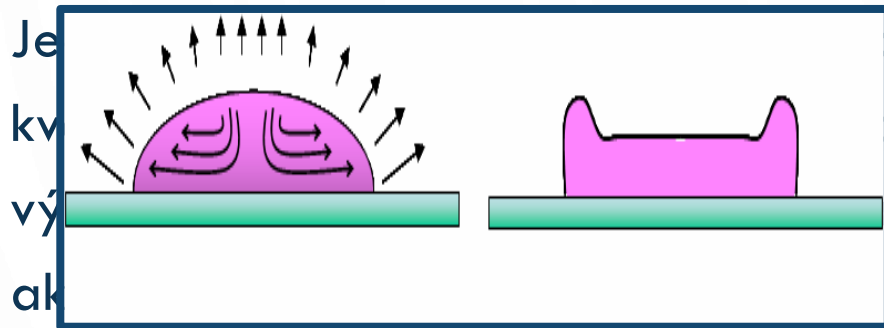
TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov

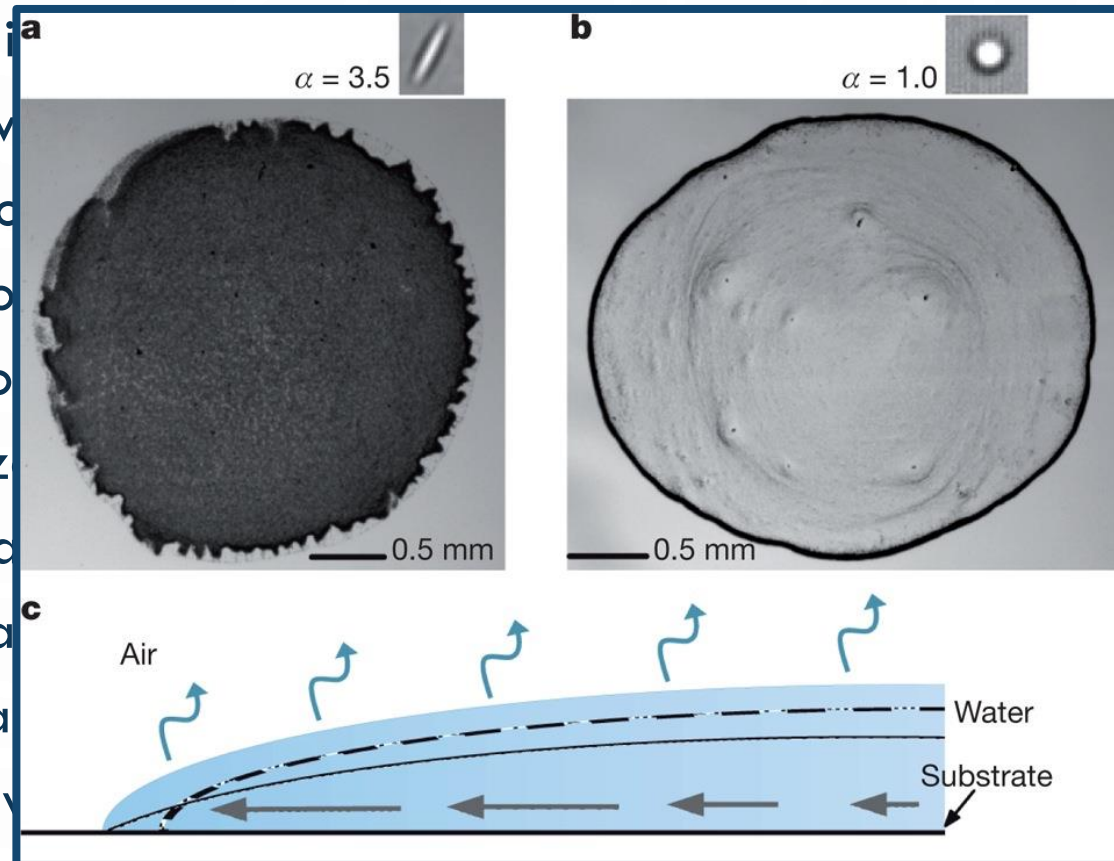
Jedným z kľúčových faktorov v technológii InkJet Printing je samotné zasušenie natlačenej kvapky atramentu na substráte a to z dôvodu, že pri sušení kvapky atramentu sa dosiahne výsledný tvar kvapiek, ktorý je charakteristický zvýšeným okrajom kvapky. Tento jav sa nazýva ako **efekt kávových škvŕn** a vzniká z dôvodu sklonu kvapky kvapaliny prúdiť smerom von zo stredu kvapky vplyvom kapilárneho javu. Počas procesu odparovania rozpúšťadla z atramentu sa molekuly rozpúšťadla odparujúce sa zo stredu kvapky znovu absorbujú, kým molekuly rozpúšťadla na okrajoch kvapky sa odparia bez procesu absorbovania. Výsledkom tohto fenoménu je zvýšený pomer odparovania na okrajoch kvapky, čo spôsobuje difúzny tok molekúl atramentu smerom zo stredu k okrajom kvapky za účelom nahradenia odpareného materiálu. Efekt kávových škvŕn zabraňuje atramentu vytvoriť na povrchu substrátu jednoliatu vrstvu, čím znižuje výslednú kvalitu vytlačeného motívu.

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Vlastnosti nano-atramentov



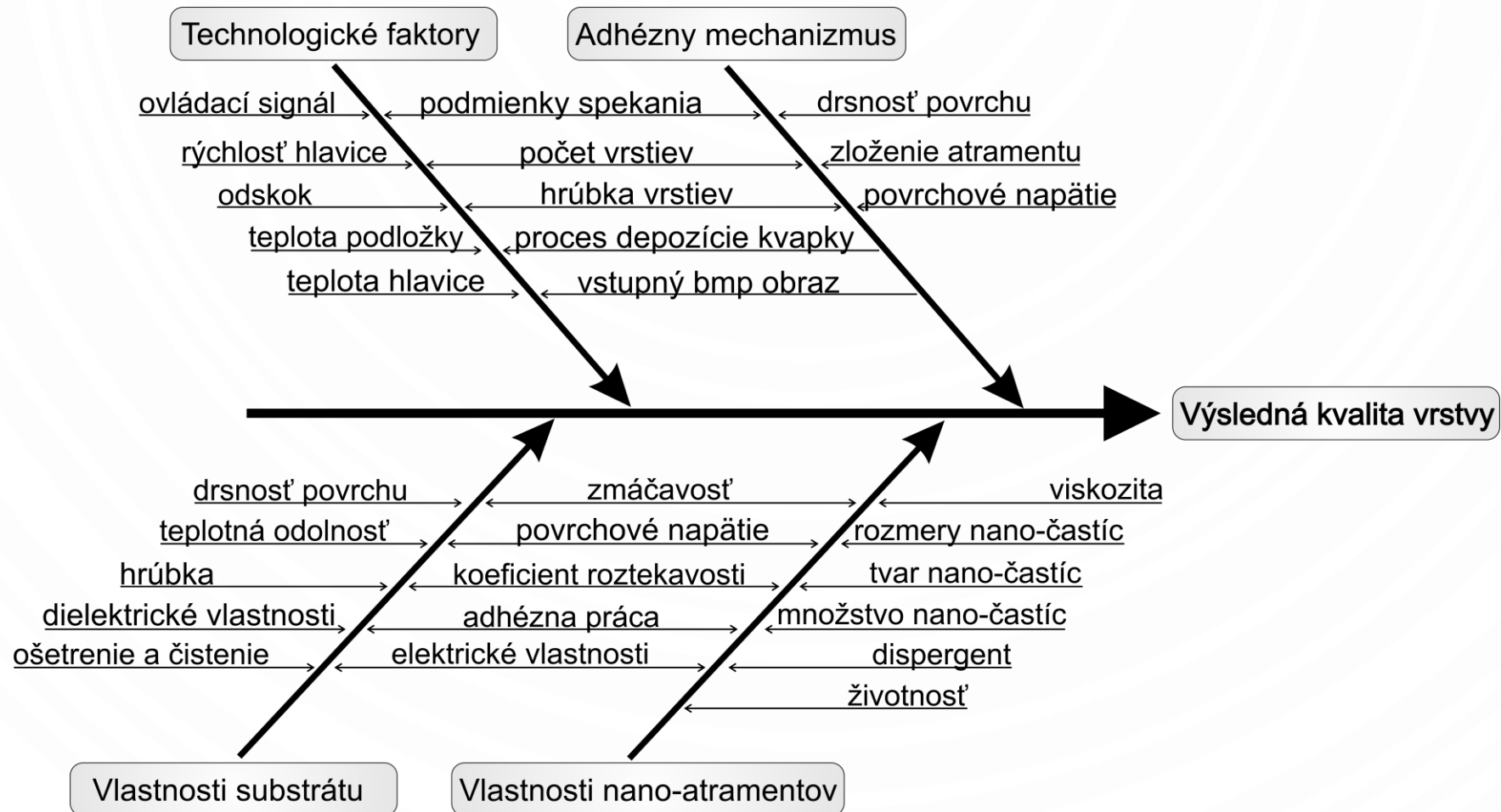
znižuje výslednú kvalitu vytlačeného motívu.



enej
ahne
zýva
n zo
entu
skuly
ohto
lekúl
iálu.
čím

TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

Ishikawov diagram technológie InkJet Printing



TECHNOLÓGIA INKJET PRINTING

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



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