

» Fleksibilna hibridna elektronika

Esad Jakupović

Tiskana elektronika se je pred desetletjem zdela zelo obetavna, vendar so kasneje postajale vse bolj očitne tudi različne ovire. Združevanje z organsko in konvencionalno elektroniko nas pelje v hitro rastoče obdobje fleksibilne hibridne elektronike (FHE).

Uporaba različnih tehnologij tiskanja v industrijah polprevoznikov, zaslonov in materialov odpira nove možnosti proizvodnje velikih, fleksibilnih, prozornih, lahkih, okolju prijaznih in poceni elektronskih naprav. Glavna gonila rasti trga t. i. tiskane elektronike so OLED-zaslone, nosilne naprave za spremljanje zdravja ali za komunikacije, senzorji, pametne obleke, zadnje čase pa vse bolj tudi logični sklopi in pomnilniki. Tiskana elektronika je med drugim lahka, ultratanka, upogljiva, nezlomljiva, prenosljiva, energetsko učinkovita. Uporaba se povečuje posebej s pospešenim razvojem miniaturnih in prenosljivih elektronskih naprav za različne industrije.

Več kot štirikratna rast

Trg tiskane elektronike bo v prihodnosti hitreje rasel zaradi vse večje komercializacije tiskanih sklopov in naprav v različnih panogah, posebej v zdravstvu, avtomobilski industriji, uporabniški elektroniki, medijskih napravah. Rasti trga pomembno prispevajo vse večja uporaba pametnih zaslonov in naprav na dotik, pametnih nalepk, medicinskih senzorjev in diagnostičnih naprav, fleksibilnih, raztegljivih in obnovljivih tiskanih baterij v medicinskih in drugih napravah. V osemletnem obdobju do leta 2025 bo trg tiskane elektronike rasel posebej na območju Azije in Tihega oceana, predvsem zaradi rastoče uporabe različnih aplikacij na Kitajskem in Japonskem. Pospešeni rasti prispeva tudi uporaba fotovoltaičnih celic v napravah za skladiščenje energije. Po drugi strani, hitrejšo rast ovirajo tehnološka kompleksnost ter problemi s prevodnostjo posameznih materialov in substratov. Coherent Market Insights ocenjuje, da je bil lani svetovni trg tiskane elektronike vreden 4,772 milijarde dolarjev ter da bo z 21,3-odstotno povprečno letno rastjo v letu 2025 dosegel 22,366 milijarde dolarjev.

K rasti v dobri meri prispevajo tudi vse večja uporaba elektronike v fotovoltaičnih celicah, ki sončno energijo pretvarjajo v električno, ter rastoča uporaba prevodnih črnih. Tiskana elektronika povečuje električno funkcionalnost substratov bolj kot togi konvencionalni postopki elektronske proizvodnje. Uporabo konvencionalne elektronike v procesih pakiranja in tiskanja vse več nadomešča integriranje precej lažje in tanjše tiskane elektronike v velikem obsegu v



» Krepitev položaja z inoviranjem produktov skozi raziskovanje: fleksibilno tiskano elektronsko vezje podjetja DuPont.

procesih ob nižjih stroških. V prihodnjih letih se nam obeta hitrejša rast uporabe tiskane elektronike v pomnilnikih in logičnih sklopih naprav za skladiščenje energije. Vse več bo aplikacij s tiskanimi senzorji. Strategija večine vodilnih podjetij na področju tiskane elektronike je krepitev položaja z več raziskovanja in inoviranja. Rast trga tiskane elektronike v svetu bodo prispevale aplikacije, kot so tiskani senzorji, baterije in druge prenosljive naprave, vedno večja uporaba rešitev s tiskano elektroniko v medicinski industriji ter razvoj elektronskih izdelkov z vgrajenim RFID-sklopom, membranskih stikal, elektronskih nalepk in tiskanih zaslonov.

Na poti do »elektronike vsega«

Kljub novim izdelkom in rešitvam je bil razvoj tiskane elektronike precej pod pričakovanji. »Na začetku se je govorilo, da bo vse tiskano, od sončnih celic do RFID-nalepk, od zaslonov do svetil – danes pa vemo, da je tiskanje dobro za nekaj stvari, za veliko drugih pa ni,« pojasnjuje direktor podjetja MSWtech. »Pred desetimi leti smo pričakovali, da bo poleg OLED-zaslonov ustvarjen velik napredek tudi na področju tiskanja RFID-nalepk, ki bo omogočil označevanje artiklov, vendar se je pokazalo, da je to iz različnih razlogov bolj komplicirano, kot smo pričakovali,« razlaga direktor podjetja OE-A. Pri tem še dodaja, da je zadnje čase razpoložljivost

NFC-čitalca na skoraj vsakem pametnem telefonu odpira možnost široke uporabe radijskih nalepk v novih produktih in aplikacijah. »Pred leti smo veliko pričakovali od tiskanja brez silicija in poceni aplikacij, vendar je bilo težko vlagati denar v trg s tako ozkimi marginami dobička,« pojasnjuje Jason Marsh, tehnološki direktor konzorcija NextFlex.

Raziskovalci so že pred desetimi leti prišli do ideje o hibridni integraciji oz. kombiniranju procesa tiskanja s procesi zasnovani na siliciju. V zadnjih letih so bile razvite številne nove rešitve in naprave utemeljene na ideji fleksibilne hibridne elektronike (FHE). »Z dodajanjem polprevodniških komponent smo omogočili, da so aplikacije postale inteligentnejše in margine dobička višje,« pravi Jason Marsh. Širjenje FHE je spodbudilo Ministrstvo za obrambo ZDA in združenje FlexTech, da sta skupaj ustanovila NextFlex – združenje podjetij, akademskih ustanov, neprofitnih organizacij ter državne in lokalne javne uprave s ciljem razvoja proizvodnje fleksibilne hibridne elektronike. Dodajanje elektronike v nove in edinstvene materiale, ki so del našega vsakdanjega življenja ter povezovanje s silicijevimi intergriranimi vezji je omogočilo ustvarjanje prilagodljivih in tudi raztegljivih pametnih izdelkov in začetek novega obdobja »elektronike vsega«.

Internet novih možnosti

V mednarodnem podjetju IDTechEx ocenjujejo, da se danes v svetu več kot 3000 podjetij in organizacij ukvarja s tiskano, organsko in fleksibilno elektroniko, med njimi pa so predvsem podjetja s področja elektronike, tiskanja, izdelave materialov in pakiranja. Pri tem so tri področja ključna in prevladujoča: OLED-zasloni (organski, ne tiskani), OLED-svetila ter elektroprevodna črnila. Trg vseh drugih tiskanih komponent (organske fotovoltaike, elektrolu-



» Tiskana elektronika v službi zdravja: pametni obliž My UV Patch podjetja L'Oreal opozarja uporabnika na izpostavljenost sončnim žarkom.

miniscentnih materialov, elektroforetičnih komponent, senzorjev, elektrokromatskih materialov ter logičnih in pomnilniških komponent) bo letos vreden manj kot 500 milijonov dolarjev, le okrog 1,5 odstotka vrednosti celotnega trga. Trg OLED-zaslonov pa bo letos vreden 32,5 milijarde dolarjev, medtem ko je lani dosegel 21,2 in se v letu 2019 pričakuje okrog 33,3 milijarde. Trg OLED svetil bo letos vreden 6,6 milijarde dolarjev (lani 6,2 in v letu 2019 okrog 6,8 milijarde), trg prevodnih črnil, ki se uporabljajo za širok razpon aplikacij, pa bo letos vreden 1,2 milijarde dolarjev (lani 1,1 in v letu 2019 okrog 1,3 milijarde).

Poudariti je treba, da imajo raztegljiva elektronika, logične in pomnilniške komponente ter senzori s tankim filmom (TFT) ogromen potencial rasti, zaradi vlaganja v raziskovanje in razvoj. Študija IDTechEx poudarja, da so koristi od FHE številne: nižji stroški, izboljšane zmogljivosti, prilagodljivost, prozornost, zane-

» Kaj je tiskana elektronika

Tiskana elektronika so s tiskanjem oblikovane elektronske naprave na različnih podlagah. Za tiskanje se običajno uporabljata oprema in postopek, ki sta sposobna ustvarjati vzorce na materialu, kot so sitotisk, fleksotisk, graviranje, offset litografija in brizganje. Po standardih elektronske industrije ti procesi sodijo med tiste z nizkimi stroški. S tiskanjem se »električno funkcionalno« (elektroprevodno) elektronsko ali optično črnilo nanaša na izbrano podlago (substrat) ter tako ustvarjajo pasivne ali aktivne naprave, kot so tranzistorji s tankim filmom (TFT), kondenzatorji, tuljave, upori. Od tiskane elektronike se pričakuje, da bo pospešila širjenje stroškovno zelo ugodne nizkozmogljive elektronike za aplikacije, kot so fleksibilni zasloni, pametne nalepke, okrasni in animirani plakati ter aktivna oblačila, pri katerih se ne zahteva visoka zmogljivost. (povzeto po Wikipediji)



» Tiskanje z »električno funkcionalnostjo«: graviranje elektronskih struktur na papirne role

TEAMCENTER



ITS d.o.o.
Industrijski tehnološki sistemi

Solution
Partner
PLM

SIEMENS

sljivost, boljše okoljevarstvene lastnosti in podobno. Po napovedi podjetja IDTechEx bo trg tiskane, fleksibilne in organske elektronike med letoma 2007 in 2027 porasel za skoraj 150 odstotkov – z 29,28 na 73,43 milijarde dolarjev. Čeprav večina tržnega potenciala aplikacij tiskane elektronike, ki so ji pred desetletjem napovedovali obdobje napredka, ni bila nikoli dosežena, je njena osnovna zmogljivost ohranjena. Zasloni OLED bodo še naprej močan trg za tiskano elektroniko. Tehnologija RFID se širi na področju prodaje in pakiranja ter postaja raznovrstnejša, z vse bolj integriranimi napravami. Uporabniška elektronika, posebej v segmentu nosilnih naprav, je zelo dovzetna za fleksibilne senzorske tehnologije. Internet stvari (IoT) pa odpira novi svet možnosti za potencialne senzorske in FHE tehnologije in aplikacije.

Premagati ali uporabiti silicij

Značilen je primer pametnega obliža My UV Patch, ki ga je podjetje L'Oreal razvilo s partnerjema La Roche-Posay in MC10 Inc., opozarja pa uporabnika na različne stopnje izpostavljenosti sončnim žarkom. Senzor za merjenje absorpcije UV žarkov, nameščen v prozorno nalepko v obliki srca veliko približno kvadratni centimeter in debelo okrog 50 mikrometrov, vsebuje natisnjena fotootočljiva barvila, ki spremenijo barvo, ko so izpostavljena UV-žarkom. Od uvajanja v letu 2016 je bilo prodano več kot milijon pametnih obličev My UV Patch. Vodja Laboratorija za elektronske materiale in naprave v centru PARC (Xerox) dr. Janos Veres, spominja, da so bili pred desetimi leti tiskani zasloni, sončne celice in RFID-nalepke šele napoved. Vmes so tako velika kot tudi zagona podjetja vložila znatna sredstva v to področje, vendar je bil razvoj

» 3D-tiskani čip s 7000-kratnim spominom

Raziskovalci Air Force Research Laboratory (AFRI) in American Semiconductor so skupaj izdelali prvi fleksibilni čip »silicij-na-polimeru«, ki kombinira strokovnost silicijeve industrije v konvencionalni elektroniki z inovativnostjo visokozmogljive 3D-tiskane elektronike. Uspelo jim je stanjšati čip toliko, da ga je mogoče ukriviti ali upogniti in pri tem ohraniti vse funkcije vezja. Novi mikrokontroler, v bistvu miniračunalnik, bo mogoče vgraditi tako v nosilne naprave za nadzor hidracije in utrujenosti kot tudi v robotizirano ležišče za transport starejše osebe ali ranjenega vojaka. Novi čip ni le fleksibilna elektronska naprava, temveč tudi mikrokontroler s spominom, ki lahko kontrolira sistem ali zbira podatke za kasnejše analize. Najkompleksnejše integrirano vezje doslej proizvedeno vsebuje tudi spomin, ki je 7000-krat večji od spomina katerekoli drugega fleksibilnega integriranega vezja na trgu, prav zaradi kombiniranja dveh svetov. »Čip lahko vključuje in izključuje sistem, ali pa zbira podatke iz senzorja in jih shrani v spomin,« pojasnjuje Dan Berrigan, raziskovalec v AFRI-ju. »Lahko ga ovijemo okrog mehurja za gorivo in odkrijemo curenje ali pa ga uporabimo za spremljanje zaloge streljiva,« komentira vojaške možnosti uporabe novega mikrokontrolerja. Seveda so nevojaške možnosti še precej večje.



» Kombiniranje industrije silicija in 3D-tiskanja: fleksibilni čip s 7000-krat več spomina kot pri drugih fleksibilnih integriranih vezjih.

NIZKI STROŠKI

Tiskana elektronika

- dolg čas preklapljanja
- nizka gostota integracije
- velike površine
- fleksibilne podlage
- enostavna izdelava
- izjemno nizki stroški izdelave

NIZKA ZMOGLJIVOST

VISOKI STROŠKI

Konvencionalna elektronika

- izjemno kratek čas preklapljanja
- izjemno visoka gostota integracije
- majhne površine
- toge podlage
- prefinjena izdelava
- visoki stroški izdelave

VISOKA ZMOGLJIVOST

» Koliko denarja, toliko elektronike: tiskana in konvencionalna elektronika sta dopolnjujoči se tehnologiji – prva z nižjimi zmogljivostmi in stroški, druga z višjimi.

počasnejši od pričakovanega, v dobri meri zaradi sposobnosti konvencionalnih tehnologij, da se razvijajo po fazah in zmanjšajo stroške. Na področju tehnologije OLED je razvoj hitrejši, zaradi privlačnega dizajna in novih projektov.

Tiskani, prilagodljivi in hibridni elektronski sistemi se pojavljajo v vse več komercialnih oblikah, od senzorjev in nosilnih naprav, do zaslonov in svetilk. »V zadnjem desetletju so se podjetja osredotočala na enostavne tiskane rešitve, kot so senzorji, grelni trakovi, tipkovnice in vmesniški paneli, pri čemer so pametni obličji, recimo za testiranje glukoze, vodilni primeri uspešnosti tiskanih elektronskih naprav,« komentira dr. Veres. Kot komercialno posebej zanimivo novost poudarja, da avtomobilska industrija razvija rešitve z vtisnjeno brizgano elektroniko (in-mold electronics, IME), na primer za kontrolne plošče. Dr. Veres poudarja, da je bil najpomembnejši napredek, ko so strokovnjaki spoznali, da ni potrebno premagati silicij, ampak ga uporabiti kot del orodja. »S tem, namreč, postaja tiskanje integrirajoča tehnologija, ki omogoča razvoj novih oblik naprav, integracijo mehkih in trdnih materialov in delov ter s tem prilagojene produkte in produkte na zahtevo, po nizki ceni,« pojasnjuje dr. Veres.

Del našega življenja

Trg fleksibilnih naprav hitro raste, pri čemer se proizvajalci osredotočajo na prilagodljivost in trajnost ter izboljšanje zmogljivosti in zmanjševanje stroškov. Pocenitev vodi k razvoju novih tehnologij na tem področju. Strokovnjaki ob tem pričakujejo, da bodo tiskani in hibridni elektronski sistemi v naslednjem desetletju postali del našega življenja. »Naše obleke in nosilne naprave se bodo nevsiljivo in skoraj neopazno povezovali z našim delom in našim vsakdanom,« poudarja podjetje Brewer Science, znano po razvoju in proizvodnji naprednih materialov ter mikroelektronskih naprav za tablice, pametne telefone, digitalne fotoaparate, televi-



» Elektronski kontrolor zdravja: ščitnik za zobe, ki ga je razvil PARC Xeroxov v sodelovanju z NextFlex, meri raven glukoze in mlečne kisline v slini.



» Tiskanje elektronike na roli: stroj Centauri, ki sta ga zgradila v skupnem podjetju Xenon in Carpe Diem Technologies, uporablja postopek sintriranja (izdelave iz prahu).

zorje in LED-svetila. »Fleksibilna hibridna elektronika je idealna za integriranje v naprave za množstvo aplikacij,« ocenjuje NextFlex in poudarja, da danes imamo boljše diagnostiko v avtomobilih kot rešitev za stalni nadzor lastnega zdravja. Nosilne naprave zasnovane na FHE lahko to situacijo spremenijo.

Tiskanje elektronike omogoča izdelavo na zahtevo sistemov tudi na večjih površinah. Pri tem je že omogočena kompleksna integracija sloj za slojem, s čimer se povečujejo možnosti izdelave najraznovrstnejših elektronskih naprav. Zato NextFlex prihodnost FHE vidi v izdelavi prilagojenih rešitev različnih velikosti, z vdolganjem inteligence v naprave okrog nas. Raziskovalno in

svetovalno podjetje IDTechEx meni, da se svet premika iz obdobja togih »škatel elektronike« v svet mehkejših elektronike, ki se lahko ukrivi, upogne in celo raztegne, z različnimi vrstami izdelkov, kot so zasloni, senzorji ali antene, pri čemer bo ključno vlogo igrala tiskana elektronika. Podjetje NovaCentrix pa napoveduje, da bo v prihodnosti »vse vsebovalo fleksibilne hibridne elektronske sisteme«. Svet okrog nas je »nepravilen, spremenljiv in dinamičen«, pa se bo tudi »oblikovanje elektronike prilagajalo fizičnim normam, ki nas obdajajo, v naravnem svetu in v svetu, ki ga ustvarjamo sami,« poudarja NovaCentrix.

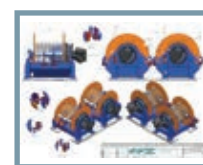
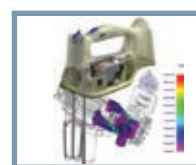
» Vezje tiskano kar na roki

Znanstveniki na Univerzi v Minnesoti so razvili nizkocenovni 3D-tiskalnik za tiskanje različnih začasnih senzorjev kar na roki. Z istim tiskalnikom, ki stane samo okrog 400 dolarjev, jim je uspelo natisniti tudi biološke celice na rani na koži miške, saj pričakujejo, da bo nova tehnologija vodila do postopka zdravljenja ran ali neposrednega tiskanja epidermalnih presadkov pri kožnih boleznih. Vodja raziskovanja Michael McAlpine pojasnjuje, da nova tehnologija ima tudi vojaški namen, saj bo lahko vojak s tiskalnikom, ki ga bo potegnil iz nahrbtnika, po potrebi hitro natisnil določeni kemični senzor ali elektroniko neposredno na kožo. Ena izmed ključnih inovacij novega 3D-tiskalnika je sposobnost prilagajanja majhnim gibanjem kože med tiskanjem, saj tiskalnik nanjo prvo namesti male markerje in potem izvaja korekcije s pomočjo računalniškega vida. Druga inovacija je posebno črnilo s srebrnimi kosmiči, ki lahko služijo za zdravljenje ali pa za prevažanje električnega toka pri sobni temperaturi, medtem ko druga črnila rabijo temperaturo 100 °C, ki bi na koži povzročila opekline. Uporabnik lahko elektronski »tatu« odstrani s pomočjo pincete ali pa ga opere z vodo.



» Elektronski tatu: tiskanje začasnega vezja po potrebi, neposredno na koži

SOLID EDGE



ITS d.o.o.
Industrijski tehnološki sistemi

Solution
Partner
PLM
SIEMENS

ITS d.o.o.; Ruska 1, 1000 Ljubljana; T: 01 234 76 20; F: 01 234 76 25; E: info@its-plm.si; W: www.its-plm.si