

Organická a tištěná elektronika dobývají svět

Článek na vybraných vývojových projektech ukazuje reálné možnosti, které nabízí obor organické a tištěné elektroniky.

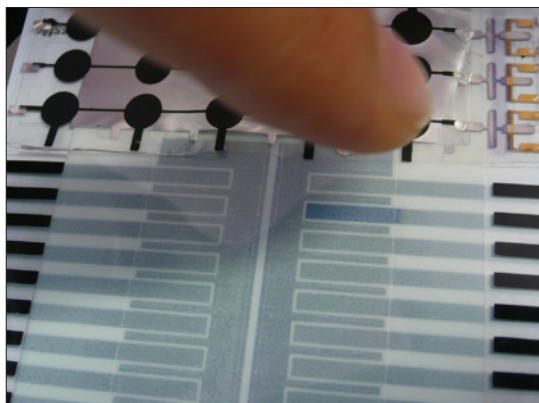
Organická a tištěná elektronika patří v současné době k nejrychleji rostoucím odvětvím elektronického průmyslu. Organická či přesněji polymerní elektronika, pro niž se užívá označení polytronika, využívá vodivé plasty na bázi polythiofenů, polyfluorenů apod. Jejím základem jsou vodivé polymery objevené v roce 1977, za jejichž objev získali A. J. Heeger, A. G. MacDiarmid a H. Shirakawa v roce 2000 Nobelovu cenu. Zájem o organickou a tištěnou elektroniku po celém světě enormně roste a vyvolává velké investice do výstavby nových výrobních linek. Podle amerického institutu pro výzkum trhu IDTech-Ex bylo v roce 2009 na světovém trhu s organickou a tištěnou elektroniku dosaženo ročního obrátu asi tři miliardy amerických dolarů. Odhaduje se, že tento obrat vzroste do roku 2015 na asi patnáct a do roku 2025 na gigantických 250 miliard dolarů. Očekává se, že organická elektronika v budoucnu ovlivní všechna hospodářská odvětví, přičemž do některých vnese změny dokonce převratně.

Organická elektronika je progresivní moderní technika kombinující plasty s elektronikou. Kombinace nových vodivých materiálů – většinou na bázi polymerů – s postupy hromadné výroby, jako je technika plošného a zejména kontinuálního rotačního tisku (na pružné fólie odvíjené z rolí), umožňuje v masovém množství velmi levně vyrábět tenké a lehké elektronické komponenty na pružném substrátu. Z nepřeberného množství způsobů využití organické elektroniky lze zmínit např. srolovatelné displeje a počítače, elektronické časopisy a knihy, obvazy a náplasti s integrovanými senzory, inteligentní textilie, svítící tapety, ohebné plastové fotovoltaické články, lékařské diagnostické přístroje pro jedno použití, obaly indikující, nakolik čerstvé je zboží uvnitř, apod. První produkty, např. jednoduché snímače na polymerní bázi (obr. 1), elektronické čtečky a organické světelné diody (OLED), již přicházejí na trh a mnohé další jsou intenzivně připravovány do výroby.

Monitorovací náramek pro sledování tělesných funkcí

Na rozvoji organické a tištěné elektroniky se velmi aktivně podílejí odborníci z Fraunhoferovy společnosti. V mnoha jejích ústavech se vyvíjejí a připravují k brzkému uve-

dení na trh nové produkty na bázi tištěné polymerní elektroniky. Ve Fraunhoferově ústavu pro spolehlivost a mikrointegraci IZM (*Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration*) v Mnichově byl např. vyvinut monitorovací náramek pro sledování důležitých tělesných funkcí především starších a nemocných pacientů, ale také výkonných sportovců. Monitorovací náramek vzhledem připomíná náramkové hodinky z plastu (obr. 2). Namísto obvyklého ciferníku má však elektroluminiscenční displej, který kdykoliv během dne např. ukazuje aktuální tělesnou teplotu. Může také měřit vlhkost pokožky, která indikuje,



Obr. 1. Tištěný polymerový snímač teploty (foto: Fraunhofer ISC)



Obr. 2. Monitorovací náramek pro sledování důležitých tělesných funkcí (foto: Fraunhofer IZM)

zda je v těle sledované osoby dostatek vody. Pacienty s implantovaným kardiostimulátorem může monitorovací náramek upozornit na možná ohrožení a informovat je o síle elektrických nebo elektromagnetických polí v nejbližším okolí. Monitorování lze snadno rozšířit na další měřitelné veličiny (krevní tlak, tepová frekvence atd.), protože na polytronické platformě lze podle potřeby integrovat nejružnější senzory.

Z technického hlediska představuje monitorovací náramek kombinaci polymerní a kla-

sické elektroniky. Světelné prvky, senzory a polymerové rezistory natištěné na fóliích jsou zde zkombinovány s integrovanými obvody na křemíkovém substrátu v jeden systém. Například rezonanční obvod o tloušťce pouhé 3 mm s vyleptanou cívkou a speciální miniaturní anténou snímá elektrický smog. Kondenzátor tloušťky jen 30 μm vytvořený jako interdigitální struktura natištěná na fólii zjišťuje vlhkost pokožky. Hřebenovité, do sebe vložené meandry vytvořené z měděných drah šířky jen 0,5 μm měří teplotu těla. Nepatrné senzory a optické prvky jsou vytvořeny na fólii kombinací různých tiskových technik. Monitorovací náramek názorně demonstruje obrovské možnosti nabízené organickou elektronikou natištěnou na fólii.

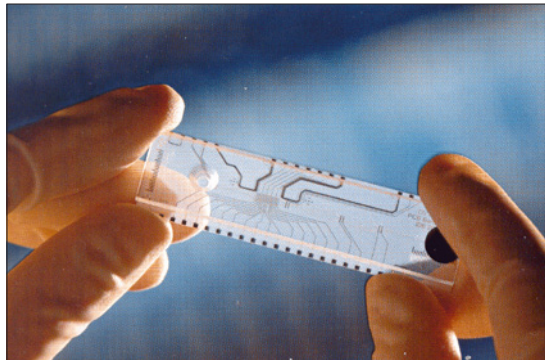
Diagnostický systém hluboké žilní trombózy

Jenom v Německu je ročně postiženo asi 80 000 lidí ucpaním žilního řečiště krevní sraženinou, která může následně způsobit plicní embolii nebo cévní mozkovou příhodu. Ty, kdo k tomu mají dispozice, může hluboká žilní trombóza v dolní končetině postihnout při dálkových cestách autobusem nebo letadlem. Možnou dispoziční cestou by měl v budoucnu z kapky krve zjistit přenosný diagnostický systém pro posouzení přítomnosti krevní sraženiny. Na jeho vývoji pracuje v rámci evropského projektu s názvem *Diagnosing dvt* osm vedoucích evropských výzkumných ústavů a *high-tech* firem.

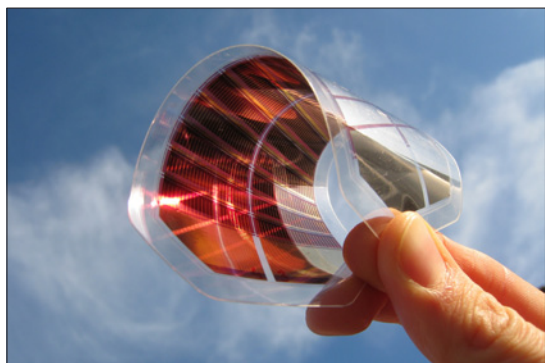
Klíčovou součástí vyvíjeného diagnostického systému je analyzátor krve typu tzv. laboratoře na čipu (*lab-on-chip*), který vyvinuli a v současné době ověřují pracovníci Fraunhoferova ústavu IZM. Jde o malou, velmi přesně vyrobenou nevratnou kapsli umožňující biochemicky vyšetřit kapku krve. Základem přístroje je desička z polykarbonátu s rozměry 3 × 22 × 70 mm nesoucí dvě hlavní komponenty přístroje, jimiž

jsou fólie tloušťky 150 μm s natištěnou jemnou sítí vodivých drah a senzorů pro analýzu krve a fluidní kanálky o hloubce 120 μm pro přívod krve k senzorům (obr. 3). V senzorech jsou na speciálních nanoelektrodách umístěny imunoglobuliny (protilátky) umožňující stanovit koncentraci biomarkerů krevní sraženiny. Při větší koncentraci existuje u pacienta nebezpečí vzniku krevní sraženiny. Miniaturní laboratoř na čipu lze zhotovit tiskem na fólii, což dovolí vyrábět levné diagnostické komponenty na jednorázové použití.

Odborníci předpokládají, že nový diagnostický systém se stane důležitým životním průvodcem nejenom cestujících ohrožených při dálkových letech trombozou nebo pacientů ohrožených cévní mozkovou příhodou, ale také kuřáků, těhotných žen či osob s nadvá-



Obr. 3. Diagnostická komponenta pro posouzení přítomnosti krevní sraženiny (foto: Fraunhofer IZM)



Obr. 4. Ohebný fotovoltaický článek na polymerové bázi (foto: Fraunhofer ISE)

hou. Nebudou již muset chodit na odběr krve do laboratoře a několik dní čekat na výsledek rozboru. Podobně jako při měření hladiny cukru v krvi postačí vložit kapku pacientovy krve do nevratné kartuše, kterou lékař zasune do malé, snadno ovladatelné čtečky. Během pár minut se na displeji zobrazí výsledek testu, a bude-li to nutné, bude možné ihned zahájit léčbu.

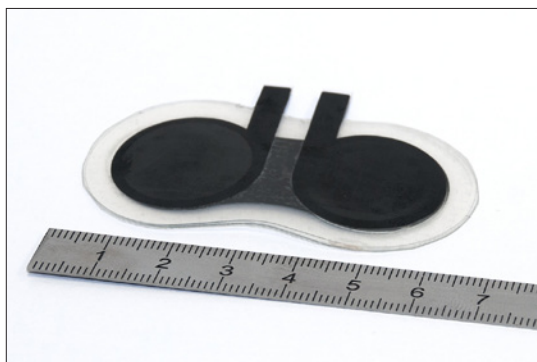
Organické fotovoltaické články

Ohebné organické fotovoltaické články patří podle nedávné analýzy provedené firmou IBM k pěti výrobkům, které by v pěti příštích letech mohly výrazně změnit způsob, jak lidé pracují a žijí. Výsledky analýzy, která vychází ze situace na trhu, ze společenských trendů a aktuálních projektů ve vývojových odděleních IBM, předpovídají v nadcházejících letech razantní rozvoj organické fotovoltaiky po celém světě. Organické fotovoltaické články používají pro přeměnu slunečního světla na elektrickou energii místo obvyklého křemíku levné organické polovodiče na bázi polymerních materiálů, které velmi účinně absorbují světlo. Díky tomu stačí k absorpci světla jejich mimořádně tenká vrstva, a to

znamená menší spotřebu materiálu, menší hmotnost a nižší cenu. Fotovoltaické články z organických polovodičů lze navíc velmi levně vyrábět ve velkých rozměrech rotačním tiskem na pružné a ohebné fólie, což výrazně rozšiřuje možnosti jejich použití zejména na nerovných a složitě tvarovaných plochách. Nedostatkem organických fotovoltaických článků je zatím jejich malá účinnost mezi 3 až 5 % a pokles jejich výkonu s časem.

Odborníci ve Fraunhoferově ústavu pro solární energetické systémy ISE (*Institut für Solare Energiesysteme*) ve Freiburgu proto nyní intenzivně pracují na zvýšení účinnosti a dlouhodobé stability organických fotovoltaických článků jako na předpokladu pro jejich úspěšnou komercializaci. Ve standardním provedení se organický solární článek vyrábí s použitím skleněného substrátu opatřeného tenkou průhlednou vrstvou smíšeného oxidu india a cínu ($\text{In}_2\text{O}_3\text{Sn}$), tzv. vrstvou ITO (*indium tin oxide*). Indium je však vzácné a drahé. Pracovníkům ústavu ISE se podařilo vyvinout nový ohebný fotovoltaický článek, v němž funkci vrstvy ITO zastává průhledná polymerová elektroda v kombinaci se strukturovanými kovovými elektrodami (obr. 4).

Předpokládá se, že ohebné fotovoltaické články na bázi polymerů by již za několik let moh-



Obr. 5. Tištěná baterie má hmotnost menší než 1 g a tloušťku menší než 1 mm (foto: Fraunhofer ENAS)

ly napájet mobilní telefony, i-pody a jiné hromadně používané přenosné přístroje. Ve vzdálenější budoucnosti by se tyto články mohly stát součástí našeho oblečení poskytující energii např. pro notebook a další zařízení. Tenkou fólií vyrábějící solární proud bude možné opatřit také rolety a markýzy, ale třeba i slunečníky, stany, lodní plachty apod., a tím otevřít další zcela nové oblasti využití fotovoltaiky obzvlášť k napájení energeticky soběstačných senzorů a řídicích mikrosystémů.

Tištěné elektrické články

Zajímavým výrobkem jsou tištěné elektrické články vyvinuté pracovníky Fraunhoferova ústavu pro elektronické nanosystémy ENAS (*Elektronische Nanosysteme*) ve spolupráci s TU Chemnitz a firmou Menippus GmbH. Tištěný článek má hmotnost menší než 1 g a tloušťku necelý 1 mm a neobsahuje rtuť, takže je šetrný k životnímu prostředí (obr. 5). Základní článek má standardní napětí 1,5 V a lze vytvořit baterii ze čtyř článků zapojených do série. Nový elektrický článek se skládá ze zinkové anody oddělené od katody z oxidu mangančitého (MnO_2) vrstvami elektrolytu a vrstvou separátoru. Zinek a mangan spolu reagují a vytvářejí elektrický proud. Při této chemické reakci se však anodová a katodová vrstva postupně spotřebovávají. Článek má tudíž jen omezenou dobu použití a nelze ho znovu nabíjet. Je vhodný do elektronických pohlednic, čipových platebních karet s omezenou platností, pro napájení různých druhů dočasných senzorů např. k měření tělesných funkcí, pro jednorázové „laboratoře na čipu“ apod.

Články se tisknou osvědčenou technikou sítotisku, umožňující nanášet poměrně velká množství tiskové pasty po vrstvách o tloušťce, asi jako má lidský vlas. První komerčně využitelné prototypy by měly být k dispozici koncem roku 2010. Odborníci z ústavu ENAS předpokládají, že při hromadné výrobě by cena článku neměla překročit několik málo eurcentů.

Asociace organické elektroniky

S aktuálními novinkami v oblasti organické a tištěné elektroniky se mohli zájemci seznámit na druhé mezinárodní konferenci a výstavě LOPE-C (*Large-area, Organic and Printed Electronics Convention*) ve dnech 31. května až 2. června 2010 ve Frankfurtu nad Mohanem. Třídenního jednání se zúčastnilo 850 odborníků, kteří vyslechli na 180 odborných prezentacích a na výstavní ploše 1 200 m² si mohli prohlédnout expozice 89 vystavovatelů z celého světa. Akci uspořádala asociace organické elektroniky OE-A (*Organic Electronics Association*), což je pracovní skupina německého odborného svazu VDMA, která v Německu koordinuje rozvoj organické a tištěné elektroniky po odborné stránce. Asociace, založená v roce 2004 za účelem vytvořit most mezi vědeckou sférou, techniky a uživateli, má nyní 140 členů z 21 zemí. Počet jejích členů za poslední rok vzrostl o 26 %. Příští konference a výstava LOPE-C se uskuteční 28. až 30. června 2011.

[NIESSING, B.: *Smarte Kunststoffe und flexible Chips*. Das Fraunhofer Magazin, 2009, č. 3, s. 8–12.]

Ing. Karel Kabeš