

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Současný stav vývoje v oblasti organické elektroniky**

**vedoucí práce: Ing. Silvan Pretl  
autor: Václav Svoboda**

**2012**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav SVOBODA**  
Osobní číslo: **E09B0192P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Současný stav vývoje v oblasti organické elektroniky**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s problematikou využití elektricky aktivních organických materiálů jako funkčních složek elektronických součástí a obvodů.
2. Zmapujte evropské výrobce zabývající se produkcí elektronických obvodů a funkčních struktur na bázi organických materiálů.
3. Zhodnoťte současnou úroveň komerčního uplatnění produktů organické elektroniky a uveďte jejich nejrozšířenější aplikace.
4. Popište perspektivy a trendy dalšího vývoje v této oblasti.



## **Anotace**

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na současný stav organické elektroniky. Popisuje základní organické materiály a polovodičové součástky z nich vyrobené. Dále se zaměřuje na současné uplatnění výrobků z organické elektroniky a jejich budoucí komerční uplatnění. Součástí je i zmapování největších evropských výrobců organické elektroniky a popis jejich produktů, které jsou k dostání na trhu.

## **Klíčová slova**

Organická elektronika, organická světlo emitující dioda, organický tranzistor, ohebný displej, organický fotovoltaický článek, polymer, nízkomolekulární materiál.

## **Abstract**

The thesis focuses on the current state of organic electronics. It describes the basic organic materials and semiconductor components of which they are made. It focuses on the present application of organic electronic products and their future commercial application. It also maps the largest European manufacturers of organic electronics and describes their products, which are available on the market.

## **Key words**

Organic electronics, organic light emitting diodes, organic transistors, flexible display, organic photovoltaic cell, polymer, small molecule.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 7.6.2012

Václav Svoboda

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Silvanu Pretlovi, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Vřelé díky patří rovněž mé rodině, která mi byla oporou nejen při psaní této práce, ale i v průběhu celého studia.

# Obsah

<b>OBSAH.....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1 ELEKTRICKY AKTIVNÍ ORGANICKÉ MATERIÁLY .....</b>	<b>12</b>
1.1 ORGANICKÉ MATERIÁLY PRO ELEKTRONIKU .....	12
1.1.1 Nízkomolekulární materiály .....	13
1.1.2 Polymery.....	13
1.1.3 Oligomery.....	14
1.1.4 Hybridní materiály .....	14
1.2 SOUČÁSTKY Z ORGANICKÝCH POLOVODIČŮ .....	15
1.2.1 Organická světlo emitující dioda – OLED .....	15
1.2.2 Organický tranzistor (organic field-effect tranzistor – OFET).....	17
1.2.3 Organické fotovoltaické články.....	18
<b>2 SOUČASNÁ A BUDOUCÍ KOMERČNÍ ORGANICKÁ ELEKTRONIKA.....</b>	<b>20</b>
2.1 HISTORIE VÝVOJE ORGANICKÉ ELEKTRONIKY .....	20
2.2 OLED OSVĚTLENÍ.....	21
2.3 ORGANICKÁ FOTOVOLTAIKA.....	24
2.4 OHEBNÉ DISPLEJE .....	29
2.5 ELEKTRONIKÉ KOMPONENTY.....	33
2.5.1 RFID.....	33
2.5.2 Tištěné paměti .....	35
2.5.3 Tištěné baterie .....	36
2.6 INTEGROVANÉ „SMART“ OBVODY .....	37
2.6.1 Smart objekty.....	37
2.6.2 Tištěné senzory .....	38
2.6.3 Smart textilie .....	39
<b>3 EVROPSKÝ TRH S ORGANICKOU ELEKTROTECHNIKOU .....</b>	<b>41</b>
3.1 VÝROBCI ZÁKLADNÍHO OSVĚTLENÍ.....	42
3.2 VÝROBCI OPVC .....	44
3.3 VÝROBCI OHEBNÝCH DISPLEJŮ .....	46
3.4 VÝROBCI ELEKTRONICKÝCH SYSTÉMŮ A SMART OBVODŮ .....	47
3.5 KONCOVÝ ODBĚRATELÉ VÝROBKŮ .....	50
3.6 SDĚLOVACÍ A INFORMAČNÍ ČINNOSTI.....	50
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>55</b>

## Seznam použitých zkratk a symbolů

\$	Dolar
AG	Aktiengesellschaft (Akciová společnost)
Ag	Argentum (Stříbro)
Al	Aluminium (hliník)
AMOLED	Active Matrix Organic Light Emitted Diod (Aktivní matice OLED)
BBL	Poly(benzimidazobenzophenanthroline)
BHJ	Bulk heterojunction (objemový heteropřechod)
BIPV	Building Integrated Photovoltaic (fotovoltaika integrovaná ve stavbách)
C60	Fulleren s 60 atomy uhlíku
Ca	Calcium (vápník)
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
Cu	Cuprum (Měď)
D	Drain (výstupní elektroda, kolektor)
DMX	Digital Multiplex
DSC	Dye Sensitized Solar cells (Barvivem senzibilizované solární články)
EDOT	3,4-ethylenedioxythiophene
EPC	Electronics product code (Elektronické kódy produktů)
FHD	Full High Definition (Plně vysoké rozlišení)
FOLED	Flexible Organic Light Emitted Diod (Ohebná OLED)
G	Gate (hradlová elektroda, řídicí elektroda)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Společnost s ručením omezeným)
HD	High Definition (Vysoké rozlišení)
HOMO	Highest occupied Molecular orbital (nejvyšší obsazený molekulový orbital)
ID	Identifikační
ITO	Indium tin oxide (směsný oxid india a cínu In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .SnO <sub>2</sub> )
Inc	Incorporated (Veřejná obchodní společnost)
LCD	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)
LED	Light-Emitting Diode (světlo emitující dioda)
LUMO	Lowest unoccupied Molecular orbital (nejnižší neobsazený molekulový orbital)
MEH-PPV	Poly[2-methoxy-5-(2'-ethyl-hexyloxy) phenylene vinylene.
MEMS	Mikro elektromechanické systémy
NFC	Near Field Communication (komunikační technologie na krátkou vzdálenost)
NV-RAM	Non-Volatile Random Access Memory (Energeticky nezávislá paměť)
OEM	Original Equipment Manufacturer
OFET	Organic Field-Effect Transistor (organický polem řízený tranzistor)
OLED	Organic Light-Emitting Diode (organická světlo emitující dioda)
OSC	Organic Solar Cells (organický solární článek)
OTFT	Organic thin-film transistor (Organický tenkovrstvý tranzistor)
P3HT	Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl )
PANI	Polyanilin
PCBM	[6,6]-fenyl-C61-methylester kyseliny máselné
PEDOT	Poly(3,4-etylenedioxythiopen)



---

PET	Polyethylene terephthalate
PHOLED	Phosphorescent Organic Light Emitted Diod (Fosforeskující OLED)
PMOLED	Passive Matrix Organic Light Emitted Diod (Pasivní matice OLED)
PPI	Pixel per inch (Počet pixelů na palec)
PSS	Poly(p-phenylene sulfide)
PTV	Poly(thienylenvinyl)
PV	Poly(vinylfenol)
R&D	Research and development (Výzkum a vývoj)
RFID	Radio Frecuenci Identification (Radiofrekvenční identifikace)
RGB	Red Green Blue (barevný model)
ROM	Read only memory (paměť pouze pro čtení)
S	Source (zdrojová elektroda, emitör)
SID	The Society for Information Display (Skupina pro informaci displejů)
SiO <sub>2</sub>	Oxid křemičitý
SSL	Solid state lighting – pevnolátkové osvětlení
TFT	Thin-film transistor
TOLED	Transparent Organic Light Emitted Diod (Transparentní OLED)
UEGA	Ultra Extended Graphics Array (Ultra prodloužené grafické pole)
WOLED	White Organic Light Emitted Diod (Bílá OLED)
WORM	Write Once Read Memory (Jednou zapisovatelná paměť pro čtení)
W <sub>p</sub>	Watt-peak
XGA	Extended Graphics Array (Prodloužené grafické pole)

## Úvod

Neustálý pokrok v organické elektronice vede vědce k hledání nových látek. Příroda je v tomto ohledu velice inspirativní a nabízí možnosti uplatnění evolucí prověřených materiálů. Organických látek, které se vyskytují v přírodě a které byly vytvořeny uměle člověkem, je známo více než deset milionů druhů. Bylo proto logické, když si vědci začali klást otázku, zda by se mezi organickými látkami nenalezly takové, které by v elektronice mohly plnit základní funkci vodičů a polovodičů.

Do nedávna jsme si pod pojmem „organické materiály“ představili izolanty, a také se jako izolanty hojně využívaly. Pokrok v oblasti organických vodičů a polovodičů radikálně změnil několik aspektů každodenního života. Organická, plastová, flexibilní nebo polymerová elektronika se stala jednou z nejvíce aktivních odvětví současné doby. Důvodem je využití kombinovaných vlastností, které přináší. Vlastnosti, jako jsou nízká hmotnost, výborná zpracovatelnost, mechanická flexibilita, barevná variabilita a protikorozní odolnost, předurčují organické materiály jako náhradu anorganických polovodičů a kovů v nejrůznějších aplikačních oblastech.

Organická elektronika je založena na kombinování nových materiálů a efektivním využití nákladů. S uvedením prvních výrobků na trh se předpokládá vyšší cena, ale s využitím vysokoobjemové výroby a levných materiálů, by se tato cena měla ustálit a stát se mnohem atraktivnější než u konkurenční anorganické elektroniky.

Z aplikačního hlediska tento obor v rozvinutých zemích zasahuje do oblastí průmyslu spotřební elektroniky, chemického průmyslu, produkce polymerních a speciálních materiálů, vzniká však i zcela nové odvětví výrobků organické elektroniky. Organické elektroluminiscenční diody, displeje a osvětlovací folie spolu s organickými solárními panely atd. patří v současné době k nejrozvinutějším oblastem organické elektroniky s komerčními produkty dostupnými na trhu. Do těchto oblastí je proto zaměřena i činnost většiny členů komunit z akademických a výzkumných institucí, stejně jako průmyslových partnerů.

Předkládaná práce je shrnutím současného stavu vývoje v oblasti organické elektrotechniky. Text je rozdělen do tří částí; první se zabývá využitím elektricky aktivních organických materiálů jako funkční složky elektrotechnických součástek a obvodů. Druhá hodnotí vývoj a současný stav úrovně komerčního uplatnění produktů organické elektroniky a její nejrozšířenější aplikace spolu s perspektivami a trendy dalšího vývoje v aplikačních

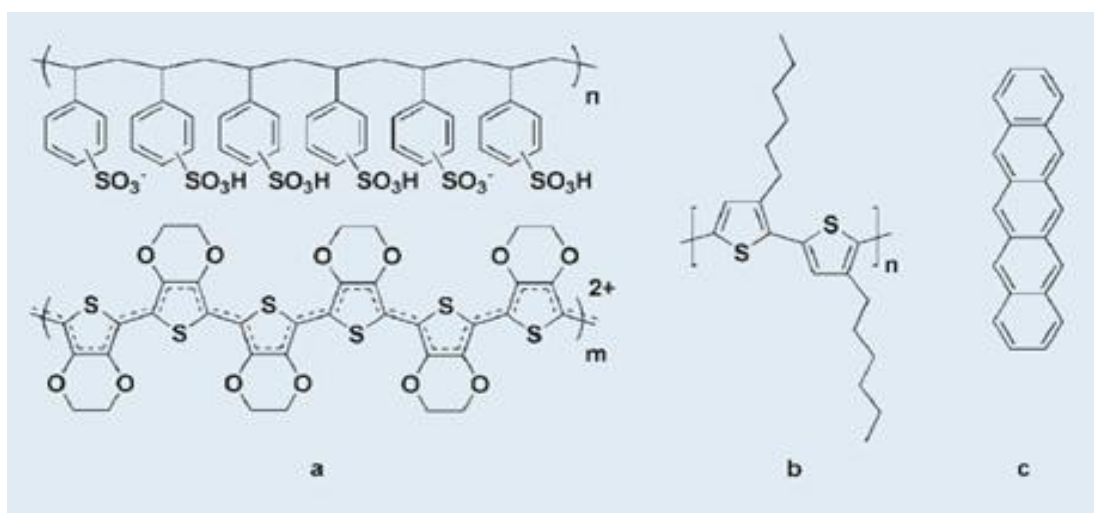
oblastech. Třetí část mapuje evropské výrobce zabývající se produkcí elektronických obvodů a funkčních struktur na bázi organických materiálů.

# 1 Elektricky aktivní organické materiály

Schopnost polymeru vést elektrický proud byla v roce 2000 oceněná Nobelovou cenou [1]. Vedle vodivého kompozitu existují tedy i konjugované polymery, které mohou vykazovat vlastní vysokou elektrickou vodivost. Umožňuje ji pravidelné střídání jednoduchých a dvojných vazeb (konjugace) v molekulární struktuře [2]. Kromě systému těchto vazeb je nezbytným předpokladem přítomnost pohyblivých nosičů náboje, která transport po konjugovaném řetězci zprostředkovává. Strukturně nejjednodušším konjugovaným polymerem je polyacetylen [3].

## 1.1 Organické materiály pro elektroniku

Materiály pro organickou elektroniku můžeme podle charakteru rozdělit na vodiče, polovodiče (většina je p-typu: pentacene, polythio phene atd.), dielektrika, luminescenty, elektrochromní materiály, elektroforetické materiály a zapouzdřovací materiály. Podle druhu materiálu je lze rozdělit na nízkomolekulární materiály, polymery, oligomery a hybridní materiály. Jedná se o materiály, jejichž základními stavebními prvky jsou uhlík a vodík. Tady přichází na scénu jeden z hlavních pilířů organické elektroniky, kterým je chemie.



Obr. 1.1 Struktury běžných materiálů pro organickou elektroniku a) vodič PEDOT:PSS b) polovodič polythiophene P3HT c) polovodič pentacene [4]

### 1.1.1 Nízkomolekulární materiály

Nízkomolekulární materiály jsou nízkomolekulární organické sloučeniny. Mezi nejvýznamnější představitele patří pentacene, za zmínku stojí i široké používání oligothiofenů [5].

#### **Pentacen**

Pentacen je polycyklický uhlovodík, který je složen z pěti lineárně kondenzovaných benzenových kruhů. Molekula pentacenu je tvořena 22 atomy uhlíku a 14 atomy vodíku, na délku měří 1,4 nm [6]. Jedná se o vysoce konjugovanou sloučeninu, vytvářející excitony absorpcí ultrafialového záření (UV), nebo viditelné světlo. Tato směs (fialový prášek) je velmi citlivá na oxidaci a pomalu se rozkládá, když ji vystavíme vzduchu a světlu. [7]

### 1.1.2 Polymery

Polymery jsou snadno rozpustné a relativně snadno se u nich docílí barvy, na rozdíl od nízkomolekulárních materiálů. Skládají se z dlouhých řetězců opakujících se molekul, které nabízí příležitost pro kontrolu elektrických, chemických a dalších vlastností. [5] Protože se jedná o vysokomolekulární materiály, je těžké dosáhnout čistého polymeru (často obsahují zbytky polymeračních katalyzátorů nebo jiné nečistoty). Výhodou polymerů je možnost zpracování za mokra a flexibilita polymerních povlaků.

#### **PEDOT: PSS**

Poly (3,4 ethylenedioxythiophene) je jeden z nejznámějších vodivých polymerů. Byl vyvinut v roce 1980 společností Bayer [5]. Využívá se jako materiál elektrod pro pevné elektrolytické kondenzátory, antistatické vrstvy ve fotografických filmech, náhradní materiál ITO (směs oxidu cíničitého a inditého) u anorganických elektroluminiscenčních lamp, vodivých materiálů u OLED, nově také i u paměťových zařízení a dalších. [8]

Je sestaven z monomeru dioxythiofenu (EDOT). Tento monomer je nerozpustný v mnoha běžných rozpouštědlech a je nestabilní v neutrálním stavu, kdy velmi rychle oxiduje na vzduchu. Chceme-li, zvýšit zpracovatelnost můžeme přidat roztok polyelektrolytu (PSS) díky čemuž docílíme vodnaté disperze. [2]

PEDOT:PSS je průmyslově syntetizován z EDOT monomeru. Jako oxidační činidlo se používá peroxodisíran sodný. Stupeň polymerace PEDOT je omezený. Jedná se o sbírku oligomerů s délkou do 20 opakujících se jednotek. Obecně PEDOT:PSS gelové částice lze považovat za výborně zpracovatelné, tenké a transparentní. [2]

Vodnaté disperze jsou komerčně k dispozici, například pod obchodním názvem Baytron P z HC Starck. S tímto materiálem se dále pracuje například na hydrofilním povrchu. Podle potřeb lze upravit závislost pevného obsahu, koncentrace příměsí, velikostí částic a přísad. Výstupní práce Baytron P je přibližně 5,2 eV. Disponuje vysokou elektrickou vodivostí (až 5.5 S/cm) v dopovaném stavu a dobrou tepelnou a chemickou stabilitou [9]. Disperze má hodnotu pH mezi 1,5 a 2,5 při pokojové teplotě. [2]

### 1.1.3 Oligomery

Oligomery jsou materiály s krátkým řetězcem a s dobře definovanými molekulárními charakteristikami. Jako nízko molekulové polymery mají obecné vlastnosti mezi polymery a nízkomolekulárními materiály. V mnoha případech mohou nabídnout výhody obou typů materiálů současně. Například některé oligomery jsou dostatečně rozpustné a nabízejí depozici ve vakuu. [5]

### 1.1.4 Hybridní materiály

Hybridní materiály kombinují organické a anorganické materiály. Cílem těchto materiálů je samozřejmě zlepšit výkonnostní parametry organické elektroniky při správně zvoleném kombinování těchto dvou druhů materiálů.

Tito kříženci často poskytují vyšší vodivost, která může být dosažena přidávkem uhlíku, nanotrubiček, nanotyčinek nebo **fullerenů**. Těchto přísad se využívá například k zlepšení mobility náboje v organických tenkovrstvých tranzistorech OTFT. Pokud se rozhodneme pro přidání anorganických materiálů do organických, musíme počítat se složitějším tiskem nebo zhotovením takovýchto zařízení. [5]

#### Fullereny

Fullereny se velmi často využívají pro své výborné vlastnosti v elektronice nebo fotovoltaice (tranzistory, senzory, solární články). Jedná se o uhlíkové molekuly ve tvaru koulí, trubic, elipsoidů nebo mohou být i rovinné. Fullereny byly objeveny roku 1985 profesorem H. Kroto [10]. Ve snaze objasnit některé ze základních čar v absorpčních a emisních spektrech mezihvězdného prostoru, velkých uhlíkatých hvězd a plynných oblaků. Za tento objev mu byla udělena Nobelova cena za chemii.

Výsledky objevu neobjasněných čar spektra mohly mít původ ve dlouhých řetězcích molekul, složených z atomů uhlíku a dusíku. Zde byla poprvé zpozorována nová molekula C<sub>60</sub>. [11]

### Vodivé polymerní kompozity

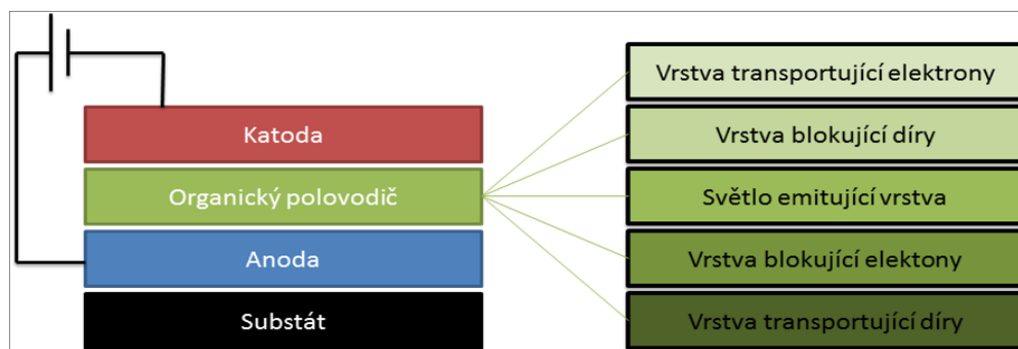
Vodivé polymerní kompozity jsou funkční kompozity skládající se z izolačních organických polymerních materiálů a vodivých látek. Tyto kompozity nabízejí příznivé vlastnosti organických polymerních materiálů, jako jsou mechanické vlastnosti, snadné zpracování apod. a elektrickou vodivost vodivých látek. Kromě toho můžeme měnit elektrickou vodivost těchto kompozitů ve velkém rozsahu podle potřeby. Proto se našlo pro tyto materiály široké uplatnění jako vodivé materiály, ochranné materiály, antistatické nátěry, čidla, baterie, elektrody atd. [12]

## 1.2 Součástky z organických polovodičů

### 1.2.1 Organická světlo emitující dioda – OLED

Organická světlo emitující dioda je organická polovodičová součástka, která po připojení k elektrickému zdroji začne emitovat záření. Skládá se z pevného skleněného nebo ohebného plastového substrátu, transparentní anody tvořené ITO vrstvou, jedné či více vrstev organického polovodiče nebo jejich směsi a z kovové katody, například Ca nebo Al [13]. Pro využití transparentních vlastností se používá průhledná ITO elektroda. Tloušťka diody je od 50 až do 200 nm. [13] První OLED vznikly ve společnosti Kodak a měly zelenou barvu [14].

#### Struktura OLED



Obr. 1.2 Znárodnění struktury OLED s jednotlivými funkčními vrstvami. [13]

Organická světlo emitující dioda je tvořena několika vrstvami. Substrát je povětšinou tvořen sklem nebo plastem, u plastů můžeme docílit určité úrovně flexibility. Anoda je tvořena ITO, směsný oxid india a cínu [13]. Materiály anody musí být vysoce vodivé, proto se

snižuje odpor na kontaktech na minimální hodnoty. Následuje organický polovodič složený z vrstev nezbytných pro funkčnost a celkový charakter OLED. Celou strukturu uzavírá katoda tvořena vysoce vodivými kovy např. Ca nebo Al. Výstupní práce těchto kovů by měla být minimální. [13]

**Organický polovodič** se skládá z následujících vrstev:

- ***Díry injektující vrstva***

Je tvořena oxidem křemičitým nebo vakuově napařovaným teflonem. Zlepšuje přenos nosičů náboje z kontaktů, snižuje napětí a prodlužuje životnost. [13]

- ***Vrstva transportující díry***

V nízkomolekulárních OLED se používají například triarylaminy. [13]

- ***Vrstva blokující elektrony***

Tato vrstva zvyšuje účinnost a brilantnost odstínu emitovaného záření tím, že brání přestupu elektronů a jejich rekombinaci za vrstvou emitující záření. [13]

- ***Záření emitující vrstva***

Skládá se z více materiálů, obsahuje dopant transportující nosiče náboje a světlo emitující materiál. Emitujících materiálů existuje nepřehledné množství, často se používají fluorescentní barviva nebo pigmenty. [13]

- ***Vrstva blokující díry***

Cílem této vrstvy je napomáhat dobře transportovat elektrony.

- ***Vrstva transportující elektrony***

Používají se například cheláty kovů nebo sloučeniny pyridinu. Elektrony jsou většinou přeskokovým mechanismem transportovány do záření emitující vrstvy. [13]

## **Princip funkce OLED**

Aby se docílilo průchodu proudu elektrickým obvodem, musí nosiče náboje přecházet do polovodiče. Vznik excitonů je zapříčiněn rekombinací proudících elektronů od katody k anodě v polovodiči. Excitony buď dále migrují, nebo svojí energii okamžitě vyzáří ve formě fotonů nebo tepla. Energie uvolněná ve formě fotonů je vyzářena skrze transparentní ITO elektrodu do prostředí. Vlastnosti polovodiče pak určují vlnovou délku čili konkrétní barvu. Nejjednodušší diody jsou tvořeny pouze jednou vrstvou organického polovodiče. [13]



## 1.2.2 Organický tranzistor (organic field-effect tranzistor – OFET)

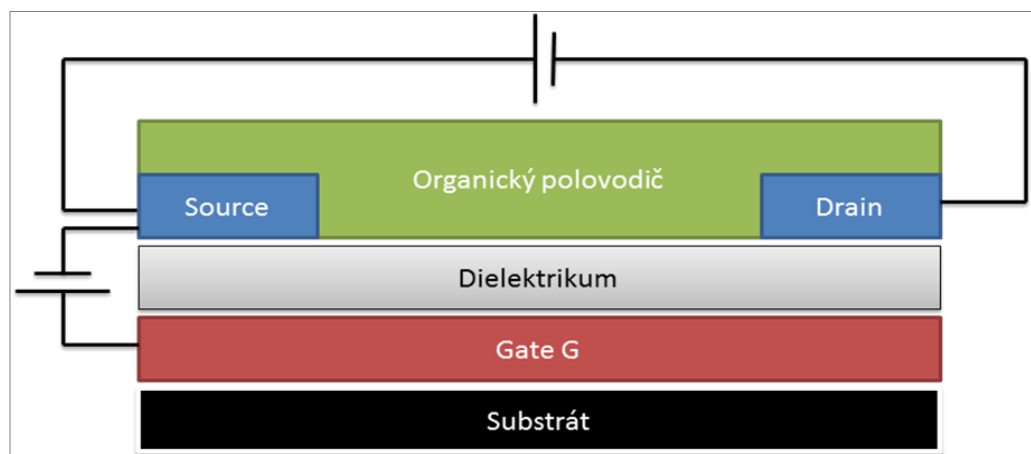
Tranzistory mají široké uplatnění jako například zesilovače, stabilizátory napětí, modulátory signálu, spínací součástky a mnoho dalších. První tranzistor byl sestaven v roce 1947. V roce 1956 byl vyznamenán „polovodičový“ tým Nobelovou cenou za tento objev [15].

### Struktura OFET

Organický tranzistor se skládá ze substrátu, dielektrika, polovodiče a 3 elektrod. Jedná se o polovodičovou součástku. Hradlová elektroda (G) je tvořena kovem nebo polovodičem s příměsí. Na ní je vrstva dielektrika, izolantu se schopností se polarizovat. Dále následuje samotný organický polovodič ve formě tenké vrstvy nebo monokrystalu. Zdrojová (S) elektroda je tvořena vodivým materiálem například zlatem, nebo lze využít organického materiálu. Tato skladba materiálů lze použít i pro výstupní elektrodu (D). Plně organický tranzistor byl vyvinut na flexibilním polyimidovém substrátu s poly(thienylenvinyl)enovým polovodičem (PTV), poly(vinylfenol)ovým (PV) izolantem a dopovaným polyanilinem (PANI) jako emitor kolektorovými elektrodami. [16]

Nejlepších výsledků dosahují tranzistory obsahující monokrystal rubrenu. Jsou charakteristické pro svoji vysokou účinnost a vykazují vlastnosti srovnatelné s tranzistory z amorfního křemíku. [13]

Účinnost organických tranzistorů závisí nejvíce na rozhraních a to zejména na rozhraní organického polovodiče s dielektrikem, ale vliv má i rozhraní s kovovými kontakty, kde se vytváří také poměrně silný odpor. [13]



Obr. 1.3 Znárodnění základní struktury OFET [13]

Vyrábí se například vakuovým napařováním nízkomolekulárních materiálů. Výroba se prozatím zaměřuje na tranzistory založené na vodivosti typu P (např. pentacen), jelikož typ N (PTCDI) jsou teprve na počátku vývoje a tak nedosahují vhodných výsledků.

### Princip funkce OFET

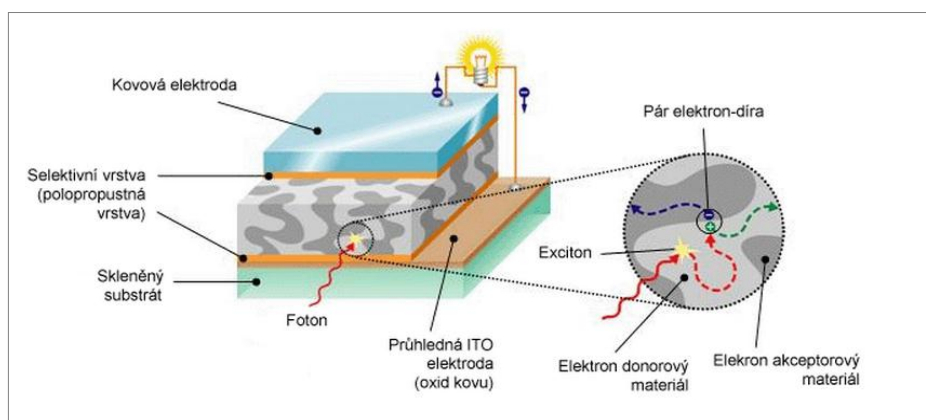
Vlivem kladného napětím na elektrodě G dojde k polarizaci dielektrika. Bez použití dalšího napětí bude negativní (respektive pozitivní) náboj stejný v celém kanálu. Pomocí elektrostatických sil se vytvoří tenký vodivý kanál, který je zajištěn pohybem nosičů náboje napětím mezi S a D. [13]

Tranzistor může disponovat dvěma vodivostmi. Jedná se o vodivosti elektronové a děrové. Děrovou vodivost vykazují materiály typu p, elektronovou vodivost zase naopak materiály typu n.

### 1.2.3 Organické fotovoltaické články

#### Struktura OPVC

OPVC se skládá minimálně ze tří částí: horní transparentní vodivé elektrody, polovodivého organického materiálu a dolní kovové elektrody. V praxi mohou existovat i OPVC s více vrstvami. Horní transparentní elektroda čili anoda je obvykle z průhledného ITO, který je napařený na skle. Místo ITO lze použít i vodivý polymer např. PEDOT:PSS umístěný na PET podložce. V případě použití PEDOT:PSS jako anody, dosáhneme menší účinnosti zhruba o 1 %, než u ITO [17]. Pro dolní elektrodu katodu můžeme využít např. napařený hliník. Jako hlavní aktivní složka, tedy světlo absorbující polovodivý polymer lze použít P3HT-PCBM nebo MEH-PPV. [17] Celá součástka pak může být umístěna na nosné podložce, která je např. ze skla (pro pevné články) nebo PET (pro flexibilní články).



Obr. 1.4 Popis základní funkce polymerového solárního článku s kompozitním polymerem jako hlavní aktivní složkou [17]

## Princip činnosti OPVC

OPVC využívají fotovoltaického jevu, kdy po absorpci slunečního záření polovodičem dochází ke generaci nosičů náboje, ty pak směřují k elektrodám a tím se generuje elektrický proud.

Tenká vrstva aktivního polymeru (donoru = dárce elektronů) a tenká vrstva akceptorů elektronů jsou uzavřeny mezi dva kontakty (elektrody) v planární konfiguraci. Excitony vytvořené v donorové oblasti mohou difundovat k přechodu. Zde dochází k rozdělení excitonu, protože díry zůstávají za přechodem a elektrony procházejí do akceptorové oblasti. Planární struktura je však neefektivní, protože nosiče náboje v typickém organickém polovodiči mají difuzní délku pouze 3-10 nm. Proto musí být planární struktura velmi tenká, aby nosiče náboje pronikly ke kontaktům. Čím je ale buňka více tenká, tím méně světla absorbuje. [17]

Objemový heteropřechod (BHJ) tyto negativní vlastnosti odstraňuje. V BHJ jsou donorové a akceptorové materiály "smíchané" dohromady a pracují jako směs, kde jsou obě složky fázově separované. Oblasti každého materiálu jsou pak vzdáleny jen několik nanometrů, což je optimální pro krátkou difuzní délku nosičů náboje. Volbou materiálů BHJ, rozpouštědla a poměru donorů a akceptorů lze velmi ovlivnit celkovou funkci struktury BHJ a tím jí i optimalizovat. [17]

## 2 Současná a budoucí komerční organická elektronika

Tato kapitola se zabývá současnou úrovní komerčního uplatnění a budoucími kroky zařízení, která pracují s organickými materiály. Zařízení jsou rozdělena do pěti skupin a je zhodnocena jejich současná úroveň a budoucí vývoj. Než se dostanou nové výrobky na trh, musí být podrobeny různými uživatelskými testy, měřeními apod. Tyto testy ve finále trvají zhruba 2-3 roky.

Vývoj komerčního uplatnění je velmi rozsáhlý. Lze upřesnit oblasti, kde organická elektronika má nejvýznamnější uplatnění co se týče současnosti a toho co nám přinese v budoucnosti.

Organická fotovoltaika	Spotřební elektronika	Dálkové a venkovní aplikace	Fasádní sítě a BIPD	Střešní sítě
Ohebné displeje	Ohebné segmentované displeje integrované v chytých kartách, cenovky	OLED televize, rolovací barevné displeje	Elektronické obrázky	Rolovací OLED televize a telemedicína
OLED osvětlení	Designové osvětlení (prototyp)	Dekoratивní osvětlení	Ohebné světelné prvky	Hlavní osvětlovací technologie
Elektronika a komponenty	RF značení, baterie, tištěné paměti	RFID pro ochranu značky, pokročilé paměti, transparentní vodiče pro dotykové senzory	RFID a paměti pro logistiku a chytré aplikace, integrované baterie	RFID pro úrovněvé předměty, paměti pro multimedia, integrované baterie a komponenty
Integrované chytré obvody	Jednoduché fyzické a chemické senzory, textilní fotosnímače, OPV pro nabíjení baterií	Senzorové pole, inteligentní vstupky/jízdenky, integrované displeje, OPV v textiliích	Komplexní inteligentní obaly, integrované senzory	Miniaturizovaná diagnostika
	do roku 2010	2011-2012	2015-2019	2020+

Obr. 2.1 Znáornění primárních oblastí současného využití a budoucího vývoje organické elektroniky v časovém měřítku [18]

### 2.1 Historie vývoje organické elektroniky

Na trhu prvním elektronickým výrobkem z organických materiálů byly pasivní ID (identifikační) karty, které se objevily v období 2005/2006. Tyto pasivní karty byly hromadně tisknuty na papír a používány k operacím, které byly spojeny s nakupováním apod. Dále přišly na řadu ohebné lithiové polymerové baterie. Pro tyto baterie se našlo uplatnění v elektronických kartách a v mobilních zařízeních, jako byly např. dálkově ovládané hračky, kalkulačky. Jejich největší výhoda oproti jiným používaným bateriím byla ve váze. Ve stejném roce byly dostupné i organické fotovoltaické přístroje pro nabíjení mobilních

elektrických zařízení. Velkoplošné organické tlakové snímače použité pro logistiku byly taktéž představeny v témže roce, stejně jako tištěné elektrody pro testování hladiny glukózy. [18]

## 2.2 OLED osvětlení

Světelné zdroje se mohou definovat do 3 kategorií: spalovací prvky (svíčky, lampy), plynné výboje (zářivky, indukční výbojky) a pevnolátkové (LED, OLED). OLED nabízí řadu atraktivních vlastností jako je vyšší energetická účinnost, absence nebezpečných kovů, flexibilní tvar, vysoká životnost a designové novinky. [19]

OLED je poměrně nově vznikající technologie, která byla podporována širokým okruhem průmyslových projektů, jako jsou evropské OLLA a OLED-100 [4]. Mezi nejznámější firmy určující směr vývoje v Evropě jsou například BASF, Merck, Fraunhofer IPMS a Novaled.

OLED lze rozdělit do dvou skupin, podle použitých materiálů:

- **Nízkomolekulární materiály (SM-OLED)**

Tyto organické diody jsou na bázi vakuově napařovaných nízkomolekulárních materiálů. V současné době jsou omezeny na pevné podklady, jako je sklo nebo kov [20]. Jejich výroba je dražší a složitější (rozměry) než v případě PLED. Výhodou je možnost výroby vícevrstvých zařízení [20].

- **Polymerní materiály (PLED)**

Využívají světlo emitující polymerové vrstvy např. poly(phenylene vinylene) (PPV), polyfluorene (PFO), poly(flourenylene ehtynylene) (PFE). Polymer je možné zpracovat ve formě roztoku, který je vhodnější pro velkoformátová zařízení. Je však složitější vytvořit vícevrstvé zařízení. (Použití dalších vrstev vede k rozpouštění současných [20]).

### Rozdělení OLED technologií

- **FOLED (Flexible OLED)**

OLED jsou uloženy na ohebném substrátu (např. tereftalátový polyetylen- PEN ) [21], který umožňuje jistou míru flexibility. Především se využívá u ohebných displejů. U osvětlení se FOLED používají k osvětlení při nízké intenzitě.

- **PHOLED (Phosphorescent OLED)**

Technologie fosforeskujících OLED využívá principu elektrické fosforescence, která převádí až 100 % elektrické energie na světlo. To je v porovnání s účinností 25-30 % u „klasických“ OLED a jen cca 10 % u LCD obrazovek [22]. Obvykle je použit polymer jako poly(n-vinylcarbazole), kde je přidána další složka (např. Iridium) [21].

- **TOLED (Transparent OLED)**

Při vypnutí OLED zařízení propouští 70 % až 85 % světla [21]. Průchodnost světla je dosažena průhlednou anodou, katodou i substrátem.

- **WOLED (White OLED)**

Dosahují vysoké účinnosti generováním světla 30 lm/W, při zachování možnosti měnit jeho teplotu [21].

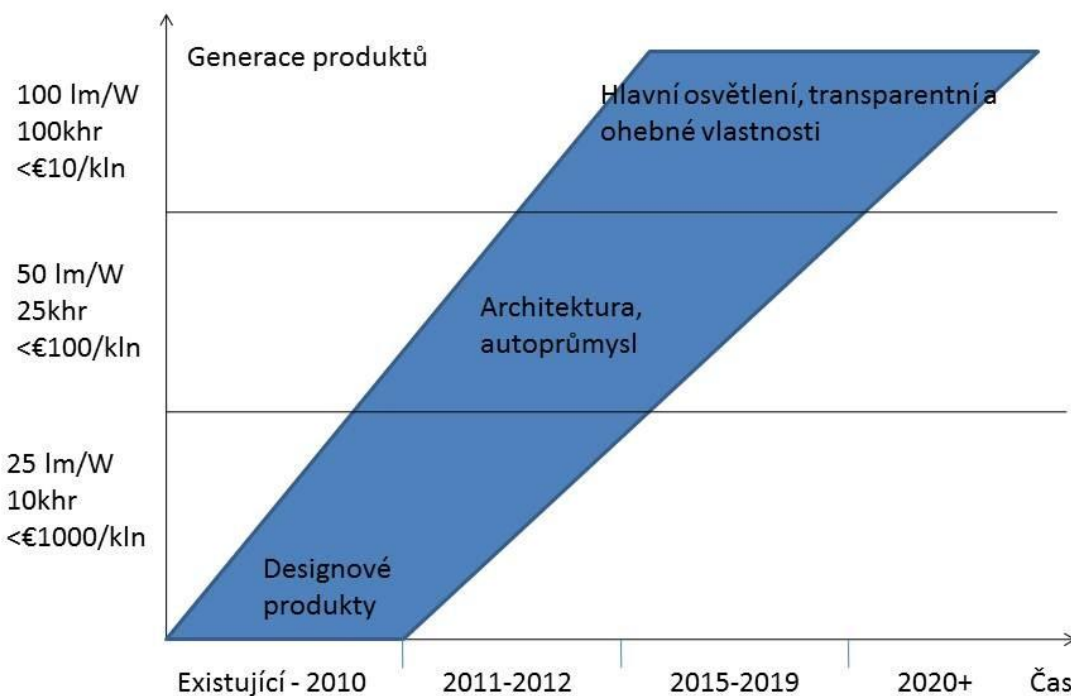
Současné klasické zdroje světla nabízí širokou škálu vlastností a mají široké uplatnění, avšak jsou neprůhledné a pevné (použití pevných skleněných substrátů) a jejich výroba by v blízké budoucnosti neměla přinést markantní pokrok. Velkou příležitostí pro trh s osvětlením jsou OLED, které by v budoucnu měly odstranit tyto vlastnosti, kterými jsou omezené klasické zdroje světla. Další výhodou oproti klasickému osvětlení je snadná integrace. Tloušťka jednoho panelu se v současnosti pohybuje v rozmezí 1,8 – 2,1 mm. Jsou tak ideální pro integraci a velkým konkurentem vestavěnému osvětlení, které dosahuje tloušťky >25 mm.

OLED osvětlení je v současnosti na trhu k dostání do 5000 mm<sup>2</sup> světelné plochy panelů v různých tvarech a barevném provedení. Především OLED osvětlení otevírá oči architektům nebo návrhářům designu osvětlení, díky kterým je možné vytvářet různé tvary světelných ploch kombinováním panelů. Zajímavým zpestřením je i možnost měnit barevný tón díky standartu DMX (standard pro digitální komunikační síť, která se používá ke kontrole světla), kterým ovládáme barvy RGB, které představila společnost Verbatim [23].

### **Budoucnost OLED osvětlení**

OLED je jedním z vyhledávaných témat v autoprůmyslu. V budoucnu by měly OLED nahradit současná koncová světla, např. ve vývoji jsou brzdová OLED světla, které ještě musí 5x zvýšit svojí světelnou intenzitu [24]. Jako první využívající OLED osvětlení v automobilovém průmyslu se představila společnost AUDI.

Další velkou příležitostí pro OLED je architektura. Kombinace integrace a transparentnosti OLED osvětlení dává v budoucnu řadu možností, jak využít světelné plochy se stavebními komponenty. Jako první produkt z řady architektury byla předvedena regulovatelná transparentní OLED integrovaná v oknech od společnosti BASF. Zde se vývoj musí hlavně soustředit na rozměry a transparentnost až na ideální 100% průchodnost světla (dosavadní 85% průchodnost světla).



Obr. 2.2 Graf popisující vývoj OLED osvětlení v závislosti na čase a generaci produktů. [19]

### Klíčové parametry pro OLED osvětlení:

Tyto klíčové parametry jsou důležitými body z hlediska dosažení určité konkurenceschopnosti na trhu mezi ostatními osvětlovacími prvky. Kritickými parametry pro OLED osvětlení jsou životnost a efektivita. Dalšími důležitými parametry jsou velikost, cena, kvalita světla, index podání barev, barevná teplota. Průmyslovou úroveň, definici parametrů a standardizaci určují koncoví uživatelé.

- **Životnost**

Pracuje s hodnotou životností zařízení, které pracuje nad hodnotu T80 (doba do 80 % původního jasu). Minimální životnost je 10 000 hodin a je požadována u počátečních aplikací v osvětlení. V budoucnu by se měla očekávat životnost 50 000 až 100 000h, která je stejná jako u LED osvětlení [19].

- **Efektivita**

Dostačující hodnota efektivity je alespoň 50 lm/W. Lze pracovat i s nižšími hodnotami efektivity např. 10-20 lm/W, které jsou dostačující pro dekorativní osvětlení. Navíc lze pro OLED osvětlení předpokládat nižší energetickou náročnost než u LED. [19] Výsledky z roku 2008 dosáhly hodnotu efektivity 102 lm/W. V budoucnu by neměl být problém dosažení efektivity 150 lm/W [21].

- **Rozměry**

Jedná se o plochu, která vyzařuje světlo. Ideální rozmezí rozměrů této plochy se pohybuje od 10 cm<sup>2</sup> do 60cm<sup>2</sup> [19].

- **Jas**

Jas je dán intenzitou světla odebíraného lidským okem a vyzařovaným zdrojem nebo světlem odráženým od okolních povrchů. Pojem jasu se zavádí pro plošné (nikoli bodové) světelné zdroje [25], a proto základním měrnou jednotkou plochy jsou cd/m<sup>2</sup>. Nízké úrovně jasu (100-300 cd/m<sup>2</sup>) jsou dostačující pro automobilové interiéry. Současné úrovně jasu OLED se pohybují okolo 1000 cd/m<sup>2</sup>. Pro srovnání vysoké úrovně jasu, které jsou využívány osvětlovači, kameramany nebo fotografy se pohybuje od 3,000 až 5,000 cd/m<sup>2</sup>. Existuje rovnováha mezi jasem a životností: se zvyšujícím se napětím roste jas, ale klesá životnost. [19].

- **Cena**

Cena základního osvětlení OLED bude vyžadovat méně než 1 eurocent za lumen. Cena na jednotku plochy (pro okolí nebo podsvícení) je v oblasti 500-1000 €/m<sup>2</sup>, což je konkurenceschopné. [19]

## 2.3 Organická fotovoltaika

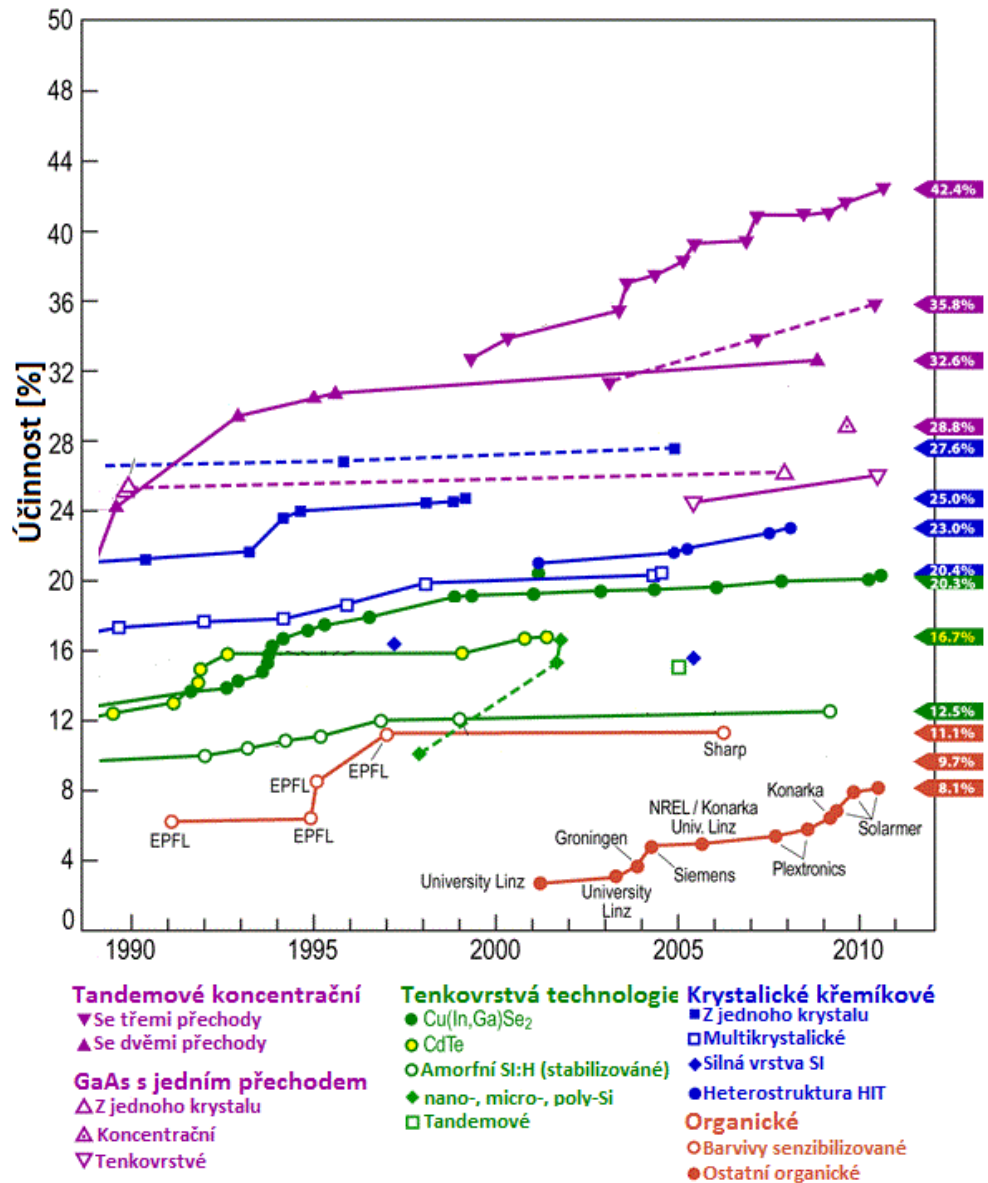
Využívání fotovoltaických zdrojů se zvyšuje po celém světě. Například dnes je 6 % produkované elektřiny v Německu solární, kdy od roku 2011 vzrostla o 3 % [19]. Jedná se tedy o průmysl, který je stále malým přispěvatelem energie. S postupem času by se ale měl stát pro investory atraktivní položkou.

Přestože organické články dosahují menší účinnosti než anorganické a jejich životnost je kratší, existuje mnoho důvodů, proč jsou organické materiály ideální pro využití ve fotovoltaice. Velkou výhodou poskytuje poměrně jednoduché nanášení i na velkou plochu ve formě tenkých vrstev organického materiálu, například se využívá nanášení z roztoku (polymery) [26]. Další výhodou je jejich nízká spotřeba a tím se stávají cenově dostupnějšími. Navíc trh anorganické fotovoltaiky nabízí řadu výrobků využívajících vzácné kovy. Vzácné kovy jsou vzhledem k porovnání s organickými materiály, využívanými v fotovoltaice (např. polymer P3HT, PCMB [27]) cenově mnohem nákladnější, a protože se jedná o vzácné kovy, jejich cena s postupem času roste.

První produkty integrující flexibilní OPVC byly dostupné od roku 2010. Jednalo se o produkty určené pro nízkovýkonné zařízení, zejména moduly pro nabíjení baterií do mobilní



elektroniky (jako např. mobilní telefony) [19]. V témže roce byla stanovena prozatímní rekordní hodnota 8,3 % efektivity univerzitou v Drážďanech [28]. V současnosti nejefektivnějším OPVC je od společnosti Heliatek s účinností 10,7% [29]. Rekordní účinnost 43,5 % si stále drží anorganické třípřechodové solární články, které byly použity pro vesmírné mise [30].



Obr. 2.3. Graf časového vývoje účinnosti jednotlivých technologií solárních článků do roku 2010 s vyznačením společností, které tyto body dosáhly.[26]

### Rozdělení organických fotovoltaických článků

- Molekulární OPVC

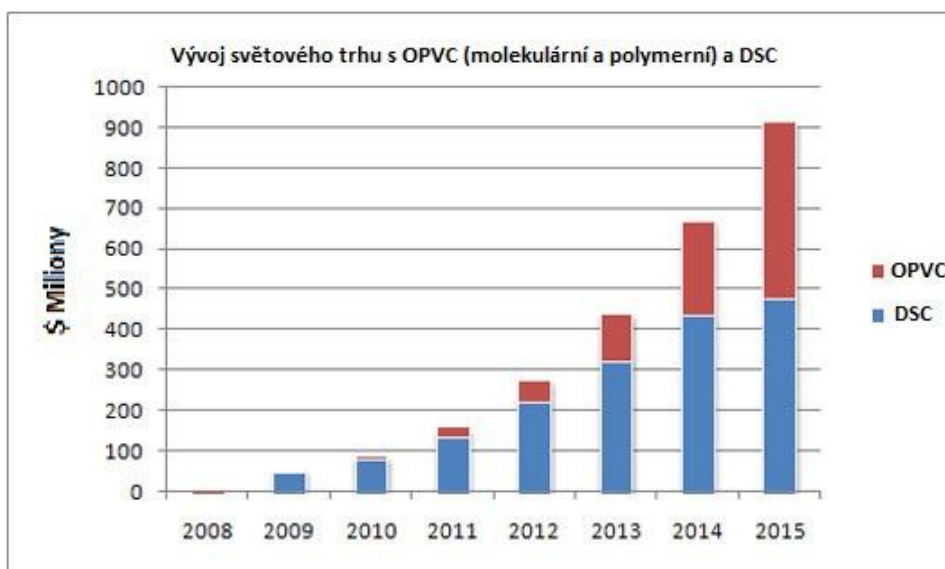
Molekulární OPVC nízkomolekulárních materiálů. Vyrábí se vakuovým napařováním vrstev elektronů a donorů transportujících materiálů [26]. Tyto molekulární OPVC se dále dělí na jednovrstvé, dvojevrstvé a třívrstvé molekulární OPVC, molekulární OPVC s excitony blokuující vrstvou a tandemové molekulární OPVC.

- **Polymerní OPVC**

Polymerní OPVC polymerních materiálů. Nejeefektivnější zařízení sestávají z konjugovaného polymeru a molekulárního senzibilizátoru, případně ze dvou různých konjugovaných polymerů [26]. Tyto OPVC lze vytvořit z roztoků, z čeho plyne levná příprava velkoplošných zařízení. Dělí se na jednovrstvé polymerní OPVC, OPVC tvořeny polymerem a pigmentem, OPVC ze směsi polymerů a vícevrstvé polymerní OPVC.

- **Hybridní OPVC**

Využívají kombinované organické/anorganické materiály. Dále se dělí na OPVC s kombinací konjugovaného polymeru a polovodivých nanokrystalů, OPVC s heteropřechodem vytvořeným konjugovaným polymerem a oxidem titaničitým, barvivy senzibilizované OPVC. Nejznámější hybridní články jsou barvivy senzibilizované (DSC), které měly už v roce 1991 účinnost 10 %. Účinnost těchto článků závisí na použitém organickém barvivu. Jejich nevýhodou je nízká životnost, protože používají tekutý elektrolyt s jodidem a trijodidem [26].



Obr. 2.3 Předpokládaný vývoj hodnoty organické fotovoltaiky mezi druhy OPVC v hodnotách \$. [31]

### Budoucnost organické fotovoltaiky

Jedním z klíčových budoucích směrů vývoje OPVC bude použití pro BIPV (Building-Integrated PhotoVoltaics). BIPV je kombinace snadno integrovatelných OPVC a stavebních prvků. Díky transparentnosti, kterou poskytují OPVC, lze využít stavební plochy k výrobě

energie, např. okna, fasády atd. Tyto aplikace jsou statické povahy, tudíž vyžadujeme flexibilní, ale spíše dobře tvarovatelné OPVC. Tyto samé podmínky přicházejí v úvahu i pro možné využití v automobilovém průmyslu. Zde se budou klást požadavky na specifitější tvary panelů a mechanickou odolnost proti vibracím. Dalším možným uplatněním připadá v úvahu kombinace OPVC a textilie. Vše záleží na OEM<sup>1</sup> výrobcích, kteří jsou schopni organickou fotovoltaiku vhodně integrovat do svých zařízení.



Obr. 2.4 Ukázka BIPV 1) vlevo parkoviště s přístřeškem poskytující přirozené chlazení 2) vpravo zastávka v San Franciscu s poskytující připojení na WI-FI. [33]

---

<sup>1</sup> Original Equipment Manufacturer je obchodní termín, který označuje výrobce zařízení, jenž při výrobě používá díly, komponenty a zařízení od jiných výrobců a hotový výrobek prodává pod svou vlastní obchodní značkou [32].

Generace	Popis produktu	Trh	Dostupnost na trhu
1	a) Ohebné, lehké, životnost 1-2 roky, nižší efektivita (2%)	Přenosná elektronika	2009
	b) Moduly pro nízké vnitřní osvětlení, střední efektivita, životnost přes 5 let	Spotřebitelská elektronika, senzory baterií	2012
2	a) Flexibilní, FV moduly s výstupem >10 W, životnost do 5 let	Venkovní rekreační aplikace, dálkové ovládání	2010
	b) Poloprůhledné / barevné moduly, vnitřní fasády nebo okenní sklo, střední účinnost, životnost 10 let	Integrované generátory napájení v budovách	2012
3	(Flexibilní), nízká hmotnost, životnosti výrobku nad 10 let středně účinné	Výkonné aplikace, integrované v budovách	>2013
4	(Flexibilní), nízká hmotnost, životnost > 20let, účinnost nad 19%	Střešní sítě, bydlení, generace energie	>2015

Obr. 2.5 Vývojová generace organické fotovoltaiky ve střednědobém až dlouhodobém časovém horizontu nástupu na trh. [19]

### Klíčové parametry pro organickou fotovoltaiku

- **Efektivita, životnost a cena**

V časovém horizontu pět až deset let se organická fotovoltaika stane plně konkurenceschopnou dalším fotovoltaickým technologiím. K tomu je potřeba dosáhnout takových parametrů, jako je průměrná účinnost komerčních modulů přesahující 10 %, životnost větší než deset let a cena menší než 0,5 EUR za Watt-peak<sup>2</sup> [34].

- **Tvar (hmotnost, pružnost)**

Zvlášť zajímavé pro přenosné, textilní nebo integrované aplikace. Generace 3 a 4 by měly poskytnout nízkou hmotnost, jednodušší instalaci i flexibilní parametry. Ovšem flexibilita nemusí být z hlediska použití výhodou.

- **Vzhled (barva, průhlednost)**

Návrh vzhledu modulu je důležitý spíše pro přenosné produkty. Kromě barvy a určité transparentnosti se bude požadovat integrovaná fotovoltaika na objektech a ve stavbách.

<sup>2</sup> Watt-peak (Wp) je jednotka špičkového výkonu fotovoltaického článku.

- **Dopad na životní prostředí**

Dopad na životní prostředí je vyjádřen do dvou parametrů: energetická návratnost a uhlíková stopa. Energetická návratnost je doba, za kterou vyrobí panel tolik energie, kolik bylo potřeba na jeho výrobu. Uhlíková stopa je množství CO<sub>2</sub>, která se uvolní v průběhu výroby modulu. Hodnota uhlíkové stopy by se měla pohybovat v rozmezí mezi 250 gramů CO<sub>2</sub> (krátkodobý cíl) až 50 gramů CO<sub>2</sub> (dlouhodobý cíl)[19].

## 2.4 Ohebné displeje

Ploché obrazovky úspěšně v průběhu několika let nahradily konvenční displeje, jako byly CRT (katodová trubice). Byly klíčem k vývoji všudypřítomných produktů, jako jsou přenosné počítače a mobilní telefony. Zatímco displeje tekutých krystalů (LCD) jsou i nadále dominantní technologií pro ploché displeje, alternativní technologie jako jsou OLED, mikro elektromechanické systémy (MEMS), interferometry a elektroforetické displeje, jim začínají na trhu konkurovat.

OLED displeje v současné době našly uplatnění v mnoha mobilních zařízeních, jako jsou mobilní telefony, digitální fotoaparáty, audio-video přehrávače apod. Převážně se tedy jedná o displeje s nízkými rozměry (2 až 6 palců). K dostání jsou i výrobky s rozměry displejů 55 palců (LG), které mohou konkurovat běžně prodávaným LCD televizím.

### Rozdělení OLED displejů

- **PMOLED - Displeje s pasivní maticí**

Jednotlivé pixely jsou řízeny mřížkovou maticí navzájem překřížených vodičů. V místě křížení jsou vodiče připojeny k elektrodám OLED struktury a tím vznikají jednotlivé pixely. Displeje s pasivní maticí jsou jednodušší oproti AMOLED, používají se především tam, kde je třeba zobrazit například pouze text (pomalejší vykreslovací doba).

- **AMOLED - Displeje s aktivní maticí**

Spínání každého pixelu je prováděno vlastními dvěma tranzistory. Jeden řídí nabíjení a vybíjení kondenzátoru a druhý je jako napěťový stabilizátor kvůli zajištění konstantní velikosti proudu, čímž se zamezí například blikání bodů, které mají svítit během několika po sobě jdoucích cyklech. Mezi výhody oproti PMOLED patří vyšší zobrazovací frekvence, ostřejší vykreslení obrazu a nižší spotřeba. Nevýhodou je složitější struktura displeje a tedy i vyšší cena.

Společnost Samsung představila i další generace AMOLED displeje jako Super AMOLED, Super AMOLED + a HD Super AMOLED. Další společností podílející se na

vývoji AMOLED displejů je Motorola, která uvedla na trh Super AMOLED Advanced. Všechny tyto AMOLED displeje se liší v rozlišení, jas, energetické náročnosti a použitím grafického rozlišení.

### **Výhody OLED**

Oproti LCD displejů nabízí OLED širokou škálu výhod:

- ***Lepší kontrast***

Pokud na OLED subpixel nepřivedeme žádné napětí tak nesvítí, oproti LCD panelům, které i přes zavřený subpixel vyzařují (černá je spíše šedá). Jde pouze o to, jak dostatečně zatemní výrobce obrazovku. Pokud se za pixel nedostane žádné světlo (což je samozřejmě teoreticky nemožné), bude pixel ve vypnutém stavu absolutně černý.

- ***Lepší pozorovací vlastnosti***

OLED obrazovky mají větší pozorovací úhel než LCD a i větší jas

- ***Energeticky šetrnější***

OLED displeje jsou energeticky méně závislé než LCD displeje, které potřebují podsvícení

- ***Lepší tvarové vlastnosti***

OLED displeje jsou lehčí, odolnější a tenčí díky využití organickým materiálům.

- ***Flexibilitu a transparentnost.***

Právě flexibilita otevírá novou možnost pro OLED displeje a to vytvořit takový displej, který je ohebný a tím i zvýšit mnohonásobně jeho odolnost.

Většina monitorů má dnes dvě nosné vrstvy, které se nazývají frontplane a backplane. Na těchto vrstvách jsou spínací tranzistory TFT, vodiče, kterými se tyto vrstvy řídí, optické filtry pro případný rozklad bílého světla na RGB složky, OLED diody, atd.). Frontplane je nosná vrstva ze směru, ze kterého se na monitor díváme, backplane je nosná vrstva zezadu. Backplane se zpravidla dělají ze skla (pro neohebné monitory), pro ohebné se musí sklo nahradit pružným materiálem.

Původní záměr byl pro použití kovových vrstev pro backplane, ale výroba z těchto vrstev je velmi náročná. Na řadu přišla další možnost a to výroba backplane na pružný materiál na bázi polymerů. Největším problémem bylo zavedení výroby tenkovrstvých tranzistorů na polymerové vrstvy. Běžné tranzistory používané u displejů jsou typicky vyráběny při teplotách okolo 280 °C, což je příliš vysoká teplota pro většinu plastů. Spíše než snížit standardní teplotu se vědci rozhodli vyvinout dvě alternativní metody. Jedna z metod je

používání tepelně odolného plastu s názvem polyimid při 280 °C. Další alternativou je použití organických TFT, které mohou být zpracovány při mnohem nižších teplotách. [35]

V roce 2007 odstartoval prodej ohebných displejů. Firma Marisence produkovala flexibilní, rolovací e-papír pro cenovky obchodů ve Finsku. Velkým úspěchem byly e-čtečky Kindle. Na podzim 2011 oznámil Plastic Logic dostupnost Plastic Logic e-reader 100 pro ruské školy v hodnotě cca 7 700kč [36]. Plastic Logic navíc vytvořil ohebný elektronický papír, který funguje i při protržení nebo rozstřížení [37]. LG demonstroval v roce 2010 velkoformátové flexibilní e-čtečky, jako novinové medium na SID<sup>3</sup> konferenci, s rozměry téměř jako A3 a tloušťkou 0,3 mm [38]. Sony na stejné konferenci představila plně barevné rolovací OLED řízené pomocí organických tranzistorů. Mezi největší evropské projekty zabývající se flexibilními OLED jsou Flame, Amazoled a Cosmic, které vyvíjí doplňkové obvody s organickými tranzistory pro ovládání řádků e-papírových displejů. [19]



Obr. 2.6 Vlevo 19 palcový e-papír od firmy LG napodobující noviny[38]. Vpravo koncept nových telefonu s ohebným displejem od společnosti PolymerVision [39].

### **Budoucnost ohebných panelů**

Práce s ohebnou zobrazovací plochou a přizpůsobování složitým tvarům přináší řadu nových možností jak využívat zobrazovací zařízení. Nemusí se nezbytně jednat o plně ohebný displej, ale stačí využít odolnosti a tvarovatelnosti, což ocení uživatel mobilního zařízení, které může být ohroženo pádem, či jiným znehodnocením.

---

<sup>3</sup> The Society for Information Display je sdružení profesionálů v technických a obchodních disciplínách vztahující se k vývoji zobrazovací techniky, projektování, výroby, aplikací, marketingu a prodeji.

Použití - čtení			
Generace	Popis produktu	Trh	Dostupnost na trhu
1	Nerozbitné e-čtečky, 4bitové šedé stupnice, A4, > 100 ppi	Spotřební elektronika	2013
2	Elektroforetické barevná e-čtečka A4, obnovovací frekvence omezené, určitá flexibilita UXGA a RGB, 4-bitová	Spotřební elektronika	2014
3	Reflexní barevné e-čtečky, A5, 4 bitové, šedá stupnice, rolovací, než 20 snímků / s > 150 ppi	Spotřební elektronika	2016
Použití – zábava a multimedia			
Generace	Popis produktu	Trh	Dostupnost na trhu
3	Rolovací barevný OLED pro zobrazení videa, A5, mobilní elektroniku, XGA	Komunikace	2017
5	Rolovací barevný velký displej HD (FHD) OLED TV WXGA, WRGB	Spotřební elektronika	2021
Informační použití			
Generace	Popis produktu	Trh	Dostupnost na trhu
1	Elektroforetický displej, uhlopříčka 2", flexibilní, roll-to-roll výroba	Maloobchod	2010
2	Čipová karta s alfanumerickým maticovým displejem	Spotřební elektronika	2011
	Informační palubní displej	Automobylový průmysl	2013
3	Centrálně aktualizovaný jízdní řád, A2, B / W, bez šedé, > 100 ppi	Informace pro veřejnost	2015
4	Reklamní plakát, reflexní, 4 bitový barevný, A2, 50 (75) ppi, > 5 Hz	Reklama/dekorace	2018

Obr. 2.7 Popisuje různé generace ohebných displejů podle skutečného stavu technologií a hlavními požadavky trhu, které jsou shrnuty do střednědobého až dlouhodobého časového horizontu [19]

Existují určitá rizika spojená s vývojem ohebných displejů. Nikdo totiž nemůže předvídat požadavky trhu a jeho trendy. Dalším rizikem je změna zobrazovacího media v průběhu času. V případě barevných OLED displejů životnost není stejná pro všechny barvy. Modrá barva začne ztrácet na intenzitě již za 1 000 hodin, životnost zelené je asi 10 000 hodin a červené přibližně 30 000 hodin [21].



### **Klíčové parametry pro ohebné displeje**

- ***Ohybový rádius***

Definuje se jako rádius, který zařízení absolvuje 1000 krát, aniž by došlo k významným ztrátám výkonu (např. snížení kontrastu, poklesu jasu atd.). 1000 ohybů je kritériem [19], které bylo vybráno jako průměrná hodnota pro všechny ohebné displeje. Důležité je rozlišit druhy použití. Rozdíl pak určitě nastane u míry ohybu u pevně uložených srolovaných displejů nebo pro čipové karty či cenovky.

- ***Životnost***

Definuje se jako doba pro typické používání. Emisní displeje jsou stále v činnosti při používání na rozdíl od bistabilních, které jsou poháněny pouze při změně obrazu. To vede k různým požadavkům pro tuto třídu displejů. Životnost bistabilních displejů je více limitována degradací zobrazovacího media.

- ***Rozlišení***

Uváděno jako PPI (jednotka používaná k určení rozlišení rastrového obrazu nebo zobrazovacího zařízení). Společně s počtem řádků a sloupců zahrne celkovou velikost displeje.

- ***Rychlost vykreslování***

Rychlost s jakou může být napsán nový řádek. Pro čtecí aplikace stačí zlomky vteřin. Základním dosažitelným bodem pro dobu vykreslování je hodnota odpovídající pro přepínající frekvenci TFT v rozsahu MHz. [19]

## **2.5 Elektronické komponenty**

Hlavní oblastí elektroniky jsou RFID, paměti a flexibilní baterie.

### **2.5.1 RFID**

Radiofrekvenční identifikace (RFID) je založena na technologii přenosu informace z transpondéru ke čtecímu zařízení. Používá se v automatizaci, logistice, identifikaci a dalších. Jedná se o pasivní zařízení, které se skládá z integrovaného obvodu řízeného logikou a paměti kombinovanou s anténou. Uživatel zpravidla disponuje aktivním zařízením, kterým vysílá energii na určité radiové frekvenci (např. krátké vlny v rozsahu 13,56MHz nebo ultra krátké vlny v rozsazích 850-950 MHz) [19]. Tímto se aktivuje transpondér, který pošle zpět informaci uloženou v čipu. Takto se umožňuje přenos informací prostřednictvím radiových vln bez přímé viditelnosti. Typicky používanou dnešní aplikací jsou elektronické skipasy,

průkazy totožností, štítky pro logistiku a automatizaci (automatická identifikace dílů) nebo elektronické kódy produktů (EPC) pro maloobchodní logistiku, ověření pravosti zařízení a ochraně proti krádežím. Cena takovýchto transpondérů je majoritním faktorem pro budoucí velkoobjemové uplatnění, jako je značkování na úrovni spotřebního zboží v maloobchodě, kde by měly úplně nahradit optické čárové kódy.

Kombinace RFID s jinými komponenty nabízí celou řadu možností využití. Například kombinace RFID a baterie na dosažení větší vzdálenosti čtení nebo RFID obsahující senzory, které nám logují hodnoty teploty dílů během dopravy.

Hlavními požadavky RFID jsou nízké náklady na výrobu a vysoko objemová produkce. Logický obvod s pamětí je zde vytištěn na organické platformě. Anténa může být standardní (měď, hliník) nebo se může využít tisku vodivých barviv.[19] Samozřejmě je zde ku prospěchu menší tloušťka, pružnost a lepší ekologické vlastnosti, které přináší organická elektronika ve srovnání s konvenčním značením.

První RFID obvody využívající tisk, přišly na svět v roce 2007 firmou PolyIC. V roce 2009 firma IMEC představila 128 bitový transpondér obsahující organický materiál s kódováním Manchester a ALOHA antikolizním protokolem. V roce 2010 též firma dosáhla maximální přenosovou rychlost 50kbit/s pro 8 bitové RFID značení. V současné době se většina mezinárodních společností zaměřuje na zvýšení paměti, přenosovou rychlost a schopnost pracovat na ultra krátkých vlnách (800 až 900MHz). [19]

### Budoucnost RFID



Obr. 2.8 Plán vývoje RFID značení v závislosti na čase [19]

Mezi hlavní výhody jistě patří levná výroba, vlastnosti organických materiálů (tenké a pružné) a jednoduchá integrovanost. Jejimi slabinami je limitovaná životnost a omezená výkonnost (oproti klasickým křemíkovým RFID obvodům). Měly by přinést integrované značení a EPC na každé úrovni výrobku. Je ale nutné zvážit zda ji výrobky z řady optických kódů např. 2D kódy, nebo tištěné křemíkové čipy nepředčí.

### 2.5.2 Tištěné paměti

Tištěné paměti mohou být použité v celé řadě aplikací, které pracují s nějakým paměťovým médiem. Jsou důležité z hlediska kombinování s ostatními tištěnými elektronickými součástkami, jako jsou senzory, displeje, RFID atd. Z tohoto důvodu budou paměti s tištěnou logikou (tranzistorovou) jedním z klíčových předpokladů nových zařízení.

Spojení tištěných radiofrekvenčních obvodů a pamětí (s tištěnou tranzistorově řízenou logikou) bude nejspíše nejprimárnější pro spotřebitelské aplikace a tištěnou elektroniku, jako jsou RFID značení a NFC<sup>4</sup> značení. Tyto obvody však většinou neobsahují žádný zdroj energie. Řešením může být NV-RAM (Non-Volatile Random Access Memory - energicky nezávislá paměť), kterou lze integrovat s několika tranzistorovými technologiemi, včetně v současnosti zavedených technologií, vyvinutých institucemi a společnostmi, jako je PolyIC, Toppan, Plastic Logic, PARU, PARC a Holst. [19]

První tištěné paměti, které se objevily na trhu byly v karetních hrách. Jednalo se o ROM, kterou vyráběla německá společnost Printed Systems. Začátkem roku 2008 švédská společnost Acreo představila e-ID. Toto zařízení obsahovalo WORM paměť. Dále spolu se společností VTT (Finsko) a Stora Enso (Švédsko/Finsko) vyvinuly tištěnou WORM paměť v FP7 EU Projektu PriMeBits (2010), zaměřující se na smart balení pro farmaceutický průmysl. [19]

První NV-RAM vznikla v roce 2006 díky norské společnosti Thinfilm. V roce 2009 byl Thinfilm prvním světovým producentem polymerové paměti využívajícím v širokém měřítku tiskovou produkční technologii typu roll-to-roll. Společně s PARC, společností Xerox, Thinfilm prototypoval NV-RAM paměť zahrnující CMOS obvody, které zvýšily kapacitu a umožnily integraci k vytvoření plně tištěného systému, jako jsou ID značky, sensorové značky a jednorázové cenové štítky. [19]

---

<sup>4</sup> Near field communication je komunikační technologie sloužící k bezdrátové komunikaci mezi elektronickými zařízeními na krátkou vzdálenost, dle standardu do 20 cm, primárně určena spíše pro mobilní telefony. Kombinuje rozhraní čipových karet a bezdrátového komunikačního zařízení [40]).

### Budoucnost tištěných pamětí

Generace	Popis produktu	Trh	Časová dostupnost
1	Malé ROM a WORM (Write Once Read Many Memory)	ID, hračky a ochrana značky	2008
2	Malé NV-RAM	ID, hračky, ochrana značky	2009
3	Střední WORM	Ochrana značky	2010
4	Střední NV-RAM s tištěnými obvody	Hračky, marketing	2012
5	Střední NV-RAM s tištěnými obvody a RF	Hračky, senzory, logistika, chytré obaly	2014
6	Paměti integrované v EPC značení	ID, ochrana značky	2018
7	Velké WORM	Multimédia, snímače	2020
8	Velké NV-RAM	Spotřební elektronika	2022

Obr. 2.9 Popisuje různé generace tištěných pamětí podle skutečného stavu technologií a hlavní požadavky trhu, které jsou shrnuty do střednědobého až dlouhodobého časového horizontu. [19]

Křemíkové paměti však stále nabízejí v porovnání s tištěnými pamětmi větší kapacitu a přenosovou rychlost [41]. Oproti tomu hlavními přednostmi tištěných pamětí je především nízká cena a vlastnosti těžící z organických materiálů jako tenkost, ohebnost, netoxičita atd. Další výhodou je velmi nízká, nebo dokonce nulová potřebná energie (v případě NV-ROM) a schopnost kombinace s dalšími komponenty jako senzory, displeje, antény a baterie. Proto jako nejvhodnější aplikace využití se jeví ve všeobecně používaném značení, displejích a NFC. [19]

#### 2.5.3 Tištěné baterie

Tištěné baterie jsou teprve na počátku svého vývoje. První tištěné baterie byly umístěny v kovovém pouzdře, což omezovalo možnou integraci s dalšími tištěnými/organickými zařízeními. Vývoj je však velmi optimistický, protože ostatní komponenty, jako smart obvody a RFID, už počítají s její kombinací. Ačkoliv se to moc nezdá, organické baterie jsou velmi žádoucí, protože mají velmi vysokou hustotu energie vzhledem k jejich velikosti, neobsahují žádné kovy a jsou tenké. Dosavadním vývojovým leadrem je japonská společnost NEC, která vytvořila 0,3 mm silnou organickou baterii. Tato baterie má kapacitu 3mAh, nabíjení trvá 30s a při dobíjení se kapacita sníží o 25% po 500 nabití. [42] Baterie vznikla v roce 2012.

**Budoucnost tištěných baterií**

Generace	Popis produktu	Trh	Časová dostupnost
1	Tenké ohebné baterie, tisk po částech	Smart karty, ID karty, platební karty	2014
2	Tenké ohebné baterie, plně tištěné	Senzory, smart balení, zdravotnictví	2019
3	Plně integrované baterie	Smart balení, reklama	2022

Obr. 2.10 Popisuje různé generace tištěných baterií podle skutečného stavu technologií a hlavními požadavky trhu, které jsou shrnuty do střednědobého až dlouhodobého časového horizontu [19]

Stejně tak důležité jako byly tištěné paměti, z hlediska kombinování s ostatními tištěnými výrobky, jsou i tištěné baterie. V budoucnu by se tedy měl vývoj tištěných baterií zabývat zvýšením výkonu a integračního potenciálu. Vše je však řízeno požadavky komerčního uplatnění a dosaženými technologiemi.

## 2.6 Integrované „smart“ obvody

Velkou příležitostí pro organickou elektroniku jsou smart obvody. Smart obvod je kombinace více komponentů za účelem specifictějšího využití jednoho zařízení. Kombinace těchto komponentů může poskytnout více možností, jak využívat jedno zařízení. Text je následně rozdělen do 3 kategorií: smart objekty, tištěné senzory, tištěné textilie.

### 2.6.1 Smart objekty

Jako první příklad smart objektů jsou tištěné klávesnice, tištěné reproduktory a smart karty obsahující tenké filmové baterie a pružné displeje. V budoucnosti by měly přibýt se složitější funkcí i další typy využití. Od jednoduchých vstupních zařízení, animovaných log nebo čipových karet až po objekty s displeji, smart vstupenky, senzory a smart balení. Paleta smart objektů je omezena pouze počtem dostupných technologií a kreativity vývojářů. Většinou se jedná o exotické aplikace. Jako jeden z klíčových problémů se jeví péče o mechanické části, elektrickou kompatibilitu a propojení mezi jednotlivými funkcemi obvodu. [19]

### Budoucnost smart obvodů

Nejvíce očekávanými produkty, které by se měly na trhu objevit, jsou reklamní poutače s animací. Dalšími smart objekty budou nejspíše smart karty. V obrázku 2.11 jsou uvedeny existující produkty a i budoucí generace využití těchto zařízení.

Generace	Popis produktu	Trh	Časová dostupnost
1	Smart karty s displeji a baterií	Marketing, hry, informační značení	2012
2	Radiově aktivovaný displej (s předdefinovanými funkcemi)	Marketing, hry, ochrana značky	2012
3	Senzorové značení (senzory, logika, baterie, radiově aktivování)	Testování jednoduchých parametrů jako teplota a vlhkost	2017
4	Smart obaly (integrovaná verze uvnitř balení, senzory)	Smart obaly pro vysoce objemové použití	2020
5	Smart karty s tištěnými displeji, organickými obvody, paměti, bateriemi, organickými senzory	Smart karty pro uzavřenou smyčku aplikací	2023
6	Kompletní smart objekty pro vysoko objemové části trhu (OPV, logistika, baterie, paměti)	Vysoko objemová výroba smart karet a obalů.	2022

Obr. 2.11 Popisuje různé generace tištěných baterií podle skutečného stavu technologií a hlavními požadavky trhu, které jsou shrnuty do střednědobého až dlouhodobého časového horizontu [19]

### 2.6.2 Tištěné senzory

Komerčně dostupné tištěné senzory jsou k dispozici již po dvě desetiletí. Jedná se o senzory na monitorování glukózy. Dalšími komerčně dostupnými senzory jsou například tištěné senzory pro snímání tlaku, nebo dotykové senzory. [19]

V zásadě, všechny senzory měří určitou fyzikální veličinu, která je převedena do elektrického signálu. V praxi se můžeme setkat například i se senzory reagujícími na chemické složení. V tomto případě je nutné sensor opatřit chemicky citlivou vrstvou. Pro biosenzory se přidává další vrstva ve formě enzymů, nukleové kyseliny nebo protilátek. Tyto všechny senzory nějakým způsobem vytvářejí interakci na dané prostředí. Biologické, chemické nebo fyzikální změny jsou elektronicky ohlášeny signálem, který se dále zpracovává. [19]

### Budoucnost tištěných senzorů

Popis produktu	Časová dostupnost
Optické senzory (OLED/organické fotodiody)	2009
Senzory pro měření teploty, tlaku, napětí a pole	2010
Chemické senzory na jedno použití (funkce ano/ne)	2010
Biosenzory na jedno použití (s více testovacími úrovní)	2014
Nepřetržitě sledování chemických hodnot (analogové)	2016
Analogové citlivé biosenzory na jedno použití	2018

Obr. 2.12 Předpokládaný časový horizont dostupnosti jednotlivých typů senzorů na trhu. [19]

Okruh použití tištěných senzorů je stejný jako u klasických senzorů. Výhoda je však dobré kombinovatelnosti s dalšími prvky obvodu. V budoucnu by tištěné senzory byly spíše součástí obvodů než samostatným komponentem.

#### 2.6.3 Smart textilie

Smart textilie jsou tkaniny, které můžou měnit svoje vlastnosti díky reakci vnějších podmínek (mechanické, elektrické, tepelné a chemické). Tyto smart textilie, kromě skutečné tkaniny obsahují další funkční vrstvu vláken jako vodivá, piezoelektrická, fotovoltaická, osvětlovací vlákna a další. Smart textilie využívají tiskových technologií k nanášení už hotových elektronických obvodů na tkaninu. Pro tuto činnost je nutné mít nejen přehled v elektrotechnickém průmyslu, ale i v textilním, protože textilní materiál má často jiný charakter než ten elektronický (drsnot povrchu, roztažnost látky apod.)

Existuje řada rizik, které mohou ohrozit trh se smart textiliemi. Těmito riziky jsou:

- **Nositelnost**

Od těchto textilií se očekává, že jí člověk bude na sobě nosit. Nebude mu vadit v pohybu a bude splňovat základní ergonomii.

- **Praktická použitelnost**

Smart textilie jsou především tak konstruované, aby nabídly uživateli praktické využití. Je zbytečné tyto textilie kombinovat s dalšími komponenty, které můžeme využít samostatně.

- **Odolnost**

Spojování jednotlivých částí elektronického obvodu, které jsou kombinovatelné s ohebnými a roztažitelnými substráty, musí splňovat určitou úroveň odolnosti.

- **Údržba**

Čištění smart textilií je nevyhnutelné. Proto je snadná údržba jednou z klíčových parametrů.

- **Netoxicity**

Smart textilie nesmí za žádných okolností svými částmi ohrozit zdraví člověka.

### **Budoucnost smart textilií**

Smart textilie obsahující organickou elektroniku mohou ovlivnit řadu textilních výrobků používaných pro sport, zdravotnictví, armádu, automobilový průmysl, pracovní služby atd. Nejznámějším odvětvím smart textilií jsou v současné době výrobky kombinující OPVC a textilie. Společnost Konarka vydává speciální OPVC, které výrobci OEM dále kombinují s taškami či batohy. Pokud se jedná o smart textilie k nošení, tak v současné době na trhu takové produkty žádné nejsou. Takovéto textilie, které lze obléknout jsou náročnější než batohy nebo tašky. Nejznámější společností, která se zajímá vývoj smart textilií je španělská společnost Cetemmsa.

Generace	Popis produktu	Trh	Časová dostupnost
1	Smart oblečení se senzory	Sport, zdraví	2013
2	První OPVC integrovaný na oblečení	Sport, zdraví	2014
3	Smart oblečení se senzory (vylepšená životnost a )	Sport, zdraví	2016
3	Oblečení s displejem	Sport, bezpečnost	2017

Obr. 2.13 Popisuje různé generace smart textilií podle skutečného stavu technologií a hlavními požadavky trhu, které jsou shrnuty do střednědobého až dlouhodobého časového horizontu [19]



### 3 Evropský trh s organickou elektrotechnikou

Nezávislý výzkum od analytické firmy IDTechEx, odhaduje, že celkový trh s tištěnou elektronikou a elektronikou využívající organické materiály se zvýší z hodnoty 2 miliard dolarů v roce 2009 na více než 50 miliard dolarů do roku 2019 [43]. Z čehož plyne, že bude narůstat výrobců, výzkumných institutů a společností zabývajících se organickou elektrotechnikou.

Organickou elektronikou se zabývá široký okruh společností, výzkumných center, akademických institutů apod. Každý z těchto objektů se většinou, kromě širokého zájmu zabývá i určitou vyhraněnou oblastí organické elektroniky a tu dál rozvíjí a specializuje se v ní. Tyto specializace lze rozdělit na:

- ***Materiály***

Substráty, vodiče, polovodiče, dielektrika, zapouzdření a ostatní.

- ***Technologie***

Vakuové napařování, tiskové produkční technologie, nanášení vrstev, fotolitografické technologie

- ***Součástky a komponenty***

OFET, OLED, OPVC, pasivní součástky, integrované obvody, senzory, antény, baterie, paměti a ostatní

- ***Integrace***

Integrace do obalů, kompletování obvodů a ostatní.

- ***Testování***

Elektrické, fyzikální, chemické vlastnosti, optimalizace obvodu, zkoušky kvality a ostatní.

- ***Aplikace***

Osvětlení, zobrazovací elementy, fotovoltaika, smart obvody, RFID a ostatní.

- ***Ostatní***

Poradenství, R&D, projekty, řízení financování a ostatní.

Evropa je obecně považovaná za hlavní centrum pro výzkum, vývoj a inovaci elektronických obvodů na bázi organické elektroniky. Společností a institucí, které se v menší či větší míře angažují v organické elektronice, je z tohoto pohledu výrobců z oboru

organické elektroniky poměrně velké množství. Proto je následující text zaměřen na nejvýznamnější evropské výrobce koncových zařízení v oblasti organické elektroniky.

### 3.1 Výrobci základního osvětlení

Jako základní nebo všeobecné osvětlení se označuje jednotné osvětlení místnosti bez dalších zvláštních požadavků na světlo, v určitých částech místnosti. Základní osvětlení je prostě a jednoduše bází každého osvětlovacího systému.

Základní osvětlení by mělo být vždy neoslňující, rovnoměrné a přitom energeticky úsporné – také proto, že bývá ve srovnání s ostatními oblastmi osvětlení nejčastěji využívané. K dostačujícímu základnímu osvětlení patří např. stropní, závěsná nebo vestavěná svítidla, zářiče a svítidla kabelových a tyčových systémů nebo vícedílná stropní svítidla.

#### OSRAM

OSRAM je společnost zabývající se osvětlení. Hlavní sídlo Osram je v Mnichově a po celém světě zaměstnává více než 41 000 lidí. Ve fiskálním roce 2011 dosáhl prodej objemu 5 miliard euro. Společnost byla založena v roce 1919 třemi firmami - Siemens & Halske, Deutsche Glasglühlicht a AEG – které spojili svou výrobu žárovek právě pod značkou OSRAM. [44]

- *Orbeos*

Orbeos jsou plošné světelné zdroje společnosti Osram. Jejich světlo je teple bílé, a to nezávisle na úhlu pozorování. Cena jednoho panelu se pohybuje okolo 7000 korun.

Tab. 3.1 Produktová řada Orbeos [převzato z [www.osram.cz](http://www.osram.cz) a [www.oledshop.cz](http://www.oledshop.cz)]

Produkt	Formát	Rozměry světelné oblasti	Rozměry	Tloušťka	Hmotnost	Světelná účinnost	Životnost
CDW-031	Kulaté, difuzní, teple bílé	Průměr: 79 mm	90x90x2.1mm	2,1 mm	24 g	23 lm/W	>5000
CMW-031	Kulaté, zrcadlové, teple bílé	Průměr: 79 mm	90x90x1.8mm	1,8 mm	23 g	14 lm/W	>5000
RMW-046	Obdélníkové, zrcadlové, teple bílé	132 x 48 mm	132x48x1.8 mm	1,8 mm	22 g	14 lm/W	>5000

První lampou pod značkou OSRAM je PirOLED, která využívá nejen OLED panely, ale také LED osvětlení. Skládá se z pěti, otočných panelů ORBEOS CDW-031 sestavených do struktury podobné šroubovici DNA. Na zadní straně každého OLED panelu je zrcadlo, které zachycuje směrové světlo LED ze základny svítidla a odráží jej do prostředí. Výroba lampy je

limitovaná a cena se pohybuje okolo 9800 eur [45]. V budoucnu připadá i jiné možné kombinace panelů Orbeos, vše je v rukách designerů.



Obr. 3.2 Vlevo první svítidlo Osramu PirOLED, vpravo ukázka další možné kombinace Orbeosů jako svítidel. [44]

### Philips & Co

Philips & Co je nizozemská společnost, která je jedna z největších elektronických společností na světě. Ve fiskálním roce 2007 dosáhl prodej objemu 26.79 miliard euro. Společnost byla založena v roce 1891 a v současné době zaměstnává přes 123800 lidí ve více než 60 zemí [46]. Společnost produkuje řadu organického osvětlení Lumiblade a v budoucnu by se na trh měly dostat i její výrobky ohebných displejů, které se nyní nacházejí ve fázi konceptů.

- **Lumiblade**

Jedná se o velkoplošný difuzní zdroj světla. Vrstva osvětlovacích diod je jen 1,8 mm tenká, má svítivost až 1000 cd/m<sup>2</sup> [46] (což je přibližně 2x více, než je maximální jas běžné televize či monitoru) a může být přizpůsobena do libovolného tvaru. Svítivou vrstvou lze vytvářet jak 3D (lampy a jiné) objekty, tak ji například použít k pokrytí nábytku či jiných objektů čili ideální jako vestavěné svítidla. Na trhu jsou k dostání různorodé tvary a barevné varianty. Cena tohoto OLED panelu je přibližně stejná jako u Orbeos (Když porovnáme stejné rozměrové panely), ale k dispozici jsou i menší modely, kde se cena pohybuje až o polovinu méně (30x30mm). Tedy záleží na tvaru a barevném provedení. Největší rozdíl mezi konkurenčním Orbeos je v životnosti. Výrobce udává životnost okolo 15000h [46].

### Liternity

Liternity je německá společnost, kterou vlastní přední poskytovatel patentových organických materiálů a doplňkových inovativních technologií pro OLED displeje Novaled AG.

- **Victory**

Victory je první lampa společnosti Linternity. Jedná se o limitovanou edici stolních lamp, které využívají čtyři obdélníkové OLED panely. Základna lampy je 35 cm vysoká a 40 cm dlouhá. Victory je k dispozici v několika barvách a její výroba byla zahájena v roce 2011 v Evropě, USA a Spojených arabských emirátech. Tloušťka OLED panelů je 1,8 mm a aktivní plocha 41 cm<sup>2</sup>. Životnost lampy je 10000h a její cena je 4998 euro [47].



Obr. 3.3 Stolní lampa Victory [47]

### 3.2 Výrobci OPVC

Většina výrobců OPVC na evropském trhu se pohybuje v oblasti R&D. Problém je v tom, že se nevyplatí vyrábět panely s účinností pod 10 % (polymerní a molekulové). Existují i výrobci OPVC s účinností 10,7 % (Heliatek), ale tyto výsledky byly dosaženy v laboratorním prostředí. Do roku 2008 se u polymerních a molekulových OPVC účinnost pohybovala okolo 5 %, a proto se výrobci spíše zaměřovali na barvivo senzibilizované OPVC, které měly účinnost vyšší.

#### G24i

G24i je anglická technologická společnost sídlící ve městě Cardiff. G24i se specializuje na barvivo senzibilizované OPVC a možností je snadno integrovat do dalších zařízení jako senzory, mobilní zařízení, BIPV atd.

- **Indy 2200**

Tento barvivo senzibilizovaný článek je 200mm dlouhý, 27mm široký a jeho tloušťka je 0,35 mm. Je tedy ideálním řešením pro integraci s dalším zařízením [48]. Indy 2200 se na trh nedostal. G24i vyrobila těchto DSC pouze pár prototypů, které slouží jen na ukázkou. Sám výrobce si vyhrazuje změny parametrů udávaných ve svých publikacích pro celou řadu Indy.

Tab. 3.2 Parametry barvivo senzibilizovaného OPVC Indy 2200 od společnosti G24i [48]

Parametry	Stav	Standartní hodnoty	Minimum	Maximum	Jednotky
Napětí na prázdko	200 lux	1,1	1,9	1,16	V
	1000 lux	1,24	1,22	1,26	
Zkratový proud	200 lux	213	200	224	μA
	1000 lux	1036	1014	1058	
Provozní napětí	200 lux	0,91	0,9	0,93	V
	1000 lux	1,1	0,98	1,3	
Provozní proud	200 lux	188	173	203	μA
	1000 lux	939	913	964	
Poloměr ohybu	-	30	-	-	mm
Hmotnost	-	592			g/m <sup>2</sup>

### **Heliatek GmbH**

Technologická společnost Heliatek se sídlem v Drážďanech (Německo) je financována firmami Bosch, Basf a dalšími. V roce 2012 v Drážďanech vznikne první výrobní linka Heliateku s produkcí už od třetího čtvrtletí téhož roku a začne sériová výroba OPVC v malých velikostech.

Společnost vyvinula nový typ OPVC, který je vyroben z nízkomolekulárních materiálů uložených na polyesterové fólii. OPVC vyrobené touto technologií jsou pružné a mnohem lehčí než běžné solární panely. Tyto OPVC dosahují rekordní účinnosti 10,7 % a tak překonali Konarky OPVC.

### **Konarka Technologies Inc.**

Konarka Technologies Inc. je společnost, která je majoritním představitelem organické fotovoltaiky a nastavuje její úroveň světovému trhu. Ačkoliv se jedná o americkou společnost se sídlem v Lowellu ve státě Massachusetts, je tato společnost natolik významná, že stojí za zmínku. Tato společnost se zabývá vývojem dvou typů OPVC a to polymerních a barvivem

senzibilizovaných (DSC). Efektivita polymerních článků dosahuje 9 % [49]. Tato hodnota byla stanovena v únoru 2012.

- **Konarka Power Plastic 40 Series**

Tato řada OPVC je vyrobena z materiálu Power Plastic, který Konarka používá u všech vyrobených článků u 40 řady. Power Plastic je lehký, tenkovrstvý, organický fotovoltaický materiál. Tento materiál je založen na foto-reaktivním vodivém polymeru a organickém nanomateriálu.

Řada 40 obsahuje 3 OPVC (540, 1040 a 1140), které se akorát liší v rozměrech. Tyto panely jsou schopny pracovat až do teplot 65 °C. Řada 40 je zapouzdřená ve vysoce transparentním laminátu, díky čemuž jsou panely vodotěsné. Hlavním využitím těchto panelů je snadná kombinace s objekty, jako jsou střešní konstrukce apod. [49].

### 3.3 Výrobci ohebných displejů

Majoritní oblastí zabývající se výrobou OLED displejů a ohebných displejů je Asie. Mezi nejznámější výrobce patří Samsung (Jižní Korea), LG (Jižní Korea), Sony (Japonsko). Evropské výrobci displejů se zatím nepohybují v oblastech využití organických materiálů, a tak se s prvním OLED displejem na evropském trhu setkáme v průběhu dalších let. Evropský trh se spíše zaměřuje na ohebné displeje. Bohužel, jak na evropském trhu tak i celosvětovém se zatím neobjevil plně ohebný či rolovací displej, který by se běžně prodával. Toto odvětví nabízí maximálně prototypy či koncepty, jako ukázkou pro veřejnost.

#### Plastic logic

Plastic logic je anglická společnost založená výzkumníky na Cambridgeské univerzitě. Jedná se o dodavatele komponentů pro OEM výrobce, ale i výrobce samotného (Plastic logic 100). Společnost má nyní tři továrny (Anglie, Rusko a Německo). Společnost dosáhla výroby displejů s dlouhou životností (>5 let, 10 milionů aktualizací stránek), 150 dpi černobílým a 112 dpi barevným rozlišením a možností zobrazení videa na svých produktech [50].

- **Plastic Logic 100**

Plastic logic je e-čtečka, která se nyní využívá jako učebnice v ruských školách [19]. Zařízení obsahuje elektronický papír<sup>5</sup> s uhlopříčkou 10,7 palců [50]. Tento e-papír využívá řídicí elektroniku na bázi OTFT vyrobenou na plastovém substrátu. Displej je usazen v pevném rámu a přední část je překryta krycím sklem. Krycí sklo je použito z důvodu

---

<sup>5</sup> Elektronický papír nebo e-papír je druh zobrazovací jednotky, která připomíná normální papír a je schopna uchovat zobrazenou strukturu natrvalo bez jakékoliv spotřeby.

ovládání kapacitního dotykového displeje. Hlavními výhodami tohoto zařízení je vysoká odolnost a minimální hmotnost (475 gramů). Nevýhody této čtečky a jí podobným je pomalá překreslovací doba a náznak předchozího obrazu v aktuálním zobrazení. Hodnota této čtečky je přibližně 7700 Kč [36].



Obr. 3.4 Plastic Logic e-reader 100 sloužící jako učebnice v ruských školách [36].

### Polymer Vision

Polymer Vision z Eindhoven v Nizozemsku je společnost zaměřující se použití ohebných displejů v mobilních zařízeních. Polymer Vision vlastnil do roku 2006 Philips, poté se jednalo o nezávislého výrobce. Před vydáním RADIUSu v roce 2009 společnost Polymer Vision zkrachovala. Zachránila ji však společnost Winstron, která koupila návrh RADIUSu a nyní je její dceřinou společností. [51] Polymer Vision v současnosti pracuje na e-čtečce, u které je možné ohnout displej, tak že připomíná tvarem knihu. Zatím se tato společnost pohybuje v oblasti výzkumu a vývoje a oproti Plastic Logic nepředvedla plně barevný ohebný displej.

- **RADIUS**

RADIUS je kapesní zařízení, které obsahuje černobílý 5 palcový rolovací displej [51] s možností připojení k internetu. 5 palcový displej je plně rolovací a je navinut okolo těla RADIUSu. Vše je pak zapouzdřeno v pevném těle a tento černobílý displej lze vytahovat.

## 3.4 Výrobci elektronických systémů a smart obvodů

### PolyIC GmbH & Co. KG

PolyIC vyvíjí a prodává produkty založené na platformě technologie tištěné elektroniky. Tato společnost byla založena v listopadu 2003 jako společný podnik mezi Leonhard Kurz a

Siemens. Od roku 2010 je jediným vlastníkem Leonhard Kurz. Společnost sídlí ve městě Fuerth (Německo).

PolyIC nabízí tři řady produktů: PolyID (tištěné RFID), PolyLogo (tištěné inteligentní obaly) a PolyTC (průhledné vodivé filmy). [52]

- **PolyTC**

Tyto filmy jsou transparentními elektrickými komponenty s vysokým potenciálem pro aplikace, jako jsou dotykové senzory, displeje a elektrody. Skládají se z tenkých kovových vrstev (Ag,Cu - odpor nastavitelný z 0,4 až 1  $\Omega / m^2$ ) na plastovém filmu (obvykle polyester PET - tloušťka filmu substrátu od 36 - 100  $\mu m$ , typicky 50  $\mu m$ ). Tyto komponenty našly uplatnění v zařízeních, kde je zapotřebí vysoká transparentnost (>85 %) a vysoká elektrická vodivost povrchu. PolyTC filmy mohou v mnoha aplikacích nahradit běžně používané ITO (oxid india a cínu). [52]

- **PolyID**

Tato řada produktů se dělí do 2 skupin a to na snadnou detekci pohybu (ochrana proti krádeži) a systémy pro identifikaci (RFID). PolyIC zaměřuje RFID k nahrazení čárových kódů v supermarketech, především u obalů jogurtů. Tyto RFID mají kapacitu paměti několik bitů a jsou neustále aktualizované v následujících generacích. [52]

- **PolyLOGO**

Jedná se o smart objekty skládající se z tenké, flexibilní a tištěné elektroniky, které mohou obsahovat (kromě logiky) různá elektronická zařízení. Příkladem jsou čidla, baterie, ovládací logika. Výchozím bodem v této řadě produktů je RAD displej, který může přepnout zobrazovací elementy s předem definovanou informací prostřednictvím radiových vln. Tato řada nese název PolyLogo®-RAD, kde RAD je zkratka Radio Activated Display. [52]



Obr. 3.2 Vlevo model RFID značky z řady PolyID a vpravo PolyLogo®-RAD [52]



### **ThinFilm**

Thin Film Electronics „Thinfilm“ je norská technologická společnost s hlavním sídlem v Oslu a s vývojovým pracovištěm v Linköping ve Švédsku. Thinfilm je průkopník v oblasti tištěné elektroniky, který poskytuje plně tištěné paměti pro výrobky, jako jsou senzory, ID systémy, logistické aplikace a hračky. [43]

Thinfilm produkuje Thinfilm Memory<sup>TM</sup> (20bit přepisovatelná tištěná paměť) a Thinfilm Memory Controller<sup>TM</sup> pro specifické použití v integrovaných obvodech. Dále nabízí tištěné paměti s logickými obvody Thinfilm Adressable Memory<sup>TM</sup>, které se využívají k integraci s plně tištěnými systémy, jako jsou ID značení, senzory a cenovky. [43]

Technologie ThinFilmu je založena na použití ferroelektrických polymerů, jako funkčních paměťových materiálů, vložených mezi elektrody v pasivní matici – každý z kovových přechodů definuje paměťovou buňku. Paměťová funkce je založena na vnitřním mechanismu, který se vztahuje k orientaci řetězců polymeru. Polymerové řetězce mohou být orientovány ve dvou různých způsobech představujících „0“ a „1“. Každý stav je stabilní bez použití vnějšího pole, což znamená, že se informace v paměti neztratí, pokud je vypnuto napájení. Vnitřní charakter polymeru znamená, že tato technologie je extrémně škálovatelná. Thinfilm představil 110 nm buňky a poukázal na to, že nemůžou být vytvořeny ještě nižší limity buněk.

Patentovaná pasivní matice je paměťová architektura, která se obejde bez potřeby aktivního elektronického řízení paměťové buňky. Umožňuje skládat základní vrstvy paměti na sebe a tvoří tak vysokou hustotu. Pasivní pole paměťové architektury umožňuje jednotlivé části paměti oddělit od čtení nebo zápisu, bez integrace tištěné logiky. [43]

### **Varta Microbattery GmbH**

Je přední mezinárodní výrobce OEM a baterií s více než 100 letou historií. Vyvíjí a produkuje baterie ve všech elektrochemických systémových typech a velikostech v Ellwangen (Německo). Varta Microbattery vlastní společnost Montana Tech Components AG a spolupracuje s technickou univerzitou ve Štýrském Hradci (na rychlejší nabíjení, zvýšení teplotní odolnosti, zvýšení kapacity atd.). Její soustředění z hlediska vývoje je zaměřeno na nanomateriály a nanotechnologie, mikro palivové články s vysokou hustotou akumulace

energie, získávání energie z okolního prostředí (např. vibracemi, světlem, teplem) a tištěnými ultratenkými bateriemi. [53]

Společnost se podílela na mnoha projektech, například GREEN a SAFE tenké filmové baterie pro ohebné organické zařízení (GREENBAT). Projekt byl zahájen v červnu 2008 se zaměřením na projektování tištěných Li-Ion článků. [18]

Greebat baterie, je Li-Ion baterie, tisknuta vrstva po vrstvě, na základě  $\text{LiFePO}_4$ . Její celkový rozměr je 40 x 40 mm a nominální kapacita by měla být okolo 30 mAh. Lze jí uplatnit v logistice, inteligentních obalech, oblečení atd. V budoucnosti bychom se měli dočkat i využití ve sféře stavebnictví a architektury, např. solární panely s bateriemi. [18]

### 3.5 Koncoví odběratelé výrobků

Finální výrobek z organické elektroniky nemusí vždy skončit u jednotného koncového spotřebitele. Jedná se o případy elektroniky a smart obvodů, kdy jej odebírají další společnosti, které ho dále zpracovávají. Ukázkovým příkladem jsou bezpečnostní společnosti apod.

#### **Bundesdruckerei GmbH**

Je německá společnost se sídlem v Berlíně. Cílem společnosti jsou produkty pracující se vstupními procesy a postupy vysoce integrovaných bezpečnostních systémů (bankovky, poštovní známky, kolkové známky atd.). Jedná se o dodavatele výrobků, systémů a bezpečnostních technologií. [54]

Své zákazníky podporuje v mnoha vládních aplikacích: pasy, ID karty na mezinárodních hranicích, velvyslanectvích, policii, bankách, poštách, patentových úřadech nebo využití v soukromém sektoru. Společnost zaměstnává po celém světě přibližně 1900 zaměstnanců a v roce 2010 měla příjmy ve výši 350.6 milionů eur. Organickou elektroniku využívá především u ID karet. [54]

### 3.6 Sdělovací a informační činnosti

Vesměs každá z větších společností, institutů apod. zabývající se oblastí organické elektroniky se může jistou měrou podílet na informačních činnostech např. v podobě firemních katalogů, reklam, výstav atd. Rámec představovaných informací má povětšinou specifický rozsah informačního charakteru, protože se jedná o samostatné celky pracující ve větší míře v jednom odvětví, jako například materiály, součástky, technologie atd. V Evropě, ale existují i projekty, shrnující světové dění na trhu organické elektroniky. Tyto projekty jsou

většinou tvořeny velkým počtem společností, výzkumných institutů, škol pod, které s nimi spolupracují a poskytují dostupné výsledky okolo své činnosti. Mezi ty nejvýznamnější v Evropě patří OE-A a OPERA.

- ***OE-A - The Organic Electronics association***

OE-A je informační a komunikační platforma pro podniky a výzkumné ústavy zabývající se novými technologiemi. Cílem tohoto sdružení je vytvářet jednotlivé mosty mezi vědou, technologiemi a aplikacemi, využívajícími organickou a tištěnou elektroniku. Členství bylo založeno v prosinci 2004, s více než 170 členy, ve 29 zemi Evropy, Severní Ameriky a Austrálie [22]. OE-A je pracovní skupina ve VDMA (Německá inženýrská federace), jejíž hlavní centrála je ve Frankfurtu v Německu. Mezi její činnosti spadá publikace katalogů, které obsahují dosažené výsledky, nové technologické postupy a současné a budoucí uplatnění organické elektroniky na trhu svých členů se kterými spolupracuje.

- ***OPERA - Organic/Plastic Electronics Research Alliance***

Opera je evropské sdružení odborníků, které navrhuje a koordinuje práci akademické a průmyslové sféry organické a tištěné elektroniky. Primárně se OPERA snaží o odstranění neefektivních a špatně soustředěných strategických bodů v rozvoji organické elektroniky. Konkrétním cílem tohoto projektu je vytvořit podmínky pro vznik řady koordinovaných konkurenceschopných uskupení v EU a posílit pozici Evropy jako vedoucí síly v OLAE (Organic & Large Area Electronics). OPERA publikuje své katalogy „OLAE vision paper“ od roku 2009, ve kterých popisuje současný světový stav na trhu organické elektroniky a budoucí směry kterými se bude odvíjet.

## **Projekty**

Existuje řada projektů, které spolupracují na vytvoření lepších podmínek mezi ostatními společnostmi. Například FlexiDis, OLED 100 nebo OLLA<sup>6</sup> apod. Cílem těchto projektů je spojení většího počtu společností, institutů atd. za důvodem lepšího využití potenciálů a výměny výsledků a informací mezi nimi.

---

<sup>6</sup> Organic Light emitting diodes for ICT and Lighting Applications je projekt zaměřující se na další vývoj technologií v oblasti OLED. Do tohoto projektu patří více než 20 špičkových evropských společností a výzkumných středisek v oblasti organické elektroniky, organických materiálů a světelných aplikací. [55]

## Závěr

S přibývajícím pokrokem se očekává od nových produktů stále větší komplexnost, možnost kombinace s dalšími komponenty a nové vlastnosti jejich využití. Zařízení, které poskytuje něco nového, co ostatní produkty nemohou nabídnout, je vždy velkým středem zájmu. Tyto vlastnosti může současnému trhu nabídnout organická elektronika, která má před sebou velkou budoucnost.

V rámci této bakalářské práce byly v první kapitole představeny základní aktivní organické materiály pro elektroniku a popsány základní organické součástky z nich vyrobené.

Druhá kapitola byla zaměřena na současný stav komerčního uplatnění a budoucí trendy organické elektroniky. Organickou elektroniku jsem rozdělil do 5 nejslibnějších odvětví na evropském trhu.

Prvním popsáním odvětvím bylo OLED osvětlení, které je zcela konkurence schopné na současném trhu s osvětlení. V budoucnu by měli kroky vývoje především směřovat ke zvýšení životnosti, která je nejslabší mezi konkurenčním osvětlením. Pokud by šlo vše podle plánu, tak by se OLED osvětlení mělo objevit do 5 let v automobilovém průmyslu i ve stavebních komponentech (zahrnutá i fáze testování).

Současný stav organické fotovoltaiky je v poslední době velmi populárním tématem organické elektroniky. Postarala se o to především snaha společností vyrobit co nejefektivnější OPVC. Tyto závody se ale netýkají DSC, které z mého pohledu nejsou perspektivní, protože vývoj za posledních 20 let nezaznamenal markantní vylepšení účinnosti. Jedná se tedy o ostatní OPVC, které mají lepší vyhlídky, protože za posledních 10 let svoji efektivitu dvojnásobně zvýšily. Svědčí o tom i průběh financování, který by v roce 2015 měl dosáhnout dvojnásobného rozdílu mezi DSC a ostatními OPVC. OPVC zatím však zdaleka nedosahují takových účinností jako anorganické fotovoltaické články, ale výhody v podobě levné výroby (nanášení polymerních roztoků) a levných materiálů atd. by měla přesvědčit potenciální investory.

Dalším rozebraným odvětvím v této bakalářské práci byly ohebné displeje. Představa ohebného displeje, který může být složen do malých rozměrů a při použití rozložen do dvou až tří násobně většího tvaru, je pro mobilní průmysl velmi lákavým tématem. Osobně si myslím, že příliš velká flexibilita displeje není příliš praktická. Uživatel především požaduje při čtení statické zařízení. Záleží na výrobcích, jak se k celé věci postaví a jaké nabídnou druhy ohebných displejů. Největší výhodu spíše vidím v odolnosti ohebných displejů. Většina

mobilních zařízení je totiž v průběhu svého používání ohrožena pády nebo jiným mechanickým poškozením. Díky použitým organickým materiálům jsou ohebné displeje odolnější, což jistě přivítají všichni uživatelé.

Elektronické systémy byly rozděleny v textu do tří kategorií RFID, tištěné paměti a tištěné baterie. Dalo by se říct, že tomuto odvětví vládne RFID, protože jak tištěné paměti, tak baterie mohou být zahrnuty do RFID obvodů.

Smart obvody jsou rozděleny na smart objekty, tištěné senzory a smart textilie. Toto odvětví nabízí úplné výrobky, díky kombinování různých druhů komponentů a tak vznikají zcela nové produkty na trhu.

Poslední kapitola byla zaměřená na evropské výrobce. Přednostně jsem se soustředil na prakticky realizovatelné produkty, protože řada firem a výzkumných institutů se stále ještě pohybuje spíše ve sféře nesplněných vizí, než reálně funkčních produktů. Většina velkých výrobců organické elektroniky již má zkušenosti ve spotřebitelské sféře, jako Philips a Osram. Tudíž lze očekávat, že další velké společnosti nebudou zaostávat a budou se průběžně připojovat k dalším velkým producentům organické elektroniky. Další velcí producenti organických zařízení mohou vzniknout z výzkumných institutů, jako tomu bylo u Linternity od Novaled AG, nebo sloučení více společností jako Heliatek. Samozřejmě existují i výrobci, kteří se hned zpočátku orientují na výrobu organických zařízení, ale pak existuje riziko krachu, jako tomu byl Polymer Vision.

Evropští výrobci, zaměřeni na osvětlení, jsou mezi ostatními světovými výrobci nejrozvinutější v oblasti trhu. Mezi velkým množstvím společností evropského trhu byly představeny 3 nejvýznamnější společnosti. Výrobci osvětlení mají srovnatelnou úroveň svých zařízení (největší rozdíl je u životnosti). Tato oblast je spíše zaměřená na tvůrčí činnost designerů a architektů a možností, jak správně sestavit a kombinovat OLED panely (viz. lampy). V budoucnu by se měli výrobci soustředit na nejkritičtější parametry OLED a těmi jsou životnost a cena.

Výrobci organické fotovoltaiky se nacházejí ve fázi prototypů a konceptů. Prvních molekulárních fotovoltaických článků v Evropě, bychom se nejdříve měli dočkat v roce 2013. Záleží na společnosti Heliatek a průběhu výstavby své první továrny a ostatních výrobců OPVC, kteří rozhodně nebudou chtít zaostávat. Cílem evropské organické fotovoltaiky je dosažení stejné úrovně, jako má americká Konarka.

Evropský trh je zaměřený více na ohebné displeje než na OLED displeje. Velké přínosy na trh s ohebnými displeji lze očekávat od Plastic Logic, díky obchodu e-čteček s Ruskem. Navíc Plastic Logic, na rozdíl od Polymer Vision, představil už plně ohebný barevný e-papír.

Polymer Vision, i když představil pár konceptů, se zatím pohybuje v oblasti výzkumu a vývoje. Tuto společnost velmi zpomalil krach v roce 2009.

Výrobci elektronických systémů se snaží zahrnout, co nejširší produkci výrobků v tomto odvětví. Proto se jako u PolyIC můžeme setkat s výrobou rozdělenou do tří sektorů. Společným rysem těchto výrobců je, že dále své produkty dodávají dalším společnostem, které se přímo nespecializují na výrobu. Tyto společnosti dále upravují zařízení a jejich funkční činnost atd., jakož tomu bylo u Bundesdruckerei GmbH. V budoucnu bychom se s odběrateli levné vysokoobjemové produkce výrobků elektronických systémů měli setkávat mnohem častěji.

V této práci byl popsán současný stav a budoucí trendy vývoje v oblasti organické elektroniky. Byly popsány reálné výrobky, které jsou k dostání na evropském trhu i budoucí koncepty a možnosti nového využití. Ačkoliv je tento obor poměrně nově vznikající, má obrovský potenciál uplatnění v současné elektronice. Při správném financování, zájmu společností a institutů by se měly proměnit vize ve skutečnost a v budoucnu by organická elektronika měla zcela nahradit nebo se stát nepostradatelnou součástí současné elektroniky.

## Použitá literatura

- [1] "Conductive Polymers". Nobelprize.org. 25 Apr 2012  
[http://www.nobelprize.org/educational/chemistry/conductive\\_polymers/](http://www.nobelprize.org/educational/chemistry/conductive_polymers/)
- [2] On the conductivity of PEDOT:PSS thin films / by Alexandre Mantovani Nardes. – Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2007. - Proefschrift.
- [3] PROKEŠ, JAN; NEŠPUREK, STANISLAV; STEJSKAL, JAROSLAV. Vodivé polymery : Inteligentní materiály pro nové století, VESMÍR 80, 2001
- [4] Organic Electronics Associations: Brochure organic and printed electronics, 4th edition, 2011
- [5] NANOMARKETS. Opportunities in Organic Electronic Markets: A NanoMarkets White Paper [online]. March 2008. [cit. 2012-05-04].
- [6] Vědcům se podařilo zobrazit v molekule jednotlivé atomy. *Scienceworld* [online]. 2009 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://scienceworld.cz/aktuality/vedcum-se-podarilo-zobrazit-v-molekule-jednotlive-atomy-5092>
- [7] Pentacene. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pentacene>
- [8] DKHISSIA A., BELJONNEA D., LAZZARONIA R.. Atomic scale modeling of interfacial structure of PEDOT/PSS. [online]. 2009 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379677908003858>
- [9] LOGOTHETIDIS S.. Flexible organic electronic devices: Materials, process and applications. [online]. 2008 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921510708002316>
- [10] LHOTÁK, Pavel. Chemie fullerenů [online]. 9/2009 [citováno 2009-04-19]. Dostupné z: [http://www.uochb.cas.cz/Zpravy/PostGrad2004/7\\_Lhotak.pdf](http://www.uochb.cas.cz/Zpravy/PostGrad2004/7_Lhotak.pdf).
- [11] FLIMEL, K. Využití nanomateriálů pro organickou elektroniku a fotovoltaiku. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
- [12] Electrically conductive composites: Properties, performance and application pp.1155-1172:Abstract. In: *NOVA publishers* [online]. 2004-2012 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=26464](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=26464)
- [13] HONOVÁ, J. Studium vztahu mezi strukturou a vlastnostmi derivátůdiketopyrolopyrolů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 99 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
- [14] OLED - Where it came from and where it's going. Kodak [online]. 2009 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://pluggedin.kodak.com/pluggedin/post/?id=2316880>
- [15] HAVILAND, David B. The Transistor in a Century of Electronics. [online]. 2002 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.nobelprize.org/educational/physics/transistor/history/>
- [16] NAVRÁTIL, J. Optoelektronické vlastnosti organických polovodičů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010. 99 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
- [17] Polymerové (plastové) solární články - nový směr vývoje. In: *Automatizace* [online]. 2008 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/polymerove-plastove-solarni-clanky-novy-smer-vyvoje>
- [18] ORGANIC ELECTRONICS ASSOCIATIONS. White Paper "OE-A Roadmap for Organic and Printed Electronics". 2008
- [19] ORGANIC ELECTRONICS ASSOCIATIONS. White paper OE-A Roadmap for

- organic and printed electronics, 4th edition. 2011
- [20] OLED. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/OLED>
- [21] Universal Display Corporation. *Universal Display Corporation* [online]. 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.universaldisplay.com/default.asp>
- [22] OLED. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/OLED>
- [23] Verbatim uvádí světově první komerčně dostupné, barevné OLED displeje. In: *Top-osvetleni* [online]. 2011 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: [http://www.top-osvetleni.cz/nove-produkty/led/64-verbatim-uvadi-svetove-prvni-komercne-dostupne-barevne-oled-displeje-chysta-se-kouzelnny-koberec-a-brzdici-airbag-11i-/automoto.aspx?c=A120312\\_103315\\_automoto\\_fdv](http://www.top-osvetleni.cz/nove-produkty/led/64-verbatim-uvadi-svetove-prvni-komercne-dostupne-barevne-oled-displeje-chysta-se-kouzelnny-koberec-a-brzdici-airbag-11i-/automoto.aspx?c=A120312_103315_automoto_fdv)
- [24] STEHLÍK, Jakub. Auta blízke budoucnosti: chystá se kouzelný koberec a brzdicí airbag. In: *IDnes* [online]. 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/auta-blizke-budoucnosti-chysta-se-kouzelnny-koberec-a-brzdici-airbag-11i-/automoto.aspx?c=A120312\\_103315\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/auta-blizke-budoucnosti-chysta-se-kouzelnny-koberec-a-brzdici-airbag-11i-/automoto.aspx?c=A120312_103315_automoto_fdv)
- [25] I. Pelant a kol. *Fyzikální praktikum III - Optika: Fotometrie* [online]. 1993 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt\\_304.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_304.pdf)
- [26] HONOVÁ, J. Organické materiály pro fotovoltaickou přeměnu sluneční energie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 54 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
- [27] Organic Photovoltaic (OPV) Materials. In: *Sigma-Aldrich chemical directory: [elektronický zdroj]* [online]. Nottingham: Hampden Data, c1997 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/materials-science/material-science-products.html?TablePage=107232820>
- [28] Současný stav a trendy ve vývoji fotovoltaických panelů. In: *Aldebaran* [online]. 2010 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010\\_37\\_fot.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010_37_fot.php)
- [29] *Heliatek* [online]. 2012 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://www.heliatek.com>
- [30] Solar cell. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell)
- [31] Organic Photovoltaic - Applications and Development of OPV Materials for Portable Electronics by NanoMarkets. In: *Azom* [online]. 2008 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4528>
- [32] OEM produkce. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/OEM\\_produkce](http://cs.wikipedia.org/wiki/OEM_produkce)
- [33] KONARKA. Power Plastic delivers a revolution in solar power. [online]. 2012 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.konarka.com/index.php/power-plastic/about-power-plastic/>
- [34] Vývoj a aplikace organických fotovoltaických systémů. In: *Chempoint* [online]. 2011 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/weiter1>
- [35] SCIENCE 2.0. FlexiDis - Displays Getting Flexible [online]. 2008 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: [http://www.science20.com/news\\_releases/flexidis\\_displays\\_getting\\_flexible](http://www.science20.com/news_releases/flexidis_displays_getting_flexible)
- [36] O'BRIEN, Terrence. Plastic Logic 100 unveiled, set to bring e-textbooks to Russian schools [online]. 2011 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z:



- <http://www.engadget.com/2011/09/13/plastic-logic-100-unveiled-set-to-bring-e-textbooks-to-russian/>
- [37] Ohebný elektronický papír od Plastic Logic funguje i po průstřelu. In: *Mobilmania* [online]. 2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz/bleskovky/ohebny-elektronicky-papir-od-plastic-logic-funguje-i-po-prustrelu/sc-4-a-1320494/default.aspx>
- [38] HUTCHINSON, Roland. LG Display Announces 19 Inch Flexible E-Paper Display [online]. 2010 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.geeky-gadgets.com/lg-display-announces-19-inch-flexible-e-paper-display-15-01-2010/>
- [39] *PolymerVision* [online]. 2012 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.polymervision.com/site/index>
- [40] Near Field Communication. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Near\\_Field\\_Communication](http://cs.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication)
- [41] GREENE, KATE. *Researchers Couple Printed Logic with Printed Memory* [online]. 2011 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.technologyreview.com/computing/38973/>
- [42] NEC develops 0.3mm thick organic battery. In: *Geek* [online]. 2012 [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.geek.com/articles/chips/nec-develops-0-3mm-thick-organic-battery-20120312/>
- [43] THIN FILM ELECTRONICS ASA. *ThinFilm* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.thinfilm.no/>
- [44] *Osram* [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: [http://www.osram.com/osram\\_com/index.jsp](http://www.osram.com/osram_com/index.jsp)
- [45] *PirOLED: První OLED svítidlo firmy Osram*. In: *OSvetle* [online]. 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.osvetle.cz/profesional/6-technikaprofes/176-piroled-prvni-oled-svitidlo-firmy-osram.html>
- [46] *Philips* [online]. 2012 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://www.philips.com/>
- [47] NOVALED AG. *Liternity* [online]. 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.liternity.com/>
- [48] *G24i* [online]. 2012 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://www.g24i.com/index.html>
- [49] *Konarka* [online]. 2012 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://konarka.com/index.php>
- [50] *PlastiLogic* [online]. 2012 [cit. 2012-05-28]. Dostupné z: <http://www.plasticlogic.com/>
- [51] *Polymer Vision* [online]. 2012 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.polymervision.com/site/index>
- [52] POLYIC. *PolyIC* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.polyic.com/index.php>
- [53] VARTA MICROBATTERY GMBH. *Company Image Brochure* [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: [http://www.varta-microbattery.com/en/mb\\_data/documents/sale](http://www.varta-microbattery.com/en/mb_data/documents/sale)
- [54] Bundesdruckerei GmbH [online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.bundesdruckerei.de/en/index.html>
- [55] OLLA. In: *Philips* [online]. 2008 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://www.newscenter.philips.com/cz\\_cs/standard/about/news/press/recordsprintingreport/2005/article-14379.wpd](http://www.newscenter.philips.com/cz_cs/standard/about/news/press/recordsprintingreport/2005/article-14379.wpd)