

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 32 526

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

*H01L 29/12* (2006.01)

*H01L 29/86* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35650**  
(22) Přihlášeno: **22.11.2018**  
(47) Zapsáno: **30.01.2019**

(73) Majitel:  
Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v.v.i.,  
Praha 6, Břevnov, CZ  
Centrum organické chemie s.r.o., Rybitví, CZ

(72) Původce:  
RNDr. Jiří Pflieger, CSc., Praha 9, Horní Počernice,  
CZ  
Mgr. Yadu Ram Panthi, Praha 6, Lysolaje, CZ  
Mgr. Bartosz Paruzel, Praha 6, Břevnov, CZ  
Ing. Lubomír Kubáč, Ph.D., Rybitví, CZ  
Ing. Jiří Černý, Ph.D., Pěnčín, CZ

(74) Zástupce:  
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Husova tř.  
1847/5, 370 01 České Budějovice, České  
Budějovice 3

(54) Název užitého vzoru:  
**Přepisovatelný elektronický rezistivní  
paměťový element**

CZ 32526 U1

## Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element

### Oblast techniky

5

Technické řešení se týká prepisovatelného elektronického rezistivního paměťového elementu.

### Dosavadní stav techniky

10

Organická elektronika je rychle se rozvíjející odvětví, které rozšiřuje uplatnění elektroniky i do oblastí, ve kterých současné technologie nejsou dobře aplikovatelné. Umožňuje využití tiskových metod při výrobě elektronických obvodů včetně elektronických komponent a přináší možnost výroby levné velkoplošné elektroniky na flexibilních substrátech, např. na polymerních foliích, papíru nebo textilních materiálech. Kromě organických tranzistorů, světlo-emitujících diod, fotovoltaiických článků, jejichž vývoj již dosahuje aplikační úrovně, jsou pro většinu elektronických obvodů potřeba také paměti, ať už nepřepisovatelné nebo prepisovatelné. Tyto paměti musí být vyrobitelné stejnými nebo kompatibilními technologiemi jako ostatní elektronické prvky elektrického obvodu, tedy v tomto případě tiskem.

20

V současnosti jsou paměťové prvky řešeny především formou klopných obvodů, které v případě tištěné organické elektroniky využívají jako spínací prvky organické tranzistory řízené elektrickým polem. Alternativou jsou tranzistory s plovoucí elektrodou, ve kterých je paměťového efektu dosahováno nabíjením metalické vrstvy. Tato řešení využívající tranzistory jsou však pro levné aplikace připravované tiskovými technikami značně komplikovaná, jelikož se jedná o tříelektrodové elektronické systémy. Zejména pro aplikace v tištěných radiofrekvenčních identifikačních štítcích využitelných pro identifikaci výrobků ve skladovém hospodářství, automatizaci výroby nebo pro bezpečnostní aplikace je stávající řešení založené na organických tranzistorech nevýhodné. Proto se současný vývoj pamětí pro organickou elektroniku stále více zaměřuje na rezistivní prepisovatelné paměti (ReRAM), tvořené jednoduššími sendvičovými strukturami, které pracují pouze se dvěma elektrodami. U tohoto typu pamětí je rozlišení stavu logické 0 a logické 1 docilováno změnou elektrického odporu paměťového prvku při určitých hodnotách přiloženého elektrického napětí. Rezistivní paměti mají jednoduchou vrstevnatou strukturu, ve které je aktivní polovodičová vrstva většinou z polymerního nebo kompozitního materiálu nanesena na spodní elektrodu z elektricky vodivého materiálu (Al, Au, Cu, P- nebo N-dotovaný Si, případně průhledná elektroda z oxidu indium a cín, ITO) a poté opatřena vrchní Al elektrodou nanášenou vakuovou depozicí nebo katodovým naprašováním. Pro použití v organické elektronice jsou elektrody tištěny ve formě vodivých past nebo vodivých inkoustů, spodní elektroda může být vrstva ITO na flexibilním polymerním substrátu. Paměťová funkce je založena na elektrické bistabilitě prvku, která se projevuje změnou elektrické vodivosti aktivní polovodičivé vrstvy při změně elektrického napětí. Tato změna může být způsobena různými fyzikálními procesy: změnou fáze nebo konformace organického materiálu, přenosem náboje mezi dvěma materiály v kompozitní vrstvě nebo redoxní reakcí s vytvářením elektricky vodivých filamentů. Paměť může být do elektronického obvodu integrována jako multiplexní elektrodové pole, v němž je každý paměťový prvek jednoznačně definován svými souřadnicemi. Tyto paměti lze též vrstvit do třídimenzionálních paměťových struktur.

45

Výše popsaná řešení rezistivních pamětí jsou většinou na bázi anorganických materiálů a zatím nesplňují požadavky na průmyslově robustní postup tiskového nanášení aktivních polovodičivých vrstev na flexibilní substrát tak, aby bylo možno dané systémy vyrábět v kontinuálním režimu z role na roli (R2R), který přináší výrazné snížení nákladů na technologii výroby. Popisované systémy je povětšinou nutné nanášet vakuovým naprašováním či sublimací, nebo jsou nanášeny z prekursoru s následným zpracováním při vyšších teplotách. U stávajících paměťových struktur z rozpustných organických materiálů vhodných pro nanášení tiskem jsou změny jejich odporu často nereprodukovatelné nebo použité organické polovodičivé materiály jsou dlouhodobě

55

nestabilní.

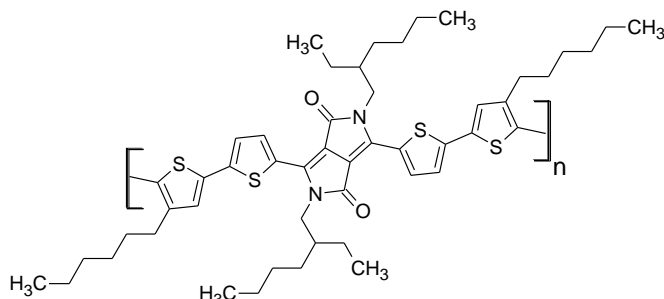
Úkolem technického řešení je proto vytvoření takového přepisovatelného elektronického rezistivního paměťového elementu, který by byl vytvořen z vrstev organických polovodičů kombinujících materiály vhodné pro transport elektronů a transport kladných elektronových děr, který by vykazoval odpovídající chemickou stabilitu a schopnost vytvářet kompaktní tenké vrstvy prosté defektů, a u kterého by bylo eliminováno nebezpečí jeho zkratování při depozici vrchní elektrody i při cyklování přiloženým napětím.

#### Podstata technického řešení

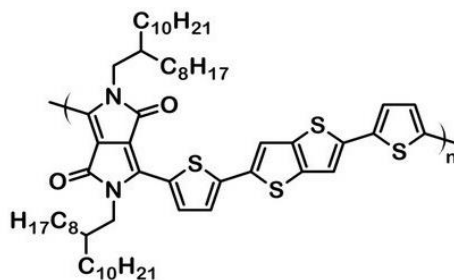
Vytčený úkol je vyřešen pomocí přepisovatelného elektronického rezistivního paměťového elementu podle tohoto technického řešení. Tento paměťový element je tvořen vícevrstevnou strukturou zahrnující alespoň jednu spodní elektrodu z elektricky vodivého materiálu uspořádanou na nosném substrátu, na které je uspořádána alespoň jedna aktivní vrstva z polymerního materiálu, na které je dále uspořádána alespoň jedna svrchní elektroda z elektricky vodivého materiálu.

Podstata technického řešení spočívá v tom, že spodní elektroda je tvořena vrstvou cínem dopovaného oxidu india neboli ITO, která je nanášena na nosný substrát ve formě nosné rigidní či flexibilní podložky pro injektování kladně nabitých elektronových děr, tudíž s velkou výstupní prací. Aktivní vrstva obsahuje směs organických polovodičů na bázi diketo-pyrrolo-pyrrolu pro transport kladných elektronových děr a na bázi perylénu pro transport elektronů a svrchní elektroda je tvořena vrstvou hliníku nebo jiného kovu s nízkou výstupní prací pro injektování elektronů. Aktivní vrstva paměťového elementu je tvořena směsí dvou polovodičových organických látek, jako např. polymeru, oligomeru či nízkomolekulárního organického materiálu vhodného pro transport kladných nábojů, resp. děr a nízkomolekulárního organického materiálu schopného transportovat elektrony. Oba typy materiálů organických polovodičů musí být rozpustné ve vodě nebo polárním nebo nepolárním rozpouštědle. Materiály současně vykazují odpovídající chemickou stabilitu a schopnost vytvářet kompaktní tenké vrstvy prosté defektů. Takto je eliminováno nebezpečí zkratování rezistivního paměťového elementu při depozici svrchní elektrody i při cyklování přiloženým napětím. Aktivní vrstvu je možno připravit pomocí standardních nanosovacích technik – slot die, dip coating, spin coating, nebo tiskových technik jako je síťotisk, flexotisk, ink jet apod.

V daném uspořádání jsou vhodné materiály pro transport kladných elektronových děr polymerní organické materiály na bázi diketo-pyrrolo-pyrrolu, především poly[2,5-(2-ethylbutyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-dithiophene)] neboli DPP2T2T se strukturálním vzorcem:

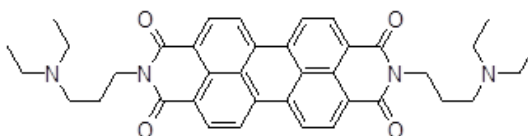


nebo poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)] neboli DPPDTT se strukturálním vzorcem:



Jako organický polovodič na bázi perylénu pro transport elektronů je použit 2-diethylaminopropyl perylén neboli Per-2DEAPA se strukturálním vzorcem:

5



Podstata paměťového efektu u tohoto řešení paměťového elementu třívrstvé struktury spočívá v ovlivnění transportu volného náboje, a tím elektrického odporu rezistivního paměťového prvku prostorovým nábojem vytvořeným při určité hodnotě přiloženého elektrického napětí přenosem náboje mezi polymerem s nízkým ionizačním potenciálem a nízkomolekulární složkou s vysokou hodnotou elektronové afinity. U třívrstvého paměťového elementu působením napěťového pulsu +3 až +5 V dojde ke snížení odporu prvku měřeného při napětí +0,5 V faktorem 2,5. Tento stav představuje hodnotu logická „1“. Následným přiložením napěťového pulsu -3 až -5 V lze změnit zápis zpět na stav logická „0“, který představuje stav, při kterém je při čtecím napětí +0,5 V odpor prvku 2,5 krát vyšší.

Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle tohoto technického řešení lze též uspořádat jako vícevrstvou strukturu s vrstvou dielektrika uspořádanou v aktivní vrstvě tak, že je rozdělena na horní aktivní vrstvu a dolní aktivní vrstvu, mezi kterými je uspořádána vrstva dielektrika. Na transportní dolní aktivní vrstvu ze směsi organického polovodiče je nanášena tenká vrstva polymerního dielektrika obsahujícího skupiny s velkým permanentním dipólem a kovové nanočástice zlata nebo stříbra. Vhodným polymerem je např. poly[2-kyanoethyl(vinyl)éter] neboli CEPVA, který má vysokou hodnotu dielektrické konstanty z důvodu obsahu kyanoethyléterových skupin, které mají velký dipólový moment dosahující hodnot  $12 \times 10^{-30}$  C m, a které jsou navíc volně pohyblivé již při pokojové teplotě. Uváděné hodnoty relativní permitivity  $\epsilon'$  polymeru CEPVA se pohybují kolem hodnoty 15 při frekvenci 1 kHz při pokojové teplotě. Tato vysoká hodnota dielektrické konstanty je způsobena orientační polarizací kyanoethyléterových skupin. V popisovaném řešení nanočástice zlata nebo stříbra jsou buď deponovány ve vrstvě na povrch dielektrické vrstvy, nebo jsou přimíchány do objemu dielektrika. Dielektrická vrstva s kovovými nanočásticemi je překryta transportní horní aktivní vrstvou ze směsi organického polovodiče a svrchní elektrodou schopnou injektovat elektrony, např. z hliníku Al. Toto řešení je výhodnější z hlediska kvality paměťového efektu, zejména rozdílu elektrického odporu ve stavu logická „1“ a „0“, persistence logického stavu a reprodukovatelnosti při cyklování mezi stavy logická „1“ a „0“. Podstata tohoto řešení je ve stabilizaci prostorového náboje interakcí nosičů náboje s polárními skupinami polymerního dielektrika. Při určitém napětí, řádově 5 V dojde k přenosu náboje z nábojově transportní dolní aktivní vrstvy na kovové nanočástice umístěné ve vrstvě dielektrika. Takto vytvořený prostorový náboj je stabilizován orientační polarizací dipolárních skupin dielektrika. Přiložením opačného napětí se efekt prostorového náboje vyruší. V tomto vícevrstvěném řešení může být paměťový element s výhodou připraven laminováním dvou polyethylentereftalátových neboli PET nebo polyethylnaftalenových neboli PEN folií, z nichž jedna je s vodivou vrstvou ITO s nanášenou transportní vrstvou překrytou vrstvou kompozitního dielektrika CEPVA s nanočásticemi zlata Au

a druhá metalizovaná Al vodivou vrstvou s nanesenou transportní vrstvou překrytou vrstvou kompozitního dielektrika CEPVA s Au nanočásticemi. Nízká teplota skelného přechodu polymeru CEPVA umožňuje slnutí obou vrstev CEPVA a přípravu kompaktní sendvičové struktury.

5

### Objasnění výkresů

Uvedené technické řešení bude blíže objasněno na následujících vyobrazeních, kde:

10

obr. 1 znázorňuje svislý řez paměťového elementu se spodní elektrodou, aktivní vrstvou a svrchní elektrodou,

15

obr. 2 znázorňuje svislý řez paměťového elementu se spodní elektrodou, dolní aktivní vrstvou, vrstvou dielektrika, horní aktivní vrstvou a svrchní elektrodou,

obr. 3 znázorňuje příklad funkce realizované paměťovým elementem dle obr. 1,

20

obr. 4 znázorňuje cyklování čtecího, zápisového a mazacího cyklu realizované paměťovým elementem dle obr. 1,

obr. 5 znázorňuje příklad funkce realizované paměťovým elementem dle obr. 2,

25

obr. 6 znázorňuje cyklování čtecího, zápisového a mazacího cyklu realizované paměťovým elementem dle obr. 2.

### Příklad uskutečnění technického řešení

30

#### **Příklad 1 – paměťový element s aktivní vrstvou na bázi směsi DPPDTT a Per-2DEAPA**

V příkladu 1 byl použit následující postup přípravy paměťového elementu 1:

35

1) Skleněný nosný substrát 3 s povrchovou elektricky vodivou vrstvou ITO spodní elektrody 2 byl standardně čištěn sonikací po řadě v detergentu, destilované vodě, chloroformu, acetonu a isopropanolu, v každém rozpouštědle po dobu 15 minut. Následně byl nosný substrát 3 sušen v proudu dusíku.

40

2) Byl připraven 0,5% roztok DPPDTT v dichlorbenzenu a 1% roztok Per-2DEAPA v chloroformu. Oba roztoky byly připraveny pomalým rozpouštěním v příslušném rozpouštědle při pokojové teplotě za stálého míchání po dobu 72 hodin. Oba roztoky byly těsně před nanášením aktivní vrstvy 4 smíchány tak, že hmotnostní poměr DPPDTT a Per-2DEAPA byl 4:1. Vzniklý roztok dále označen jako Roztok A. Alternativně lze použít v roztoku A jako děrově transportní materiál polymer DPP2T2T.

45

3) Těsně před nanášením organických polovodičů, tedy aktivních vrstev 4 byl nosný substrát 3 zahřát na 120 °C po dobu 1 hodiny a čištěn v ozonové atmosféře po dobu 20 minut.

50

4) Na takto připravený nosný substrát 3 byla nanášena transportní aktivní vrstva 4 Roztoku A rotačním nanášením rychlostí 1000 otáček/ min. – metoda spin coating. Tloušťka transportní aktivní vrstvy 4 byla 50 nm měřena hrotovým profilometrem.

55

5) Nanášená aktivní vrstva 4 byla sušena ve vakuu při 70 °C po dobu 4 hodin.

6) Svrchní elektroda 5 z Al o tloušťce 80 nm byla nanášena vakuovým napařováním.

Elektrické charakteristiky připraveného paměťového elementu 1 byly měřeny v sériovém zapojení vzorku, stejnosměrného zdroje napětí a ampérometru. V použitém zapojení byla Al svrchní elektroda 5 uzemněna.

Příklad elektrických charakteristik připraveného paměťového elementu je uveden na obr. 3 a 4. Napětí pro změnu stavu na stav logická 1 bylo  $U_{ON} = +5$  V, pro překlopení do stavu logická 0 bylo použito napětí  $U_{OFF} = -5$  V. Změna stavu byla prováděna pulzy v trvání 80 s (mazací puls) a 60 s (zápis). Čtecí napětí bylo  $U_{read} = +0.5$  V. Paměťový element 1 prokazatelně vykazoval hysterezi voltampérových charakteristik s maximálním poměrem odporu mezi stavy logická 0 a logická 1 faktorem minimálně 2,5, a dobrou opakovatelnost během minimálně 10 cyklů mezi stavy logická 1 a 0, avšak kratší persistenci stavu logická 1. Paměťový element 1 s děrovým transportním polymerem DPP2T2T vykazuje podobné charakteristiky. Na obr. 3 je znázorněn příklad funkce realizované paměťovým elementem 1 ITO/DPPDTT: Per-2DEAPA/Al. Persistence stavu logická 1 po přechodu ze stavu logická 0,  $U_W = +5$  V,  $U_E = -5$  V,  $U_R = 0.5$  V. R – čtení, W – zápis, E – mazání paměti. Na obr. 4 je znázorněno cyklování čtecího, zápisového a mazacího cyklu realizované paměťovým elementem 1 ITO/DPPDTT:Per-2DEAPA/Al.  $U_W = +5$  V,  $U_E = -5$  V,  $U_R = +0.5$  V. R – čtení, W – zápis, E – mazání paměti

**Příklad 2 – paměťový element s transportními aktivními vrstvami ze směsi DPPDTT a Per-2DEAPA s vrstvou dielektrika CEPVA obsahující Au nanočástice připravené laserovou ablací v ethanolu.**

V příkladu 2 byl použit následující postup přípravy paměťového elementu 1:

- 1) Skleněný nosný substrát 3 s vodivou vrstvou ITO byl standardně čištěn podle popisu v bodě 1) v příkladu 1
- 2) Byl připraven roztok A podle bodu 2) v příkladu 1.
- 3) Byl připraven 5% roztok CEPVA rozpuštěním v 2-methoxyethanolu.
- 4) Byl připraven organosol Au nanočástic o průměrné velikosti 8 nm pomocí laserové ablace laserovými pulsy o vlnové délce 800 nm a délce pulzu 50 fs s opakovací frekvencí 1 kHz v ethanolu.
- 5) 2 ml roztoku připraveného dle bodu 3) byly smíchány se 2 ml roztoku připraveného podle bodu 4). Po smíchání vznikl precipitát ve formě gelu. Po odsání rozpouštědla byl gel následně rozpuštěn ve 2 ml acetonu. Vzniklý roztok dále označen jako Roztok B.
- 6) Těsně před nanášením organických vrstev, tedy dolní aktivní vrstvy 4' a horní aktivní vrstvy 4'', a dielektrické vrstvy 6 byl nosný substrát 3 zahřát na 120 °C po dobu 1 hodiny a čištěn v ozonové atmosféře po dobu 20 minut.
- 7) Na takto připravený nosný substrát 3 byla postupně nanášena transportní dolní aktivní vrstva 4' směsí DPPDTT a Per-2DEAPA z Roztoku A rotačním nanášením při 1000 otáček/ min, vrstva 6 dielektrika z kompozitu CEPVA s Au nanočásticemi z Roztoku B při rychlosti 3000 otáček/ min a transportní horní aktivní vrstva 4'' směsí DPPDTT a Per-2DEAPA z Roztoku A rotačním nanášením při 1000 otáček/ min. Po každé nanášené vrstvě, tedy dolní aktivní vrstvě 4', vrstvě 6 dielektrika a horní aktivní vrstvě 4'' a před nanášením svrchní elektrody 5 byl paměťový element 1 sušen ve vakuu při 70 °C po dobu 4 hodin. Tloušťka každé transportní aktivní vrstvy, tedy horní aktivní vrstvy 4'' a dolní aktivní vrstvy 4' byla 40 nm, tloušťka kompozitní vrstvy 6 dielektrika byla 30 nm.

8) Svrchní elektroda 5 Al o tloušťce 80 nm byla nanášena vakuovým napařováním.

Elektrické charakteristiky připraveného paměťového elementu **1** byly měřeny v sériovém zapojení vzorku, stejnosměrného zdroje napětí a ampérometru. V použitém zapojení byla Al svrchní elektroda **5** uzemněna.

Příklady elektrických charakteristik připraveného paměťového elementu jsou uvedeny na obr. 5 a 6. Napětí pro změnu stavu na stav logická 1 bylo  $U_{ON} = +5$  V, pro překlopení do stavu logická 0 bylo použito napětí  $U_{OFF} = -5$  V. Změna stavu byla prováděna pulzy v trvání 60 s. Čtecí napětí bylo  $U_{read} = +0.5$  V. Paměťový element **1** prokazatelně vykazoval hysterzi voltampérových charakteristik s maximálním poměrem odporu mezi stavy logická 0 a logická 1 řádu  $10^3$ , dobrou opakovatelnost během 40 cyklů mezi stavy logická 1 a 0 a persistenci stavů logická 1 a 0 po dobu 3000 s, přičemž pokles čtecího proudu ve stavu logická 1 během permanentně přiloženého čtecího napětí  $U_{read} = +0.5$  V po dobu 3 000 s byl cca 50 %. Na obr. 5 je znázorněn příklad funkce realizované paměťovým elementem **1** ITO/DPPDTT: Per-2DEAPA/CEPVA : Au NP/DPPDTT: Per-2DEAPA /Al. Nahoře – persistence stavu logická 1 po přechodu ze stavu logická 0, dole - persistence stavu logická 0 po přechodu ze stavu 1.  $U_W = +5$  V,  $U_E = -5$  V,  $U_R = -0.5$  V. R – čtení, W – zápis, E – mazání paměti. Na obr. 6 je znázorněno cyklování čtecího, zápisového a mazacího cyklu paměťového elementu **1** ITO/DPPDTT: Per-2DEAPA/CEPVA: AuNP/DPPDTT: Per-2DEAPA /Al.  $U_W = +5$  V,  $U_E = -5$  V,  $U_R = +0.5$  V. R – čtení, W – zápis, E – mazání paměti

#### Průmyslová využitelnost

Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle tohoto technického řešení lze využít zejména jako součást jednoduchých přepisovatelných pamětí s nízkými nároky na rychlost zápisu a změnu logického stavu.

### NÁROKY NA OCHRANU

**1.** Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element (1), tvořený vícevrstevnou strukturou zahrnující alespoň jednu spodní elektrodu (2) z elektricky vodivého materiálu uspořádanou na nosném substrátu (3), na které je uspořádaná alespoň jedna aktivní vrstva (4) z polymerního materiálu, na které je dále uspořádána alespoň jedna svrchní elektroda (5) z elektricky vodivého materiálu, **vyznačující se tím**, že spodní elektroda (2) je tvořena vrstvou cínem dopovaného oxidu india pro injektování kladných elektronových děr, aktivní vrstva (4) obsahuje směs organických polovodičů na bázi derivátů diketo-pyrrolo-pyrrolu pro transport kladných elektronových děr a na bázi derivátů perylénu pro transport elektronů a svrchní elektroda (5) je tvořena vrstvou hliníku pro injektování elektronů.

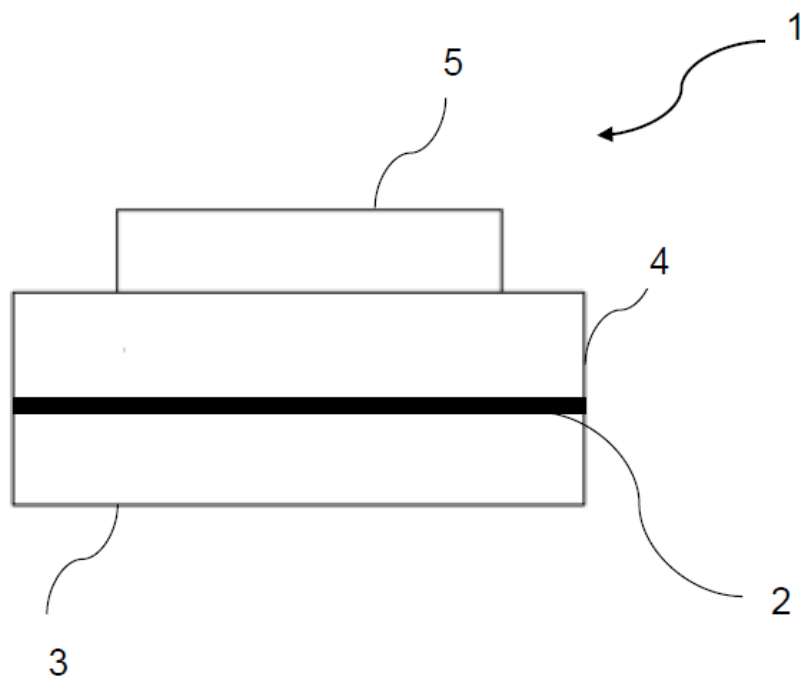
**2.** Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje vrstvu (6) polymerního dielektrika tvořeného směsí poly[2-kyanoethyl(vinyl)éteru] a nanočástic zlata nebo stříbra o velikosti 5 až 20 nm uspořádanou mezi horní aktivní vrstvou (4'') a dolní aktivní vrstvou (4').

**3.** Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že organické polovodiče na bázi diketo-pyrrolo-pyrrolu jsou poly[2,5-(2-ethylbutyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-dithiophene)] nebo poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)].

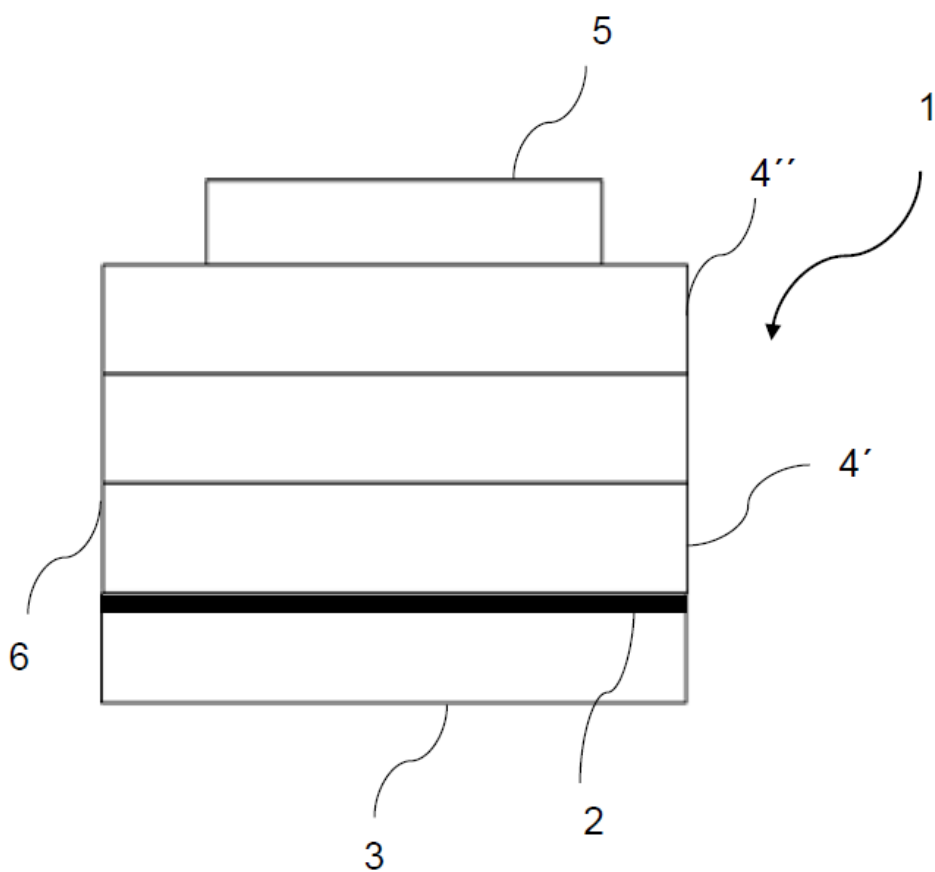
4. Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že organický polovodič na bázi perylénu je 2-diethylaminopropyl perylén.
5. Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že aktivní vrstva (4) má tloušťku 20 až 200 nm, nebo horní aktivní vrstva (4'') má tloušťku 20 až 200 nm a dolní aktivní vrstva (4') má tloušťku 20 až 200 nm a vrstva (6) polymerního dielektrika má tloušťku 20 až 100 nm.
6. Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že vrstva cínem dopovaného oxidu india pro kladné injektování elektronových děr spodní elektrody (2) má tloušťku 50 až 150 nm.
7. Přepisovatelný elektronický rezistivní paměťový element podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že vrstva hliníku pro injektování elektronů svrchní elektrody (5) má tloušťku 50 až 150 nm.

3 výkresy

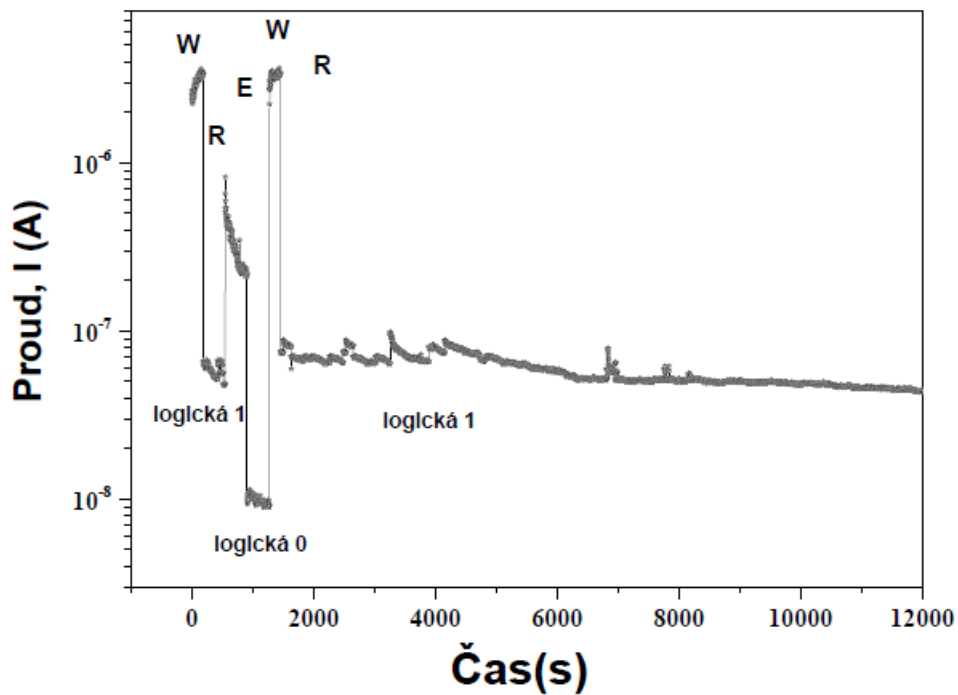




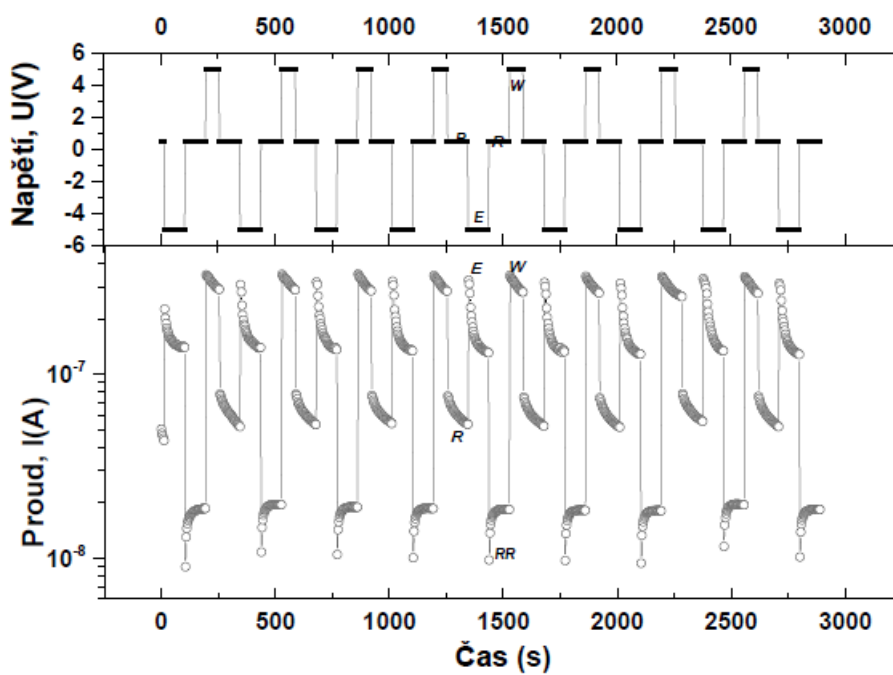
Obr. 1



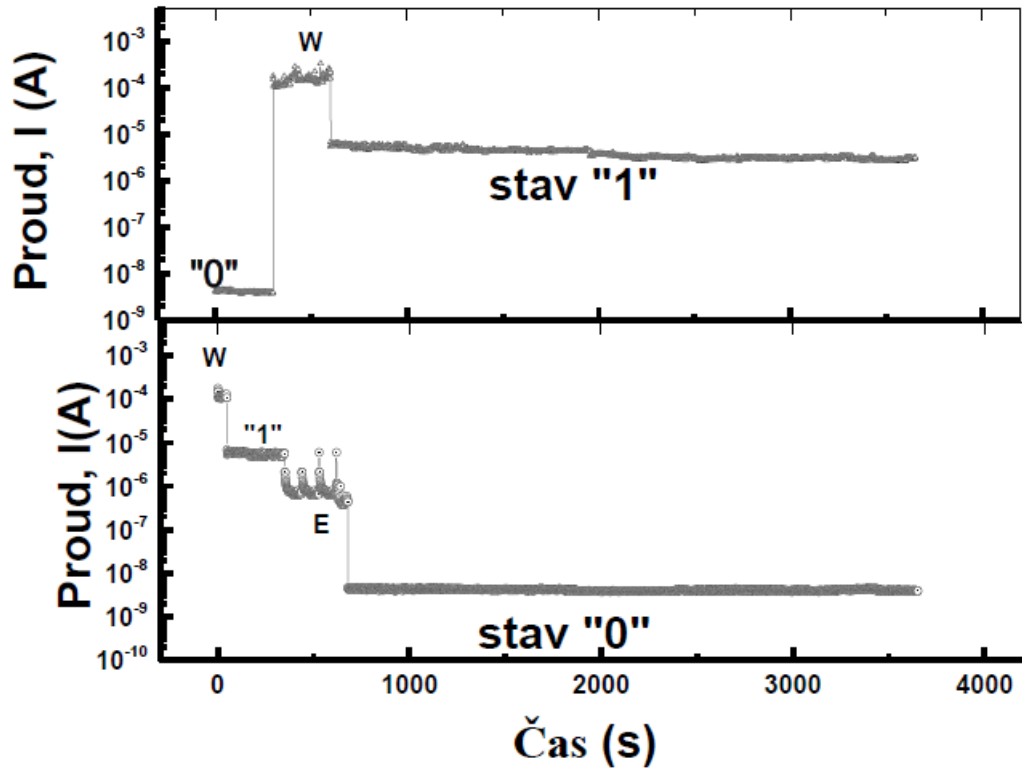
Obr. 2



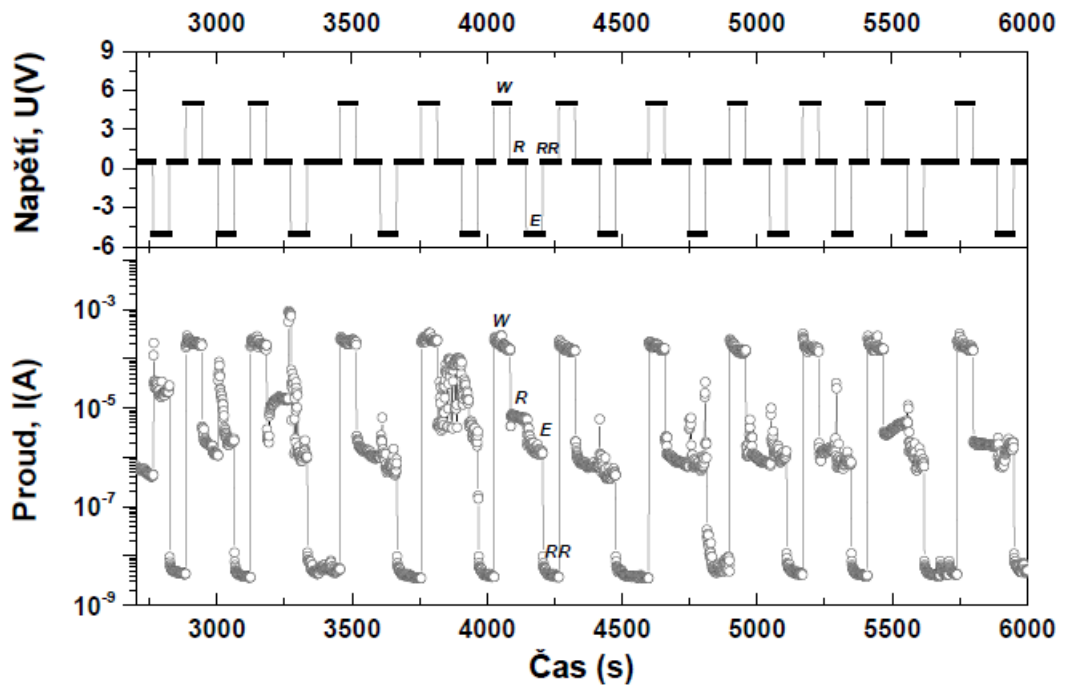
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6