

PATENTOVÝ SPIS

(19) ČESKÁ REPUBLIKA



ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2011-713
(22) Přihlášeno: 08.11.2011
(40) Zveřejněno: 15.05.2013
(Věstník č. 20/2013)
(47) Uděleno: 06.11.2013
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: 18.12.2013
(Věstník č. 51/2013)

(11) Číslo dokumentu:

304 187

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

C23C 20/02 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)

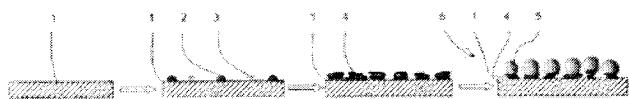
(56) Relevantní dokumenty:

DE 10 2004 027865 A1.

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 267 (2009) s. 2484-2488 (abstrakt, s. 2485, 2486, 2488); Radiation Physics and Chemistry 79 (2010) s. 315-317 (celý dokument); P. Slepčík a kol. Different microscopy approach for solid surface characterization v: Microscopy: Science, Technology, Application and Education (A. Mendez a J. Diaz eds.) s. 1483-1494, FORMATEX 2010; Biotechnology Advances 29 (2011) s. 739-767 (Scheme 3, str. 745); J. Mater. Sci. 46 (2011) s. 7917-7922 (s. 7917); Tetrahedron Letters 49 (2008) s. 6448-6453 (s. 6449).

(73) Majitel patentu:

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 6,
CZ
ROYAL NATURAL MEDICINE, s.r.o., Meziboří, CZ



Způsob ukotvení nanostruktur a/nebo vrstvy zlata na povrchu podkladu, substrát obsahující podklad s ukotvenými nanostrukturami a/nebo vrstvou zlata

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu ukotvení nanostruktur a/nebo vrstvy zlata na povrchu podkladu.

Vynález se také týká substrátu vytvořeného tímto způsobem.

10

Dosavadní stav techniky

Jak se postupně potvrzuje, řada materiálů vykazuje ve formě nanostruktur, tj. struktur, jejichž rozměry se pohybují pod hranicí 100, resp. 350 nm (například nanočástic, nanovláken, nanotyčinek, nanodrátků, apod.) dramaticky odlišné vlastnosti a chování, než které jsou pro tyto materiály typické ve formě makrostruktur (objemového materiálu). To je způsobeno zejména větším podílem atomů na povrchu nanostruktury v porovnání s celkovým počtem atomů v nanostrukturě, a s tím vzrůstajícím vlivem kvantových efektů.

20

Tento fenomén se projevuje například i u zlata, které má ve formě nanostruktur s rozměry pod 100 nm červenou barvu a přitom současně není inertní a chemicky neaktivní. To umožňuje použití nanostruktur zlata v řadě různých oborů. Například po úpravě vhodnými funkčními ligandy mohou být nanostruktury zlata využity jako nosiče aktivních látek (léčiv, výživy, apod.) a/nebo genetického materiálu v medicíně, resp. tkáňovém inženýrství, neboť jsou schopny pronikat do živých buněk. Ve formě nanotyčinek pak mají široké uplatnění v nelineární optice, neboť podporují podélný povrchový plazmon (koherentní kolektivní oscilaci elektronů ve vodivostním pásmu), který tak lze dle potřeby nastavit do viditelné nebo infračervené části spektra. Kromě toho lze různé nanostruktury zlata nebo jejich kombinace dále použít například také v katalýze, detekci látek, separačních procesech, spektroskopii, biologii a řadě dalších oborů.

25

Většina těchto aplikací však vyžaduje, aby byly nanostruktury zlata uloženy na povrchu vhodného podkladu, například vrstvy polymeru, kdy se s výhodou kombinují vhodné vlastnosti polymeru (flexibilita, elasticita, izolační schopnosti) a zlata (elektrická a tepelná vodivost). Polymany však nejsou pro nanášení nanočástic zlata, resp. jiných kovů vhodné, protože interakce a následná adheze mezi nimi a daným kovem jen velmi slabá, neboť se jedná o principiellě zcela odlišné materiály. Největší roli přitom hraje nízká smáčivost, většinou nepolární charakter a nízká kohezíní energie polymerů.

30

I když bylo navrženo několik postupů pro ukotvení nanostruktur zlata na povrchu vrstvy polymeru, žádný z nich obecně nevede k ukotvení, které by bylo dostatečně odolné pro praktické využití. Jednotlivé postupy jsou navíc omezeny pouze na úzké skupiny polymerů, a pro jiné polymery, či jiné materiály, které by pro uložení a využití nanostruktur zlata připadaly také v úvahu, např. sklo, nejsou využitelné vůbec. Obdobně také dosud navržené postupy pro ukotvení nanostruktur zlata k povrchu skla opět nejsou využitelné pro všechny typy skleněných, případně jiných, podkladů.

40

Cílem vynálezu je navrhnut způsob pro ukotvení nanostruktur zlata, resp. jednotlivých atomů zlata na povrchu vhodného podkladu tvořeného polymerem, sklem nebo polovodičem, který by zajistil dostatečnou pevnost a odolnost jejich uložení. Kromě toho je cílem vynálezu také substrát, který obsahuje podklad, na němž je tímto způsobem ukotvena vrstva nanočástic a/nebo atomů zlata.

45

Podstata vynálezu

Cíle vynálezu se dosáhne způsobem ukotvení nanostruktur zlata na povrchu podkladu, jehož podstata spočívá v tom, že se na povrchu podkladu nejprve působením vysokoenergetických částic rozštěpí chemické vazby, přičemž alespoň část takto vytvořených radikálů a/nebo konjugovaných dvojných vazeb při styku s atmosférou samovolně oxiduje za vzniku kyslíkatých skupin, načež se na radikály a/nebo dvojné vazby a/nebo kyslíkaté skupiny na povrchu podkladu prostřednictvím chemické reakce mezi nimi a merkaptoskupinou ($-SH$), nebo aminoskupinou ($-NH_2$) nebo hydroxylovou skupinou ($-OH$) navážou molekuly dithiolu a/nebo thiolu, které slouží jako pojivo, a ke kterým se poté prostřednictvím chemické reakce mezi jejich nenasycenou merkaptoskupinou ($-SH$) a zlatem navážou nanostruktury zlata, které se tak ukotví na povrchu podkladu. Ukotvení je přitom dostatečně pevné a odolné pro většinu uvažovaných aplikací, například i pro aplikace, ve kterých nanostruktury zlata slouží jako nosiče dalších vrstev.

Nejsnazším způsobem přivedení nanostruktur zlata k podkladu s navázanými molekulami dithiolu a/nebo thiolu je ponoření podkladu do vodné suspenze nanostruktur zlata.

Nanostruktury zlata jsou přitom s výhodou obaleny citrátém sodným, který brání jejich koagulaci a tím je stabilizuje.

Analogický postup lze použít také pro ukotvení vrstvy zlata na povrchu podkladu. V takové variantě se nejprve na povrchu podkladu působením vysokoenergetických částic rozštěpí chemické vazby, přičemž alespoň část takto vytvořených radikálů a/nebo konjugovaných dvojných vazeb při styku s atmosférou samovolně oxiduje za vzniku kyslíkatých skupin, načež se na radikály a/nebo konjugované dvojné vazby a/nebo kyslíkaté skupiny na povrchu podkladu prostřednictvím chemické reakce mezi nimi a merkaptoskupinou ($-SH$), a/nebo aminoskupinou ($-NH_2$) a/nebo hydroxylovou skupinou ($-OH$) navážou molekuly dithiolu a/nebo thiolu. Na tyto molekuly se následně deponují atomy zlata, které se prostřednictvím chemické reakce s nenasycenou merkaptoskupinou ($-SH$) dithiolu a/nebo thiolu navážou na molekuly dithiolu a/nebo thiolu, čímž se ukotví na povrchu podkladu.

Atomy zlata se přitom na povrch podkladu s uloženými molekulami dithiolu a/nebo thiolu depoňují s výhodou stávajícími technikami, jako například naprašováním a/nebo napárováním.

Působením vysokoenergetických částic, které na povrchu podkladu vyvolává štěpení vazeb, může být například působení laseru a/nebo plazmy a/nebo UV záření a/nebo ultrazvuku a/nebo iontového svazku.

Nejsnazším způsobem přivedení dithiolu a/nebo thiolu na podklad s radikály a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami je jeho ponoření do vodného nebo alkoholového roztoku thiolu a/nebo dithiolu.

Jako nejhodnější dithiol se během testů jevil ethandithiol a bifenylidithiol, jako nejhodnější thiol pak cysteamin a merkaptoethanol.

Podkladem pro ukotvení nanostruktur nebo vrstvy zlata může být polymerní fólie, vrstva polymerních nanovláken, sklo nebo vrstva polovodiče, případně jiný materiál, který na svém povrchu obsahuje takovou vrstvu.

Cíle vynálezu se dále dosáhne také substrátem, který obsahuje podklad, na jehož povrchu jsou prostřednictvím dithiolu a/nebo thiolu ukotveny nanostruktury zlata, přičemž dithiol a/nebo thiol je k povrchu podkladu navázán prostřednictvím chemické vazby vytvořené chemickou reakcí mezi jeho merkaptoskupinou ($-SH$) a/nebo aminoskupinou ($-NH_2$) a/nebo hydroxyskupinou ($-OH$) a radikály a/nebo dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu podkladu.

Nanostruktury zlata jsou pak k dithiolu a/nebo thiolu navázány prostřednictvím chemické vazby vytvořené chemickou reakcí mezi zlatem a zbývající chemicky aktivní merkaptoskupinou dithiolu a/nebo thiolu.

- 5 Pro využití v medicíně, resp. tkáňovém inženýrství, apod., je možné na nanostruktury zlata uložit živé buňky, které mají k takovému podkladu výbornou adhezi a velmi dobře na něm prosperují.

Obdobný substrát lze vytvořit také uložením vrstvy zlata na povrch podkladu. Na povrchu podkladu jsou přitom prostřednictvím dithiolu a/nebo thiolu ukotveny jednotlivé atomy zlata, přičemž dithiol a/nebo thiol je k povrchu podkladu navázán prostřednictvím chemické vazby vytvořené chemickou reakcí mezi jeho merkaptoskupinou ($-SH$) a/nebo aminoskupinou ($-NH_2$) a/nebo hydroxyskupinou ($-OH$) a radikály a/nebo dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu podkladu, a atomy zlata jsou k dithiolu a/nebo thiolu navázány prostřednictvím chemické vazby vytvořené chemickou reakcí mezi zlatem a druhou merkaptoskupinou dithiolu a/nebo thiolu.

Také v tomto případě lze na vrstvu zlata v případě potřeby uložit živé buňky.

Vhodným podkladem pro uložení vrstvy zlata je pak polymerní fólie, vrstva polymerních nanovláken, sklo nebo vrstva polovodiče, případně libovolný jiný materiál, který obsahuje na svém povrchu takovou vrstvu.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiloženém výkrese je na obr. 1 schematicky znázorněn vývojový diagram způsobu ukotvení nanostruktur a atomů zlata na povrchu podkladu podle vynálezu, na obr. 2 schéma molekuly dithiolu, konkrétně bifenylidithiolu, na obr. 3a a 3b AFM snímek nanostruktur zlata v tzv. kontaktním a face modu uložených způsobem podle vynálezu na vrstvě polyethylenu (PE), na obr. 4 graf znázorňující množství živých buněk po jednom a třech dnech od uložení na fólii polyethylenu, na fólii polyethylenu modifikovanou působením plazmy a na fólii polyethylenu s uloženou vrstvou nanostruktur zlata podle vynálezu, na obr. 5a snímek z optického mikroskopu s živými buňkami uloženými na fólii z polyethylenu, na obr. 5b snímek z optického mikroskopu s buňkami uloženými na fólii z polyethylenu po modifikaci v plazmě, na obr. 5c snímek z optického mikroskopu s buňkami uloženými na fólii z polyethylenu, na jejímž povrchu jsou způsobem podle vynálezu ukotveny nanostruktury zlata, na obr. 6a snímek z elektronového mikroskopu po provedení nanoindetační vrypové zkoušky vrstvy zlata uložené na fólii z polyethylenu, na obr. 6b snímek z elektronového mikroskopu po provedení nanoindetační vrypové zkoušky vrstvy zlata uložené na fólii z polyethylenu modifikovanou působením plazmy, na obr. 6c snímek z elektro-nového mikroskopu po provedení nanoindetační vrypové zkoušky vrstvy zlata uložené na fólii z polyethylenu způsobem podle vynálezu, na obr. 7a a 7b AFM snímek nanostruktur zlata v tzv. kontaktním a face modu uložených způsobem podle vynálezu na vrstvě polyethylentereftalátu (PET), na obr. 8a a 8b AFM snímek nanostruktur zlata v tzv. kontaktním a face modu uložených způsobem podle vynálezu na vrstvě skla, které bylo modifikováno působením plazmy po dobu 240 s, a na obr. 9a a 9b AFM snímek nanostruktur zlata v tzv. kontaktním a face modu uložených způsobem podle vynálezu na vrstvě skla, které bylo modifikováno působením plazmy po dobu 360 s.

Příklady provedení vynálezu

Způsob pro ukotvení nanostruktur zlata podle vynálezu bude vysvětlen na schematickém vývojovém diagramu znázorněném na obr. 1. V prvním kroku se připraví podklad 1, který může být dle potřeby tvořený v podstatě libovolným polymerem, s výhodou například ve formě fólie nebo vrstvy nanovláken, sklem nebo polovodičem, nebo jiným materiélem, který obsahuje takovou

5 povrchovou vrstvu. Během přípravy se v důsledku působení svazku vysokoenergetických částic (např. laseru, plazmy, UV záření, ultrazvuku, iontového svazku, nebo jejich kombinace) štěpí chemické vazby na povrchu podkladu 1, čímž se na něm vytváří chemicky aktivní místa tvořená radikály 2 a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami 3. Alespoň část z nich pak při styku s atmosférou oxiduje za vzniku kyslíkatých skupin, například karbonylových skupin (–CO), karboxylových skupin (–COOH), esterových skupin (–COOR), apod.

10 K takto připravenému podkladu 1 se následně přivede, například ve formě vodného nebo alkoholového roztoku vhodný dithiol 4 obsahující dvě merkaptoskupiny (–SH), nebo směs dithiolů, případně thiol, který obsahuje jednu merkaptoskupinu (–SH) a dle svého typu jednu amino skupinu (–NH₂) nebo hydroxylovou skupinu (–OH), nebo směs thiolů, případně směs dithiolů a thiolů. Přitom dochází k chemické reakci mezi jednou merkaptoskupinou (–SH) dithiolu 4, nebo amino skupinou (–NH₂) nebo hydroxylovou skupinou (–OH) thiolu s radikály 2 a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami 3 a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu podkladu 1, v důsledku čehož se dithiol 4 a/nebo thiol naváže na povrch podkladu 1. Díky prostorovému uspořádání dithiolu (obr. 2), resp. thiolu zůstává jeho (druhá) merkaptoskupina (–SH) odvrácená od povrchu podkladu 1 a díky tomu nadále chemicky aktivní. Vhodným dithiolem 4 je například ethandithiol nebo bifenylidithiol, vhodným tholem je pak například cysteamin nebo merkaptoothanol.

15 20 Poté se k povrchu podkladu 1 s navázaným dithiolem 4 a/nebo tholem přivedou nanostruktury 5 zlata, s výhodou například ve formě vodní suspenze zlatých nanokuliček a/nebo nanootyčinek obalených vhodným citrátem, např. citrátem sodným, který zabraňuje jejich koagulaci a tím je stabilizuje. Nanostruktury 5 zlata pak díky své reaktivitě velmi ochotně reagují s aktivními (volnými) merkaptoskupinami (–SH) dithiolu 4 nebo thiolu, čímž se na ně chemicky naváží a ukotví se tak na povrchu podkladu 1. Přitom se ukládají do struktur, které kopírují tvar povrchu podkladu 1. Jejich ukotvení je dostatečně pevné a odolné, aby se takto vytvořený substrát 6, v případě potřeby doplněný dalšími vrstvami (vč. další vrstvy nanočastic nebo jiných nanostruktur 5 zlata) a/nebo prvky, mohl použít pro většinu uvažovaných aplikací, zejména v oblasti mikroelektroniky (elektrody kondenzátorů, tranzistorů, apod.), optoelektroniky (vrstva CD a DVD, nebo LCD či flexibilních displejů, apod.), biologie (biosenzory), obalové techniky, katalýzy nebo například jako vrstva pro odraz světla pro povrchově zesílenou Ramanovu spektroskopii, apod., včetně aplikací, kdy vrstva nanostruktur 5 zlata slouží jako nosná vrstva například pro pěstování živých buněk, atd.

25 30 35 Kromě nanostruktur 5 zlata lze stejným způsobem na povrchu podkladu 1 ukotvit v podstatě souvislou vrstvu zlata, když se na podklad 1 s navázaným dithiolem 4 a/nebo tholem deponuje zlato ve formě jednotlivých atomů známými postupy – například napařováním a/nebo naprašováním. K volným merkaptoskupinám (–SH) dithiolu 4 a/nebo thiolu se přitom chemicky navazují přímo jednotlivé atomy zlata, přičemž se dosáhne podstatně vyšší pevnosti jejich ukotvení na podkladu 1, než v případě jejich přímého nanášení na podkladu 1 bez využití dithiolu 4 a/nebo thiolu. Na první z uložených atomů zlata se následně připojují další nanášené atomy kovovou vazbou. Tako vytvořený substrát, který obsahuje podklad 1, na jehož alespoň části povrchu je uložena vrstva zlata, a který může být dle potřeby doplněn dalšími vrstvami nebo prvky, má opět řadu praktických využití, zejména v oblasti mikroelektroniky, optoelektroniky, biologie, medicíny, chemie, tkáňového inženýrství, ale i obalové techniky, atd.

40 45 V případě potřeby lze obě výše popsané varianty kombinovat a na jeden podklad 1 současně ukotvit jak nanostruktury 5 zlata, tak i jednotlivé atomy zlata.

50 Na následujících příkladech provedení je ilustrováno několik příkladných, nikoliv však jediných, postupů k provádění způsobu podle vynálezu.

Příklad 1

Podklad tvořený fólií z polyethylenu (PE) o tloušťce 50 µm byl po dobu 300 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku bifenylidithiolu v methanolu, přičemž jedna z merkaptoskupin ($-SH$) bifenylidithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly bifenylidithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, přičemž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopii atomových sil (AFM) – viz obr. 3a a 3b. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektro-novou spektroskopii (XPS), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Příklad 2

Stejným postupem jako v příkladu 1 se na povrch fólie z polyethylenu (PE) o tloušťce 50 µm ukotvily nanokuličky zlata. Takto vytvořený substrát se poté sterilizoval ponořením na dobu 1 hodiny do 75% ethanolu a následně sušil v miskách z polystyrenu (PS). Po usušení se na strukturu nanokuliček zlata uložily živé buňky z myší aorty (VSMC) o koncentraci 17000 buněk/cm². Poté se sledovala adheze buněk, která byla vynikající. Kromě toho se po 24 a 72 hodinách sledoval také růst a množení těchto buněk, které bylo podstatně lepší (obr. 4 – sloupec 3) než v případě uložení těchto buněk na samotnou původní fólii z polyethylenu (PE) (obr. 4 – sloupec 1), i než v případě uložení těchto buněk na fólii z polyethylenu (PE) modifikovanou působením plazmy (tj. s radikály a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu) (obr. 4 sloupec 2). Tento stav je jasně dokumentován také na snímcích z optického mikroskopu vytvořených 168 hodin po uložení buněk, kde je na obr. 5a snímek buněk uložených na samotné fólii z polyethylenu (PE), na obr. 5b snímek buněk uložených na fólii z polyethylenu (PE) modifikované působením plazmy, a na obr. 5c snímek buněk uložených na fólii z polyethylenu (PE) s ukotvenými nanokuličkami zlata, kde je jasně největší počet buněk.

Stejným způsobem lze na vhodný podklad uložit i jiné, v podstatě libovolné, typy buněk dle požadavků. Takto vytvořený substrát má široké možnosti použití, zejména v oblasti tkáňového inženýrství a pěstování buněk.

Příklad 3

Podklad tvořený fólií z polyethylenu (PE) o tloušťce 50 µm byl po dobu 200 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku bifenylidithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina ($-SH$) bifenylidithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly bifenylidithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček o rozměrech cca 5 x 30 nm, stabilizovaných citrátem sodným.

Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, přičemž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

5 Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS) a infračervenou spektroskopíí (FTIR), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

10

Příklad 4

Na stejný podklad jako v příkladu 3 se stejným způsobem navázaly molekuly bifenylidithiolu. Následně se na něj naprašováním nanesla vrstva zlata o tloušťce 100 nm. Atomy zlata přitom reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, přičemž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu. K atomům ukotveným tímto způsobem na povrchu podkladu se další nanášené atomy zlata připojily vazbou.

20 Přítomnost zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS) a infračervenou spektroskopíí (FTIR), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

25

Příklad 5

Na stejný podklad jako v příkladu 3 se stejným způsobem navázaly molekuly bifenylidithiolu. Následně se na něj naprašováním nanesla vrstva zlata o tloušťce 100 nm. Atomy zlata přitom reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, přičemž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

30 Přítomnost zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS) a infračervenou spektroskopíí (FTIR), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncen-

35 trace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

40

Na takto vytvořeném substrátu byl následně proveden nanoindentační vyp, přičemž jak je zřejmé ze snímku z elektronového mikroskopu na obr. 6c, kde je okraj vypu jasně nejčlenitější, dosáhne se tímto způsobem podstatně vyšší adheze vrstvy zlata k podkladu než při jejím nanesení na samotnou fólii z polyethylenu (PE) – obr. 6a, i než při jejím uložení na fólii z polyethylenu (PE) modifikovanou působením plazmy (tj. s radikály a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu) – obr. 6b.

45

Příklad 6

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se na povrch podkladu tvořeného fólií z polyethylenu (PE) o tloušťce 100 μm navázaly molekuly bifenylidithiolu. Na povrch takto připraveného podkladu se naprašováním nanesla vrstva zlata o tloušťce 100 nm, přičemž atomy zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, přičemž se ukotvily na povrchu podkladu.

50 Přítomnost zlata a síry na povrchu podkladu byla následně potvrzena fotoelektronovou mikroskopíí (XPS), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

55

Takto vytvořený substrát má široké uplatnění zejména v oblasti elektroniky, neboť výhodně kombinuje vrstvu vodiče (zlata) s vrstvou izolantu (polyethylenu).

5

Příklad 7

Podklad tvořený fólií z polyethylenu (PE) o tloušťce 100 µm byl po dobu 200 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 0,02% roztoku ethandithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina (–SH) ethandithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly ethandithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou (–SH) ethandithiolu, přičemž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopii atomových sil (AFM). Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopii (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

25

Příklad 8

Podklad tvořený fólií z polyethylenu (PE) o tloušťce 100 µm byl po dobu 2 minuty vystaven 1000 pulzů o délce 20 až 40 ns s opakovací rychlostí 11 Hz KrF excimerového laseru s vlnovou délkou 248 nm. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 0,02% roztoku ethandithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina (–SH) ethandithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly ethandithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou (–SH) ethandithiolu, přičemž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

40

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopii atomových sil (AFM). Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopii (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

45

Příklad 9

Podklad tvořený fólií z polyethylentereftalátu (PET) o tloušťce 25 µm byl po dobu 200 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. Na povrch takto připraveného podkladu se stejným postupem jako v příkladu 1 ukotvili nanokuličky zlata.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopii – obr. 7a a 7b. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektro-

skopií (XPS), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

5 Příklad 10

Na podklad tvořený fólií z polyethylentereftalátu (PET) o tloušťce 25 µm byly stejným způsobem jako v příkladu 8 vytvořeny radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku cysteaminu ve vodě, přičemž aminoskupina ($-NH_2$) cysteaminu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly cysteaminu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní merkaptoskupinou ($-SH$) cysteaminu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS) a infračervenou spektroskopíí (FTIR), a vazba cysteaminu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR). Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu je současně důkazem toho, že s radikály a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu podkladu reaguje přednostně aminoskupina ($-NH_2$) cysteaminu a jeho merkaptoskupina ($-SH$) zůstává chemicky aktivní, neboť v opačném případě by nanokuličky zlata díky své povaze s molekulami cysteaminu, resp. jeho aminoskupinou ($-NH_2$) nereagovaly a nenavázaly by se na ně.

30 Příklad 11

Podklad tvořený fólií z polyethylentereftalátu (PET) o tloušťce 50 µm byl vystaven působení svazku iontů Xe z iontového urychlovače s dávkou 10^{13} cm^{-2} a energií 63 keV. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku bifenylidithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina ($-SH$) bifenylidithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly ethandithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

45 Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopíí atomových sil (AFM). Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

50 Příklad 12

Podklad tvořený fólií z polytetrafluorethylenu (PTFE) o tloušťce 25 µm byl po dobu 200 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. Na povrch takto připraveného podkladu se stejným postupem jako v příkladu 6 ukotvili nanokuličky zlata.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

5

Příklad 13

Podklad tvořený fólií z polytetrafluorethylenu (PTFE) o tloušťce 100 µm byl po dobu 200 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku merkaptoethanolu ve vodě, přičemž hydroxylová skupina (–OH) merkaptoethanolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly merkaptoethanolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou (–SH) merkaptoethanolu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

20

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS) a infračervenou spektroskopíí (FTIR), a vazba merkaptoethanolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR). Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu je současně důkazem toho, že s radikály a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami a/nebo kyslíkatými skupinami na povrchu podkladu reaguje přednostně hydroxylová skupina (–OH) merkaptoethanolu a jeho merkaptoskupina (–SH) zůstává chemicky aktivní, neboť v opačném případě by nanokuličky zlata díky své povaze s molekulami merkaptoethanolu, resp. jeho hydroxylovou skupinou (–OH) nereagovaly a nenavázaly by se na ně.

Příklad 14

Podklad tvořený fólií z polytetrafluorethylenu (PTFE) o tloušťce 100 µm byl po dobu 200 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku bifenylidithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina (–SH) bifenylidithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se na něj molekuly bifenylidithiolu navázaly. Následně se na podklad napařováním nanesla vrstva zlata o tloušťce 100 nm. Atomy zlata přitom reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou (–SH) bifenylidithiolu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

45

Přítomnost zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena elektronovou mikroskopíí. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopíí (XPS) a infračervenou spektroskopíí (FTIR), a vazba bifenylidithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

50

Příklad 15

Podklad tvořený fólií z polyethylentereftalátu (PET) o tloušťce 50 µm byl vystaven působení svazku iontů Xe z iontového urychlovače s dávkou 10^{13} cm^{-2} a energií 63 keV. V důsledku toho

se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku bifenylidithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina ($-SH$) bifenylidithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly ethandithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrchu podkladu.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopíí atomových sil (AFM). Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopiií (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Příklad 16

Podklad tvořený fólií z polytetrafluorethylenu (PTFE) o tloušťce 100 μm byl po dobu 5 minut vystaven působení UV záření s vlnovou délkou 290nm. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 2% roztoku bifenylidithiolu v methanolu, přičemž jedna merkaptoskupina ($-SH$) bifenylidithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se na něj molekuly ethandithiolu navázaly. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata, stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) bifenylidithiolu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrch podkladu.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopíí atomových sil (AFM). Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopiií (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Příklad 17

Podklad tvořený sklem o tloušťce 1 mm byl po dobu 240 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ponořil na dobu 1 hodiny do 0,02% roztoku ethandithiolu v methanolu, přičemž jedna z merkaptoskupin ($-SH$) ethandithiolu reagovala s radikály, konjugovanými dvojnými vazbami a kyslíkatými strukturami na povrchu podkladu, v důsledku čehož se molekuly ethandithiolu navázaly na povrch podkladu. Následně se podklad ponořil na dobu 1 hodiny do vodní suspenze nanostruktur zlata, konkrétně nanokuliček zlata stabilizovaných citrátem sodným. Nanokuličky zlata reagovaly s druhou, dosud chemicky aktivní, merkaptoskupinou ($-SH$) ethandithiolu, čímž se navázaly k jeho molekulám, a ukotvily se tak na povrch podkladu.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopíí atomových sil (AFM) – obr. 8a a 8b. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopiií (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopíí atomových sil (AFM) – obr. 8a a 8b. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopiií (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Příklad 17

Podklad tvořený sklem o tloušťce 1 mm byl po dobu 360 sekund vystaven působení inertní argonové plazmy o výkonu 10 W v podtlaku 10 Pa. V důsledku toho se na jeho povrchu vytvořily radikály a konjugované dvojné vazby, z nichž se alespoň část následně při styku s atmosférou oxidací přeměnila na kyslíkaté skupiny. Poté se takto připravený podklad ukotvily způsobem popsaným v příkladu 15 nanokuličky zlata.

Přítomnost nanokuliček zlata na povrchu podkladu byla následně potvrzena mikroskopii atomových sil (AFM) – obr. 9a a 9b. Kromě toho byla přítomnost zlata a síry ověřena fotoelektronovou spektroskopii (XPS), a vazba ethandithiolu na radikály na povrchu podkladu poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Kromě toho výše uvedených typů podkladů byly v dalších příkladech s podobnými výsledky testovány také polymerní fólie z polypropylenu (PP), kyseliny poly-L-laktidové (PLLA) a polystyrenu (PS) o tloušťce 50 µm, fólie z polyamidu (PA) o tloušťce 100 µm, a fólie polyvinylchloridu (PVC) o tloušťce 125 µm, a také polovodivý vyleštěný křemík o tloušťce 1 mm.

Přítomnost zlatých nanočástic na povrchu podkladu se i v těchto případech ověřila dle potřeby mikroskopii atomových sil (AFM) a/nebo elektronovou mikroskopii (SEM) a/nebo infračervenou spektroskopii (FTIR) a/nebo goniometrií a/nebo elektrickým měřením a/nebo fotoelektronovou spektroskopii (XPS). Vazba dithiolu a/nebo thiolu na radikály na povrchu podkladu byla prokazována poklesem koncentrace radikálů zjištěným elektronovou paramagnetickou rezonancí (EPR).

Zlaté nanočástice uložené na povrchu podkladu si ve všech popsaných variantách i nadále zachovávají své unikátní vlastnosti, jako například vysokou elektrickou vodivost. Jejich ukotvení na podkladu je přitom dostatečně odolné i pro aplikace, ve kterých je vrstva zlatých nanočastic vystupuje jako nosná vrstva pro uložení jiné funkční vrstvy, například živé buňky pro využití v tkáňovém inženýrství, apod.

35

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob ukotvení nanostruktur zlata na povrchu podkladu, **vyznačující se tím**, že nejprve se na povrchu podkladu tvořeného polymerní fólií, vrstvou polymerních nanovláken, sklem nebo vrstvou polovodiče působením excimerového laseru, svazku iontů Xe z iontového urychlovače, nebo UV záření s vlnovou délkou 290 nm rozštěpí chemické vazby, přičemž alespoň část takto vytvořených radikálů a/nebo konjugovaných dvojníků vazeb při styku s atmosférou samovolně oxiduje za vzniku karbonylových a/nebo karboxylových a/nebo esterových skupin, načež se na tyto radikály a/nebo dvojné vazby a/nebo karbonylové skupiny a/nebo karboxylové skupiny a/nebo esterové skupiny na povrchu podkladu prostřednictvím chemické reakce mezi nimi a merkaptoskupinou (–SH), nebo aminoskupinou (–NH₂) nebo hydroxylovou skupinou (–OH) navážou molekuly ethandithiolu a/nebo bifenyldithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoothanolu, ke kterým se poté prostřednictvím chemické reakce mezi jejich nenasycenou merkaptoskupinou (–SH) a zlatem navážou nanostruktury zlata, které se tak ukotví chemickou kovalentní vazbou na povrchu podkladu.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nanostruktury zlata se k podkladu s navázanými molekulami dithiolu a/nebo thiolu přivedou ponořením podkladu do vodné suspenze nanostruktur zlata.

3. Způsob podle nároku 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že nanostruktury zlata ve vodní suspenzi jsou stabilizovány citrátem sodným.
- 5 4. Způsob ukotvení vrstvy zlata na povrchu podkladu, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že nejprve se na povrchu podkladu tvořeného polymerní fólií, vrstvou polymerních nanovláken, sklem nebo vrstvou polovodiče působením excimerového laseru, svazku iontů Xe z iontového urychlovače, nebo UV záření s vlnovou délkou 290 nm rozštěpí chemické vazby, přičemž alespoň část takto vytvořených radikálů a/nebo konjugovaných dvojných vazeb při styku s atmosférou samovolně oxiduje za vzniku karbonylových a/nebo karboxylových a/nebo esterových skupin, načež se na tyto radikály a/nebo konjugované dvojné vazby a/nebo karbonylové skupiny a/nebo karboxylové skupiny a/nebo esterové skupiny na povrchu podkladu prostřednictvím chemické reakce mezi nimi a merkaptoskupinou ($-SH$), a/nebo aminoskupinou ($-NH_2$) a/nebo hydroxylovou skupinou ($-OH$) navážou molekuly ethandithiolu a/nebo bifenylidithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu, na které se následně deponují atomy zlata, které se prostřednictvím chemické reakce s nenasycenou merkaptoskupinou ($-SH$) ethandithiolu a/nebo bifenylidithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu ukotví chemickou kovalentní vazbou na povrchu podkladu.
- 10 5. Způsob podle nároku 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že atomy zlata se na povrch podkladu s uloženými molekulami ethandithiolu a/nebo bifenylidithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu deponují naprašováním a/nebo napařováním.
- 15 6. Způsob podle libovolného z předcházejících nároků, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že ethandithiol a/nebo bifenylidithiol a/nebo cysteamin a/nebo merkaptoethanol se na podklad s radikály a/nebo konjugovanými dvojnými vazbami a/nebo karbonylovými skupinami a/nebo karboxylovými skupinami a/nebo esterovými skupinami přivede ponořením tohoto podkladu do vodného nebo alkoholového roztoku ethandithiolu a/nebo bifenylidithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu.
- 20 7. Substrát obsahující podklad na jehož povrchu jsou ukotveny nanostruktury zlata vyrobitevní způsobem, kdy se na povrchu podkladu tvořeného polymerní fólií, vrstvou polymerních nanovláken, sklem nebo vrstvou polovodiče působením excimerového laseru, svazku iontů Xe z iontového urychlovače, nebo UV záření s vlnovou délkou 290 nm rozštěpí chemické vazby, přičemž alespoň část takto vytvořených radikálů a/nebo konjugovaných dvojných vazeb při styku s atmosférou samovolně oxiduje za vzniku karbonylových a/nebo karboxylových a/nebo esterových skupin, načež se na tyto radikály a/nebo dvojné vazby a/nebo karbonylové skupiny a/nebo karboxylové skupiny a/nebo esterové skupiny na povrchu podkladu prostřednictvím chemické reakce mezi nimi a merkaptoskupinou ($-SH$), nebo aminoskupinou ($-NH_2$) nebo hydroxylovou skupinou ($-OH$) navážou molekuly ethandithiolu a/nebo bifenylidithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu, ke kterým se poté prostřednictvím chemické reakce mezi jejich nenasycenou merkaptoskupinou ($-SH$) a zlatem navážou nanostruktury zlata, které se tak ukotví chemickou kovalentní vazbou na povrchu podkladu.
- 25 8. Substrát podle nároku 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že na nanostrukturách zlata jsou uloženy živé buňky.
- 30 9. Substrát obsahující podklad na jehož povrchu je uložená vrstva zlata vyrobitevná způsobem, kdy se na povrchu podkladu tvořeného polymerní fólií, vrstvou polymerních nanovláken, sklem nebo vrstvou polovodiče působením excimerového laseru, svazku iontů Xe z iontového urychlovače, nebo UV záření s vlnovou délkou 290 nm rozštěpí chemické vazby, přičemž alespoň část takto vytvořených radikálů a/nebo konjugovaných dvojných vazeb při styku s atmosférou samovolně oxiduje za vzniku karbonylových a/nebo karboxylových a/nebo esterových skupin, načež se na tyto radikály a/nebo konjugované dvojné vazby a/nebo karbonylové skupiny a/nebo karboxylové skupiny a/nebo esterové skupiny na povrchu podkladu prostřednictvím chemické reakce
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

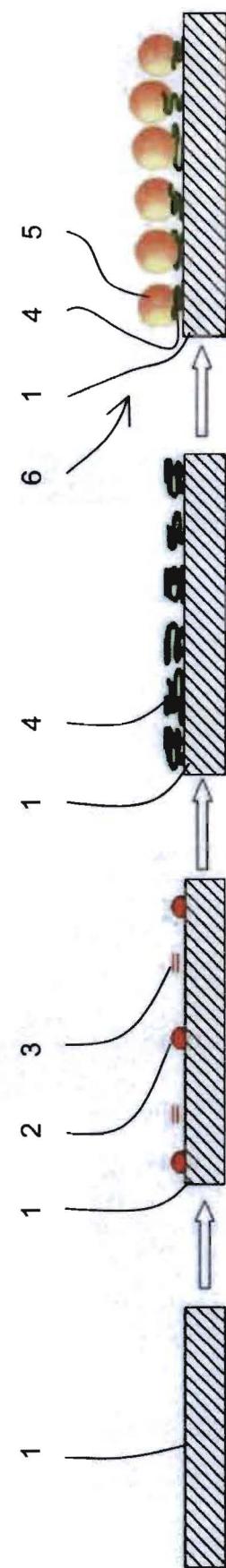
mezi nimi a merkaptoskupinou ($-SH$), a/nebo aminoskupinou ($-NH_2$) a/nebo hydroxylovou skupinou ($-OH$) navážou molekuly ethandithiolu a/nebo bifenyldithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu, na které se následně deponují atomy zlata, které se prostřednictvím chemické reakce s nenasycenou merkaptoskupinou ($-SH$) ethandithiolu a/nebo bifenyldithiolu a/nebo cysteaminu a/nebo merkaptoethanolu ukotví chemickou kovalentní vazbou na povrchu podkladu.

- 5 **10.** Substrát podle nároku 9, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že na vrstvě zlata jsou uloženy živé buňky.

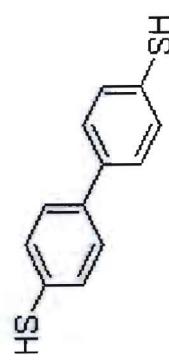
10

4 výkresy

15

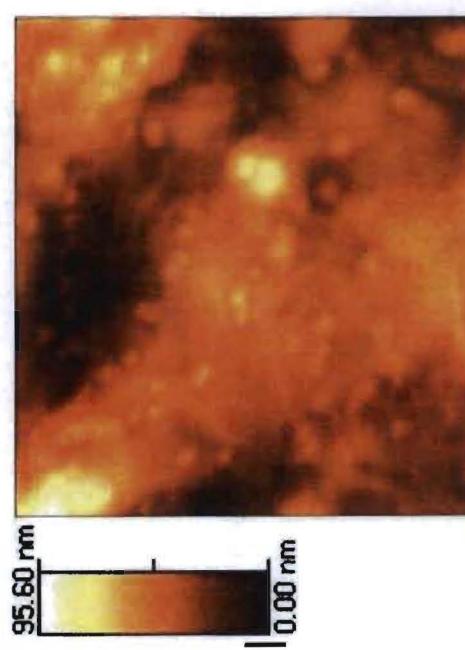


Obr. 1



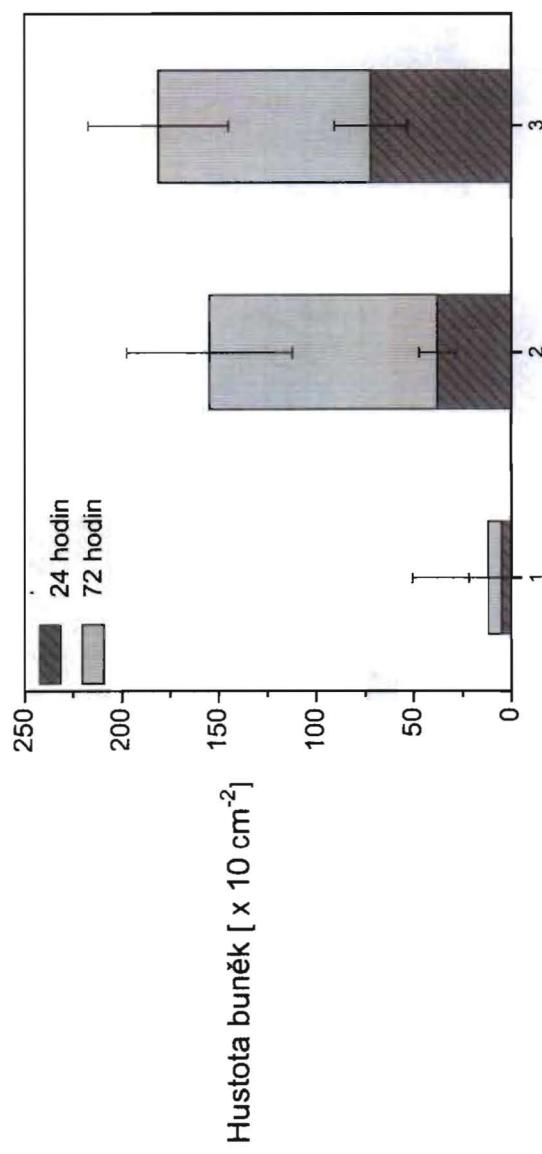
11.260 nm
0.565 nm

Obr. 3b

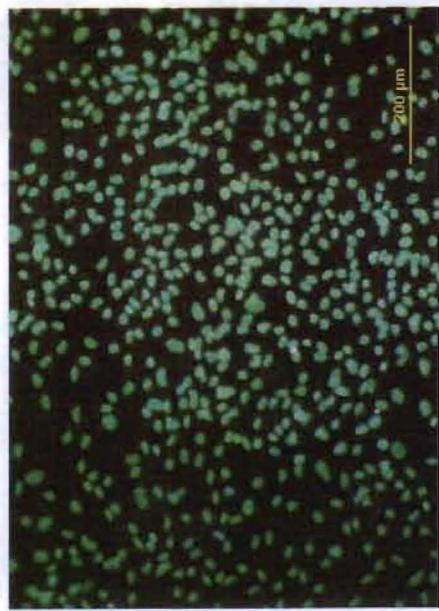


95.60 nm
0.00 nm
0 μm

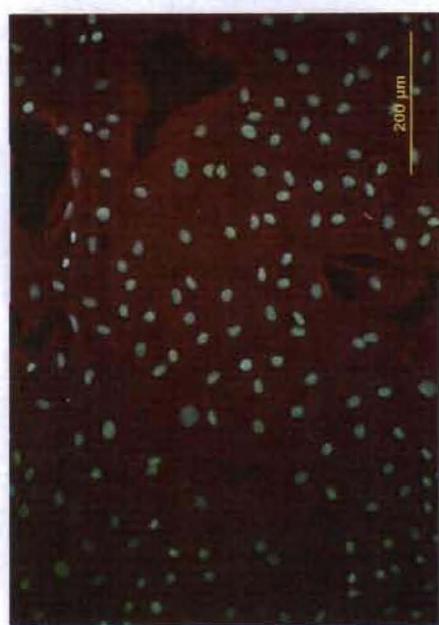
Obr. 3a



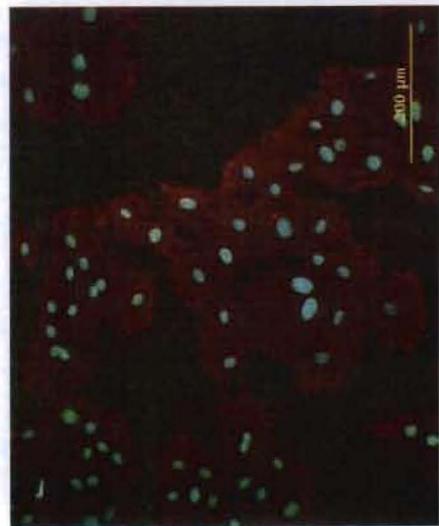
Obr. 4



Obr. 5c



Obr. 5b



Obr. 5a



Obr. 6a



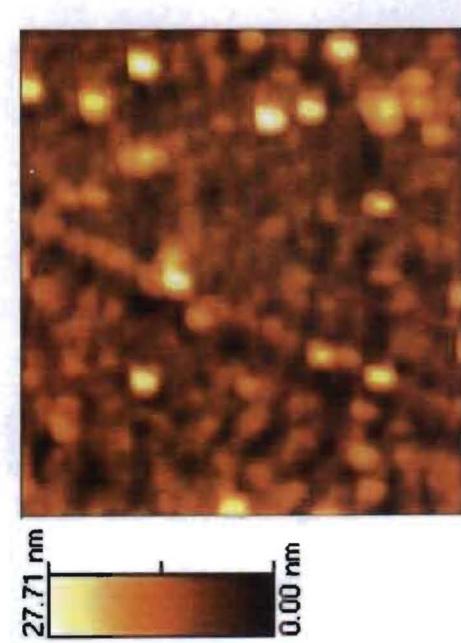
Obr. 6b



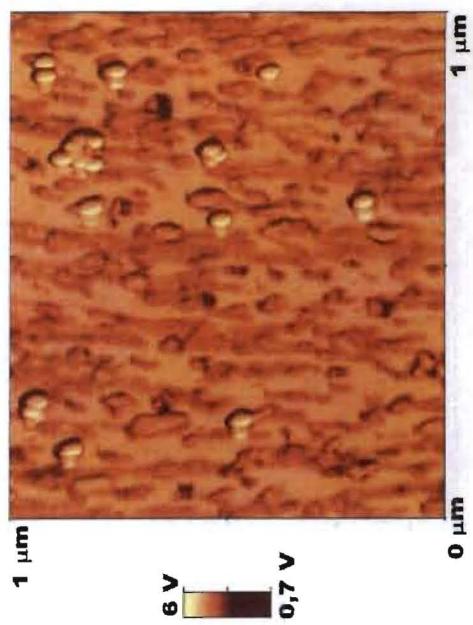
Obr. 6c



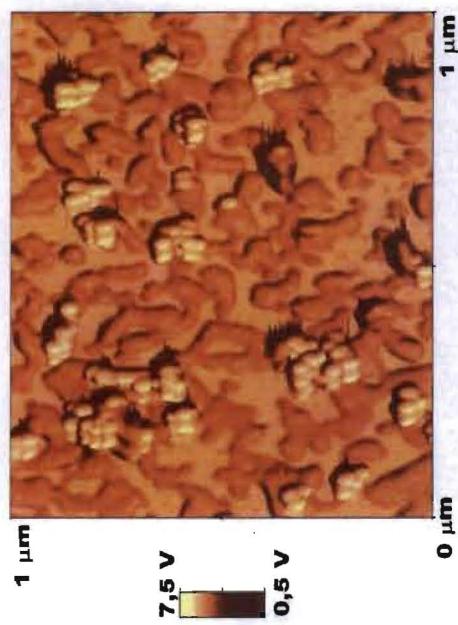
Obr. 6c
Obr. 7b



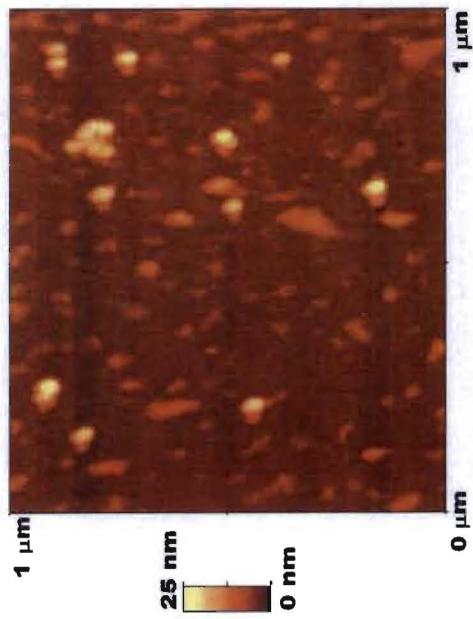
Obr. 7a



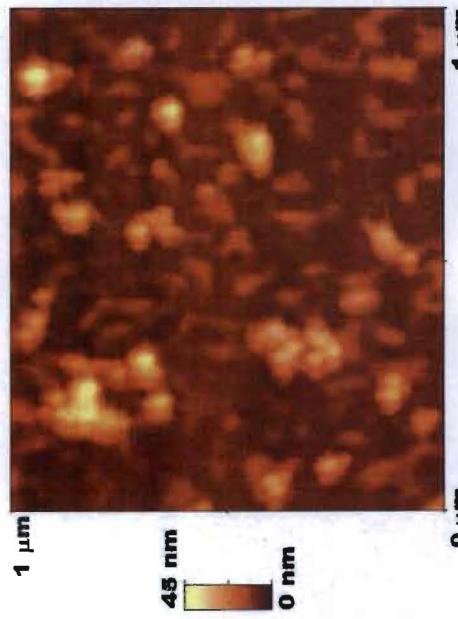
Obr. 8a



Obr. 8b



Obr. 9a



Obr. 9b