

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

31 541

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

A43B 7/00

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2017-34020**
(22) Přihlášeno: **15.08.2017**
(47) Zapsáno: **06.03.2018**

(73) Majitel:
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, CZ
miomove s.r.o., Slavičín, CZ

(72) Původce:
Ing. Jiří Matyáš, Ph.D., Petrov, CZ
doc. Ing. Petr Slobodian, Ph.D., Zlín, CZ
Ing. Robert Olejník, Ph.D., Zlín, CZ
Daniel Majc, Slavičín, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Jan Görig, Korábová 98, 763 16 Fryšták, Horní
Ves

(54) Název užitého vzoru:
**Chytrá obuv s komplexní soustavou
monitorování dat jejího uživatele**

CZ 31541 U1

Chytrá obuv s komplexní soustavou monitorování dat jejího uživatele

Oblast techniky

Technické řešení se týká chytré obuvi s komplexní soustavou monitorování dat jejího uživatele. Komplexní řešení chytré obuvi směřuje k širokému uplatnění v oblastech od sportu a tréninku, či
 5 volnočasové aktivity například dětí, nebo v oblasti lékařství a rehabilitace, až pro speciální použití jako může být oblast systému ochrany obyvatelstva nevojenského, tak vojenského charakteru. Na základě statické a dynamické analýzy dokáže stanovit typ, směrovost, frekvenci a intenzitu došlapu. Díky tomu je například možné určit, jaký typ došlapu má konkrétní uživatel (pronační, supinační či neutrální) a poté volit vhodnou obuv. Lze také monitorovat technické provedení
 10 určitých specifických pohybů a k nim vzniklých reakcí – příkladem je technika kopu do míče v kopané, kdy lze přesně vyhodnotit síly vznikající při vzájemném působení míče, boty a chodidla fotbalisty. To může být velice efektivní např. při výuce a kontrole techniky u dětí a juniorů. V oblasti zdravotnictví bude chytrá bota sloužit k stanovení došlapu pro účely rehabilitace, nebo například pro analýzu prognózy nemoci u pacientů s roztroušenou sklerózou.

Dosavadní stav techniky

V současné době se začíná rozvíjet koncept inteligentní obuvi a to nejen v odborné a patentové literatuře, ale i v konkrétních aplikacích na trhu. Jedná se např. o obuv k monitorování chůze
 20 uživatele se vkládacími stélkami vybavenými tlakovými čidly, případně též v kombinaci s některými dalšími typy senzorů, jako je například gyroskop či akcelerometr – viz například řešení podle čínské patentové přihlášky CN 104422947 nebo čínského užitého vzoru CN 205126247. Z pohledu monitorovaných parametrů se ale jedná o řešení dílčí, ne dostatečně komplexní – chybí např. údaje o teplotním poli v obuvi, souvislosti s trasou, po níž chůze probíhá apod. Tomu také odpovídá zatím jen dílčí přínos těchto řešení pro zpětnou diagnostiku a s tím související jejich zatím jen limitované využití v praxi.

25 Také řešení senzorů samotných není u známých řešení ještě optimální a spočívá spíše ve využití známých fyzikálních principů snímání příslušných veličin bez dostatečného respektování specifik integrace známých čidel, popř. jejich sběrných elektrod do vnitřního prostoru obuvi. Jednou z markantních ukázek tohoto problému je např. nedostatečná optimalizace senzorů ke snímání tlaku ve vnitřním prostoru obuvi.

30 Dosavadní senzory určené k měření tlakové deformace používají tři základní metody měření, mezi něž patří mechanická metoda měření, elektrická metoda měření a optická metoda měření.

A) Mechanické senzory pracují na mechanické bázi a zesílení se dosahuje pomocí takových prvků jako páka, závit, klín, různé převody a jejich kombinace. Proto tyto senzory nejsou vhodné
 35 pro měření strmých gradientů deformace a pro dynamická měření. Přesnost měření také ovlivňují faktory jako tření, ztrátový zdvih, hmotnost a setrvačnost použitých prvků. Jedná se o nejstarší metody používané pro návrh tenzometrů. Tyto senzory také nejsou schopny měřit v oblasti větších rozsahů deformace a jejich integrace do obuvi jako plošných senzorů se jeví jako velmi problematická.

40 B) Tlakové senzory pracující na elektrické bázi se dělí na piezoresistivní a piezoelektrické, senzory s povrchovou akustickou vlnou, induktivní, magnetické a kapacitní senzory.

Piezorezistivní senzory – odporové snímače. Změny elektrického odporu jsou dány geometrickými deformacemi nebo změnami v krystalografické orientaci. Deformace je nejčastěji způsobena tlakem nebo tahem v mezích Hookova zákona. Základní funkcí polovodičového tenzometru je stejně jako u kovových tenzometrů, transformace změny jejich rozměrů v určitelném směru na
 45 změnu odporu. U odporových tenzometrů je známa důležitá veličina tzv. deformační citlivost K (GF – gauge factor). Tyto piezorezistivní senzory – například kovové tenzometry foliové se vyrábějí z kovových slitin s koeficientem K blízkým hodnotě 2 a vybírají se dále s ohledem na minimální teplotní součinitel odporu. Druhým způsobem výroby jsou naprašované kovové tenzometry. Tyto jsou vyráběny naprašováním ve vakuu, kde se vytvoří nejdříve dielektrická vrstva na

nosné destičce (např. křemík) a pak aktivní vrstva. Používají se stejné materiály jako u foliových tenzometrů (Cermet, Nichrom a jiné).

Piezoelektrické senzory, jsou většinou používané pro sledování dynamických vstupů. Senzory se ukotví ke vzorku a výstupní napětí je generováno při namáhání vzorku. Piezoelektrický efekt je založen na elastické deformaci a orientaci elektrických dipólů v krystalové struktuře. Základem je nesymetrická struktura krystalu, ve které se neshodují centra elektrického náboje a tak vytvářejí dipóly. Přiložením vnější mechanické síly se deformují dipóly a na povrchu krystalu tak vzniká náboj (přímý piezoelektrický efekt). Naproti tomu, přiložení elektrického pole způsobí deformaci dipólů, a vyniká konstantní intenzita mechanického napětí (inverzní piezoelektrický efekt). K výrobě piezoelektrických senzorů se nejčastěji používají následující materiály: křemen, polymery na bázi polyvinylfluoridu (PVFD), slinutá PZT keramika (olovo - zirkon - titan), PLZT keramika (přidává se lanthan) a dává 2 až 8x větší napětí než PZT keramika. Mezi zásadní vlastnosti piezoelektrických senzorů patří to, že se chovají elektricky jako kapacitory, mechanicky jako tuhá pružina. Další vlastností piezoelektrických senzorů je to, že systém má dvě přirozené rezonanční frekvence, jedna je daná frekvencí vlastních oscilací pružiny a druhá je daná elektrickou kapacitou převodníku. Příklady aplikací piezoelektrických senzorů měřiče deformace, síly, výchylky nebo akcelerometry, jejichž setrvačná hmota působí na piezoelektrický element. Nevýhodou u těchto senzorů je to, že nemohou být využity k měření statických sil. Nakonec monokrystalické polovodičové tenzometry. Koeficient deformační citlivosti závisí na typu vodivosti. Kladné hodnoty má pro P typ polovodiče, záporné pro N typ vodivosti. Tyto senzory nejsou opět vhodné pro detekci napětí či deformace v obuvi, neboť jsou křehké a funkční jen pro malé deformace.

Mezi elektrické senzory deformace patří rovněž senzory s povrchovou akustickou vlnou často označovány zkratkou (SAW). Základním principem je závislost mechanické rezonanční frekvence pružného prvku na deformaci vyvolané vnějším působením. Senzory s povrchovými akustickými vlnami, využívají změn parametrů vlnění šířícího se z hřebenové struktury vysílače do místa přijímače. Piezoelektrické materiály pro substráty SAW senzorů je nejpoužívanější je křemen SiO_2 , GaAs, ZnO filmy, PZT keramika, GaPO_4 (Gallium Phosphate), vede SAW vlny i při teplotách převyšující 600 °C. Indukční, magnetické a kapacitní senzory jsou většinou velmi rozměrné, těžké a využívají se jen ve velmi specializovaných aplikacích zejména ve strojírenství.

C) Optické senzory deformace. Další skupinou jsou optické deformační senzory, které se dělí na senzory s vláknovými vlnovody, fotoelastické senzory a na senzory používající mřížkové a moiré metody. Mechanická deformace optického vlákna má za následek změnu podmínek šíření světelného svazku, protože se mění geometrie jádro-plášť a také index lomu vlivem účinku mechanického namáhání. Také záleží na tom, zda deformace působí kolmo nebo podél osy vlákna. Optické vláknové senzory jsou vhodné pro aplikaci při vyšších teplotách (až 400 °C) a také v situacích kdy senzor nesmí obsahovat kovové části.

Mřížkové techniky: tyto senzory mají na sobě umístěny referenční značky, jejichž vzdálenost se měří v klidu a potom při namáhání. Deformace se pak vypočítá z poměru změny délky a původní délky mezi značkami. Referenční značky jsou uspořádány do souvislého mřížkového vzoru (obdélníkový, polární). Mezi jednotlivými body pak můžeme sledovat gradient mechanického namáhání. Mřížka se vyrábí: nakreslením nebo rytím, fotografickým tištěním, přitmělením předpřipravené mřížky na povrch měřeného objektu, a/nebo leptáním.

Metoda Moiré: pro měření deformace je potřeba dvou vzorků s mřížkami, jeden testovací a druhý referenční. Rozptylový „Moiré“ efekt je útvar střídajících se tmavých a světlých pruhů, který vznikne při porovnání deformované a referenční mřížky, když se položí na sebe a jedna se buď otáčí, nebo posouvá.

Fotoelastické senzory: u některých materiálů vzniká dvojlom světelného svazku při působení mechanického namáhání. Rychlost světla se pak mění v závislosti na směru šíření. Aplikace tohoto jevu spočívá v prosvětlování transparentního modelu polarizovaným světlem. Používané materiály: různé typy skel, celuloid, želatina, guma, celulózové nitráty, vinyly, fenolové formaldehydy, polyester, epoxid, ethylkarbamát.

Z výše uvedených principů optických senzorů je zřejmé, že jejich k monitorování tlakového pole uvnitř obuvi není v praxi příliš použitelné.

Podstata technického řešení

K odstranění výše uvedených nedostatků stávajících řešení celkového konceptu inteligentní obuvi i specifického řešení čidel ke snímání tlaku přispívá chytrá obuv s komplexní soustavou monitorování dat jejího uživatele podle předloženého technického řešení. Podstata řešení spočívá v tom, že komplexní soustava monitorování obsahuje řídicí modul s mikroprocesorem, k němuž jsou připojeny tlakové senzory a teplotní senzory uložené ve stélce a/nebo svršku obuvi a dále též gyroskop, akcelerometr a GPS modul, uložené ve spodkové části obuvi, zejména pak v dutině podpatku. Zde jsou uloženy také další moduly soustavy připojené k řídicímu modulu s mikroprocesorem: komunikační moduly, jako LTE a WiFi modul a napájecí akumulátor., Sběrné elektrody od senzorů jsou tvořeny výšivkou elektricky vodivé niti v materiálu stélky a/nebo svršku obuvi.

Řídicí modul obsahuje paměťovou část pro dočasné uchování získaných dat a informací, komunikační a přenosovou část pro zajištění propojení chytré obuvi s chytrým mobilním telefonem či chytrými hodinkami pomocí bezdrátové technologie. Je možné také kabelové propojení chytré boty s počítačem pro přenos informací a pro dobíjení akumulátoru.

Součástí komplexního řešení je mobilní aplikace, která zajistí komunikaci prostřednictvím mobilního telefonu s chytrou obuví. Řídicí jednotka rovněž zabezpečuje prvotní vyhodnocení všech takto získaných informací pomocí soustavy algoritmů a první srozumitelné vizualizační zobrazení uživateli. Aplikace umožňuje předání těchto informací dále na serverovou část jako je „cloud“ a posléze na webovou část.

Z webové a prezentační části, která je schopná informace o komplexní analýze chůze, běhu, technice kopání do míče při fotbale, případně šlapání na kole uživatele dále zpracovat a vizualizovat pomocí 3D modelu anatomie člověka tak, aby bylo například odborným poradcům či samotnému uživateli zcela jasné a zřejmé, jak zefektivnit prováděné pohybové činnosti, jak zlepšit technické provedení, jaké přitom využívá svaly, a jak se vyvarovat pohybům, které způsobují bolestivé syndromy pohybového aparátu jako je například entezopatie apod.

Jednotlivé tlakové senzory uložené na stélce a/nebo svršku obuvi jsou tvořeny kompaktními celky pro dvoubodové měření změny odporu vložením tlakového podnětu. Každý z těchto celků o tloušťce 0,3 až 0,8 mm je tvořen dvojicí protilehlých sběrných elektrod a mezi nimi uloženou nanokompozitní vrstvou. Nanokompozitní vrstva obsahuje v elastické polyuretanové matici fixovanou strukturu náhodně zapletených uhlíkových nanotubic, která je produktem vakuové filtrace vodné disperze uhlíkových nanotubic přes filtrační membránu z polyuretanových nanovláken.

Ke zvýšení detekční schopnosti mohou uhlíkové nanotrubice nanokompozitní vrstvy s výhodou na svém povrchu klastry Ag, jež jsou produkty chemické funkcionalizace.

K optimalizaci citlivosti na vložený tlakový podnět může nanokompozitní vrstva tlakového senzoru dále obsahovat elastomerní kulovité nanorozpěrky, jež jsou produkty mikroemulzní polymerizační techniky.

Sběrné elektrody tlakových senzorů jsou tvořeny tkaninou na bázi uhlíkových vláken.

U tlakových senzorů podle předloženého technického řešení se využívá sítě z náhodně zapletených uhlíkových nanotubic (CNT), která je integrována polymerního nanokompozitu. Ten pak při deformaci mění svoji elektrickou vodivost a tento princip umožňuje detekovat a kvantifikovat vložený tlakový podnět. Nanokompozitní materiál je v aplikaci u tlakových senzorů citlivý, vratný a deformovatelný v mnoha cyklech, je schopen měřit i v oblastech vyšších rozsahů deformace. Na protilehlých stranách je pak senzor opatřen sběrnými elektrodami na bázi tkaniny z uhlíkových vláken nasycených polyuretanem. Tato konstrukce poskytuje senzor plošné konstrukce velmi kompaktní a odolný. Je konstruován a navržen, jak z pohledu uspořádání jednotlivých

vých členů, tak konkrétního materiálového složení přesně pro tlakový rozsah a charakter došlapu při integraci do lidské obuvi.

Hlavní předností chytré obuvi podle předloženého technického řešení je to, že díky celkové analýze dat souvisejících s pohybem lidského těla dokáže po technické stránce optimálně – lépe než řešení stávající - vyhodnotit správnost pohybové aktivity. Použité tlakové senzory sestávají z kompozitních sběrných elektrod s kompozitním vysoce elastickým funkčním piezorezistivním jádrem. Jádro je vyrobeno z elastomerní matrice s obsahem uhlíkových nanotrubiček, dále dotovaných stříbrnými klastry a vlastní citlivost na vložený tlakový podnět je dále zvýšena přidáním elastomerních kulovitých nanorozpěrek (angl. spacers). Senzor je citlivý a vratný, a odolný zatěžování v mnoha cyklech. Velkou předností tohoto řešení, je to, že kromě tlakových senzorů je samotná obuv vybavena komplexním řešením návazných segmentů, které jsou navzájem propojeny a předávají informace řídicímu obvodu (mikroprocesoru) a následně bezdrátově softwarové aplikaci, která je nainstalována v mobilním telefonu.

Objasnění výkresů

K bližšímu objasnění podstaty technického řešení slouží přiložené výkresy, kde představuje:

obr. 1 – celkové uspořádání senzorů a modulů v příkladném řešení chytré boty,

obr. 2 – detail řešení tlakových senzorů,

obr. 3 – schéma vyhodnocení kopu nártem,

obr. 4 – příklad křivky záznamu chůze,

obr. 5 – vizualizace výsledků snímání došlapu.

Příklady uskutečnění technického řešení

Příklad 1

Komplexní soustava monitorování dat uživatele chytré obuvi v příkladném provedení (viz schéma spodkové části obuvi na obr. 1) obsahuje řídicí modul s mikroprocesorem 4, k němuž jsou připojeny tlakové senzory 5 a teplotní senzory 6 uložené ve stélce 1. Dále obsahuje gyroskop 7, akcelerometr 8, GPS modul 9, komunikační moduly 10, jako LTE a WiFi modul a napájecí akumulátor 11, uložené v dutině podpatku 3a spodkové části 3 obuvi. Sběrné elektrody od senzorů 5, 6 jsou tvořeny výšivkou elektricky vodivé niti v materiálu stélky 1 a/nebo svršku 2 obuvi.

Komplexní soustava monitorování je dále doplněna rozhraním pro kabelové propojení chytré boty s externím počítačem k přenosu informací a k dobíjení akumulátoru 11.

Jednotlivé tlakové senzory 5 uložené na stélce 1 a/nebo svršku 2 obuvi jsou tvořeny kompaktními celky pro dvoubodové měření změny odporu vložením tlakového podnětu (viz obr. 2). Každý z těchto celků o tloušťce 0,3 až 0,8 mm je tvořen dvojicí protilehlých sběrných elektrod 5a a mezi nimi uloženou nanokompozitní vrstvou 5b. Skladba jednotlivých vrstev tlakového senzoru je znázorněna na obr. 2a), celkové uspořádání senzoru je patrné ze schématu 2b) a vizualizace 2c).

Nanokompozitní vrstva 5b obsahuje v elastické polyuretanové matrici fixovanou strukturu náhodně zapletených uhlíkových nanotrubic, která je produktem vakuové filtrace vodné disperze uhlíkových nanotrubic přes filtrační membránu z polyuretanových nanovláken.

Sběrné elektrody 5a jsou tvořeny tkaninou na bázi uhlíkových vláken.

Řídicí modul s mikroprocesorem 4 řídí činnost jednotlivých senzorů a modulů. Zabezpečuje komunikaci s jednotlivými senzory, které jsou nezbytné pro získávání informací z prováděné činnosti (chůze, běh, šlapání na kole a jiné) a bezdrátový přenos veškerých dat a informací z těchto senzorů dále pomocí komunikačních modulů 10 (LTE a WiFi).

Součástí komplexního řešení je mobilní aplikace, která zajistí komunikaci prostřednictvím mobilního telefonu s chytrou obuví. Řídicí jednotka rovněž zabezpečuje prvotní vyhodnocení všech takto získaných informací pomocí soustavy algoritmů a první srozumitelné vizualizační zobra-

zení uživateli. Aplikace umožňuje předání těchto informací dále na serverovou část jako je „cloud“ a posléze na webovou část.

Z webové a prezentační části, která je schopná informace o komplexní analýze chůze, běhu, případně šlapání na kole uživatele dále zpracovat (viz např. křivka představující záznam chůze zaznamenané jako relativní změna elektrického odporu v čase z jednoho tlakového senzoru integrovaného do chytré boty na obr. 4) a vizualizovat pomocí 3D modelu anatomie člověka (viz např. vizualizace výsledů nasbíraných při aktivitě pomocí chytré obuvi aplikací nainstalovanou v mobilním telefonu na obr. 5) tak, aby bylo například odborným poradcům či samotnému uživateli zcela jasné a zřejmé, jak zefektivnit prováděné pohybové činnosti, jaké přitom využívá svaly, a jak se vyvarovat pohybům, které způsobují bolestivé syndromy pohybového aparátu jako je například entezopatie apod.

Příklad 2

Komplexní soustava monitorování dat uživatele chytré obuvi je řešena obdobně jako v příkladu 1. Tlakové senzory 5 jsou ale v tomto případě umístěny i ve svršku 2 obuvi, konkrétně kopačky (viz obr. 3) a slouží k vyhodnocení kopací techniky především mladých hráčů kopané.

Příklad 3

Komplexní soustava monitorování dat uživatele chytré obuvi je řešena obdobně jako v příkladu 1 nebo 2.

Uhlíkové nanotrubice nanokompozitní vrstvy 5b tlakových senzorů 5 zde ale obsahují ke zvýšení detekční schopnosti na svém povrchu klastry Ag, jež jsou produkty chemické funkcionalizace.

Nanokompozitní vrstva 5b dále obsahuje k optimalizaci citlivosti na vložený tlakový podnět elastomerní kulovité nanorozpěrky, jež jsou produkty mikroemulzní polymerizační techniky.

N Á R O K Y N A O C H R A N U

1. Chytrá obuv vybavená komplexní soustavou monitorování dat jejího uživatele, zejména pak aktuálních biomedicínských dat a dat charakterizujících tělesné aktivity uživatele, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že komplexní soustava monitorování obsahuje monitorovací komponenty uložené ve stélce (1) a/nebo svršku (2) obuvi, jimiž jsou tlakové senzory (5) a teplotní senzory (6) a dále komponenty uložené ve spodkové části (3) obuvi, zejména v dutině podpatku (3a) obuvi, jimiž jsou monitorovací komponenty - gyroskop (7), akcelerometr (8) a GPS modul (9) spolu s komunikačními moduly (10), jako LTE a WiFi modul a napájecím akumulátorem (11), s tím, že jednotlivé výše uvedené komponenty komplexní soustavy monitorování jsou připojeny k řídicímu modulu s mikroprocesorem (4) ve spodkové části (3) obuvi, při čemž připojení senzorů (5, 6) je řešeno sběrnými elektrodami tvořenými výšivkou elektricky vodivé niti v materiálu stélky (1) a/nebo svršku (2) obuvi.

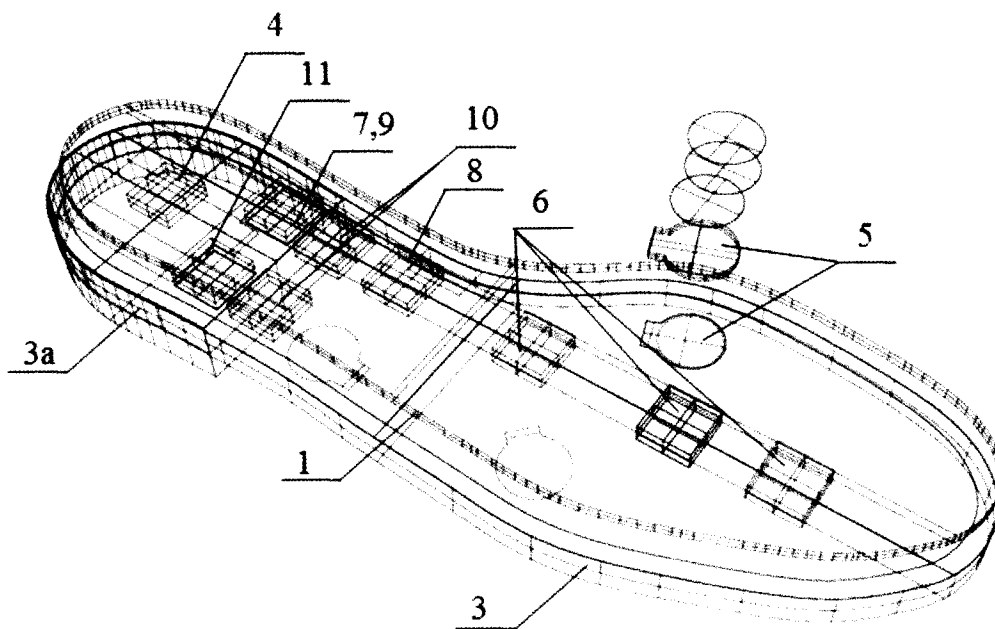
2. Chytrá obuv podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že tlakové senzory (5) uložené ve stélce (1) a/nebo svršku (2) obuvi jsou tvořeny kompaktními celky pro dvoubodové měření změny odporu vložením tlakového podnětu, přičemž každý z těchto celků o tloušťce 0,3 až 0,8 mm je tvořen dvojicí protilehlých elektrod (5a) tvořených tkaninou na bázi uhlíkových vláken a mezi nimi uloženou nanokompozitní vrstvou (5b), s tím, že tato nanokompozitní vrstva (5b) obsahuje v elastické polyuretanové matici fixovanou strukturu náhodně zapletených uhlíkových nanotubic, která je produktem vakuové filtrace vodné disperze uhlíkových nanotubic přes filtrační membránu z polyuretanových nanovláken.

3. Chytrá obuv podle nároku 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že uhlíkové nanotrubice nanokompozitní vrstvy (5b) obsahují ke zvýšení detekční schopnosti na svém povrchu klastry Ag, jež jsou produkty chemické funkcionalizace a/nebo že nanokompozitní vrstva (5b) obsahuje

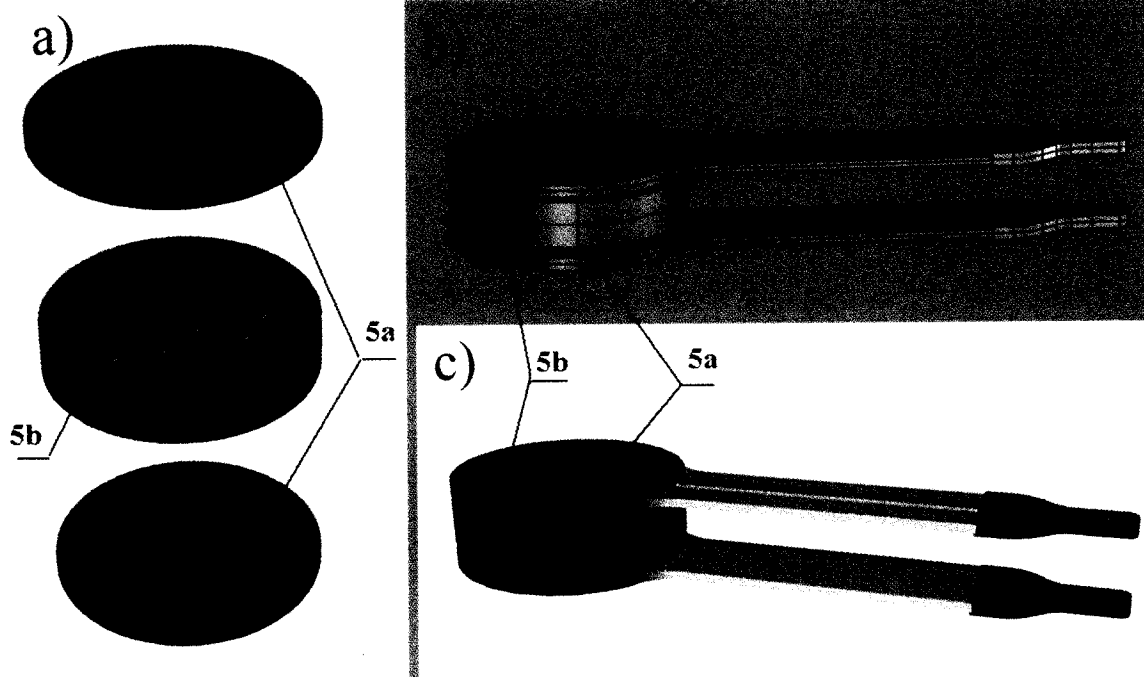
k optimalizaci citlivosti na vložený tlakový podnět dále elastomerní kulovité nanorozpěrky, jež jsou produkty mikroemulzní polymerizační techniky.

- 5 4. Chytrá obuv podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že komplexní soustava monitorování, je dále doplněna rozhraním pro kabelové propojení chytré boty s externím počítačem k přenosu informací a k dobíjení akumulátoru (11).

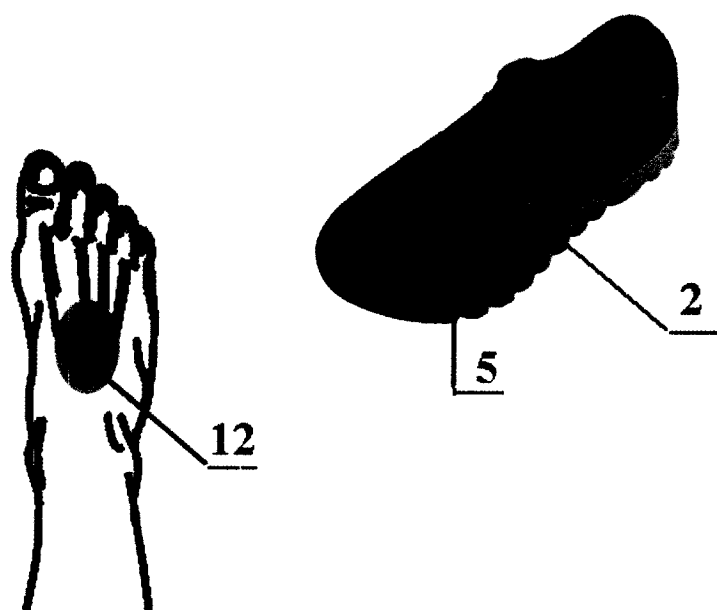
3 výkresy



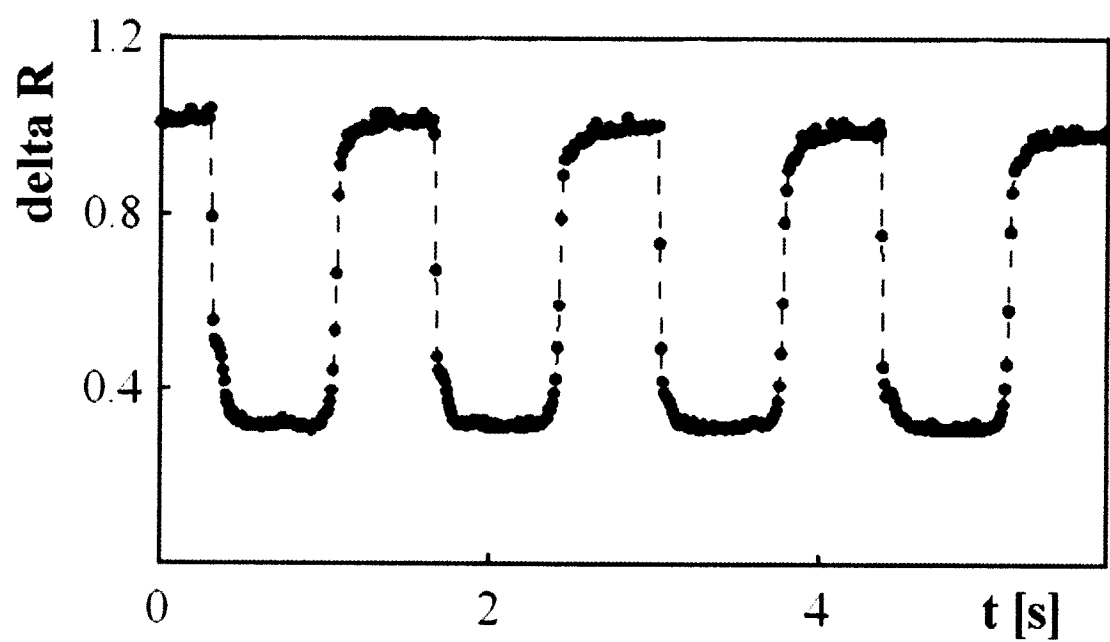
Obr. 1



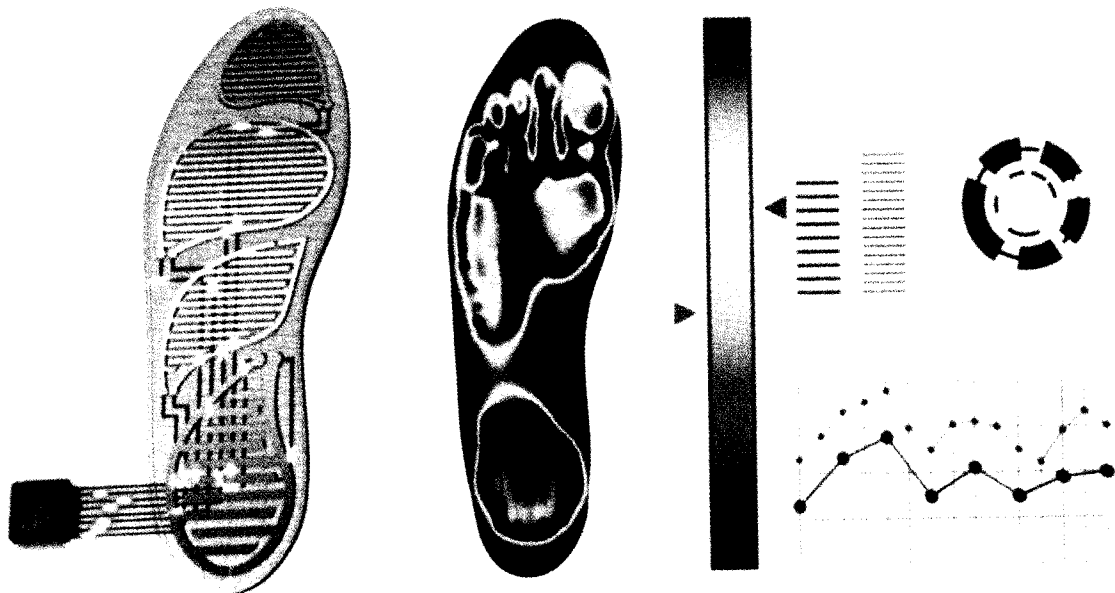
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

Konec dokumentu
