

G01N 27/22 (2006.01)
G01K 7/16 (2006.01)
G01W 1/02 (2006.01)

(19)
 ČESKÁ
 REPUBLIKA



ÚŘAD
 PRŮMYSLOVÉHO
 VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-464**
 (22) Přihlášeno: **20.08.2020**
 (40) Zveřejněno: **05.01.2022**
(Věstník č. 1/2022)
 (47) Uděleno: **24.11.2021**
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **05.01.2022**
(Věstník č. 1/2022)

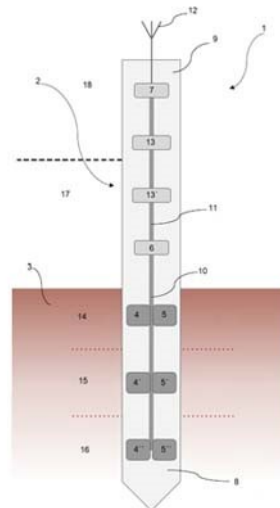
(56) Relevantní dokumenty:
 WO 2014/113460 A1; WO 2004/109238 A1; EP 2 131 160 A2; CZ 304 369 B6.

(73) Majitel patentu:
 Univerzita Pardubice, Pardubice, Polabiny, CZ
 Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, Jižní
 Předměstí, CZ
 Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6,
 Ruzyně, CZ
 Centrum organické chemie s.r.o., Rybitví, CZ

(72) Původce:
 doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D., Mostek, CZ
 Ing. Silvan Pretl, Ph.D., Plzeň, Východní
 Předměstí, CZ
 Ing. Robert Vik, Ph.D., Město Touškov, CZ
 Ing. Jiří Čengery, Ph.D., Žinkovy, CZ
 doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D., Chotěšov, CZ
 Ing. Ladislav Menšík, Ph.D., Boskovice, CZ
 Ing. Lubomír Kubáč, Ph.D., Rybitví, CZ

(74) Zástupce:
 PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Okružní
 2824, 370 01 České Budějovice, České Budějovice
 3

(7) s anténou (12) a alespoň jeden digitální senzor (13) relativní vlhkosti a teploty vzduchu.



(54) Název vynálezu:
**Systém pro měření teploty a vlhkosti
 vzduchu a půdy s bezdrátovým přenosem
 dat a způsob jeho výroby**

(57) Anotace:
 Systém (1) pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy (3) s bezdrátovým přenosem dat zahrnuje alespoň jedno těleso (2), které je vytvořeno z biodegradabilního materiálu na bázi celulózy. Těleso (2) má podzemní část (8) a nadzemní část (9), na povrchu podzemní části (8) je natištěn alespoň jeden kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy (3), alespoň jeden odporový senzor (5) teploty půdy (3) a vodivé dráhy (10) vedoucí ke kapacitnímu senzoru (4) vlhkosti půdy a odporovému senzoru (5) teploty půdy (3). Kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy (3), odporový senzor (5) teploty půdy (3) a vodivé dráhy (10) jsou natištěny tiskovou technikou. Na povrchu nadzemní části (9) je natištěna tiskovou technikou alespoň jedna sběrnice (11) pro přenos dat, ke které jsou odnímatelně kontaktně připojeny řídicí jednotka (6), radiokomunikační modul

Systém pro měření teploty a vlhkosti vzduchu a půdy s bezdrátovým přenosem dat a způsob jeho výroby

5 Oblast techniky

Vynález se týká oblasti detekce teploty a vlhkosti, konkrétně systému a způsobu jeho výroby, které je určeno pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy s bezdrátovým přenosem dat, s využitím především v zemědělství, lesnictví, zahradnictví a pěstování rostlin.

10

Dosavadní stav techniky

Jsou známy senzory detekující půdní vlhkost vytvořené na nosných platformách neboli základních tělesech, na kterých jsou uspořádány elektrody reagující na změny v půdě v závislosti na přítomnosti vlhkosti, a to změnou elektrického odporu, kapacity, proudu či napětí. Také jsou známy senzory detekující půdní teplotu v různých hloubkách většinou s použitím elektrických půdních teploměrů. Základní tělesa jsou zpravidla vytvořena z rigidního materiálu, zejména plastu, který je svým tvarem přizpůsoben pro možné umístění do půdy. Zařízení využívající taková tělesa s elektrodami jsou popsána, např. v dokumentech US 20060290360, US 3968428, US 201000277185 nebo US 20140025300. Tělesa jsou zpravidla tvarově upravena tak, aby bylo možné jejich snadné vetknutí do půdy a jsou opatřena senzorem vlhkosti či teploty. Dokument US 20190271656 dále popisuje bezdrátovou jednotku pro snímání vlhkosti půdy, která vysílá změřená data ze senzorů pomocí radiofrekvenční komunikační jednotky.

25

Dalším známým řešením je senzor, který měří teplotu a vlhkost v půdě podle US 20110187393, který je vytvořen jako lepicí fólie se dvěma elektrodami nanesenými na horní vrstvě hydrofobního substrátu, překrytými ochrannou vrstvou. Spodní strana hydrofobního substrátu je opatřena adhezivní vrstvou zajišťující přilnavost k různým materiálům. Vzhledem k čím dál většímu ekologickému zájmu zasahujícímu do většiny průmyslových odvětví roste taktéž zájem o vytvoření ekologičtější alternativy detekce vlhkosti půdy, konkrétně senzoru či systému pro měření teploty, vlhkosti půdy a mikroklimatu. Řešením z výše uvedeného dokumentu je otázka ekologie vyřešena jen zčásti, neboť těleso může být vytvořeno z biodegradabilního materiálu, ale fólie senzoru nikoli, je tudíž potřeba vyřešit následnou ekologicky šetrnou likvidaci senzoru. Další nevýhoda tohoto řešení spočívá v tom, že senzor je vytvořen jako vícevrstevná struktura, jejíž výroba je poměrně komplikovaná, zdlouhavá a ekonomicky nevýhodná.

35

Z tohoto důvodu se vybízí využití běžného přírodního biodegradabilního materiálu jakožto základního tělesa detekčního zařízení, které lze v přírodě nechat i po skončení měření bez znečištění životního prostředí. V tomto ohledu však musí být použity i materiály samotných senzorů takového složení, které by tuto schopnost/možnost umožňovaly. Za tímto účelem byl vytvořen senzor, který má celkovou biodegradabilní schopnost, jaká není ve výše uvedených řešeních popsána.

40

Úkolem vynálezu je proto vytvoření sondy, resp. systému pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy současně umožňující pomocí vhodné elektronické jednotky bezdrátový přenos dat, který by odstraňoval výše uvedené nedostatky, představoval ekologickou alternativu známým půdním senzorům, poskytoval přesná data o obsahu vody v půdě, teplotě půdy a jehož výroba by byla časově i ekonomicky výhodná.

50

Podstata vynálezu

Vytčený úkol je vyřešen pomocí systému pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy s bezdrátovým přenosem dat podle tohoto vynálezu. Systém zahrnuje alespoň jedno těleso

55

vetknutelné, resp. instalovatelné do půdy, na kterém je uspořádán alespoň jeden senzor vlhkosti půdy a alespoň jeden senzor teploty půdy. Dále systém zahrnuje řídicí jednotku, se kterou jsou oba senzory propojeny a radiokomunikační modul spojený s řídicí jednotkou.

5 Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že těleso je vytvořeno z biodegradabilního materiálu na bázi celulózy a je rozděleno na podzemní část a nadzemní část, kde rozdělení vyplývá z instalovatelnosti do půdy, resp. následné konečné pozici tělesa při měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy. Na povrchu podzemní části je natištěn alespoň jeden kapacitní senzor vlhkosti
10 půdy, alespoň jeden odporový senzor teploty půdy a vodivé dráhy vedoucí ke kapacitnímu senzoru vlhkosti půdy a odporovému senzoru teploty půdy. Kapacitní senzor vlhkosti půdy, odporový senzor teploty půdy a vodivé dráhy jsou natištěny tiskovou technikou ze skupiny: sítotisk, šablonový tisk, flexotisk, tamponový tisk, injektový tisk, aerosol jet printing, mikrodensing, mikrosprej. Na povrchu nadzemní části je natištěna alespoň jedna sběrnice pro přenos dat, a to
15 tiskovou technikou ze skupiny: sítotisk, šablonový tisk, flexotisk, tamponový tisk, injektový tisk, aerosol jet printing, mikrodensing, mikrosprej. Ke sběrnici jsou odnímatelně kontaktně připojeny řídicí jednotka, radiokomunikační modul s anténou a alespoň jeden digitální senzor relativní vlhkosti a teploty vzduchu. Takto uspořádaný systém poskytuje jednoduše a rychle měřit teplotu a vlhkost vzduchu i půdy s použitím ekologických, volně rozložitelných materiálů.

20 Těleso je s výhodou vytvořeno ze dřeva vybraného ze skupiny: smrk, modřín, borovice, douglaska, dub, akát. Případně může být alternativně těleso vytvořeno z papíru, konkrétně vlnité lepenky nebo slisovaného papírového recyklátu. Oba ekologické, přírodně rozložitelné materiály poskytují zcela inovativní a nové řešení měřicí sondy, která poskytuje relevantní výsledky měření.

25 Kapacitní senzor vlhkosti půdy, odporový senzor teploty půdy a vodivé dráhy jsou ve výhodném uspořádání vytvořeny jako tiskový motiv vytvořený z formulací na bázi uhlíkových materiálů ze skupiny: grafit, grafen, nanotrubičky, saze. V jiném výhodném provedení mohou být kapacitní senzor vlhkosti půdy, odporový senzor teploty půdy a vodivé dráhy jsou vytvořeny jako tiskový
30 motiv vytvořený z formulací na bázi vodivých polymerů, jako je polyanilin neboli PANI, poly (3,4-ethylendioxythiofen) neboli PEDOT, poly (3,4-ethylendioxythiofen) polystyrenulfonát neboli PEDOT:PSS a polypyrrol neboli PPY nebo z formulací na bázi metalických kompozitů a nanočásticových inkoustů, jako je stříbro Ag, měď Cu, nikl Ni, zlato Au nebo platina Pt.

35 Těleso má ve výhodném uspořádání na povrchu podzemní části vytvořeno vybrání s rovnou plochou, ve kterém je natištěn alespoň jeden kapacitní senzor vlhkosti a alespoň jeden odporový senzor teploty. Tím jsou senzory více chráněny v rámci instalace tělesa do zeminy proti případnému mechanickému poškození.

40 S výhodou je celý povrch podzemní části nebo alespoň její část, kde je natištěn kapacitní senzor vlhkosti půdy, odporový senzor teploty půdy a vodivé dráhy, překryt ochrannou vrstvou proti otěru a pro elektrickou a bariérovou izolaci vůči okolí.

45 Řídicí jednotka, radiokomunikační modul s anténou a alespoň jeden digitální senzor relativní vlhkosti a teploty vzduchu jsou ve výhodném uspořádání ke sběrnici odnímatelně připojené pomocí pružných kontaktů.

50 Podzemní část tělesa má s výhodou výšku od 10 do 100 cm a nadzemní část tělesa má výšku od 20 do 250 cm. V jednom výhodném provedení je podzemní část tělesa rozdělena do tří zón, kde první zóna je umístěna do 30 cm pod rozhraním mezi podzemní částí tělesa a nadzemní částí tělesa a obsahuje první tištěný kapacitní senzor vlhkosti půdy a první tištěný odporový senzor teploty půdy. Druhá zóna je umístěna od 30 do 60 cm pod rozhraním a obsahuje druhý tištěný kapacitní senzor vlhkosti půdy a druhý tištěný odporový senzor teploty půdy. Třetí zóna je umístěna od 60 do 90 cm pod rozhraním a obsahuje třetí tištěný kapacitní senzor vlhkosti půdy a třetí tištěný odporový senzor teploty půdy.

55

Ve výhodném provedení je nadzemní část tělesa rozdělena do dvou zón, kde první zóna je uspořádána do 30 cm nad rozhraním a obsahuje řídicí jednotku a první digitální senzor relativní vlhkosti a teploty vzduchu a druhá zóna je uspořádána od 30 do 60 cm nad rozhraním a obsahuje druhý digitální senzor relativní vlhkosti a teploty vzduchu a radiokomunikační modul s anténou.

5

Těleso je s výhodou v místě natištění tiskových vrstev předupraveno alespoň jednou technikou ze skupiny: broušení, hoblování, frézování, vrtání, lakování, penetrace ponorem, sprejování, tisk.

10

Tiskové vrstvy nadzemní části a tiskové vrstvy podzemní části mají s výhodou distanční mezeru mezi vodivými drahami podzemní části a sběrníci nadzemní části.

15

Předmětem vynálezu je rovněž způsob výroby systému pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy s bezdrátovým přenosem dat popsaného výše. Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že se na povrch podzemní části tělesa z biodegradabilního materiálu na bázi celulózy natiskne alespoň jeden kapacitní senzor vlhkosti půdy, alespoň jeden odporový senzor teploty půdy, vodivé dráhy vedoucí ke kapacitnímu senzoru vlhkosti půdy a odporovému senzoru teploty půdy, a současně se v tom samém kroku na povrch nadzemní části natiskne alespoň jedna sběrnice pro přenos dat: Tisk se provádí tiskovými technikami ze skupiny: sítotisk, šablonový tisk, flexotisk, tamponový tisk, injektový tisk, aerosol jet printing, mikrodispensing, mikrosprej. S výhodou se povrch tělesa před tiskem předupraví alespoň jednou technikou ze skupiny: broušení, hoblování, frézování, vrtání, lakování, penetrace ponorem, sprejování, tisk. Dále se těleso s natištěným kapacitním senzorem vlhkosti půdy, odporovým senzorem teploty půdy, vodivými drahami a sběrníci překryje ochrannou vrstvou proti otěru a pro elektrickou a bariérovou izolaci vůči okolí.

20

25

Výhody systému a způsobu jeho výroby pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy podle tohoto vynálezu spočívají zejména v tom, že současně umožňuje pomocí vhodné elektronické jednotky bezdrátový přenos dat, představuje ekologickou alternativu známým půdním sensorům, poskytuje přesná data o obsahu vody v půdě, teplotě půdy a jeho výroba je navíc časově i ekonomicky výhodná.

30

Objasnění výkresů

Uvedený vynález bude blíže objasněn na následujících vyobrazeních, kde:

35

obr. 1 znázorňuje pohled na systém pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy,

obr. 2 znázorňuje pohled na tiskové vrstvy na tělese,

40

obr. 3 znázorňuje pohled na těleso na bázi dřeva se senzory a vodivými dráhami,

obr. 4 znázorňuje pohled na těleso na bázi dřeva se senzory a vodivými dráhami,

45

obr. 5 znázorňuje pohled na těleso na bázi dřeva se senzory a vodivými dráhami,

obr. 6 znázorňuje pohled na těleso na bázi papíru se senzory a vodivými dráhami,

obr. 7 znázorňuje pohled na vybrání v tělese na bázi papíru se senzory a vodivými dráhami.

50

Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1

5

Ze sušeného smrkového dřeva byl připraven hranol o šířce 146 mm, tloušťce 18,5 mm a délce 170 cm s povrchem opracovaným hoblováním a celoplošně opatřeným ochranným voděodolným transparentním lakem. Jeden konec hranolu byl upraven do špičky šikmým řezem pod úhlem 45° usnadňujícím pozdější instalaci, tedy zatlačování do zeminy, tedy půdy 3. Takto připravený dřevěný hranol tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Jak je znázorněno na obr. 1, celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 60 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 110 cm. Jedna z čelních stran tělesa 2 o šířce 146 mm byla zvolena jako plocha pro tisk sensorových elementů, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen třemi zónami 14, 15, 16 ve směru podélné osy hranolu: první zóna 16 v délce 20 cm od zkosené špičky tělesa 2, druhá zóna 15 a třetí zóna 14 přímo navazující na druhou zónu opět v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15, 16 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4', 4'' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5', 5'' teploty půdy 3, jak je znázorněno na obr. 2 a obr. 3.

10

15

20

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen dvojicí obdélníkových vodivých ploch o délce 100 mm a šířce 10 mm uspořádaných paralelně vedle sebe ve vzdálenosti 5 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 400 μm, délce 2000 mm natištěnou v ploše 100 mm × 15 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu $TKR = 1500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky sítotisk za použití šablony se sítotiskovou tkaninou 55 vláken/cm. Jako tisková formulace byla použita pasta na bázi grafitu. Tisk byl realizován ve dvou průchodech v režimu mokrá do suché s mezisušením pod IR sušákem. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 15 minut. Celý tiskový motiv podzemní části 8 vyjma kontaktních ploch byl následně přetištěn technikou sítotisk pomocí nevodivé tiskové formulace na bázi acetátu celulózy, a to ve dvou průchodech s mezisušením. Pro tisk byla použita šablona se sítotiskovou tkaninou 55 vláken/cm a tisk byl sušen při 100 °C po dobu 15 minut.

25

30

35

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 5 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa 2 ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

40

45

50

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení radiokomunikačního modulu 7 s anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos naměřených dat pomocí LPWAN síť LoRa. Součástí

radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Příklad 2

5

Ze sušeného modřínového dřeva byl připraven hranol o šířce 95 mm, tloušťce 19 mm a délce 170 cm s povrchem opracovaným hoblováním a celoplošně opatřeným ochranným voděodolným transparentním lakem na bázi nitrocelulózy. Jak je znázorněno na obr. 4 konec hranolu byl upraven do centrované špičky šikmými řezy pod úhlem 45° usnadňujícím pozdější instalaci, tedy zatlačování do zeminy, tedy půdy 3. Takto připravený dřevěný hranol tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 120 cm. Jedna z čelních stran tělesa 2 o šířce 95 mm byla zvolena jako plocha pro tisk sensorových elementů, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3, jak je znázorněno na obr. 4.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o výšce 100 mm a šířce 30 mm, kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 400 μm, délce 6000 mm natištěnou v ploše 120 mm × 30 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu $TKR = 1200 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky sítotisk za použití šablony se sítotiskovou tkaninou 43 vláken/cm. Jako tisková formulace byla použita uhlíková formulace na bázi grafénových částic. Tisk byl realizován ve dvou průchodech v režimu mokrá do suché s mezisušením pod IR sušákem. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 20 minut. Celý tiskový motiv podzemní části 8 vyjma kontaktních ploch byl přetištěn technikou sítotisk pomocí tiskové formulace na bázi polyurethanu, a to ve dvou průchodech s mezisušením. Pro tisk byla použita šablona se sítotiskovou tkaninou 77 vláken/cm a tisk byl sušen při 110 °C po dobu 20 minut.

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 5 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa 2 ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů nezobrazené řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a nezobrazený digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

50

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, nezobrazené sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení nezobrazeného radiokomunikačního modulu 7 s nezobrazenou anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos

naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Příklad 3

5

Ze sušeného borového dřeva byl připraven hranol o šířce 95 mm, tloušťce 19 mm a délce 170 cm s povrchem opracovaným hoblováním a celoplošně opatřeným ochranným voděodolným transparentním lakem na bázi nitrocelulózy. Jak je znázorněno na obr. 5 konec hranolu byl upraven do centrované špičky šikmými řezy pod úhlem 45° usnadňujícím pozdější instalaci, tedy zatlačování do zeminy, tedy půdy 3. Takto připravený dřevěný hranol tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 120 cm. Jedna z čelních stran tělesa 2 o šířce 95 mm byla zvolena jako plocha pro tisk sensorových elementů, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o délce 100 mm a šířce 30 mm kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 400 μm, délce 4500 mm natištěnou v ploše 120 mm × 30 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu TKR = 1500 ppm/°C. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky sítotisk za použití šablony se sítotiskovou tkaninou 55 vláken/cm. Jako tisková formulace byla použita pasta na bázi grafitu. Tisk byl realizován ve dvou průchodech v režimu mokrá do suché s mezisúšením pod IR sušákem. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 15 minut. Celý tiskový motiv podzemní části 8 vyjma kontaktních ploch byl následně přetištěn technikou sítotisk pomocí nevodivé tiskové formulace na bázi acetátu celulózy, a to ve dvou průchodech s mezisúšením. Pro tisk byla použita šablona se sítotiskovou tkaninou 77 vláken/cm a tisk byl sušen při 100 °C po dobu 15 minut.

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 5 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa 2 ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů nezobrazené řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a nezobrazený digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

50

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, nezobrazené sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení nezobrazeného radiokomunikačního modulu 7 s nezobrazenou anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos

naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Příklad 4

5

Byla použita silnostěnná papírová trubka o průměru 50 mm, o délce 160 cm, se silou stěny 4 mm. Papírová trubka byla ponorem do laku z acetátu celulózy opatřena krycí vrstvou. Daná sonda na bázi papírové trubky vyžaduje před instalací do země vytvořit instalační otvor kulem o průměru cca 50 mm. Konec trubky byl upraven řezem do špičky pod úhlem 60° usnadňujícím pozdější instalaci při zatlačování do půdy 3, jak je znázorněno na obr. 6. Takto připravený trubkový profil tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 110 cm. Protože se jednalo o válcovitý objekt, byl tiskový motiv realizován na obvodu trubky, kdy rozvinutý tiskový motiv měl šířku cca 110 mm. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o výšce 100 mm a šířce 30 mm, kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 600 μm, délce 2000 mm natištěnou v ploše 120 mm × 20 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu TKR = 1200 ppm/°C. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky sítotisk za použití šablony se sítotiskovou tkaninou 55 vláken/cm. Jako tisková formulace byla použita pasta na bázi grafénových částic. Tisk byl realizován na sítotiskovém stroji umožňující tisk na otáčející se válcovité předměty. Tiskový motiv byl rozdělen podélně na dvě zóny po cca 76 cm a tisk byl realizován v jednom průchodu. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 20 minut. Celý tiskový motiv podzemní části 8 vyjma kontaktních ploch byl přelakován sprejováním pomocí formulace na bázi polyurethanu. Lak byl sušen při 110 °C po dobu 20 minut.

35

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 5 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa 2 ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

40

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů nezobrazené řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a nezobrazený digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

45

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, nezobrazené sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení nezobrazeného radiokomunikačního modulu 7 s nezobrazenou anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

55

Příklad 5

Byla použita silnostěnná papírová trubka o průměru 50 mm, o délce 160 cm, se silou stěny 4 mm. Papírová trubka byla ponorem do laku z polyurethanu PUR opatřena krycí vrstvou. Daná sonda na bázi papírové trubky vyžaduje před instalací do země vytvořit instalační otvor kulem o průměru cca 50 mm. Konec trubky byl upraven řezem do špičky pod úhlem 60° usnadňujícím pozdější instalaci při zatlačování do půdy 3, obdobně jako na obr. 6. Takto připravený trubkový profil tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 110 cm. Protože se jednalo o válcovitý objekt, byl tiskový motiv realizován na obvodu trubky, kdy rozvinutý tiskový motiv měl šířku cca 110 mm. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o výšce 100 mm a šířce 30 mm, kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 500 μm, délce 2500 mm natištěnou v ploše 100 mm × 25 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu TKR = 1200 ppm/°C. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky mikrodizpenzing za použití trysky s průměrem 350 μm, tlakem 300 kPa a tiskovou rychlostí 1200 mm/minutu. Pro tisk musela být vytvořena 3D data s ohledem na tvar trubky, kdy pro jedné stranu trubky byla vytvořena data pro odporové senzory 5, 5' teploty půdy 3 a vodivé dráhy 10 až na vrchol trubky a na protější straně byly kapacitní senzory 4, 4' vlhkosti půdy 3 a vodivé dráhy 10 na vrchol trubky. Jako tisková formulace byla použita pasta na bázi grafénu. Tisk byl realizován jedním průchodem na každou polovinu trubky, zasušen a pak bylo tištěno na druhou polovinu. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 30 minut. Celý tiskový motiv senzoru vyjma kontaktních ploch byl převrstven ponorem pomocí formulace na bázi PUR a nános byl sušen při 100 °C po dobu 15 minut.

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 8 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení radiokomunikačního modulu 7 s anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

55

Příklad 6

Ze sušeného smrkového dřeva byl připraven hranol o šířce 96 mm, tloušťce 18,5 mm a délce 170 cm s povrchem opracovaným hoblováním a celoplošně opatřeným ochranným voděodolným transparentním lakem na bázi nitrocelulózy. Konec hranolu byl upraven do centrované špičky šikmými řezy pod úhlem 45° usnadňujícím pozdější instalaci, tedy zatlačování do zeminy, tedy půdy 3. Takto připravený dřevěný hranol tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 120 cm. Jedna z čelních stran tělesa 2 o šířce 96 mm byla zvolena jako plocha pro tisk sensorových elementů, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10. Podzemní část 8 hranolu byla pomocí frézy v zóně 20 mm nad špičkou a 20 mm pod koncem podzemní části 8 zfrézována o 3 mm oproti rovině dané strany hranolu pro vytvoření vybrání 19, s náběžnou hranou pod úhlem 45°, jak je znázorněno na obr. 7. Tím jsou sensorové elementy více chráněny v rámci instalace tělesa 2 do půdy 3 proti případnému mechanickému poškození. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o výšce 100 mm a šířce 30 mm, kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 800 μm, délce 1875 mm natištěnou v ploše 120 mm × 25 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu $TKR = 1700 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky inkjet za použití tiskových hlav XAAR a rozlišení 360 dpi. Tisková hlava byla 1 mm od nejvyššího bodu hranolu. Jako tisková formulace byl použit inkoust na bázi globulárních nanočástic s SWCNT v poměru 100:1. Tisk byl realizován dvěma průchody v režimu mokrá do mokré. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 15 minut. Celý tiskový motiv systému 1 vyjma kontaktních ploch byl převrstven sprejovým nanášením pomocí formulace na bázi acetátu celulózy a nános byl sušen při 100 °C po dobu 20 minut.

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 8 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů nezobrazené řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a nezobrazený digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, nezobrazené sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení nezobrazeného radiokomunikačního modulu 7 s nezobrazenou anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Příklad 7

Ze sušeného modřínového dřeva byl připraven hranol o šířce 95 mm, tloušťce 19 mm a délce 150 cm s povrchem opracovaným hoblováním a celoplošně opatřeným ochranným voděodolným transparentním lakem na bázi nitrocelulózy. Konec hranolu byl upraven do centrované špičky šikmými řezy pod úhlem 45° usnadňujícím pozdější instalaci, tedy zatlačování do zeminy, tedy půdy 3. Takto připravený dřevěný hranol tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 100 cm. Jedna z čelních stran tělesa 2 o šířce 95 mm byla zvolena jako plocha pro tisk sensorových elementů, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10. Podzemní část 8 hranolu byla pomocí frézy v zóně 20 mm nad špičkou a 20 mm pod koncem podzemní části 8 zfrézována o 3 mm oproti rovině dané strany hranolu pro vytvoření vybrání 19, s náběžnou hranou pod úhlem 45°, jak je znázorněno na obr. 7. Tím jsou sensorové elementy více chráněny v rámci instalace tělesa 2 do půdy 3 proti případnému mechanickému poškození. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o výšce 100 mm a šířce 30 mm, kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 1500 μm, délce 1200 mm natištěnou v ploše 120 mm × 30 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu TKR = 1700 ppm/°C. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky mikrospreje za použití trysky s průměrem 150 μm, tlakem 400 kPa a tiskovou rychlostí 1200 mm/minutu. Pro tisk musela být vytvořena 3D data s ohledem na povahu frézovaného povrchu a aby trysky byly stále ve stejné vzdálenosti, tj. 1 mm nad povrchem od nejvyššího bodu hranolu. Jako tisková formulace byl použit inkoust na bázi globulárních nanočástic s SWCNT v poměru 100:1. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 30 minut. Celý tiskový motiv senzoru vyjma kontaktních ploch byl převrstven sprejovým nanášením pomocí formulace na bázi PUR a nános byl sušen při 100 °C po dobu 15 minut.

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 5 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů nezobrazené řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a nezobrazený digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, nezobrazené sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení nezobrazeného radiokomunikačního modulu 7 s nezobrazenou anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos

naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Příklad 8

5

Z recyklované papíroviny byl vytvořen silnostěnný papírový substrát s rozměry o šířce 100 mm, tloušťce 10 mm a délce 160 cm celoplošně opatřeným nástřikem ochranným voděodolným transparentním lakem na bázi acetátu celulózy. Daná sonda na bázi papírového profilu vyžaduje před instalací do země vytvořit instalační otvor kovovým hranolem o rozměrech 100 x 10 mm. Konec profilu byl upraven do centrované špičky šikmými řezy pod úhlem 45° usnadňujícím pozdější instalaci při zatlačování do půdy 3. Takto připravený trubkový profil tvořil základní nosné těleso 2 půdní sondy neboli systému 1 pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy 3. Celé těleso 2 bylo tvořeno dvěma pomyslnými částmi: podzemní částí 8 určenou pro instalaci do půdy 3 v délce 50 cm od zkosené špičky ve směru podélné osy tělesa 2 a přímo navazující nadzemní částí 9 ve zbývající délce 110 cm. Jedna z čelních stran tělesa 2 o šířce 100 mm byla zvolena jako plocha pro tisk sensorových elementů a vodivých propojovacích struktur. Tiskový motiv kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a propojovacích vodivých drah 10 byl v podzemní části 8 tvořen dvěma zónami 14, 15 ve směru podélné osy hranolu. Druhá zóna 15 v délce 30 cm od špičky tělesa 2 a první zóna 14 přímo navazující na druhou zónu v délce 20 cm. V každé zóně 14, 15 obsahoval tiskový motiv vždy dvojici sensorových elementů uspořádaných vedle sebe ve směru příčné osy tělesa 2, tedy kapacitní senzor 4, 4' vlhkosti půdy 3 a odporový senzor 5, 5' teploty půdy 3.

Kapacitní senzor 4 vlhkosti půdy 3 byl tvořen IDE strukturou s hřebínkovými elektrodami o délce 100 mm a šířce 30 mm kdy celá struktura měla rozměry 100 x 40 mm. Odporový senzor 5 teploty půdy 3 byl tvořen vodivou dráhou 10 meandrového tvaru o šířce 400 μm, délce 4500 mm natištěnou v ploše 120 mm × 30 mm. Vodivá dráha 10 byla natištěna z uhlíkového materiálu s teplotním součinitelem elektrického odporu TKR = 1500 ppm/°C. Tisk všech struktur, tedy kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3 a vodivých drah 10 byl realizován pomocí techniky sítotisk za použití šablony se sítotiskovou tkaninou 55 vláken/cm. Jako tisková formulace byla použita pasta na bázi grafitu. Tisk byl realizován ve dvou průchodech v režimu mokrá do suché s mezisúšením pod IR sušákem. Výsledný tisk byl zasušen při 120 °C po dobu 20 minut. Celý tiskový motiv podzemní části 8 vyjma kontaktních ploch byl následně přetištěn technikou sítotisk pomocí nevodivé tiskové formulace na bázi acetátu celulózy, a to ve dvou průchodech s mezisúšením. Pro tisk byla použita šablona se sítotiskovou tkaninou 77 vláken/cm a tisk byl sušen při 110 °C po dobu 20 minut.

Tiskový motiv v podzemní části 8 zahrnoval současně se sensorovými elementy rovněž vodivé propojovací dráhy 10 o šířce 5 mm zajišťující přenos signálu do řídicí jednotky 6 umístěné v nadzemní části 9 tělesa 2. Za tímto účelem jsou vodivé dráhy 10 svedeny od jednotlivých sensorových elementů do nadzemní části 9 tělesa ve vzdálenosti, resp. výšce 10 cm od dělicí roviny, tedy rozmezí. Vodivé dráhy 10 byly zakončeny kontaktními ploškami s rozměry 5 mm × 5 mm uspořádanými vedle sebe se vzájemnou roztečí 10 mm na čelní straně tělesa 2.

Na tyto plošky pak dosedá pole pružných kontaktních elementů řídicí jednotky 6. Pomocí této řídicí jednotky 6 je měřena elektrická kapacita kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3 a elektrický odpor odporového senzoru 5 teploty půdy. Řídicí jednotka 6 dále obsahuje zdroj elektrické energie pro celý systém 1 a digitální senzor 13 vlhkosti a teploty vzduchu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu neboli mikroklimatu rostlin.

50

Ve směru podélné osy nadzemní části 9 byly natištěny další vodivé dráhy, sběrnice 11 o šířce 5 mm zakončené 5 mm před koncovou hranou tělesa 2 sloužící pro připojení radiokomunikačního modulu 7 s anténou 12 a jeho napájení elektrickou energií. Radiokomunikační modul 7 je umístěn na vrcholu tělesa 2 a zajišťuje přenos naměřených dat pomocí LPWAN sítě LoRa. Součástí

radiokomunikačního modulu 7 je také elektronický obvod pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Příklad 9

5

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 9 s tím rozdílem, že jako tiskový substrát neboli těleso 2 byla použita třívrstvá vlnitá lepenka o tloušťce 15 mm, šířce 100 mm a délce 150 cm.

Příklad 10

10

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 2 s tím rozdílem, že pro tisk kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3, vodivých drah 10 a sběrnic 11 byl použit kompozit na bázi stříbrných Ag částic, který vykazuje výrazně vyšší vodivost. Vodivé dráhy 10 a sběrnice 11 byly natištěny v šíři 2 mm.

15

Příklad 11

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 3 s tím rozdílem, že pro tisk kapacitního senzoru 4 vlhkosti půdy 3, odporového senzoru 5 teploty půdy 3, vodivých drah 10 a sběrnic 11 byla použita tisková formulace na bázi poly (3,4-ethylendioxythiofenu) polystyrenulfonátu neboli PEDOT:PSS se sušinou 5,5 % hmotn.

20

Příklad 12

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 3 s tím rozdílem, že jako tiskový substrát neboli těleso 2 byly použito douglaskové dřevo.

25

Příklad 13

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 10 s tím rozdílem, že jako tiskový substrát neboli těleso 2 bylo použito dubové dřevo a vodivé vrstvy byly vytištěny na bázi niklové Ni pasty.

30

Příklad 14

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 1 s tím rozdílem, že jako tiskový substrát neboli těleso 2 bylo použito akátové dřevo.

35

Příklad 15

Provedení systému 1 je stejné jako v příkladu 10 s tím rozdílem, že jako tisková technika byl použit flexotisk a stříbrná tisková formulace.

40

Příklad 16

Provedení jako v příkladu 7 s tím rozdílem, že jako tisková technika byl použit tampónový tisk a stříbrná tisková formulace.

45

Příklad 17

Provedení jako v příkladu 7 s tím rozdílem, že jako tisková technika byl použit aerosol jet printing a stříbrná tisková formulace na bázi nanočástic stříbra.

50

Příklad 18

- 5 Provedení jako v příkladu 10 s tím rozdílem, že byla použita měděná tisková formulace, která následně byla slinuta pomocí fotonického sintrování.

Průmyslová využitelnost

- 10 Systém pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy s bezdrátovým přenosem dat a způsob jeho výroby lze využít zejména v zemědělství, zahradnictví a pěstování rostlin, tedy při monitorování a sběru dat ve výše uvedených oblastech.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Systém (1) pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy (3) s bezdrátovým přenosem dat, zahrnující alespoň jedno těleso (2) vetknutelné do půdy (3), na kterém je uspořádán alespoň jeden senzor vlhkosti půdy (3) a alespoň jeden senzor teploty půdy (3), dále zahrnuje řídicí jednotku (6), se kterou jsou oba senzory propojeny a radiokomunikační modul (7) spojený s řídicí jednotkou (6), **vyznačující se tím**, že těleso (2) je vytvořeno z biodegradabilního materiálu na bázi celulózy, má podzemní část (8) a nadzemní část (9), na povrchu podzemní části (8) je uspořádán alespoň jeden tištěný kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy (3), alespoň jeden tištěný odporový senzor (5) teploty půdy (3) a tištěné vodivé dráhy (10) vedoucí ke kapacitnímu senzoru (4) vlhkosti půdy a odporovému senzoru (5) teploty půdy (3), a na povrchu nadzemní části (9) je uspořádána alespoň jedna tištěná sběrnice (11) pro přenos dat, ke které jsou odnímatelně kontaktně připojeny řídicí jednotka (6), radiokomunikační modul (7) s anténou (12) a alespoň jeden digitální senzor (13) relativní vlhkosti a teploty vzduchu.
2. Systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že těleso (2) je ze dřeva vybraného ze skupiny: smrk, modřín, borovice, douglaska, dub, akát.
3. Systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že těleso (2) je z papíru na bázi vlnité lepenky nebo slisovaného papírového recyklátu.
4. Systém podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy, odporový senzor (5) teploty půdy a vodivé dráhy (10) jsou vytvořeny jako tiskový motiv vytvořený z formulací na bázi uhlíkových materiálů ze skupiny: grafit, grafen, nanotrubičky, saze.
5. Systém podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy, odporový senzor (5) teploty půdy a vodivé dráhy (10) jsou vytvořeny jako tiskový motiv vytvořený z formulací na bázi vodivých polymerů.
6. Systém podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy, odporový senzor (5) teploty půdy a vodivé dráhy (10) jsou vytvořeny jako tiskový motiv vytvořený z formulací na bázi metalických kompozitů a nanočásticových inkoustů.
7. Systém podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že těleso (2) má na povrchu podzemní části (8) vybrání (19) s rovnou plochou, na které je natištěn alespoň jeden kapacitní senzor (4) vlhkosti a alespoň jeden odporový senzor (5) teploty.
8. Systém podle některého z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že celý povrch podzemní části (8) nebo alespoň její část, kde je natištěn kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy (3), odporový senzor (5) teploty půdy (3) a vodivé dráhy (10), je překryt ochrannou vrstvou proti otěru a pro elektrickou a bariérovou izolaci vůči okolí.
9. Systém podle některého z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že řídicí jednotka (6), radiokomunikační modul (7) s anténou (12) a alespoň jeden digitální senzor (13) relativní vlhkosti a teploty vzduchu jsou ke sběrnici (11) odnímatelně připojené pomocí pružných kontaktů.
10. Systém podle některého z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že podzemní část (8) tělesa (2) má výšku od 10 do 100 cm a nadzemní část (9) tělesa (2) má výšku od 20 do 250 cm.
11. Systém podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že podzemní část (8) tělesa (2) je rozdělena do tří zón (14, 15, 16), kde první zóna (14) je umístěna do 30 cm pod rozhraním mezi podzemní částí (8) tělesa (2) a nadzemní částí (9) tělesa (2) a obsahuje první tištěný kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy (3) a první tištěný odporový senzor (5) teploty půdy (3), druhá zóna (15) je umístěna od 30 do 60 cm pod rozhraním a obsahuje druhý tištěný kapacitní senzor (4') vlhkosti půdy (3) a druhý

tištěný odporový senzor (5') teploty půdy (3) a třetí zóna (16) je umístěna od 60 do 90 cm pod rozhraním a obsahuje třetí tištěný kapacitní senzor (4'') vlhkosti půdy (3) a třetí tištěný odporový senzor (5'') teploty půdy (3).

- 5 12. Systém podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že nadzemní část (9) tělesa (2) je rozdělena do dvou zón (17, 18), kde první zóna (17) je uspořádána do 30 cm nad rozhraním a obsahuje řídicí jednotku (6) a první digitální senzor (13) relativní vlhkosti a teploty vzduchu a druhá zóna (18) je uspořádána od 30 do 60 cm nad rozhraním a obsahuje druhý digitální senzor (13') relativní vlhkosti a teploty vzduchu a radiokomunikační modul (7) s anténou (12).
- 10 13. Systém podle některého z nároků 1 až 12, **vyznačující se tím**, že tiskové vrstvy nadzemní části (9) a tiskové vrstvy podzemní části (8) mají distanční mezeru mezi vodivými drahami (10) podzemní části (8) a sběrnici (12) nadzemní části (9).
- 15 14. Způsob výroby systému (1) pro měření teploty a vlhkosti vzduchu i půdy (3) s bezdrátovým přenosem dat charakterizovaného podle některého z nároků 1 až 13, **vyznačující se tím**, že na povrch podzemní části (8) tělesa (2) z biodegradabilního materiálu na bázi celulózy se natiskne alespoň jeden kapacitní senzor (4) vlhkosti půdy (3), alespoň jeden odporový senzor (5) teploty půdy (3), vodivé dráhy (10) vedoucí ke kapacitnímu senzoru (4) vlhkosti půdy (3) a odporovému senzoru (5) teploty půdy (3), a současně se v tom samém kroku na povrch nadzemní části (9) natiskne alespoň jedna sběrnice (11) pro přenos dat, přičemž tisk se provádí tiskovými technikami ze skupiny: sítotisk, šablonový tisk, flexotisk, tamponový tisk, injektový tisk, aerosol jet printing, mikrodispensing, mikrosprej.
- 20 15. Způsob podle nároku 14, **vyznačující se tím**, že se povrch tělesa (2) před tiskem předupraví alespoň jednou technikou ze skupiny: broušení, hoblování, frézování, vrtání, lakování, penetrace ponorem, sprejování, tiskem.
- 25 16. Způsob podle nároku 14 nebo 15, **vyznačující se tím**, že se těleso (2) s natištěným kapacitním senzorem (4) vlhkosti půdy (3), odporovým senzorem (5) teploty půdy (3), vodivými drahami (10) a sběrnici (11) překryje ochrannou vrstvou proti otěru a pro elektrickou a bariérovou izolaci vůči okolí.
- 30

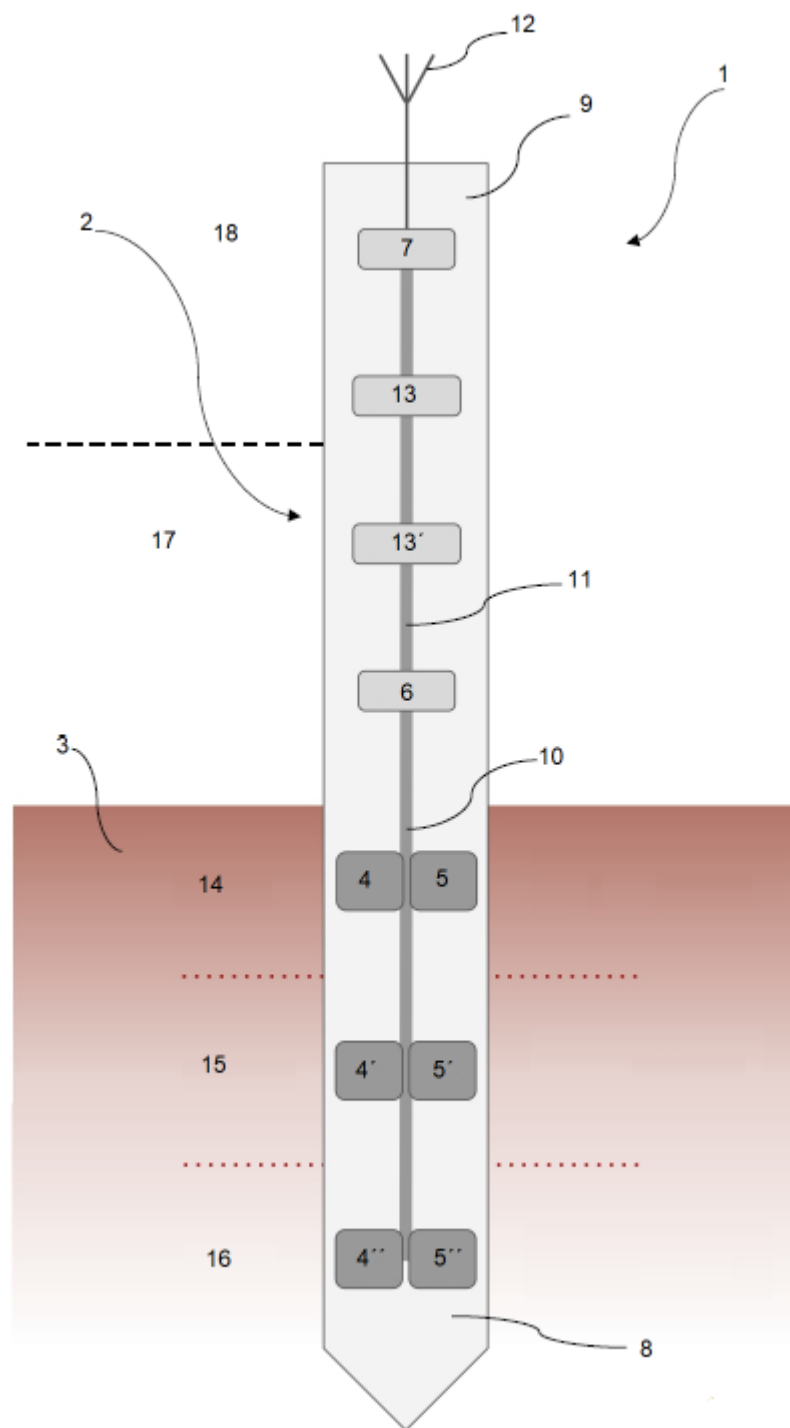
7 výkresů

35

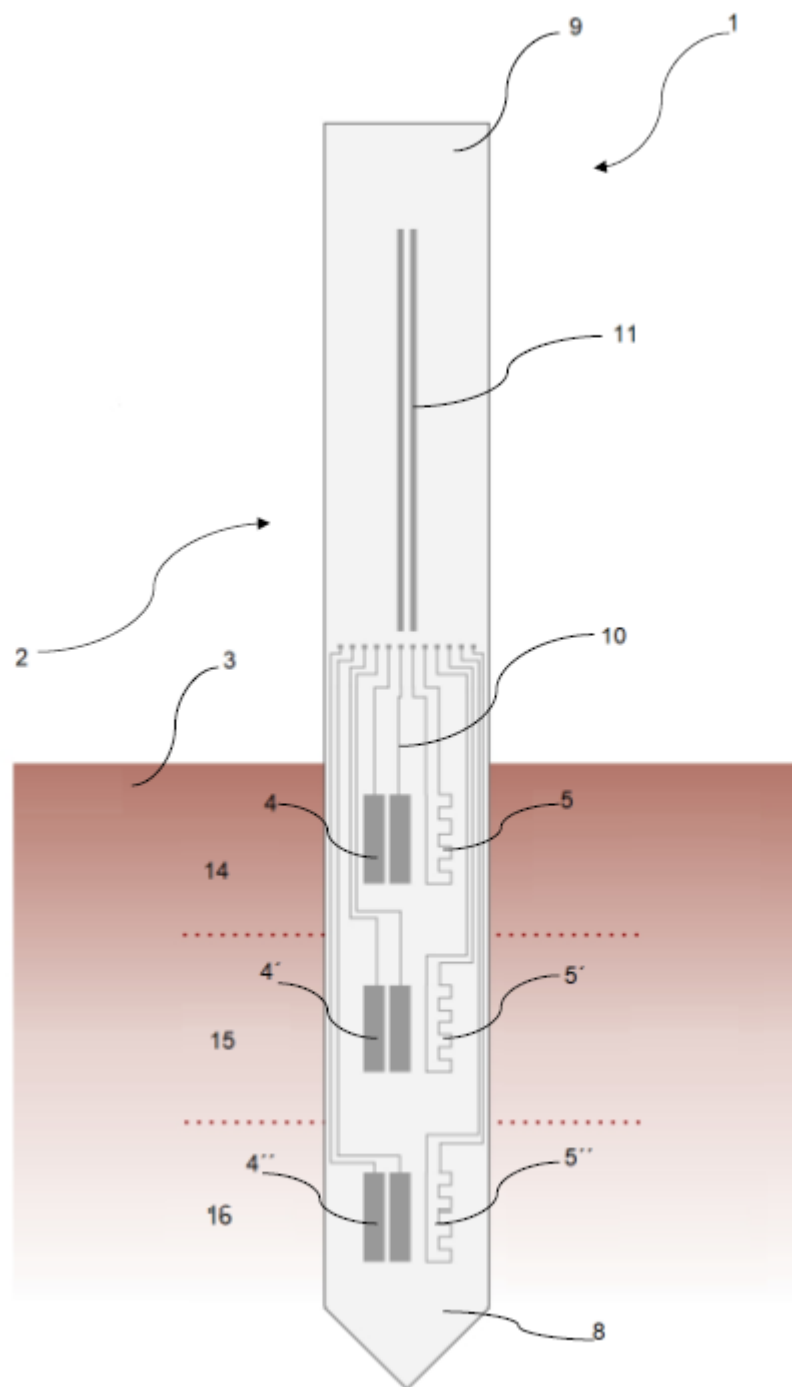
Seznam vztahových značek

1	system
2	těleso
3	půda
4, 4', 4''	kapacitní senzor vlhkosti půdy
5, 5', 5''	odporový senzor teploty půdy
6	řídicí jednotka
7	radiokomunikační modul
8	podzemní část
9	nadzemní část
10	vodivá dráha
11	sběrnice
12	anténa
13, 13'	digitální senzor vlhkosti a teploty vzduchu
14	první zóna podzemní části
15	druhá zóna podzemní části
16	třetí zóna podzemní části
17	první zóna nadzemní části

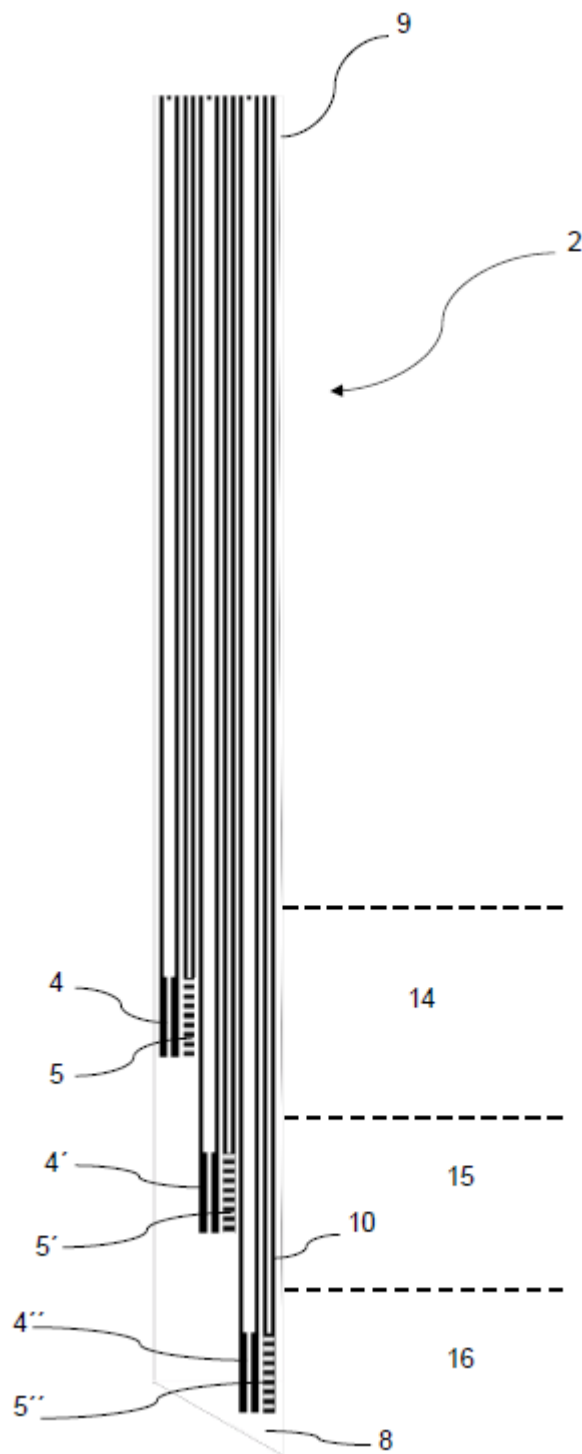
18 druhá zóna nadzemní části
19 vybrání



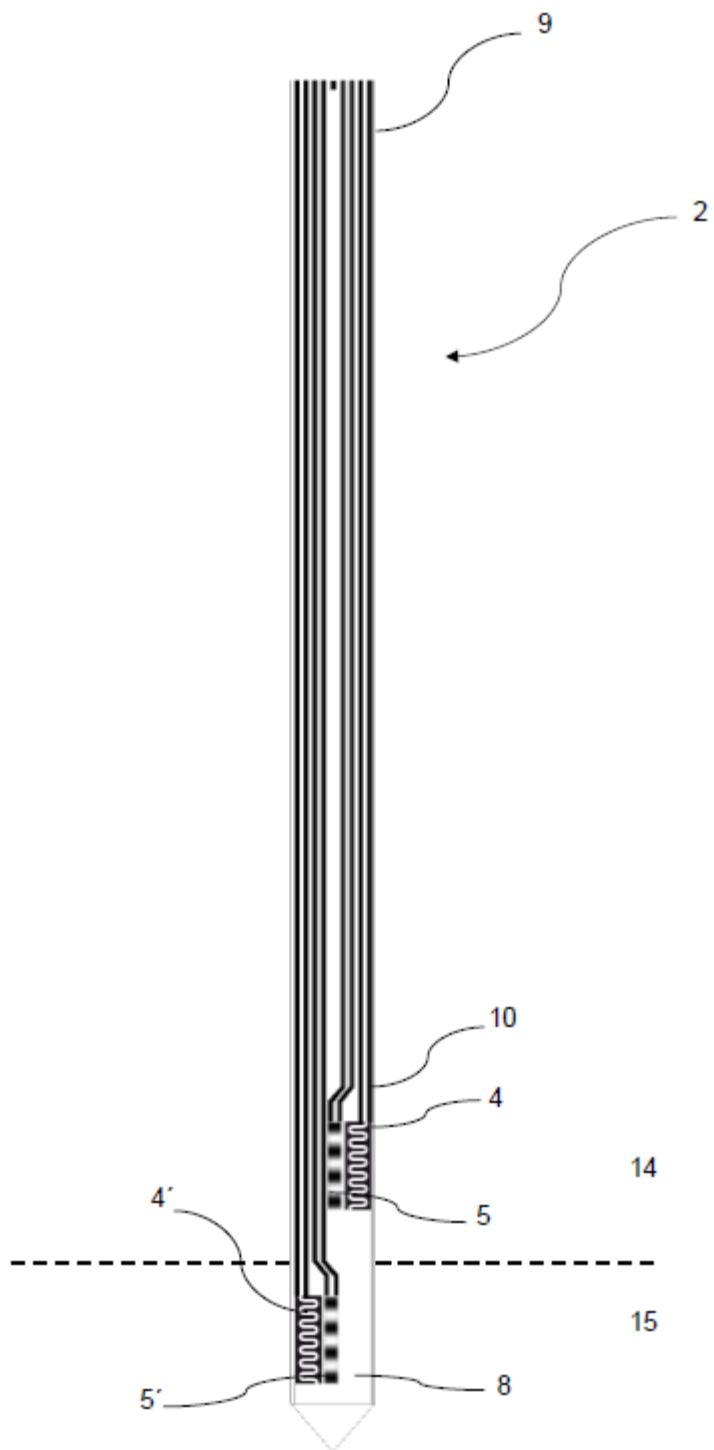
Obr. 1



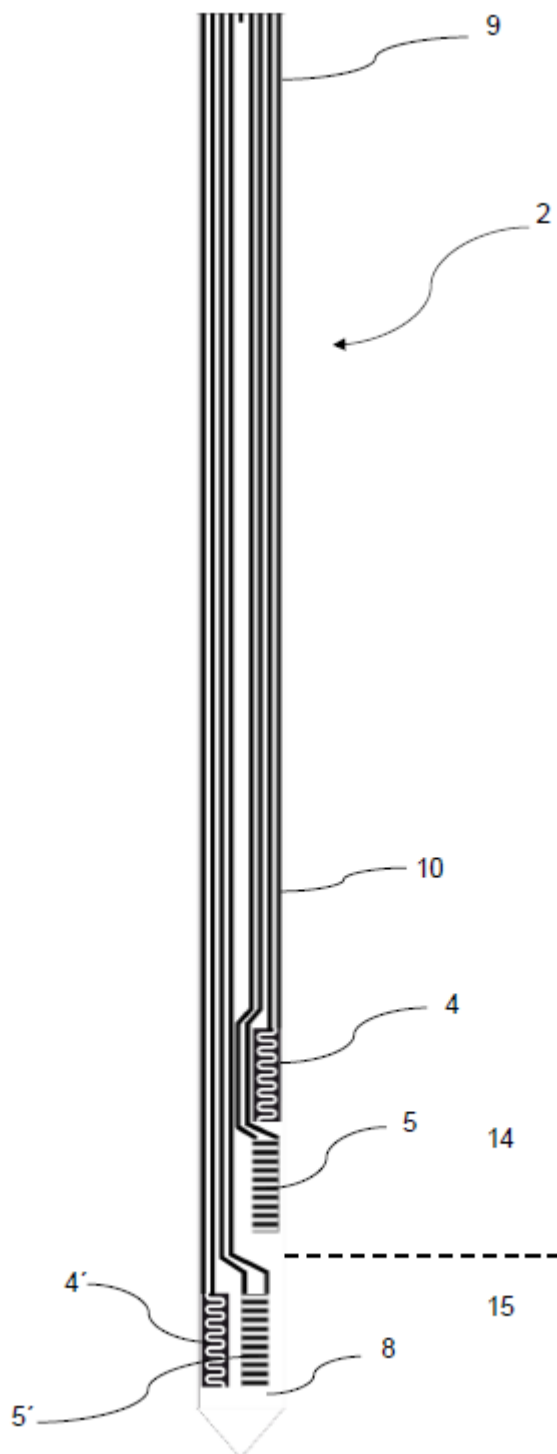
Obr. 2



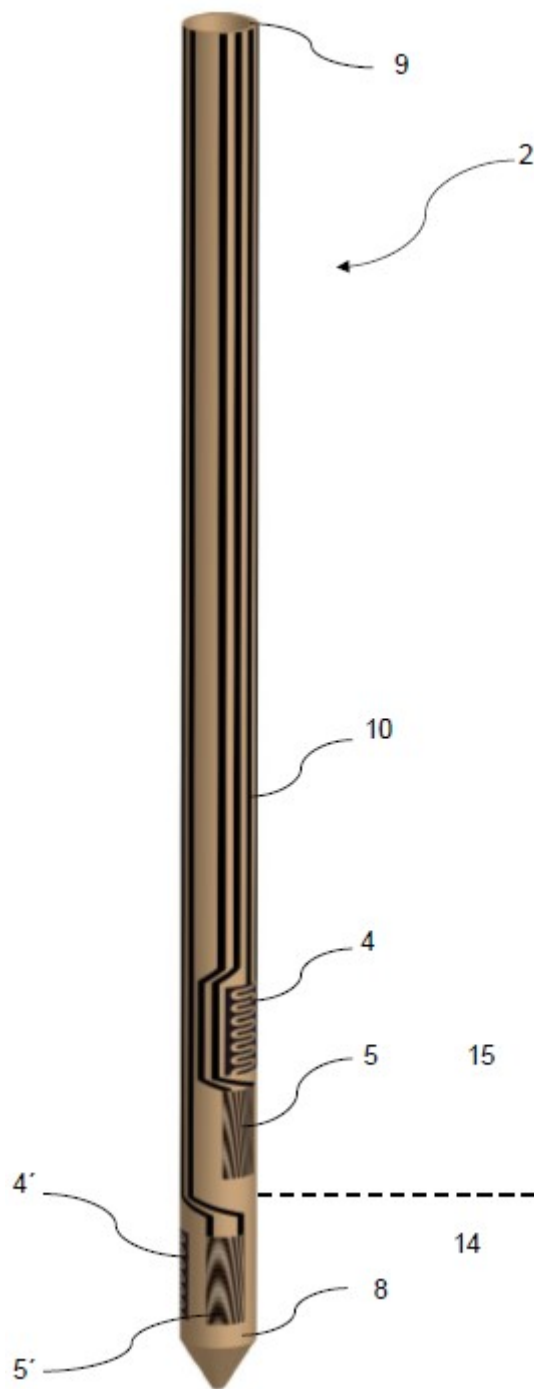
Obr. 3



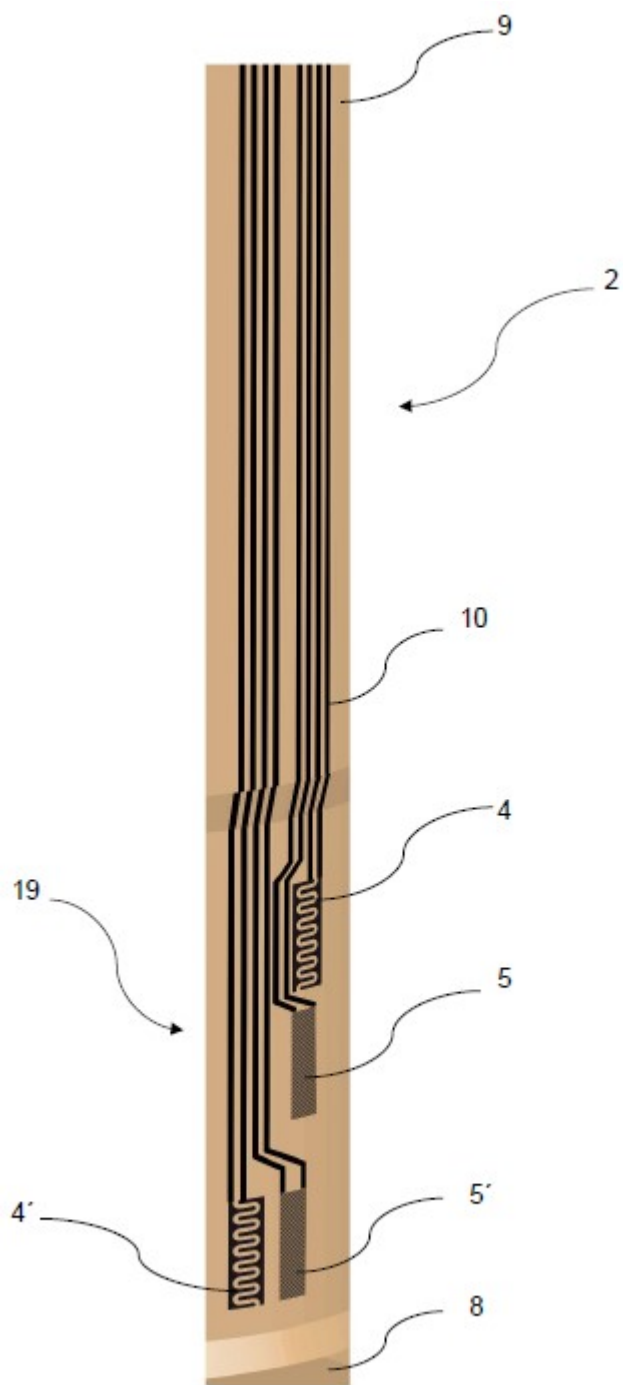
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7