

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

# 37 071

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**G01N 21/39** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2023-40957**  
(22) Přihlášeno: **05.05.2023**  
(47) Zapsáno: **23.05.2023**

- (73) Majitel:  
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-  
Staré Město, CZ  
Entry Engineering s.r.o., Liberec, Liberec III-Jeřáb,  
CZ
- (72) Původce:  
doc. Ing. Stanislav Petřík, CSc., Liberec, Liberec  
XV-Starý Harcov, CZ  
Ing. Karolína Voleská, Ph.D., Liberec, Liberec  
XIV-Ruprechtice, CZ  
Mayza Mohamed Hassan Ibrahim, Liberec, Liberec  
III-Jeřáb, CZ
- (74) Zástupce:  
Dobroslav Musil a partneři s.r.o., Zábřdovická  
917/11b, 615 00 Brno, Zábřdovice

- (54) Název užitého vzoru:  
**Optický senzor**

CZ 37071 U1

## Optický senzor

### Oblast techniky

5

Technické řešení se týká optického senzoru obsahujícího měřicí a vyhodnocovací jednotku obsahující laserový zářič a fotodetektor, na které navazuje optické vlákno zasahující svou snímací částí do sledované kapaliny.

10

### Dosavadní stav techniky

Technologie výroby a používání senzorů z optických vláken se za posledních 30 let rychle vyvíjela zejména za účelem inovací v telekomunikaci, v sektoru polovodičů a elektroniky, které významně snížily ceny optických složek a stimulovaly vývoj senzorů z optických vláken. Senzory z optických vláken jsou schopny měřit širokou škálu fyzikálních vlastností, jako jsou chemické změny, napětí, elektrická a magnetická pole, tlak, teplota, poloha, záření, tok, úroveň kapaliny, vibrace a intenzita světla. Senzory z optických vláken mají řadu výhod oproti konvenčním elektrickým a elektronickým senzorům, např. malou velikost a hmotnost, takže umožňují přístup na nepřístupná místa, umožňují dálkové průzkumy a jsou rezistentní vůči rádiové frekvenci a elektromagnetickému rušení. Za účelem zlepšení citlivosti se senzory z optických vláken dnes již běžně potahují vrstvou citlivých materiálů.

Optické vlákno je dielektrický vlnovod, který je schopen přenášet elektromagnetické vlnění na dlouhé vzdálenosti podél optické osy vlákna. Obvykle je vyrobeno na křemičité bázi nebo jako kompozit plastů, přičemž se obvykle skládá z několika vrstev od jádra, přes plášť až po ochranné vrstvy. Povrch optických vláken opatřený hygroskopicky citlivým materiálem zvyšuje citlivost senzorů. Index lomu hygroskopicky citlivého materiálu se mění v souladu s vlhkostí nebo hladinou vlhkosti, která mění intenzitu výkonu optického vlákna. Existuje mnoho metod pro produkci tenkých filmů na povrchu optických vláken, například vakuové naprašování, iontové rozprašování, technologie sol-gel, sestavení vrstvy (LBL) a metoda ponoření. Ve srovnání s těmito metodami je elektrostatické zvlákňování jednoduchou a účinnou metodou pro vytvoření vrstvy nanovláken.

Křemík má mnoho uplatnění v průmyslu. Ve formách silikátů (kyslíkaté sloučeniny) a silicidů (sloučeniny s elektro pozitivnějšími prvky, nejčastěji kovy) se používá pro výrobu skel, cementů a keramik. Ve své čisté formě tvoří základní součást dnešní polovodičové elektrotechniky (tranzistory, integrované obvody, čipy). Elektrické vlastnosti křemíku jsou dnes dobře známy. Je to širokopásmový polovodič s nepřímým přechodem a šířkou zakázaného pásu  $E_G=1,12\text{eV}$ . V nanotechnologiích se křemík, mimo křemíkové desky, integrované obvody a čipy, převážně používá buď jako materiál pro výrobu nanovláken a nanodrátů, nebo pro růst kvantových teček.

CN 106940299 A popisuje kombinaci optického senzoru a nanovláknenné vrstvy, konkrétně mikro/nanovláknenný senzor pro detekci rozpuštěného vodíku v transformátorovém oleji. V tomto řešení je povrch mikro/nanovláknenného optického senzoru pokryt vrstvou citlivou na vodík přesněji palladiem či sloučeninami s obsahem palladia. Výstupní část laserového zářiče je připojena ke vstupní části mikrovláknenné optiky prostřednictvím spojovacího vlákna, vstupní část fotodetektoru je připojena k výstupní části mikrovláknenné optiky prostřednictvím spojovacího vlákna, řídicí část laserového zářiče a výstupní část fotodetektoru jsou elektricky propojeny s řídicím modulem, řídicí modul řídí parametry emise laserového zářiče a vypočítává koncentraci vodíku na základě výstupního výkonového signálu z fotodetektoru. Toto řešení je úzce zaměřeno pouze na zjištění koncentrace vodíku v transformátorovém oleji.

Brzdová kapalina v automobilech představuje nejdůležitější provozní náplň automobilu a na její kvalitě závisí schopnost automobil zastavit, tedy bezpečnost jízdy. Brzdová kapalina slouží

k přenášení síly brzdového pedálu a posilovače brzd na brzdy automobilu. Brzdová kapalina je schopná přenášet vysoké síly, ale její nevýhodou je, že pohlcuje vzdušnou vlhkost, takže se v čase hromadí voda, čímž klesá bod varu brzdové kapaliny, a v důsledku toho její schopnost přenášet brzdovou sílu. Proto je důležité vědět, v jakém stavu brzdová kapalina v brzdovém okruhu vozidla je.

Cílem technického řešení je vytvoření optického senzoru pro monitorování kvality kapalin, zejména pro on-line monitorování kvality brzdové kapaliny v automobilech.

### Podstata technického řešení

Cíle technického řešení je dosaženo optickým senzorem, u něhož je kolem snímací části optického vlákna, která je určena pro styk se sledovanou kapalinou, je uspořádána nanovláknenná vrstva. Nanovláknenná vrstva zvyšuje citlivost optického senzoru alespoň pětkrát, takže umožňuje použití takového optického senzoru i pro přímé monitorování kvality brzdové kapaliny v automobilech.

V základním provedení je nanovláknenná vrstva uložena na povrchu snímací části optického vlákna.

Ve výhodném alternativním provedení je mezi snímací částí optického vlákna a nanovláknennou vrstvou vytvořena vzduchová mezera, jejíž velikost je ve výhodném provedení od 1  $\mu\text{m}$  do 0,5 cm. Toto provedení dále zvyšuje citlivost optického senzoru.

V alternativních provedeních je nanovláknenná vrstva vytvořena z oxidů kovů nebo polokovů zvolených ze skupiny  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ , nebo z polymerních materiálů, kterými jsou arabská guma nebo guma guar.

### Objasnění výkresů

Předkládané technické řešení je schematicky zobrazeno na výkresech, kde Obr. 1 značí optický senzor se snímací částí optického vlákna opatřenou nanovláknennou vrstvou a Obr. 2 alternativní provedení optického senzoru, u něhož je mezi snímací částí optického vlákna a nanovláknennou vrstvou vytvořena vzduchová mezera.

### Příklady uskutečnění technického řešení

S přibývajícím množstvím vody v brzdové kapalině automobilu nebo jiného vozidla se mění její barva, respektive se zvyšuje průhlednost. Této vlastnosti lze využít sledováním brzdové kapaliny pomocí optického senzoru. Zároveň lze této vlastnosti využít i pro detekci a rozlišení benzínu a nafty a v dalších průmyslových aplikacích.

Optický senzor obsahuje měřicí a vyhodnocovací jednotku 1, která obsahuje laserový zářič 11 a fotodetektor 12, na které navazuje optické vlákno 2. Z laserového zářiče 11 je záření předáváno do optického vlákna 2, kterým je vedeno do sledované kapaliny 3, například do brzdové kapaliny, do které zasahuje svojí snímací částí 21. Od sledované kapaliny 3 se záření odráží a je optickým vláknem 2 přenášeno zpět do fotodetektoru 12 měřicí a vyhodnocovací jednotky 1, v níž se vyhodnocuje velikost změny intenzity záření a z ní podle předem stanovených kritérií například snížení hustoty brzdové kapaliny, tedy obsah vody v brzdové kapalině, která je u automobilu sledovanou kapalinou 3.

Nevýhodou takového optického senzoru je nízká citlivost, takže jeho použití pro přesné sledování například obsahu vody v brzdové kapalině je vyloučeno, protože by nebyla jistota dosažení přesných výsledků.

- 5 Proto bylo vytvořeno předkládané technické řešení optického senzoru, u něhož je snímací část 21 optického vlákna 2, která je ve styku se sledovanou kapalinou 3, pokryta nanovláknennou vrstvou 210 vytvořenou z oxidu křemíku  $\text{SiO}_2$ . Nanovláknenná vrstva 210 z oxidu křemíku  $\text{SiO}_2$  je připravena metodou elektrostatického zvlákňování z roztoku křemičitého solu. Při nanášení nanovláken na povrch optického vlákna 2 se optické vlákno otáčí, čímž se na jeho povrchu  
10 vytvoří rovnoměrná nanovláknenná vrstva 210.

Z chemického hlediska je tedy nanosená nanovláknenná vrstva 210 tvořena molekulami  $\text{SiO}_2$ , které jsou metodou elektrostatického zvlákňování zesíťovány do nanovláknenné vrstvy. Výhodou nanovláknenné vrstvy 210 je vysoký měrný specifický povrch, který se pohybuje v řádech desítek  
15  $\text{m}^2/\text{g}$ . To spolu s jejich povrchovou strukturou, která poskytuje velké množství vazebných míst, umožňuje imobilizovat na jejich povrch velké množství molekul sledované kapaliny 3, což má pozitivní vliv na citlivost senzoru. Přesto, že se jedná o nanovláknna, zachovávají si dostačující mechanické vlastnosti pro manipulaci s nimi na vzduchu i v kapalinách. Citlivost optického senzoru, u něhož je snímací část 21 optického vlákna 2 pokryta nanovláknennou vrstvou 210, se  
20 zvýší přibližně pětikrát. Tloušťka nanovláknenné vrstvy 210 se podle použitého materiálu nanovláken obvykle pohybuje v intervalu od 85  $\mu\text{m}$  129  $\mu\text{m}$ .

Pro další zvýšení citlivosti senzoru, lze nanovláknennou vrstvu dále aditivovat například stříbrem. Zvlákňovaný sol  $\text{SiO}_2$  se před zvlákňováním aditivuje přidáním dusičnanu stříbrného, ze kterého  
25 se během zvlákňování vyredukuje nanočástice stříbra.

V alternativním provedení jsou nanovláknna vyrobena z arabské gumy. Pokrytí snímací části 21 optického vlákna 2 nanovláknennou vrstvou 210 z arabské gumy zvyšuje citlivost senzoru při sledování obsahu vody v brzdové kapalině přibližně desetkrát. To je způsobeno tím, že arabská  
30 guma je hydrofilní polysacharid, který obsahuje více hydroxylových skupin, které tvoří vodíkové vazby s vodou.

V dalším alternativním provedení je nanovláknenná vrstva 210 vytvořena z oxidů kovů nebo polokovů zvolených ze skupiny  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ , nebo z polymerních materiálů, kterými jsou  
35 arabská guma nebo guma guar.

Ve výše popisovaných provedeních je nanovláknenná vrstva 210 v přímém kontaktu s povrchem snímací části 21 optického vlákna 2.

- 40 V dalších alternativních provedeních je mezi nanovláknennou vrstvou 210 a snímací částí 21 optického vlákna 2 vytvořena vzduchová mezera 211. Toto uspořádání dále výrazně zvyšuje citlivost optického senzoru. Vzduchová mezera 211 mezi snímací částí 21 optického vlákna 2 a nanovláknennou vrstvou 210 se pohybuje v intervalu od 1  $\mu\text{m}$  do 0,5 cm

45

#### Průmyslová využitelnost

Technické řešení lze využít při sledování obsahu vody v brzdové kapalině, popřípadě k detekci a rozlišení benzínu a nafty.

50

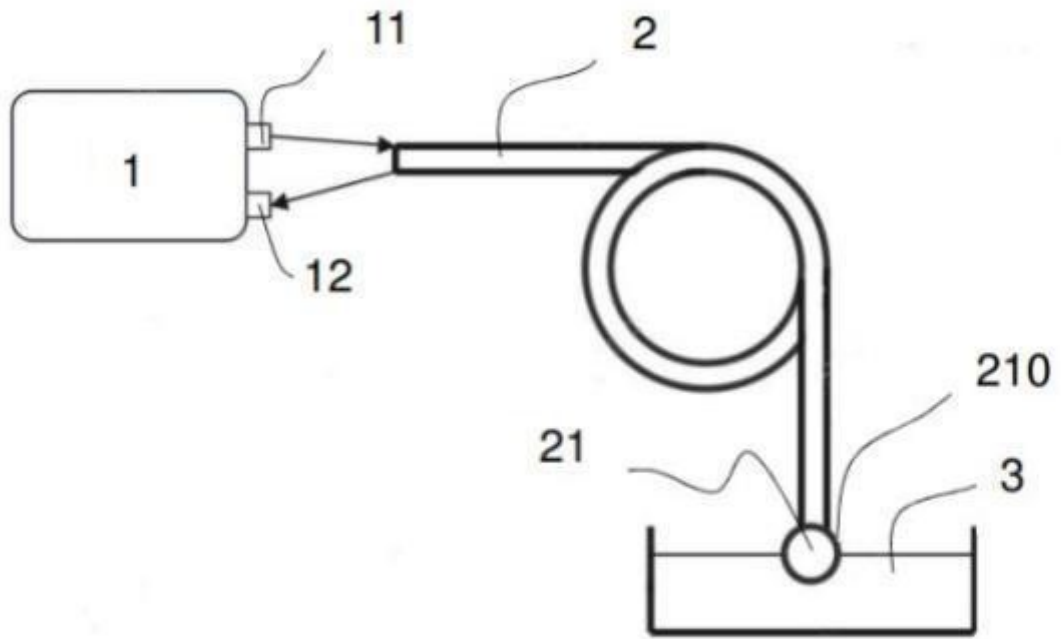
## NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Optický senzor obsahující měřicí a vyhodnocovací jednotku (1) obsahující laserový zářič (11) a fotodetektor (12), na které navazuje optické vlákno (2) zasahující svou snímací částí (21) do sledované kapaliny (3), **vyznačující se tím**, že kolem snímací části (21) optického vlákna (2) je uspořádána nanovláknenná vrstva (210).
2. Optický senzor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nanovláknenná vrstva (210) je uložena na povrchu snímací části (21) optického vlákna (2).
- 10 3. Optický senzor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že mezi snímací částí (21) optického vlákna (2) a nanovláknennou vrstvou (210) je vytvořena vzduchová mezera (211).
4. Optický senzor podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že vzduchová mezera má tloušťku od 1  $\mu\text{m}$  do 0,5 cm.
- 15 5. Optický senzor podle libovolného z předcházejících nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že nanovláknenná vrstva je vytvořena z oxidů kovů nebo polokovů zvolených ze skupiny  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ , nebo z polymerních materiálů, kterými jsou arabská guma nebo guma guar.

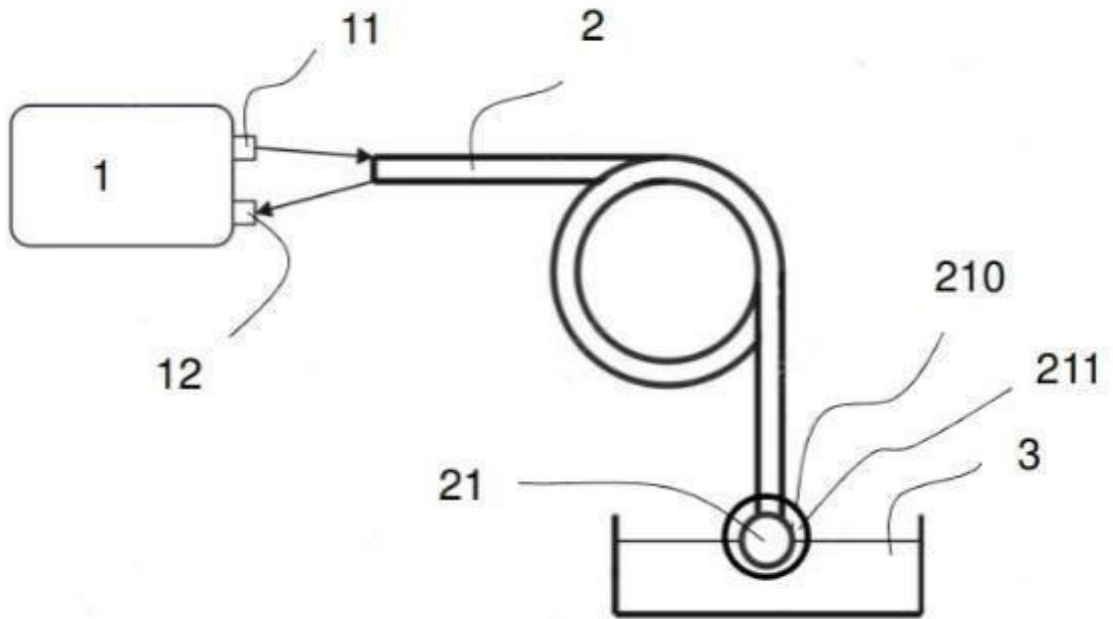
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

- 1 měřicí a vyhodnocovací jednotka
- 11 laserový zářič
- 12 fotodetektor
- 2 optické vlákno
- 21 snímací část optického vlákna
- 210 nanovláknenná vrstva
- 211 vzduchová mezera
- 3 sledovaná kapalina



Obr. 1



Obr. 2