

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

36 103

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C02F 1/46 (2006.01)
H01G 9/20 (2006.01)
C25B 1/55 (2021.01)
C01B 3/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-39882**
(22) Přihlášeno: **13.05.2022**
(47) Zapsáno: **31.05.2022**

(73) Majitel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverčí, CZ
Centrum organické chemie s.r.o., Rybitví, CZ
LB Cemix, s.r.o., Borovany, CZ
LIFETECH s.r.o., Brno, Královo Pole, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Michal Veselý, CSc., Brno, Nový
Lískovec, CZ
doc. Ing. Petr Dzik, Ph.D., Brno, Líšeň, CZ
Ing. Lubomír Kubáč, Ph.D., Rybitví, CZ
Ing. Jiří Akrman, CSc., Lázně Bohdaneč, CZ
Ing. Ivo Novák, Brno, Žabovřesky, CZ
doc. RNDr. Jiří Dřimal, CSc., Brno, Žabovřesky,
CZ

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

(54) Název užitného vzoru:
**Elektrofotokatalytický článek pro degradaci
organických polutantů obsažených ve vodě a
reaktor opatřený alespoň jedním
elektrofotokatalytickým článkem**

Elektrofotokatalytický článek pro degradaci organických polutantů obsažených ve vodě a reaktor opatřený alespoň jedním elektrofotokatalytickým článkem

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká elektrofotokatalytického článku a reaktoru opatřeného alespoň jedním takovým článkem, které slouží k vytvoření redoxních reaktantů ve vodě obsahující organické znečištění pro degradaci organických polutantů vygenerovanými redoxními reaktanty.

10

Dosavadní stav techniky

V současnosti existuje řada postupů pro vytváření tenkých víceméně transparentních vrstev tvořených nanočásticemi kovových oxidů, jejichž polovodiivé vlastnosti jsou fotoindukovatelné. Chemicky jde především o nanočástice oxidů přechodných kovů (často oxidu titaničitého a zinečnatého), ale principiálně lze využít celou řadu dalších oxidů přechodných kovů s vhodným potenciálem valenčních a vodivostních pásů. V ozářeném n-typovém polovodiči se generují volné elektrony a díry, které – pokud nerekombinují vzápětí po svém vzniku – mohou migrovat k povrchu částice a tam vystupovat v roli redoxních reaktantů (elektrony jako redoxní a díry jako oxidační činidla).

Aplikačně zajímavější situace nastane, pakliže výše popsaný polovodič tvarujeme do podoby tenké vrstvy nanosené na elektrickém vodiči, a dále k němu připojíme protielektrodu, obě části ponoříme do elektrolytu a do obvodu zapojíme zdroj napětí. Vznikne tak tzv. fotoelektrochemický článek, jehož zásadní výhodou je možnost zavedení pozitivního přepětí (tzv. *bias*) na anodu. Toto pozitivní přepětí umožňuje zachytit fotogenerované elektrony a odvést je na katodu dříve, než mají šanci rekombinovat s fotoindukovanými elektronovými děrami. Toto řešení má dva zásadní praktické důsledky: zvýší se kvantová účinnost generace náboje v důsledku potlačení rekombinace a fyzicky separujeme oxidační a redukční elektrodové reakce.

Tento základní proces se dá využít pro celou řadu složitějších modifikací a na jejich základě se dá realizovat celá řada fotonických zařízení pro fotovoltaické, senzorické, remediační a jiné aplikace.

Zdaleka nejvíce studovanou aplikační oblastí je fotovoltaika. Tzv. barvivy senzibilované články (dye-sensitized solar cells, DSSC), které se obejdou bez zdroje přepětí a samy jsou zdrojem elektromotorického napětí. Z četných patentových záznamů jsou relevantní zejména ty popisující postup výroby TiO₂ fotoanod, obzvláště pokud jsou využity tiskové techniky. Z nich má dominantní postavení sítotisk (US 20150083225 A1, US 7737356 B2), případně hlubotisk (WO 2009007957 A2, WO 2009027977 A2). V těchto případech jsou ale fotoanody optimalizovány pro adsorpci barviva a excitaci viditelným světlem, nepředpokládá se jejich užití pro UV excitaci.

Vysoce aktuální je využití polovodičových fotoanod pro tzv. water splitting, tedy fotoelektrochemickou redukci vody na vodík (US 20100133111 A1, WO 2017129618 A1, WO 2009136689 A1).

Pro remediační aplikace se využívá skutečnosti, že ve vodných elektrolytech vznikají na obou elektrodách tzv. reaktivní formy kyslíku (OH radikály), které jsou silným a zároveň ekologicky šetrným oxidačním činidlem. Fotoelektrochemické čištění vody je proto jedním z velmi slibných pokročilých oxidačních procesů (AOP – advanced oxidation process) a jejich výzkumu je věnována velká pozornost (US 20090314711 A1, US 20110180423 A1).

Společným znakem výše popsaných případů je využití velkoplošných fotoanod. Malé systémy o velikosti řádově cm² nacházejí uplatnění jako senzory. Skutečnost, že velikost generovaného

55

fotoproudu je úměrná intenzitě dopadajícího UV záření je zřejmá z popisu funkce a umožňuje na výše popsaném principu konstruovat relativně jednoduché a levné senzory UV iradiance (WO 2002035565 A1). Naproti tomu senzorické analytické systémy využívají takové modifikace fotoelektrochemických článků, jejichž odezva se mění v závislosti na vlastnostech elektrolytu (US 20090050193 A1).

Myšlenka využití hnací síly párů elektron-díra generovaných v polovodičích pro remediaci životního prostředí je téměř stejně stará jako samotná fotokatalýza. Mnoha autory byla navržena řada aplikací zaměřených na úpravu vody, vzduchu nebo dezinfekci povrchů. Konvenční fotokatalytické systémy jsou však značně omezeny již v samém prvním kroku celého procesu – po absorpci fotonu s dostatečnou energií dochází k excitaci elektronů do vodivostního pásu, přičemž ve valenčním pásu zůstává kladně nabitá díra. Bohužel nejpravděpodobnější cestou deexcitace je rekombinace páru elektron-díra dříve, než může proběhnout jakákoli následná chemická reakce.

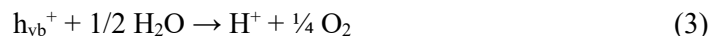
Mnoha autory však bylo přesvědčivě prokázáno potlačení tohoto neblahého jevu a zvýšení fotokatalytické aktivity imobilizovaného polovodičového fotokatalyzátoru použitím vnějšího elektrického předpětí (doi: 10.2533/chimia.2007.806). Proces je založen na zvýšení separace fotogenerovaných párů elektron-díra aplikací elektrického potenciálu, který je schopen extrahovat fotogenerované elektrony do vnějšího obvodu před jejich případnou rekombinací s dírami. Tato strategie vede ke znatelnému zvýšení kvantového výtěžku následných oxidačních a redukčních reakcí probíhajících na anodě, resp. katodě. To je však možné pouze tehdy, je-li fotokatalyzátor nanesen na elektricky vodivém substrátu (viz: doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.10.024, nebo doi: 10.1016/s0920-5861(99)00194-7, nebo doi: 10.1023/a:1018453402332).

Na osvětleném rozhraní n-polovodič/elektrolyt probíhají následující redoxní procesy, pokud jsou fotogenerované elektrony ve vodivostního pásu odváděny na protielektrodu v důsledku vloženého kladného předpětí:



kde h_{vb}^+ kladně nabitá díra ve valenčním pásu polovodiče.

Pokud není přítomen oxidovatelný reaktant (R), je voda v kaskádě reakcí postupně oxidována až na kyslík – souhrnně:



Pokud však je přítomný oxidovatelný reaktant (R), probíhají také následující reakce:



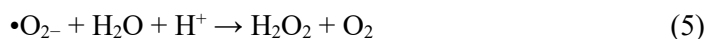
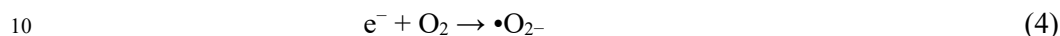
Celkový fotoproud generovaný ozářenou fotoanodou se pak skládá ze dvou příspěvků: z proudu vznikajícího oxidací oxidovatelného reaktantu a z proudu vznikajícího oxidací vody, přičemž první z nich roste s rostoucí koncentrací R (c_R). Faradaická účinnost celého procesu (f) odrážející konkurenci mezi reakcemi 3, 4 a 5, je vhodnou mírou pro popis čisté účinnosti počátečního oxidačního kroku a je vhodná pro porovnání výsledků získaných za různých podmínek:

$$f = V(d_{Cox}/dt) F / i_{photo} \quad (6)$$

kde V je objem elektrolytu a F je Faradayova konstanta.

Oxidované formy, R^+ nebo R_{ox} , podléhají dalším redoxním reakcím a všechny meziprodukty mohou být nakonec plně mineralizovány sérií oxidačních štěpných reakcí na vodu a oxid uhličitý.

5 Fotogenerované elektrony jsou malým přepětím (1 až 2 V) z vnějšího zdroje transportovány na katodu, kde musí být spotřebovány na redukci vhodného lapače elektronů, jinak by polarizace katody po krátké chvíli celý děj zastavila. V uvažovaných systémech se jako lapač elektronů uplatňuje rozpuštěný kyslík, který v prvním kroku tvoří superoxidový radikál aniont a následně reaguje s vodou:



15

V konečném důsledku tedy vzniká hydroxylový radikál stejně jako v případě anodických reakcí. Tento radikál má vysoký oxidační potenciál ($E_0 = +3.06$ V) a podílí dále na oxidaci přítomných polutantů.

20 Při použití elektrolytů s nízkou vodivostí (pitná či bazénová voda) je však vyvozený pokles napětí (tzv. iR drop) způsobený ohmickým odporem elektrolytu jedním ze zásadních faktorů omezujících vysokou proudovou propustnost článku při mírném předpětí. V tradičních elektrochemických člancích lze ke zvýšení elektrické vodivosti přidat podpůrný elektrolyt, ale
25 pokud se počítá s úpravou elektrolytů s nevyhnutelně nízkou iontovou silou (pitná či bazénová voda), musí být minimalizace iR dropu zajištěna jinými způsoby.

iR drop lze například snížit tak, že článek je tvořený dvěma protilehlými elektrodami v těsné blízkosti oddělenými malým prostorem mezi nimi, kterým prochází elektrolyt (doi: 10.1016/j.apcatb.2009.02.025), avšak tato konfigurace je náchylná k nárůstu tlakových ztrát
30 při čerpání elektrolytu skrz modul složený z mnoha takových článků.

Další způsob, jak snížit iR drop je umístěním obou elektrod na jeden substrát a jejich vzájemným vytvarováním do těsné blízkosti s velmi dlouhou hranicí, tj. vytvořením interdigitálního elektrodového systému. Pracovní elektroda se skládá z elektrického vodiče pokrytého oxidickým
35 polovodičem. Materiál protielektrody není rozhodující, pokud je zajištěna dostatečná elektrická vodivost a odolnost proti korozi a je dodržena požadovaná geometrie.

Tento přístup byl realizován litograficky (doi: 10.1016/j.electacta.2011.07.089) nebo
40 materiálovým tiskem, avšak jeho inherentní nevýhodou je redukce pracovní plochy fotoanody - část ozářené plochy případně na katodu a aktinické záření dopadající na tuto plochu není využito pro generaci nosičů náboje.

Úkolem technického řešení je proto vytvoření elektrofotokatalytického článku s takovou
45 strukturou, která by odstraňovala výše uvedené nedostatky, zejména která by zajistila maximální využití ozářené plochy fotoanody (tzn., že katoda ji nesmí stínit ani blokovat její povrch), dále by zajistila efektivní potlačení poklesu fotoproudu v důsledku iR dropu prostorově velmi blízkým umístěním katody a fotoanody, a dále by zajistila zabránění vzniku tlakových ztrát při čerpání elektrolytu skrz navržený elektrofotokatalytický článek, a který by umožnila snadnou a efektivní výrobu s preferencí aditivních postupů, zejména materiálového tisku.

50

Podstata technického řešení

55 Vytčený úkol je vyřešen vytvořením elektrofotokatalytického článku podle níže uvedeného technického řešení.

Předmětem technického řešení je plošný elektrofotokatalytický článek skládající se z fotoanody s aktivní vrstvou obsahující oxidický n-typový polovodič (TiO_2 , WO_3 , ZnO , aj.) a inertní katody. Elektrofotokatalytický článek je vytvořen takovým způsobem, aby při vložení do vodného elektrolytu, po ozáření aktinickým zářením a vložení externího přepětí generoval volné elektrony pohybující se z fotoanody na katodu. Podstatnou vlastností navrhovaného technického řešení je možnost aditivní výroby technikami materiálového tisku, tedy že některé nebo všechny funkční i pomocné struktury článku dle technického řešení jsou postupně vrstveny na výchozí substrát pomocí modifikovaných tiskových technik. Další podstatnou vlastností technického řešení je optimalizované umístění katody do co nejbližšího umístění vůči fotoanodě tak, aby byl eliminován ohmický odpor vodného elektrolytu a také byly eliminovány tlakové ztráty při průtoku elektrolytu článkem dle technického řešení.

Podstata technického řešení spočívá v tom, že je fotoanoda tvořena transparentním substrátem z chemicky a elektricky inertního materiálu majícím tvar rovinné desky, přičemž se nachází na jedné z ploch rovinné desky transparentní elektricky vodivá vrstva. Na elektricky vodivé transparentní vrstvě se současně nachází porézní polovodičová vrstva citlivá na aktinické záření. Současně je katoda elektrofotokatalytického článku tvořena mřížkou deskovitěho tvaru z elektricky vodivého kovu, či slitiny, přičemž je katoda upevněna pomocí alespoň jedné distanční vložky ke straně fotoanody s porézní polovodičovou vrstvou.

Fotoanoda je opatřena transparentní elektricky vodivou vrstvou dopovaného oxidu cíničitěho (tzv. FTO – fluorine tin oxide) nebo podobnou transparentní elektricky vodivou vrstvou. Na tuto vodivou vrstvu je nanášena tenká porézní vrstva vhodného polovodiče technikami materiálového tisku. Dále jsou na fotoanodu nanášeny distanční vložky, jejichž úkolem je prostorové oddělení katody a fotoanody a vytvoření definované mezery mezi nimi. S výhodou je mezera mezi katodou a fotoanodou menší než 5 mm.

Transparentní elektricky vodivá vrstva je odvozená od směsných oxidů s různou valencí. Typicky se používá oxid cíničitý ve směsi s dalšími oxidy (inditý, antimonečný) nebo oxid cíničitý dopovaný fluorem.

Pro katalytickou vrstvu (porézní polovodičová vrstva) lze s úspěchem použít jakýkoli n-typový polovodivý oxid přechodného kovu s vhodnou polohou valenčního a vodivostního pásu, aby umožnily redukci kyslíku na katodě a efektivní oxidaci organického polutantu a/nebo vody na fotoanodě. Typickými zástupci jsou TiO_2 , WO_3 , ZnO a podobné oxidy a jejich směsi. Dále je možné využít další fotonické materiály, které při ozáření generují nosiče náboje, jako grafitický karbonitrid, grafenoxid a podobné.

Katoda má rozměr shodný s plochou porézní polovodičové vrstvy fotoanody. Katoda je tvořena elektricky vodivou mřížkou deskovitěho tvaru, aby souhlasila tvarově s fotoanodou, přičemž velikost ok mříže jsou řádově jednotky milimetrů. S výhodou je použita nerezová ocel.

V rámci technického řešení je výhodné, pokud je transparentní substrát tvořen sklem, nebo polymerním materiálem.

Transparentní substrát může být tvořen libovolným typem skla (sodnovápenaté, borosilikátové) nebo i vhodným polymerem (polykarbonát, polyestery, polymethylmethakrylát, kopolymery polyethylenu). Polymerní substráty jsou samozřejmě použitelné je s takovým způsobem nanášení a fixace porézní polovodičové vrstvy, který probíhá za nízkých teplot (cca do $100\text{ }^\circ\text{C}$ - viz příklad 1).

V rámci technického řešení je výhodné, pokud je porézní polovodičová vrstva citlivá na UVA záření. UVA záření jako aktinické záření není nebezpečné pro okolní prostředí, tudíž je jeho nasazení v aplikacích s technickým řešením bezpečné.

Součástí technického řešení je rovněž reaktor, který využívá alespoň jeden elektrofotokatalytický článek dle výše uvedeného popisu.

- 5 Podstata reaktoru spočívá v tom, že je reaktor tvořen reakční komorou pro průtok vody, a elektrofotokatalytický článek je vodotěsně vsazený do stěny reakční komory, přičemž se katoda nachází uvnitř reakční komory, zatímco transparentní substrát fotoanody tvoří uzávěr vnější stěny reakční komory. Reaktor dále zahrnuje alespoň jeden zdroj aktinického záření pro fotoanodu uspořádaný vedle stěny reakční komory osazené fotoanodou pro osvit fotoanody aktinickým zářením, a alespoň jeden zdroj elektrického napětí pro polarizaci elektrod elektrofotokatalytického článku, který je elektricky připojený k fotoanodě a ke katodě.

15 Kompletně sestavený elektrofotokatalytický článek se vkládá do reakční komory reaktoru takovým způsobem, že strana s fotoanodou tvoří stěnu reakční komory reaktoru a fotokatalyzátor (porézní polovodičová vrstva) je tedy ozařován skrz transparentní substrát. Za elektrofotokatalytickým článkem je dostatečný prostor pro průtok elektrolytu opatřený s výhodou zrcadlovou plochou, která zpět odráží záření, které prošlo fotoanodou. Obtékáním mřížkové katody vzniká lokálně turbulentní tok, který přispívá k efektivnějšímu přenosu hmoty mezi povrchem fotoanody a mřížkovou katodou, avšak dostatečný prostor mezi mřížkou a protilehlou stěnou reaktoru, s výhodou větší než 2 mm, zamezuje vzniku tlakových ztrát při čerpání elektrolytu skrz reakční komoru.

25 Mezi výhody technického řešení patří využití přirozených redoxních reaktantů vytvořených z vody, které mineralizují biologické znečištění vody. Další výhody technického řešení vycházejí ze samotné struktury elektrofotokatalytického článku, která umožňuje maximální využití ozářené plochy fotoanody zasazené do reaktoru (tzn., že katoda ji nesmí stínit ani blokovat její povrch), která dále umožňuje efektivní potlačení poklesu fotoproudu v důsledku iR dropu prostorově velmi blízkým umístěním katody a fotoanody, a v neposlední řadě která umožňuje zabránění vzniku tlakových ztrát při čerpání elektrolytu skrz elektrofotokatalytický článek. Mezi další výhody se počítá snadná a efektivní výroba pomocí aditivních postupů, zejména materiálového tisku, dále skutečnost, že celá plocha porézní polovodičové vrstvy je ozářená aktinickým zářením, že jsou některé ze součástí zhotovené např. 3D tiskem, že více než 90 % plochy porézní polovodičové vrstvy fotoanody je v kontaktu s elektrolytem.

35 Objasnění výkresů

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

- 40 obr. 1 znázorňuje schematické vyobrazení navrženého elektrofotokatalytického článku a jeho uspořádání v reaktoru.

Příklad uskutečnění technického řešení

- 45 Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění technického řešení jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení technického řešení na uvedené příklady.

Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním technického řešení, která jsou zde popsána.

Příklad 1 - Elektrofotokatalytický článek s aktivní vrstvou TiO₂ zhotovenou inkjetovým tiskem

- 55 Na skleněné desce tvořící transparentní substrát 1 s vrstvou FTO (fluórem dopovaný oxid cíničitý) se laserem vypálí drážky galvanicky oddělující oblasti u hrany skleněné desky, které mohou přijít

do styku s kovovou stěnou reakční komory 6 reaktoru. Připraví se: 20 % hmotn. suspenze oxidu titaničitýho (PK-20) v Dovanolu PM (A) a 20 % hmotn. roztok polysiloxanové pryskyřice (Lukosil M 130) v xylenu (B) a 1-hexanol (C). Tisková formulace se připraví smísením A+B+C v poměrech 3+1+3. Tisková formulace se tiskne inkjetovou tiskárnou na aktivní část FTO substrátu, která bude ozářena. Nastavení parametrů tisku se volí takové, aby výsledná tloušťka suché vrstvy byla 200 nm až 800 nm. Výtisk se suší 20 min při 100 °C a poté exponuje UVB zářením s celkovou intenzitou ozáření 10 až 25 mW/cm² po dobu 30 až 60 minut, čímž dojde k fotokatalytické mineralizaci siloxanového pojiva v důsledku čehož se zlepší schopnost porézní polovodičové vrstvy 2 generovat a vést náboj. Výtisk je při expozici ponořený v deionizované vodě. Poté se 3D tiskem technologií FDM zhotoví distanční vložky 3 – pravidelně rozmístěné válečky o průměru 8 mm a výšce 2 mm. Výška válečků odpovídá tloušťce těsnícího o-kroužku 5 umístěného na obvodu fotoanody. Na takto připravené válečky se umístí mřížka 4 z nerezové oceli a fixuje se lokálním zahřátím a natavením distančních vložek 3. Výsledný sestavený elektrofotokatalytický článek se přitlačným rámečkem fixuje k otvoru ve stěně reakční komory 6 reaktoru a těsnost spoje je zajištěna o-kroužkem 5 umístěným mezi stěnou reakční komory 6 reaktoru a vlastním elektrofotokatalytickým článkem.

Příklad 2 - Elektrofotokatalytický článek s aktivní vrstvou WO₃ zhotovenou sítotiskem

Na skleněné desce tvořící substrát 1 s vrstvou FTO (fluórem dopovaný oxid cíničitý) se laserem vypálí drážky galvanicky oddělující oblasti u hrany skla, které mohou přijít do styku s kovovou stěnou reakční komory 6 reaktoru. Připraví se: 40 % hmotn. suspenze oxidu wolframového v n-hexanolu (A). Tato suspenze se mele v kulovém planetovém mlýnu, až na střední velikost částic 200 nm. Dále se připraví roztok polyvinylpyrolidonu (střední molární hmotnost 40 000) v izobutanolu o koncentraci 20 % hmotn. (B) a alfa-terpineol (C). Tisková formulace se připraví smísením A+B+C v poměrech 4+2+2. Tisková formulace se tiskne pomocí sítotisku skrze síta s vyšší hustotou na aktivní část FTO vrstvy, která bude ozářena. Hustota síta se volí tak, aby tloušťka mokrého filmu nepřesáhla 5 mikronů. Vytištěné fotoanody se zasuší v horkovzdušné sušárně při 100 °C a následně se vypálí při 450 °C (rampa 3 °C/min, zdržení na 450 °C 1 hodina). Po vychladnutí fotoanod se 3D tiskem technologií FDM zhotoví distanční vložky 3 – pravidelně rozmístěné válečky o průměru 8 mm a výšce 2 mm. Výška válečků odpovídá tloušťce těsnícího o-kroužku 5 umístěného na obvodu fotoanody. Na takto připravené válečky se umístí mřížka 4 z nerezové oceli a fixuje se lokálním zahřátím a natavením distančních vložek 3. Výsledný sestavený elektrofotokatalytický článek se přitlačným rámečkem fixuje k otvoru ve stěně reakční komory 6 reaktoru a těsnost spoje je zajištěna o-kroužkem 5 umístěným mezi stěnou reakční komory 6 reaktoru a vlastním elektrofotokatalytickým článkem.

Zdrojem 9 aktinického záření v reaktoru je světlo emitující dioda, která je napájena elektrickou energií. Zdrojem 10 elektrického napětí je akumulátor s velikostí elektrického napětí do 5 V. Reakční komora 6 se zapojí do vodního okruhu, aby jí protékala voda. Uvnitř reakční komory 6 jsou vlepeny reflexní proužky, např. z leštěného nerez.

Průmyslová využitelnost

45

Elektrofotokatalytický článek pro degradaci organických polutantů obsažených ve vodě a reaktor podle technického řešení naleznou uplatnění v aplikacích zabývajících se čištěním vody od organického znečištění.

NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Elektrofotokatalytický článek pro degradaci organických polutantů obsažených ve vodě, tvořený fotoanodou a katodou, **vyznačující se tím**, že je fotoanoda tvořena transparentním substrátem (1) z chemicky a elektricky inertního materiálu majícím tvar rovinné desky, přičemž se nachází na jedné z ploch rovinné desky transparentní elektricky vodivá vrstva, na které se současně nachází porézní polovodičová vrstva (2) citlivá na aktinické záření; a současně je katoda elektrofotokatalytického článku tvořena mřížkou (4) deskovitého tvaru z elektricky vodivého kovu či slitiny, přičemž je katoda upevněna pomocí alespoň jedné distanční vložky (3) ke straně fotoanody s porézní polovodičovou vrstvou (2).
- 10 2. Elektrofotokatalytický článek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že transparentní substrát (1) je tvořen sklem nebo polymerním materiálem.
- 15 3. Elektrofotokatalytický článek podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že transparentní elektricky vodivá vrstva je ze směsi oxidů s odlišnou valencí ze skupiny oxid cíničitý, oxid inditý, oxid antimonečný nebo je transparentní elektricky vodivá vrstva z oxidu cíničitého dopovaného fluorem.
- 20 4. Elektrofotokatalytický článek podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že porézní polovodičová vrstva (2) je tištěná.
5. Elektrofotokatalytický článek podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že porézní polovodičová vrstva (2) je citlivá na UVA záření.
- 25 6. Elektrofotokatalytický článek podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že porézní polovodičová vrstva (2) je z oxidicky n-typového polovodiče ze skupiny TiO_2 , WO_3 , ZnO , či z jejich směsí nebo z karbonitridu nebo z grafenoxidu.
7. Elektrofotokatalytický článek podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že mřížka (4) má velikost ok v rozmezí od 0,5 mm do 10 mm.
- 30 8. Elektrofotokatalytický článek podle některého z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že mřížka (4) je z nerezové oceli.
9. Elektrofotokatalytický článek podle některého z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že vzdálenost mezi katodou a fotoanodou je menší než 5 mm.
- 35 10. Reaktor pro degradaci organických polutantů obsažených ve vodě, **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň jeden elektrofotokatalytický článek vytvořený podle některého z nároků 1 až 9, přičemž reaktor je tvořen reakční komorou (6) pro průtok vody a elektrofotokatalytický článek je vodotěsně vsazený do stěny reakční komory (6), přičemž se uvnitř reakční komory nachází katoda, zatímco transparentní substrát (1) fotoanody tvoří uzávěr stěny reakční komory (6), a současně reaktor dále zahrnuje alespoň jeden zdroj (9) aktinického záření pro fotoanodu, uspořádaný vedle stěny reakční komory (6) osazené fotoanodou, pro osvit fotoanody aktinickým zářením, a alespoň jeden zdroj (10) elektrického napětí pro polarizaci elektrod elektrofotokatalytického článku, který je elektricky připojený k fotoanodě a ke katodě.
- 40 11. Reaktor podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že alespoň jedna vnitřní stěna reakční komory (6) je opatřena zrcadlicí plochou pro odraz aktinického záření zpět na fotoanodu.

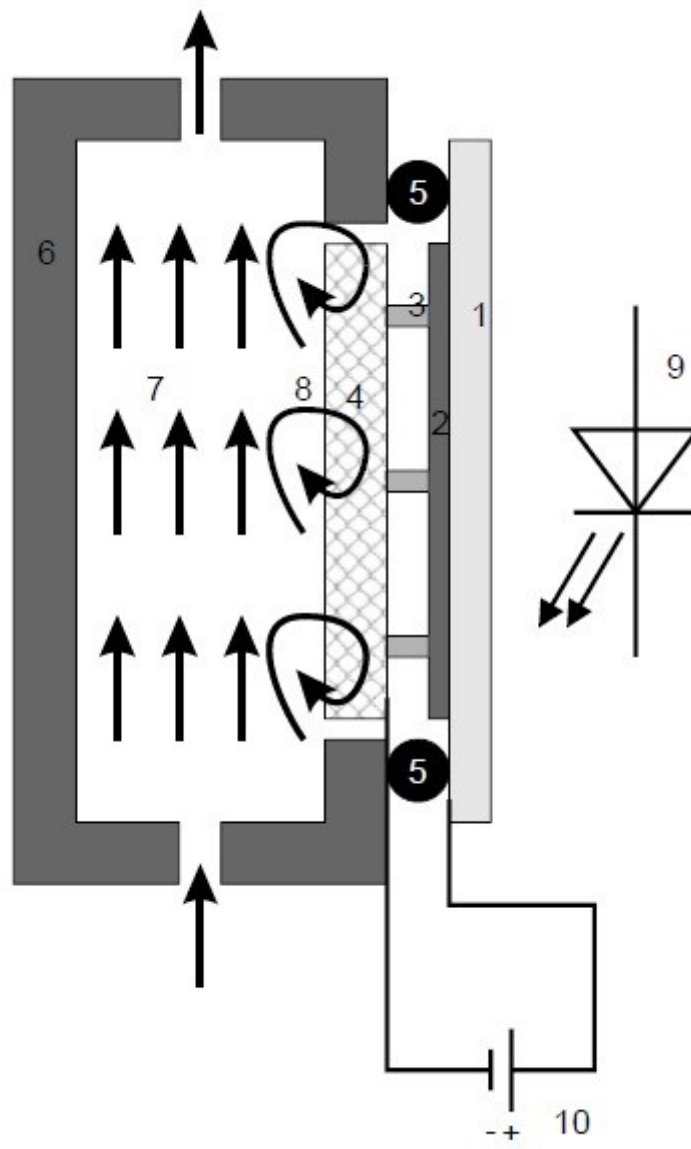
12. Reaktor podle nároku 10 nebo 11, **vyznačující se tím**, že vzdálenost protilehlé vnitřní stěny reakční komory (6) od katody je větší než 2 mm.

1 výkres

5

Seznam vztahových značek:

- 1 transparentní substrát fotoanody
- 2 porézní polovodičová vrstva fotoanody
- 3 distanční vložka
- 4 mřížka
- 5 těsnící O-kroužek
- 6 reakční komora reaktoru
- 7 laminární tok vody u stěny reakční komory
- 8 turbulentní tok vody u mřížky tvořící katodu
- 9 zdroj aktinického záření
- 10 zdroj elektrického napětí



Obr. 1