

Werkwijze en inrichting voor een optische sensor om de samenstelling van een vloeistof te meten

Onderhavige vinding betreft een werkwijze en inrichting voor het meten van de samenstelling van een vloeistof en / of voor het vaststellen van bacteriologische groei in een vloeistof, gekenmerkt door een of meerdere lichtbronnen die achtereenvolgens licht van verschillende golflengte uitstralen en werkzaam zijn verbonden met i.e., licht sturen door, tenminste een deel van een transparante buis waardoorheen te onderzoeken vloeistof stroomt, een of meerdere lichtsensors die eveneens werkzaam zijn verbonden met de transparante buis i.e., worden blootgesteld aan tenminste een deel van het licht dat door tenminste een deel van de transparante buis valt, middelen om de lichtabsorptie van de transparante buis en de vloeistof die door deze buis stroomt te meten en software die de verschillende lichtabsorptiesignalen vertaalt in de concentratie van organische of anorganische componenten of micro-organismen die in het water of op de buiswand aanwezig zijn. De sensor volgens de technologie van onderhavige vinding is uitermate geschikt voor het meten van veranderingen in vloeistoffen in de tuinbouw, algenkweek, afvalwaterzuiveringssector, voedingsmiddelensector, drinkwatersector, veterinaire sector en medische sector.

Inleiding

De technologie volgens onderhavige vinding is een praktische implementatie van een spectrofotometrische bepaling van de concentratie verontreinigingen en/of reaktieproducten en/of (micro)organismen in vloeistoffen in het algemeen en leidingnetwerken in het bijzonder.

25 Beschrijving van de technologie volgens onderhavige vinding

In tegenstelling tot commercieel verkrijgbare spectrofotometers, bestaat de sensor volgens de technologie van onderhavige vinding uit een doorstroomsensor in plaats van een sensor waarbij de vloeistof in een cuvet wordt gebracht en vervolgens in een spectrofotometer wordt geplaatst. Verder is het optische deel van de sensor volgens de technologie van onderhavige vinding rondom een transparante buis gebouwd die in een bestaand leidingsysteem kan worden geplaatst. Hierdoor wordt inline in de procesvloeistof gemeten zonder dat er sprake is van direct contact tussen de lichtbron en de lichtsensoren enerzijds en de vloeistof anderzijds. Verder is de materiaalkeuze van de transparante buis bij voorkeur zodanig dat naast absorptie van licht door de vloeistof ook eventuele absorptie van licht door aangroei van organisch of anorganisch materiaal wordt gemeten.

Figuur 1 geeft een schematische voorstelling van de sensor volgens onderhavige vinding. De sensor bestaat uit een transparant buisje 8 dat wordt ingebouwd in een leidingsysteem

- door middel van de koppelstukken 3. Het buisje wordt bij voorkeur doorstroomd met vloeistof die op plek 4 het transparante buisje binnenkomt en enige tijd later op plek 5 het transparante buisje verlaat. De wand van het transparante buisje is schematisch weergegeven door middel van 6. Op of tegen of in het transparante buisje zijn lichtbronnen aangebracht, schematisch weergegeven met 1. Aan de andere kant van het buisje zijn lichtgevoelige elementen aangebracht, schematisch weergegeven met 2. Elke lichtbron kan licht uitzenden waarvan tenminste een deel op het lichtgevoelige gedeelte van tenminste een lichtgevoelig element valt. Het transparante buis is bij voorkeur ingegoten in een niet-transparante ingiethars, schematisch weergegeven met 7.
- 10 Nu de configuratie schematisch is weergegeven volgt eerst een nadere toelichting van de vinding en vervolgens een aantal voorkeuroitvoeringsvormen.
- De koppelstukken 3 bestaan bij voorkeur uit of zijn compatibel met gangbare leidingsystemen waaronder PVC leidingen voor de drinkwater en afvalwaterindustrie, koperen leidingen en roestvrijstalen leidingen.
- 15 De lichtbronnen 1 bestaan bij voorkeur uit een reeks LEDs die allen verschillende golflengten licht uitstralen in het frequentiegebied van bij voorkeur 400 nm tot 1600 nm. De lichtgevoelige elementen 2 bestaand uit fotodioden en / of fototransistors en / of LDRs (lichtgevoelige weerstanden) en / of fotovoltatische cellen (zonnecellen). Het transparante buisje 6 is bij voorkeur transparant PVC dat is goedgekeurd voor toepassing in voedingsmiddelen en drinkwater. Andere geschikte polymeren zijn polyacrylaat, polyethyleen, polycarbonaat, PMMA of composieten van deze materialen. Glas en kwarts zijn ook zeer geschikte materialen voor het transparante buisje 6. Nog meer bij voorkeur voldoet het transparante buisje aan de RoHS richtlijn. De behuizing waarin het transparante buisje zich bevindt kan in principe van elk type materiaal zijn gemaakt. Bij
- 25 voorkeur bestaat de behuizing 7 uit een niet transparante ingiethars voor elektronische componenten zoals bijvoorbeeld polyurethaanhars die tevens voldoet aan de RoHS richtlijn. Toepassing van een ingiethars maakt nadrukkelijk deel uit van de technologie volgens onderhavige vinding aangezien deze essentieel is om condensvorming aan de buitenkant van het buisje te voorkomen wanneer de sensor in een praktijkomgeving wordt toegepast. Condensvorming dient te worden voorkomen omdat deze de metingen verstoort. De LEDs en lichtgevoelige elementen worden werkzaam verbonden met een stuurunit die tenminste een microcontroller bevat die de LEDs achtereenvolgens kan aan- en uitschakelen en middels een analoog naar digitaal converter (ADC) de lichtabsorptie door de vloeistof en de wand van het transparante buisje kan meten. Bij voorkeur bevat de
- 30 stuurunit ook een aantal LEDs ter alarmering van veranderingen in de vloeistof of de wand van het buisje. Verder bevat de microcontroller bij voorkeur software om de binnenkomende signalen te vertalen naar parameters die relevant zijn voor het proces en /

of de kwaliteit van de vloeistof die wordt onderzocht.

Nu de technologie volgens onderhavige vinding is uiteengezet, volgt een aantal voorkeuroitvoeringsvormen:

- 5 1. Als lichtbron kan de sensor in figuur 1 uit een RGB (rood-groen-blauw) LED bestaan. In feite bestaat zo'n LED uit 3 LEDs die in een enkele behuizing (bijvoorbeeld een zogenaamde 5mm LED) zijn ondergebracht. Volgens de definitie in deze aanvraag bestaat een RGB LED uit 3 lichtbronnen. Op deze wijze is het mogelijk om de lichtabsorptie bij 3 golflengten te meten waarbij slechts gebruik wordt gemaakt van een lichtgevoelig element 2. Het is duidelijk dat ook meerdere 10 RGB LEDs naast elkaar, elk met verschillende eigenschappen, kunnen worden toegepast. Een gloeilamp kan eveneens opgevat worden als meerdere lichtbronnen (aangezien deze licht met verschillende golflengten produceert) mits deze van een juiste filterset zijn voorzien dat achtereenvolgens licht van verschillende golflengten kan doorlaten dan wel de sensor is voorzien van verschillende lichtgevoelige 15 elementen die elk een verschillende lichtabsorptie karakteristiek hebben voor wat betreft de absorptie-amplitude versus golflengte van het licht.
- 20 2. Een sensor in figuur 1 bestaat bij voorkeur uit lichtgevoelige elementen met verschillende eigenschappen (gevoeligheden) e.g., gevoeligheid voor het zichtbaar licht en gevoeligheid voor infrarode straling. Bij voorkeur worden circa 2 tot 50 LEDs en 1 tot 50 lichtgevoelige elementen naast elkaar in de sensor op het transparante buisje gemonteerd. Meer bij voorkeur worden circa 2 tot 10 LEDs en 1 tot 10 lichtgevoelige elementen naast elkaar in de sensor op het transparante buisje gemonteerd.
- 25 3. De sensor meet bij voorkeur ook lichtverstrooiing bij verschillende golflengten door, nadat een lichtbron 1 is ingeschakeld niet alleen met het corresponderende lichtgevoelig element 2 wordt gemeten (dus het element dat rechtstreeks in de lichtbundel van lichtbron 1 licht) maar ook met naburige lichtgevoelige elementen te meten die bij afwezigheid van lichtverstrooiing niet of minder licht van lichtbron 1 ontvangen.
- 30 4. De sensor wordt bij voorkeur horizontaal in een leiding gemonteerd zodat eventuele bezinkend materiaal hetzij nabij de lichtbronnen bezinkt en lichtdoorval bemoeilijkt hetzij nabij de lichtgevoelige elementen bezinkt en daar lichtdoorval bemoeilijkt. Op deze wijze wordt ook bezinksel gemeten.
- 35 5. Elke LED wordt bij voorkeur beschermd tegen spanningspieken en / of stroompieken veroorzaakt door storing in de omgeving (elektromagnetische compatibiliteit wordt gewaarborgd) door deze te beschermen middels een diode of zenerdiode en / of een condensator en of een serieweerstand, die allen dicht bij de

LEDs zijn geplaatst en bij voorkeur samen het optische deel van de sensor vormen dat wordt ingegeoten in de polyurethaanhars. Hierdoor is het mogelijk om lange kabels tussen de stuurunit en het optische deel van de sensor toe te passen zonder dat storingen optreden of de LEDs zelfs beschadigd raken. Bij voorkeur wordt UTP
5 kabel toegepast tussen het optische deel van de sensor en de stuurunit.

Nu enkele voorkeuruivoeringsvormen zijn toegelicht volgt een aantal toepassingen:

1. De voedingsmiddelenindustrie om vervuiling van leidingen te meten, fingerprinting te doen van bijvoorbeeld alcoholische dranken, frisdranken, vervuiling / bezinksel in leidingen te meten.
- 10 2. De pulp & paper industrie om de kleur (aanwezigheid van humuszuren en ligninen) van procesvloeistoffen te meten middels fingerprinting. De samenstelling van procesvloeistoffen is essentieel voor de papierkwaliteit (witheid van het papier).
3. Drinkwaterindustrie en afvalwaterindustrie om vervuiling van leidingen te meten (bezinksel, aangroei, scaling) en de concentratie humuszuren in water.
- 15 4. Agrarisch- en veterinaire sector, tuinbouwsector om de drinkwaterkwaliteit en / of medicijnresten of andere hulpstoffen in water en / of de kwaliteit van afvalwater te meten.
5. Medische sector om de samenstelling van urine te meten.
6. Algensensor door meting van specifieke absorptie.
- 20 7. Bacteriensensor door meting van specifiek absorptie

De sensor volgens de technologie van onderhavige vinding heeft de volgende unieke eigenschappen:

- 25 1. Een spectrofotometrische amplitude versus frequentieplot kan worden bepaald in een doorstroomcel die is ingepast in een bestaand leidingnetwerk waardoorheen deze vloeistof reeds stroomt. Het blijkt dat de sensor volgens onderhavige vinding zich hierdoor geheel anders gedraagt dan commercieel verkrijgbare sensors. De reden hiervoor is dat de sensor niet alleen inline en efficiënt de samenstelling van de te onderzoeken vloeistof meet maar tegelijkertijd ook in staat is vervuiling van
30 het leidingnetwerk te detecteren onder exact die procescondities die voor de praktijk relevant zijn. Daarbij blijkt het signaal van vervuiling een demping van de signaalamplitude op te leveren die in veel gevallen voor alle golflengten gelijk is zodat met de sensorconfiguratie volgens onderhavige vinding ook nog een onderscheid kan worden gemaakt tussen veranderingen in de
35 vloeistofsamenstelling en vervuiling van het leidingnetwerk.
2. Door het in onderhavige vinding beschreven ingietconcept van het optische deel van de sensor in polyurethaanhars blijkt het mogelijk om de sensor toe te passen

onder extreme omstandigheden i.e., onder productie-omstandigheden zoals in waterzuiveringsinstallaties, de voedingsmiddelenindustrie of de papierindustrie. Door de toegepaste configuratie wordt condensvorming van het lichtstelsel volledig voorkomen zodat de sensor in tegenstelling tot commercieel verkrijgbare systemen ook werkt onder vochtige omstandigheden en bij sterke temperatuurwisselingen. Met commercieel verkrijgbare spectrofotometers volgens stand der techniek is het werken in een productie-omgeving niet mogelijk.

3. Door het met water doorstroomde deel van de sensor horizontaal en waterpas te monteren in het leidingnetwerk en ervoor zorg te dragen dat het licht axiaal op de stroomingsrichting door het transparante buisje valt (dus van boven naar beneden of van beneden naar boven), meet de sensor niet alleen de samenstelling van de vloeistof en vervuiling van de buis maar ook het bezinken van vaste stof naar de bodem van de buis. Dit is in veel processen een teken dat de procesvoering moet worden bijgesteld, de stromingscondities in de leiding moeten worden veranderd of de leidingen moeten worden gespoeld om toekomstige vervuiling te voorkomen.
4. De transparante buis is van een materiaal gemaakt dat gevoelig is voor ongewenste eigenschappen van de vloeistof, zoals gevoeligheid voor vervuiling, met het doel deze vervuilende eigenschappen van de vloeistof in een vroeg stadium te detecteren.
5. De LEDs die elk verschillende golflengten van licht produceren kunnen ook simultaan worden aangezet waarmee dus het effect van verschillende golflengten op de lichtabsorptie wordt gemeten. Als niet limiterend voorbeeld waarbij dit extra informatie oplevert wordt de detectie van algen genoemd.
6. De LEDs in het optische sensordeel zijn beschermd middels (een) (zener)diode(n), en/of condensators en/of serieweerstanden om goed functioneren in industriële omgeving te waarborgen (waarborgen van elektromagnetische compatibiliteit van de sensor).
7. Software in de stuurunit die tenminste een microcontroller en / of microprocessor en een analoog naar digitaalconverter en een aansturing voor de lichtbronnen bevat, kan op elk type proces worden afgestemd zodat bij overschrijding van de gewenste procescondities een alarmmelding wordt gegeven middels waarschuwings LEDs op de stuurunit dan wel een softwarematig alarm (RS232, RS485, SMS etc.).

Door de in bovengenoemde punten opgesomde eigenschappen van de sensor, blijkt deze veel meer informatie over de eigenschappen van een vloeistof in leidingnetwerken te leveren dan op grond van een spectrofotometer kan worden verwacht.

Voorbeeld 1.

Een oplossing van Coca Cola in water werd verdund tot de grens dat verkleuring met het blote oog waarneembaar was. Vervolgens werd de vloeistof in een sensor geplaatst volgens de technologie van onderhavige vinding. De diameter van het transparante buisje was 25mm. De toegepast LED was een RGB LED en het lichtgevoelige element een LDR (light dependent resistor) met een weerstand van 10 kOhm. De LDR was in serie geplaatst met een weerstand van 5 kOhm en aangesloten op een spanning van 5 Volt. De spanning die over de weerstand van 5 kOhm werd gemeten middels de ADC (analoog naar digitaalconverter) van een microcontroller was een maat voor de lichtopbrengst. Achtereenvolgens werden de rode, de groene en de blauwe LED ingeschakeld en werd de lichtopbrengst gemeten. Hierna werd de oplossing een factor 3 verdund en de procedure herhaald. De lichtopbrengst bleek recht evenredig met de concentratie Coca Cola in het drinkwater te verlopen.

Voorbeeld 2

Een oplossing van micro-algen werd verdund tot het nivo dat de algen met het oog net niet meer konden worden waargenomen. Vervolgens werd op dezelfde wijze als in experiment 1, de lichtabsorptie gemeten (RGB LED, dus 3 golflengten licht). Er bleek geen meetbaar verband tussen de lichtabsorptie van de groene LED en de concentratie algen. Er bleek echter wel een lineair verband tussen de lichtabsorptie de rode LED en de blauwe LED en de concentratie algen. Hieruit wordt geconcludeerd dat met de meting algen specifiek en bij lage concentratie in drinkwater kunnen worden gedetecteerd. Opgemerkt wordt dat bekend is in de literatuur dat algen onder stress situaties carotenoiden kunnen aanmaken, hetgeen commercieel interessant is voor de productie van deze carotenoiden. Uit het experiment volgt dat het mogelijk moet zijn dit proces te monitoren met de technologie volgens onderhavige vinding.

Voorbeeld 3

Als voorbeeld 1 maar nu met een oplossing van methyleenblauw. Nu blijkt dat de absorptie van de blauwe LED nauwelijks gerelateerd is aan de concentratie methyleenblauw, terwijl de rode en de groene LED een signaal opleveren waarvan de lichtabsorptie recht evenredig met de concentratie methyleenblauw toeneemt.

Voorbeeld 4.

Als voorbeeld 1 maar nu werd een oplossing van 0.19 gram humuszuur ex Aldrich, productcode 100910029 opgelost in 900 ml water waarbij enkele druppels ammoniumhydroxide werden toegevoegd om het oplossen te bespoedigen. Er werden 5

oplossingen getest: drinkwater met resp. nul g/l humuszuur, 1.5 mg/l, 2.9 mg/l, 5.9 mg/l, 35 mg/l en 211 mg/l. De absorptie van rood, groen en blauw licht werd middels de technologie van onderhavige vinding gemeten voor alle monsters en de logaritme van de lichtabsorptie werd voor elk van de kleuren uitgezet tegen de logaritme van de humuszuurconcentratie.

- 5 Het resultaat was een lineair verband waarbij bleek dat het mogelijk is concentraties humuszuren in water te meten tot circa 1 mg/l.

10

15

20

25

30

35

1040884