



(12) Translation of  
European patent specification

(11) NO/EP 3482046 B1

NORWAY

(19) NO  
(51) Int Cl.  
*E21B 49/08 (2006.01)*  
*E21B 47/10 (2012.01)*  
*G01N 33/28 (2006.01)*

**Norwegian Industrial Property Office**

---

(45) Translation Published 2023.01.30

(80) Date of The European Patent Office Publication of the Granted Patent 2022.11.23

(86) European Application Nr. 16918003.1

(86) European Filing Date 2016.09.30

(87) The European Application's Publication Date 2019.05.15

(84) Designated Contracting States: AL ; AT ; BE ; BG ; CH ; CY ; CZ ; DE ; DK ; EE ; ES ; FI ; FR ; GB ; GR ; HR ; HU ; IE ; IS ; IT ; LI ; LT ; LU ; LV ; MC ; MK ; MT ; NL ; NO ; PL ; PT ; RO ; RS ; SE ; SI ; SK ; SM ; TR

(73) Proprietor Halliburton Energy Services, Inc., 3000 N. Sam Houston Parkway E., Houston, TX 77032-3219, USA

(72) Inventor PELLETIER, Michael T., 7826 Heather Heights Way, Houston, Texas 77095, USA  
GAO, Li, 5618 Grandwood Lane, Katy, Texas 77450, USA

(74) Agent or Attorney WITHERS & ROGERS LLP, 2 London Bridge, SE19RA LONDON, Storbritannia

---

(54) Title **FREQUENCY SENSORS FOR USE IN SUBTERRANEAN FORMATION OPERATIONS**

(56) References Cited: EP-B1- 1 254 352  
WO-A1-2007/143474  
WO-A1-2016/014053  
US-A- 5 796 012  
US-A1- 2008 065 050  
US-A1- 2010 263 862  
US-A1- 2011 303 012  
US-A1- 2016 108 729  
THOMAS P BURG ET AL: "Vacuum-Packaged Suspended Microchannel Resonant Mass Sensor for Biomolecular Detection", JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, US, vol. 15, no. 6, 1 December 2006 (2006-12-01), pages 1466-1476, XP011151334, ISSN: 1057-7157, DOI: 10.1109/JMEMS.2006.883568

Enclosed is a translation of the patent claims in Norwegian. Please note that as per the Norwegian Patents Acts, section 66i the patent will receive protection in Norway only as far as there is agreement between the translation and the language of the application/patent granted at the EPO. In matters concerning the validity of the patent, language of the application/patent granted at the EPO will be used as the basis for the decision. The patent documents published by the EPO are available through Espacenet (<http://worldwide.espacenet.com>) or via the search engine on our website here: <https://search.patentstyret.no/>

## FREKVENSSENSORER FOR ANVENDELSE I OPERASJONER I UNDERJORDISKE FORMASJONER

### Patentkrav

1. Frekvenssensor (100) for å detektere analytter i et formasjonsfluid, frekvenssensoren (100) omfattende:
  - et vibrerbart strømningsrør (102) som har et indre (104) for å motta et formasjonsfluid, hvori minst en del av en overflate av det indre (104) er funksjonalisert med en reaktant (112) følsom for en analytt av formasjonsfluidet;
  - en vibrasjonsdetektor (116) koplet til det vibrerbare strømningsrøret (102) for å detektere en frekvens av fluidet mottatt av det vibrerbare strømningsrøret (102) under vibrasjon derav; og
  - målekretsen (120) koplet til vibrasjonsdetektoren (116) for å bestemme en frekvensforskyvning over tid av den detekterte frekvensen, hvori frekvensforskyvningen tilsvarer tilstedeværelsen av analytten, analytten har reagert med reaktanten (112) hvori sensoren kan lokaliseres i et formasjonstestverktøy, og hvori sensoren kan lokaliseres i en oljefluidstrøm, en gassfluidstrøm eller en vandig fluidstrøm ved minst én av en overflatelokasjon og en lokasjon nede i brønnhullet i et borehull (404).
2. Sensoren ifølge krav 1, hvori det vibrerbare strømningsrøret (102) kan vibreres av en vibrasjonskilde koplet til det vibrerbare strømningsrøret.
3. Sensoren ifølge krav 1, hvori overflaten av det indre (104) er funksjonalisert med et mangfold av reaktanter (112a, 112b) følsomme for et mangfold av analytter, og et mangfold av frekvensforskyvninger bestemmes der hver frekvensforskyvning tilsvarer en enkelt analytt.
4. Sensoren ifølge krav 1, hvori reaktanten (112) er valgt fra gruppen som består av gull, sølv, kobber, jern, nikkel, en gullegering, en søvlegering, en kopperlegering, en jernlegering, en nikkellegering, et edelmetall, et rent metall, en edelmetallegering, en ren metallegering, et fast chelateringsmiddel, svovel-limonenpolysulfid, en piezoelektrisk krystall, et salt, et skjørt materiale, et antistoff og en hvilken som helst kombinasjon derav.
5. Sensoren ifølge krav 1, hvori funksjonaliseringen av overflaten av det indre (104) med reaktanten (112) er valgt fra gruppen som består av å feste reaktanten (112) til overflaten av det indre (104), mekanisk feste reaktanten (112) til overflaten av det indre (104), kjemisk avsette til overflaten av det indre (104), sveise reaktanten (112) til overflaten av det indre (104), lodde reaktanten (112) til overflaten av det indre (104), og en hvilken som helst kombinasjon derav.
6. Sensoren ifølge krav 1, hvori analytten er valgt fra gruppen som består av kvikksølv, hydrogensulfid, et salt, karbondioksid, faste partikler, biologiske molekyler, mikroorganismer, og en hvilken som helst kombinasjon derav.
7. Sensoren ifølge krav 1, hvori vibrasjonsdetektoren (116) er valgt fra gruppen som består av en metalltråd, en fiberoptikk, en strekkmåler og en hvilken som helst kombinasjon derav.
8. Sensoren ifølge krav 1, hvori frekvensforskyvningen også tilsvarer en karakteristikk av analytten, karakteristikken valgt fra gruppen som består av en masse av analytten, en

konsentrasjon av analytten, og en hvilken som helst kombinasjon derav.

**9.** Fremgangsmåte for å detektere analytter i et formasjonsfluid, fremgangsmåten omfattende:  
å motta et formasjonsfluid inn i et indre (104) av et første vibrerbart strømningsrør (102) til en første frekvenssensor (100), hvori minst en del av en overflate av det indre (104) av det første vibrerbare strømningsrøret (102) er funksjonalisert med en første reaktant (112) følsom for en første analytt av formasjonsfluidet;  
å vibrere det første vibrerbare strømningsrøret (102);  
å detektere en første frekvens av fluidet mottatt i det indre (104) av det første vibrerbare strømningsrøret (102) under vibrasjon derav med en første vibrasjonsdetektor (116) koplet til det første vibrerbare strømningsrøret (102); og  
å bestemme en frekvensforskyvning over tid av den detekterte frekvensen med målekretsen koplet til den første vibrasjonsdetektoren (116), hvori frekvensforskyvningen tilsvarende tilstedeværelsen av den første analytten, den første analytten har reagert med den første reaktanten (112);  
hvori den første frekvenssensoren (100) er lokalisert i et formasjonstestverktøy, og hvori sensoren er lokalisert i en oljefluidstrøm, en gassfluidstrøm eller en vandig fluidstrøm ved minst én av en overflatelokasjon og en lokasjon nede i brønnhullet i et borehull (404).

**10.** Fremgangsmåten ifølge krav 9,  
hvori det første vibrerbare strømningsrøret (102) kan vibreres av en vibrasjonskilde (114) koplet til det første vibrerbare strømningsrøret (102), og  
hvori overflaten av det indre (104) av det første vibrerbare strømningsrøret (102) er funksjonalisert med et mangfold av reaktanter (112a, 112b) følsomme for et mangfold av analytter, og et mangfold av frekvensforskyvninger bestemmes der hver frekvensforskyvning tilsvarende en enkelt analytt.

**11.** Fremgangsmåten ifølge krav 9, hvori frekvensforskyvningen videre tilsvarende en karakteristikk av den første analytten, karakteristikken valgt fra gruppen som består av en masse av den første analytten, en konsentrasjon av den første analytten, og en hvilken som helst kombinasjon derav.

**12.** Fremgangsmåten ifølge krav 9, også omfattende:  
å motta fluidet inn i et indre av et andre vibrerbart strømningsrør av en andre frekvenssensor;  
å vibrere det andre vibrerbare strømningsrøret;  
å detektere en andre frekvens av fluidet mottatt i det indre av det andre vibrerbare strømningsrøret under vibrasjon derav med en andre vibrasjonsdetektor koplet til det andre vibrerbare strømningsrøret; og  
å bestemme en komparativ forskyvning over tid mellom den detekterte første frekvensen og den detekterte andre frekvensen med målekretsen koplet til den første vibrasjonsdetektoren og den andre vibrasjonsdetektoren,  
hvori den komparative frekvensforskyvningen tilsvarende tilstedeværelsen av den første analytten, den første analytten har reagert med den første reaktanten.

**13.** Fremgangsmåten ifølge krav 12,  
hvori minst en del av en overflate av det indre av det andre vibrerbare strømningsrøret er funksjonalisert med en andre reaktant følsom for en andre analytt av

formasjonsfluidet, og også omfattende å detektere en første enkel forskyvning over tid av den detekterte andre frekvensen med målekretsen, hvori den første enkle forskyvningen tilsvarer tilstedeværelsen av den andre analytten, den andre analytten har reagert med den andre reaktanten.