



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **143003** (13) **U**
(51) МПК (2020.01)
G01K 7/00
G01J 5/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

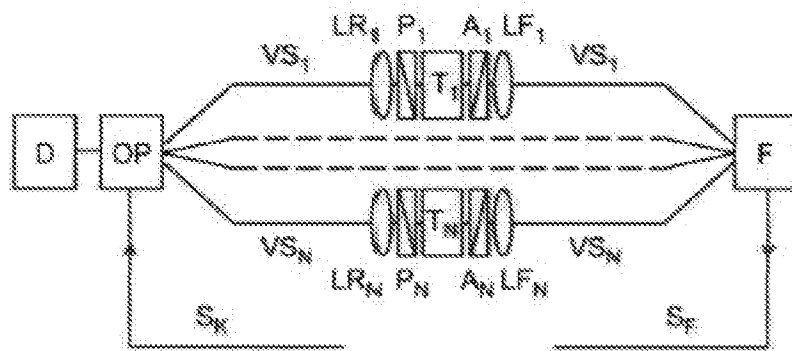
(21) Номер заявки: u 2019 11924	(72) Винахідник(и): Бурилов Сергій Володимирович (UA), Бурилова Наталія Валентинівна (UA), Скосар Вячеслав Юрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.12.2019	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2020	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Писаржевського, 5, м. Дніпро, 49005 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2020, Бюл.№ 13	

(54) ОПТИЧНИЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ НА РІДКИХ КРИСТАЛАХ

(57) Реферат:

Оптичний пороговий датчик температури на рідких кристалах включає джерело оптичного випромінювання, термочутливий елемент у вигляді рідкого кристала, який відчуває фазовий перехід в діапазоні чутливості датчика, лінзу, яка розсіює і встановлена попереду термочутливого елемента, лінзу, яка фокусує і встановлена після термочутливого елемента, фотодетектор, волоконний світловод, який зв'язує лінзу, яка розсіює, з об'єктивом, а лінзу, яка фокусує, з фотодетектором, згідно з корисною моделлю, датчик включає групу термочутливих елементів з різними температурами фазового переходу, в кожному термочутливому елементі рідкий кристал зафіксований в оптично активну структуру, яка обертає площину поляризації світла на 90°, причому попереду рідкого кристала встановлено поляризатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на вході рідкого кристала, а після рідкого кристала встановлено аналізатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на виході рідкого кристала, група термочутливих елементів паралельно підключена до джерела оптичного випромінювання через оптичний перемикач, а також паралельно підключена до фотодетектора, на вхід оптичного перемикача підключено керуючий сигнал від зовнішньої системи моніторингу, який перемикає оптичний перемикач, вихід фотодетектора також підключено до зовнішньої системи моніторингу.

UA 143003 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до оптичних засобів контролю температури в системах дистанційного моніторингу. Оптичні датчики температури вже використовуються в сучасних виробництвах і можуть знайти застосування на акумуляторних заводах.

Сучасне акумуляторне виробництво в умовах вимог змінного ринку змушене швидко змінювати виробниче навантаження на технологічне устаткування при змінах виробничого плану, а також проводити часті випробування нової продукції в лабораторіях. Все це потребує ретельного контролю за температурними режимами, як всередині і поблизу технологічного устаткування, так і в приміщеннях для персоналу. Оптичні порогові датчики температури на рідких кристалах можуть забезпечити режим дистанційного моніторингу температури з високої точністю, завдяки високій чутливості оптичних властивостей рідких кристалів на зміну фазового стану, а також завдяки використанню оптоволоконного зв'язку. Принцип роботи таких датчиків засновано на тому, що при досягненні порогової температури термочутливий елемент датчика (кристал або рідкий кристал) значно змінює свої оптичні властивості (наприклад пропускання світла). Ці зміни фіксує фотодетектор датчика, який подає сигнал оператору, або автоматичний системі моніторингу.

Відомий оптичний пороговий датчик температури, який включає джерело оптичного випромінювання, волоконні світловоди, термочутливий елемент, фотоприймач зі схемою реєстрування (фотодетектор), причому термочутливий елемент є кристалом, який відчуває фазовий перехід в діапазоні чутливості датчика [А.с. СССР № 1617310, Волоконно-оптический пороговый датчик температуры, МПК⁵ G01J 5/02, G01K 9/00. Ленинградский электротехнический институт связи. Галкин С.Л., Пучков В.А., Самоухова И.М, Тухватулин Р.Ш., Урванцева Н.Л., Шпигин Р.В. - Заявл. 13.07.88; опубл. 30.12.90, бюл. № 48].

Перевагою аналога є можливість забезпечити режим дистанційного моніторингу температури з високої точністю, завдяки високій чутливості оптичних властивостей кристала на зміну фазового стану, а також завдяки використанню оптоволоконного зв'язку. Недоліком аналога є обмежені можливості датчика, а саме датчик може зафіксувати лише досягнення однієї порогової температури, що дорівнює температурі фазового переходу в кристалі. Але для ретельного контролю за температурними режимами потрібно фіксувати цілий ряд порогових температур, що дозволить отримати більшу точну інформацію про зміни температурного поля поблизу технологічного устаткування і в приміщеннях для персоналу.

Як найближчий аналог вибрано оптичний пороговий датчик температури на рідких кристалах, який включає джерело оптичного випромінювання, об'єктив, термочутливий елемент, лінзу, яка розсіює і встановлена попереду термочутливого елемента, лінзу, яка фокусує і встановлена після термочутливого елемента, фотодетектор, волоконний світловод (оптоволоконний кабель), який зв'язує лінзу, яка розсіює, з об'єктивом, а лінзу, яка фокусує, з фотодетектором, причому термочутливий елемент є рідким кристалом, який відчуває фазовий перехід в діапазоні чутливості датчика [Лат. 2253902 РФ, МПК⁷ G08B 17/12. Датчик пожарной сигнализации. Толстунев С.А., Мозер С.П.; патентообладатель Петербургский государственный горный институт (технический университет). - № 2003137660/09; заявл. 25.12.03; опубл. 10.06.05, бюл. № 16]. Найближчий аналог має переваги такі ж, як і аналог, а крім того датчик-аналог використовує термочутливі рідкі кристали, які при деяких змінах складу можуть змінювати температуру фазового переходу, тобто змінювати порогову температуру реакції датчика. Об'єктив дозволяє покращити вхід оптичного випромінювання у волоконний світловод, а лінзи зменшують нагрів рідких кристалів від випромінювання за рахунок перерозподілу світла на більшу площину, що зменшує помилку вимірювання температури середовища.

Але найближчий аналог має той недолік, що один датчик може зафіксувати лише досягнення однієї порогової температури. А для ретельного контролю за температурними режимами потрібно використовувати декілька подібних датчиків-аналогів, які мають різні порогові температури реакції (завдяки, наприклад, спеціальним змінам складу рідких кристалів, як сказано в найближчому аналогу).

Нами вирішувалася задача вдосконалення оптичного порогового датчика температури на рідких кристалах з метою розширення його можливостей, а саме - можливостей фіксувати цілий ряд порогових температур.

Поставлена задача вирішується тим, що в оптичному пороговому датчику температури на рідких кристалах, який включає джерело оптичного випромінювання, термочутливий елемент у вигляді рідкого кристала, який відчуває фазовий перехід в діапазоні чутливості датчика, лінзу, яка розсіює і встановлена попереду термочутливого елемента, лінзу, яка фокусує і встановлена після термочутливого елемента, фотодетектор, волоконний світловод, який зв'язує лінзу, яка розсіює, з об'єктивом, а лінзу, яка фокусує, з фотодетектором, згідно з корисною моделлю, датчик включає групу термочутливих елементів з різними температурами фазового переходу, в

кожному термочутливому елементі рідкий кристал зафіксований в оптично активну структуру, яка обертає площину поляризації світла на 90° , причому попереду рідкого кристала встановлено поляризатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на вході рідкого кристала, а після рідкого кристала встановлено аналізатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на виході рідкого кристала, група термочутливих елементів паралельно підключена до джерела оптичного випромінювання через оптичний перемикач, а також паралельно підключена до фотодетектора, на вхід оптичного перемикача підключено керуючий сигнал від зовнішньої системи моніторингу, який перемикає оптичний перемикач, вихід фотодетектора також підключено до зовнішньої системи моніторингу.

Розкриємо суть. Технічне рішення пропонує оптичний датчик, який фіксує ряд порогових температур, які відповідають температурам фазового переходу кожного термочутливого елемента датчика. Завдяки тому, що група термочутливих елементів паралельно підключена до джерела оптичного випромінювання за допомогою оптичного перемикача, а також паралельно підключена до фотодетектора, оптичний перемикач може замикає оптичний ланцюг між джерелом оптичного випромінювання і одним з термочутливих елементів, і з фотодетектором. В такому стані датчик може фіксувати тільки досягнення однієї порогової температури, яка дорівнює температурі фазового переходу відповідного термочутливого елемента. Оптичний перемикач здатен підключати по черзі до джерела оптичного випромінювання кожен з термочутливих елементів, згідно з керуючим сигналом, від зовнішньої системи моніторингу, яка підключена на вхід оптичного перемикача. Це дозволяє датчику по черзі фіксувати досягнення кожної порогової температури, яка дорівнює температурі фазового переходу відповідного термочутливого елемента. Завдяки тому, що вихід фотодетектора підключено до зовнішньої системи моніторингу, зовнішня система моніторингу має можливість отримати інформацію про досягнення кожної порогової температури. Як зовнішня система моніторингу можливе використання комп'ютера або інших інтелектуальних пристроїв. (В нашому технічному рішенні зовнішня система моніторингу не є предметом корисної моделі.) Завдяки тому, що попереду кожного термочутливого елемента також встановлена лінза, яка розсіює, і після кожного термочутливого елемента встановлена лінза, яка фокусує, датчик характеризується малою помилкою вимірювання температури середовища, як і в найближчому аналогу.

А зараз розглянемо конструкцію термочутливого елемента. В кожному термочутливому елементі рідкий кристал зафіксований в оптично активну структуру, яка обертає площину поляризації світла на 90° , причому попереду рідкого кристала встановлено поляризатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на вході рідкого кристала, а після рідкого кристала встановлено аналізатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на виході рідкого кристала. Тому, якщо неполяризоване світло від джерела оптичного випромінювання перетворюється на поляризоване світло завдяки поляризатору, то це світло має площину поляризації паралельну до оптичної осі на вході рідкого кристала і тому легко проходить рідкий кристал. А потім поляризоване світло завдяки рідкому кристалу обертає площину поляризації на 90° і має площину поляризації, паралельну до оптичної осі на виході рідкого кристала. Тому таке світло зможе легко пройти аналізатор, площина поляризації якого паралельна до оптичної осі на виході рідкого кристала. Тоді фотодетектор зафіксує наявність сигналу. А це означає, що температура рідкого кристала в такому стані нижче температури його фазового переходу. Але, у випадку, коли температура рідкого кристала досягла температури його фазового переходу (або стала ще вище), рідкий кристал перетворюється на оптично ізотропну рідину, і вже не обертає площину поляризації світла. Тоді світло не зможе пройти аналізатор. Тоді фотодетектор зафіксує відсутність сигналу. В аналогу термочутливим елементом є рідкий кристал типу холестериків з додаванням смектиків, які змінюють кольори в залежності від температури, а потім зовсім втрачають колір. В нашому технічному рішенні відбувається більш проста і точніша реакція на підвищення температури - різке зменшення прозорості, практично до нуля. Крім цього, в нашому технічному рішенні можливо використання широкого класу рідких кристалів з різними температурами фазового переходу.

Технічне рішення може знайти використання для контролю за температурними режимами в приміщеннях і в технологічних установках, в тому числі в умовах великої концентрації пилу у повітрі (на шахтах і рудниках). Наприклад, запропонований датчик може знайти використання на акумуляторному виробництві: для отримання точної інформації про зміни температурного поля як всередині і поблизу технологічного устаткування, так і в приміщеннях для персоналу.

Суть корисної моделі пояснюють креслення, де на фіг. 1 наведено схематичний вигляд датчика. На фіг. 2 наведено схематичний вигляд термочутливого елемента.

Джерело оптичного випромінювання D підключено до вхідного оптичного полюса оптичного перемикача OP, вихідні оптичні полюси котрого підключені до групи волоконних світловодів

VS₁...VS_N. На вхід оптичного перемикача ОП підключено керуючий сигнал S_к від зовнішньої системи моніторингу (на фіг. не вказано). Оптичний перемикач є оптичний комутаційний прилад з одним вхідним оптичним полюсом і декількома вихідними оптичними полюсами, котрий забезпечує замикання оптичного ланцюга з одним з вихідних оптичних полюсів, причому управління процесом перемикачання здійснюється за допомогою електричного потенціалу [Оптический переключатель. Режим доступу:

[https://technical_translator_dictionary.academic.ru/149659/%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%oB9](https://technical_translator_dictionary.academic.ru/149659/%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%oB9;);

Переключатели. Режим доступу: <http://rfitel.ru/magazin/folder/optical-switches.>]. За допомогою групи волоконних світловодів VS₁...VS_N вихідні оптичні полюси оптичного перемикача ОП підключено до групи термочутливих елементів T₁...T_N через лінзи LR₁...LR_N, які розсіюють, і через поляризатори P₁...P_N. Таким чином, група термочутливих елементів T₁...T_N паралельно підключена до джерела оптичного випромінювання D через оптичний перемикач ОП. За допомогою волоконних світловодів VS₁...VS_N група термочутливих елементів через аналізатори A₁...A_N і через лінзи LF₁...LF_N, які фокусують, паралельно підключена до фотодетектора F. Вихід фотодетектора F підключено (сигнал S_F) до зовнішньої системи моніторингу. В кожному термочутливому елементі рідкий кристал RK зафіксований в оптично активну структуру, яка обертає площину поляризації світла на 90°. Для забезпечення цього рідкий кристал RK розміщений проміж двох паралельних прозорих пластин з орієнтуючими шарами PV і PG, причому напрямом орієнтуючих шарів на другій пластині PG схрещені на 90° щодо напрямку на першій пластині PV. Це призводить до обертання на 90° оптичної осі рідкого кристала: від поверхні кристала, яка контактує з першою прозорою пластиною PV, до поверхні кристала, яка контактує з другою прозорою пластиною PG. А це, у свою чергу, призводить до обертання на 90° площини поляризації світла [Амосова Л.П., Коншина Е.А., Костомаров Д.С., Федоров М.А. Электроуправляемое двулучепреломление в нематических жидких кристаллах. Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 63 с. Режим доступу: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/272/69272/439891>. В принципі, як буде сказано нижче, можливо спрощення конструкції датчика за рахунок виключення з його елементів лінз, які розсіюють, а також виключення лінз, які фокусують.

Розглянемо, як працює оптичний датчик температури. Неполаризоване світло від джерела оптичного випромінювання D проходить крізь оптичний перемикач ОП. Зовнішня система моніторингу (на фіг. не вказано) керує перемикачем оптичного перемикача ОП за допомогою керуючого сигналу S_к, шляхом подавання послідовних команд, які змушують оптичний перемикач ОП послідовно замикати оптичний ланцюг з черговим термочутливим елементом T_i. І паралельно в зовнішню систему моніторингу надходить сигнал S_F з фотодетектора F, що дозволяє ідентифікувати черговий термочутливий елемент T_i, крізь який повинно пройти оптичне випромінювання від джерела D. Після оптичного перемикача ОП неполаризоване світло проходить по волоконному світловоду VS_i, після чого проходить крізь лінзу LR_i, яка розсіює, і крізь поляризатор P_i. Далі поляризоване світло проходить першу прозору пластину з орієнтуючим шаром PV. Наприклад, вертикально поляризоване світло проходить прозору пластину з вертикально орієнтуючим шаром PV. Після цього поляризоване світло проходить рідкий кристал RK, що призводить до обертання на 90° площину поляризації світла, якщо температура середовища i, відповідно, рідкого кристала не перевищує температури його фазового переходу. Після цього поляризоване світло проходить крізь аналізатор A_i і крізь лінзу LF_i, яка фокусує. Але, якщо температура середовища i, відповідно, рідкого кристала RK досягає або перевищує температуру його фазового переходу, то рідкий кристал перетворюється в ізотропну рідину, яка вже не обертає площину поляризації світла. Тоді поляризоване світло вже не може пройти крізь A_i, оскільки він схрещений на 90° з напрямком поляризації світла. Таким чином, якщо температура середовища досягає або перевищує температуру t_i фазового переходу термочутливого елемента T_i, то фотодетектор зафіксує відсутність сигналу, і це інформує зовнішню систему моніторингу про досягнення t_i. Якщо належним чином знизити потужність джерела оптичного випромінювання D і відповідно підвищити чутливість фотодетектора F, то можливо не використовувати лінзи LR₁...LR_N, LF₁...LF_N, що спрощує конструкцію датчика.

В даному датчику як термочутливі рідкі кристали можливо застосування композитів на основі 4-суано-4-гексилбіфеніл (6CB) рідких кристалів і сферичних залізних наночастинок [Katarína Zakutanská, Veronika Lacková, Natália Tomašovičová, Sergii Burylov, Natalia Burylova, Vjacheslav Skosar, Alena Juríková, Marek Vojtko, Jan Jadżyn, Peter Kopčanský / Nanoparticle's size, surfactant and concentration effects on stability and isotropic-nematic transition in ferronematic liquid

crystal // Journal of Molecular Liquids 289 (2019) 111125 Available online 12 June 2019. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111125>].

Такі рідкі кристали (композити) змінюють температуру фазового переходу від 22 до 29 °С, в залежності від концентрації і характеристик сферичних залізних наночастинок. Вони можуть, наприклад, забезпечити ряд термочутливих елементів з пороговими температурами: 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29 °С.

Проведений нами аналіз технічних властивостей оптичного порогового датчика температури на рідких кристалах вказує, що цей пристрій може з успіхом фіксувати досягнення декількох порогових температур і знайти промислове використання, наприклад, на акумуляторному виробництві.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Оптичний пороговий датчик температури на рідких кристалах, який включає джерело оптичного випромінювання, термочутливий елемент у вигляді рідкого кристала, який відчуває фазовий перехід в діапазоні чутливості датчика, лінзу, яка розсіює і встановлена попереду термочутливого елемента, лінзу, яка фокусує і встановлена після термочутливого елемента, фотодетектор, волоконний світловод, який зв'язує лінзу, яка розсіює, з об'єктивом, а лінзу, яка фокусує, з фотодетектором, який **відрізняється** тим, що датчик включає групу термочутливих елементів з різними температурами фазового переходу, в кожному термочутливому елементі рідкий кристал зафіксований в оптично активну структуру, яка обертає площину поляризації світла на 90°, причому попереду рідкого кристала встановлено поляризатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на вході рідкого кристала, а після рідкого кристала встановлено аналізатор з площиною поляризації, паралельною до оптичної осі на виході рідкого кристала, група термочутливих елементів паралельно підключена до джерела оптичного випромінювання через оптичний перемикач, а також паралельно підключена до фотодетектора, на вхід оптичного перемикача підключено керуючий сигнал від зовнішньої системи моніторингу, який перемикає оптичний перемикач, вихід фотодетектора також підключено до зовнішньої системи моніторингу.

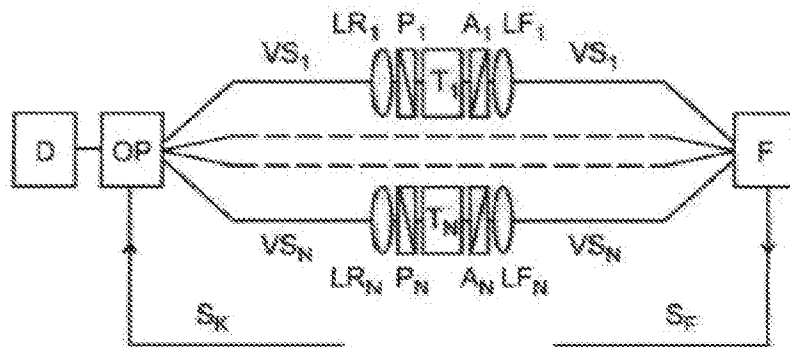


Fig. 1

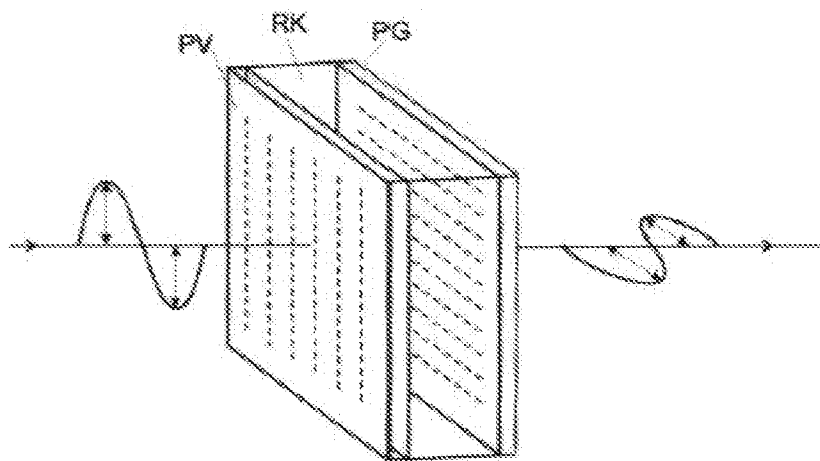


Fig. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601