

УДК 623.004.67

О.А. Лук'яненко, А.М. Науменко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ДАТЧИКІВ У ЯКОСТІ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ

В даній статті авторами аналізуються принципи побудови датчиків, які використовуються у якості лінії передачі інформаційних сигналів та визначаються шляхів подальшого їх застосування та удосконалення.

Ключові слова: волокно, схема вимірювання, датчик, частота.

Вступ

Постановка задачі. Один з основних елементів автоматизованих систем управління є канали передачі інформації. Існуючі пристрої для передачі інформації, що застосовуються в сучасних АСУ, вже не відповідають потрібній точності та стабільності вимірювань, а прецизійні елементи коштують дорого.

Тому використання волоконно-оптичних датчиків у якості лінії передачі даних є дуже актуальним.

Аналіз літератури. У відомій літературі [1 – 6] розглядаються методи застосування волоконно-оптичних матеріалів у якості датчиків первинної інформації, але в цій літературі не визначаються питання, що пов'язані з дослідженням використання волоконно-оптичних датчиків у якості лінії передачі.

Мета статті полягає у аналізі принципів побудови таких датчиків та у визначенні шляхів подальшого їх застосування та удосконалення.

Виклад основного матеріалу

Волоконно-оптичні датчики, у яких оптичне волокно служить лінією для розподілення світла, можна розділити на датчики з оптичним перетворювачем і датчики з оптичним зондом. Датчики з оптичним перетворювачем (рис. 1, а) являють собою систему, що містить який-небудь оптичний матеріал або чутливий до механічної дії оптичний елемент, перетворюючи зміну параметрів зовнішнього середовища в зміну параметрів світлового променя.

У перетворювачах, що розміщуються між торцями передаючого і приймального оптичного волокна, застосовуються головним чином багатомодові волокна і пучки волокон.

Як джерело світла тут найчастіше використовуються світлодіоди з малими шумами, а в якості детектора світла використовуються рпн-

фотодіоди, що володіють термостабільними характеристиками.

Датчики цієї системи звичайно прості по конструкції і, як правило, високонадійні.

Схема датчика із зондом з оптичного волокна приведений на рис. 1.

Тут світлова інформація, що випромінюється, відображає або розсіяна об'єктом вимірювання, виділяється з потужністю сенсорної головки, що складається з відповідного об'єктиву і оптичного волокна, і поступає в світловий детектор.

Використовуються різноманітні оптичні волокна (одномодові, багатомодові), а також волоконні пучки.

В якості джерела світла залежно від типу датчика застосовується лазер або світлодіод.

Волоконно-оптичні датчики цього типу відрізняються високою чутливістю і звичне застосовуються в області безконтактних вимірювань.

Розглянемо ефекти, що пов'язані з модуляцією.

Ефекти, пов'язані з модуляцією інтенсивності:

1. **Поглинання світла.** Залежить від властивостей і розмірів вимірюваного об'єкту, і для датчика можна використовувати їх зміну, наприклад:

температурна залежність граничної довжини світлової хвилі спектру поглинання у напівпровідників (датчик температури);

ефект Франца-Келдиша (датчик електричного поля);

ефект п'єзопоглинання (датчик тиску), зміна спектру молекулярного поглинання (газовий датчик);

2. **Віддзеркалення.** В датчиках використовується зміна інтенсивності світла, відображеного від:

діафрагми (датчик тиску),

рідкого кристала (датчик тиску, температури),

рідини (датчик рівня рідини, датчик рідини).

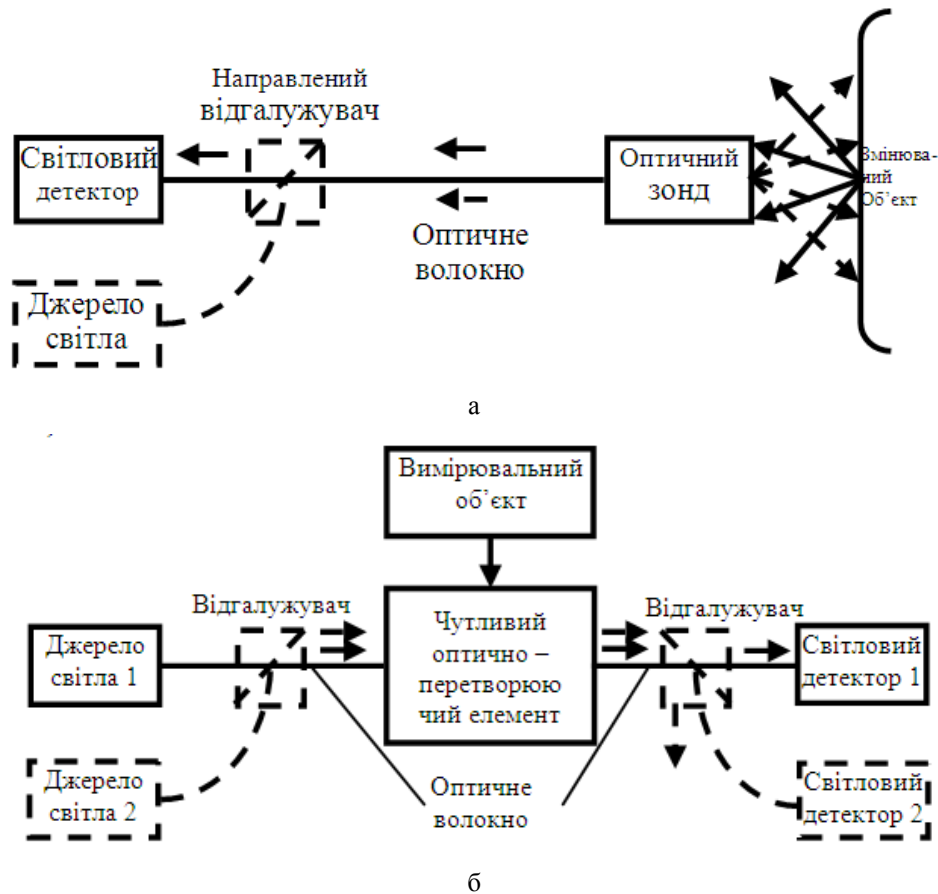


Рис. 1. Схеми з оптичним перетворювачем – а та оптичним зондом – б

3. *Люмінесценція.* Тут використовуються явища, при котрих відбувається світловипромінювання в результаті прийому різних корпускулярного проміння, хімічного або фізичного впливу. Це, наприклад, такі явища, як термолюмінесценція (датчик температури випромінювання чорного тіла), електролюмінесценція (датчик електричної напруги), радіоактивна люмінесценція (радіаційний датчик).

4. *Інші ефекти.* Окрім перерахованих явищ використовуються дифракція світла (датчики чистоти обробки поверхні), випуск речовиною звичайного променя (температурний датчик).

Ефекти, що пов'язані з модуляцією поляризованого променя:

1. *Ефект Фарадея* (датчики електричного струму, магнітного поля). Якщо при передачі лінійно поляризованої світловій хвилі у ферромагнетик діє магнітне поле, вектор напруги якого співпадає з напрямом розподілення світла або протилежний йому, то площина поляризації світлового променя буде повертатися. Це явище, зване ефектом Фарадея, - слідство анізотропії заломлюючих властивостей середовища для світлових хвиль з правою і лівою круговою поляризацією, яка виникає під впливом магнітного поля. При

цьому знак кута повороту площини поляризації не залежить від напрямку розповсюдження світла (по вектору напруги магнітного поля або проти нього).

2. *Ефект Поккельса* (датчики електричної напруги, напруженості електричного поля). Якщо подавати на кристал, наприклад, п'єзоелектрика, електрична напруга, то коефіцієнт заломлення в ньому змінюється пропорційно напруженості електричного поля. Це явище називається ефектом Поккельса або електрооптичним ефектом першого порядку.

3. *Ефект фотопружності* (датчики тиску, коливань, звукового тиску). При деформації пружного тіла змінюється коефіцієнт заломлення цього тіла і виявляються властивості подвійного променезаломлення. Це ефект фотопружності. Ефект Поккельса спостерігається тільки в п'єзоелектричних кристалах, а ефект фотопружності – у всіх речовинах.

4. *Інші ефекти.* Разом з ефектом Фарадея, зумовленим магнітним полем, відомий аналогічний ефект по відношенню до електричного поля. Це явище називається електрогіроскопічним ефектом (в основі датчика електричного поля). Суть його в тому, що площина поляризації обертається

під впливом електричного поля. Цей ефект спостерігається в кварці, в монокристалі Bi-GeSbO. Крім того, відомий ефект Керра, при якому коефіцієнт заломлення речовини зраджується пропорційно другому ступеню напруженості електричного поля (датчик електричного поля), ефект Коттона-Мутона, коли коефіцієнт заломлення міняється пропорційно другому ступеню напруженості магнітного поля.

Ефекти, котрі пов'язані з модуляцією частоти:

1. *Ефект Доплера* (датчики швидкості, вібрації, потоку). Якщо освітити об'єкт, що рухається, променем лазера, то частота світла, що розсіюється об'єктом, матиме зсув щодо частоти падаючого на нього світла. Це явище відоме як ефект Доплера.

2. *Рамановське розсіяння* (газовий датчик). Якщо освітити речовина інтенсивним світлом, то можна спостерігати появу додаткових світлових хвиль з частотою вище і нижче за частоту початкового світла. Це явище пов'язано з коливаннями молекул речовини і може бути використано для вимірювання концентрації газів, забрудненості атмосфери.

3. *Фотолюмінесценція* (температурний датчик). Якщо освітлювати напівпровідник світлом з довжиною хвилі коротшою, чим на краю основного спектру поглинання світла, то світло поглинається і порушує електрони валентної зони. Електрони рекомбінують з дірками зони, і випромінюється світло з довжиною хвилі, залежної від ширини забороненої зони. Це явище називається фотолюмінесценцією. Ширина забороненої зони, у свою чергу, залежить від температури, тому по довжині хвилі випромінюючого світла можна вимірювати температуру.

Ефекти, пов'язані з модуляцією фази.

Якщо хвильові фронти двокогерентного світлового променя накладаються один на одного, то при підсумовуванні інтенсивності проміння можуть отримуватися різні (залежно від розподілу фаз і інтенсивності обох світлових хвиль) інтерференційні картини.

Отже, вивчаючи інтерференційну картину, можна вимірювати потрібну величину. Для цієї мети використовуються різні інтерферометри, у тому числі і на оптичних волокнах.

Висновки

В даній статті проведено огляд основних питань, які стосуються волоконно-оптичних датчиків, а саме:

1. Актуальність використання волоконно-оптичних датчиків та їх основні характеристики.

2. У волоконно-оптичних датчиках оптичне волокно може бути застосоване просто як лінія передачі, а може відігравати роль самого чутливого елемента датчика.

3. В останньому випадку використовуються чутливість волокна до магнітного поля (ефект Фарадея), до вібрації, температури, тиску, деформаціям (наприклад, до вигину).

Багато з цих ефектів в оптичних системах зв'язку оцінюються як недоліки, у датчиках же їхня поява вважається скоріше перевагою, яку варто розвивати.

Список літератури

1. Поліщук Э.С. *Вимірювальні перетворювачі* / Э.С. Поліщук. – К.: Вища школа, 2003 р. – 180 с.
2. *Волоконно-оптичні датчики: пер. з яп.* / Т. Окоші та ін. – Л.: Энергоатоміздат, 1990. – 256 с.
3. Бусурін Б.І. *Волоконно-оптичні датчики* / Б.І. Бусурін, Ю.Р. Носов. – Энергоатоміздат, 1990.
4. Міровіцкій Д.І. *Мультиплексовані системи волоконно-оптичних датчиків* / Д.І. Міровіцкій // *Вимірювальна техніка*. – 1992. – № 1. – С. 40-42.
5. *Основи метрології й електричні вимірювання* – Г.: Энергоатом издат, 1987 – 370 с.
6. *Вимір електричних і неелектричних величин* / М.М. Євтіхіїв та ін. – Г.: Энергоатом издат, 1988 – 210 с.

Надійшла до редколегії 16.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В КАЧЕСТВЕ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

О.А. Лукьяненко, А.Н. Науменко

Анализируются принципы построения датчиков, которые используются в качестве линий передачи информационных сигналов и определяются пути их дальнейшего использования и усовершенствования.

Ключевые слова: волокно, схема измерения, датчик, частота.

THE FIBRE OPTICAL SENSORS' ARE ANALYSED AS THE LINES OF TRANSMITTING

O.A. Luk'yanenko, A.M. Naumenko

Principles of construction of sensors which are utilized as lines of transmission of informative signals and the ways of their further use and improvement are determined are analysed.

Keywords: fibre, measuring chart, sensor, frequency.