

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПОДГОТОВКИ ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСИВЕРОВ*

А.А. КАШТАНОВ¹, М.Е. ПАЖЕТНОВ², Е.С. КОПТЕВ³

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, магистрант кафедры защиты информации. E-mail: kashtanov.alex@inbox.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант кафедры автоматики. E-mail: miha4250@gmail.com

³ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации. E-mail: koptev@corp.nstu.ru

В процессе создания современного производства необходимо сводить брак, связанный с человеческим фактором, к нулю посредством уменьшения количества операций, проводимых людьми, и нивелируя ошибки, которые может допустить человек. Так, одним из решений данной задачи является создание роботизированных систем, в которых все операции совершаются без каких-либо вмешательств оператора. Для контроля выполнения операций робототехнической системой в некоторых случаях возможно использование различных датчиков и сенсоров, но иногда это получается слишком дорого и сложно, потому в работе авторов продемонстрирована реализация контроля над автоматикой, реализованной при помощи систем компьютерного зрения. Также в работе проведена аналогия между компьютерным зрением и физическими датчиками на примере решения той задачи, которая стояла перед авторами.

Ключевые слова: автоматизация производства, компьютерное зрение, моделирование, управление производством

ВВЕДЕНИЕ

При использовании любой современной оптоволоконной технологии или организации любого оптического соединения для передачи данных необходимы специализированные оптические трансиверы. Главной их задачей является преобразование электрического сигнала в оптический. В каждом из таких

* Статья получена 04 декабря 2020 г.

трансиверов ключевыми компонентами являются оптический лазер (передатчик данных) и фотоприемник (приемник данных). Методика включения в оптическую сеть выглядит следующим образом: оптоволоконный коммутационный шнур устанавливается в оптический трансивер, сам трансивер устанавливается в свободный оптический порт коммутатора, далее к коммутатору присоединяются потребители (компьютеры, планшеты и телефоны). Сегодня на рынке представлено разнообразие оптических трансиверов, отличающихся по характеристикам [1, 2]. Немаловажно дать описание и характеристику той продукции, производство которой требуется автоматизировать.

Главным отличием всех модулей друг от друга является форм-фактор. Это обусловлено тем, что более сложные схемотехнические решения на определенном этапе развития технологий невозможно разместить на плате малого размера. Температура работы, большой размер компонентов, нехватка элементной базы и дороговизна существенно влияют на размеры и задают стандарты в разработке трансиверов. Но с течением времени технологии развиваются, и это развитие позволяет делать трансиверы более компактными и производительными. Сейчас самым популярным форм-фактором является SFP+, он представляет собой компактный приемопередатчик с возможностью горячей замены (не выключая устройство) оптического модуля, используемый как для телекоммуникаций, так и для передачи больших объемов данных. Форм-фактор и набор электрических интерфейсов определяются международным соглашением с несколькими источниками (MSA) под эгидой Комитета по малому форм-фактору.

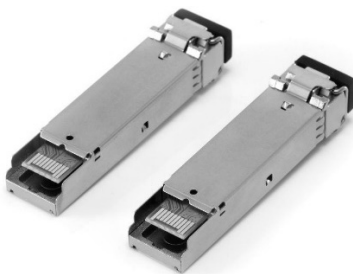


Рис. 1. Трансиверы форм-фактора SFP и SFP+

На плате модуля кроме самого излучателя и фотодетектора находятся электронные схемы, обеспечивающие токи накачки излучателя, преобразования в линейный код данных, смещение на фотодетекторе, термостабилизацию и многое другое, что кратко представлено на рис. 2.

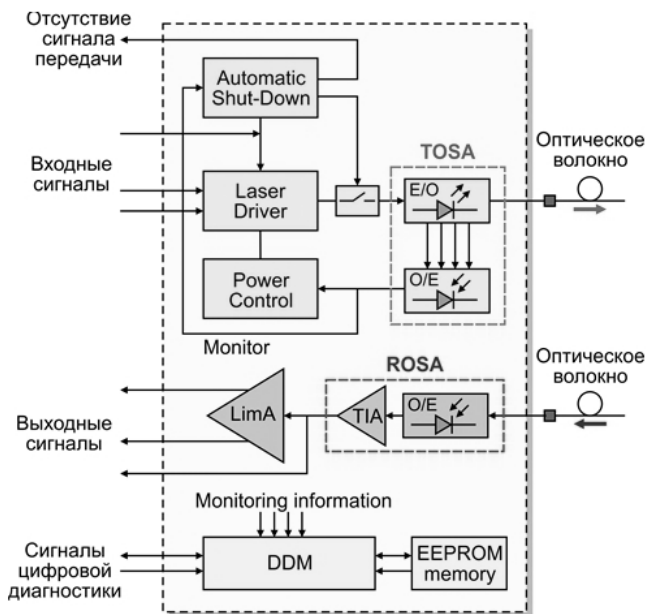


Рис. 2. Структурная схема сменного оптического трансивера:

TIA – трансимпедансный усилитель; LimA – ограничивающий усилитель; DDM – цифровой модуль диагностики; EEPROM – постоянное запоминающее устройство с параметрами модуля; O/E – оптоэлектронный преобразователь; E/O – электронно-оптический преобразователь

В настоящей работе будут рассмотрено разработка автоматики для производства оптических трансиверов типа SFP.

При формировании скорости передачи данных важно учитывать тип волокна, от которого зависит определенный тип лазерных диодов. Для передачи на различные расстояния от десяти до нескольких сотен километров на скорости от 1 до 10 Гбит/с используют одномодовые технологии на разных длинах волн, от 1310 до 1550 нм. Также такие OSA используются при производстве CWDM. EML-системы используются там, где применим узкий спектр. Это очень важно на больших скоростях передачи данных (от десяти до ста Гбит/с) на большие расстояния. Такие системы очень дорогие по причине возникновения необходимости устранения искажений из-за существенной хроматической дисперсии. Корпусировка лазеров должна способствовать реализации общетехнических требований к устройствам оптических приемопередатчиков:

повышение надежности и долговечности, уменьшение стоимости. Критичны и оптические характеристики: излучаемая мощность, спектр излучения, диаграммы направленности, температурная стабильность.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ

Лазеры в корпусе называются sub-assembly, т. е. «предсобранные». Соответственно TOSA (transceiver optical sub-assembly) – оптический узел приемопередатчика, ROSA (receiver optical sub-assembly) – оптический узел приемника, а BOSA (bidirectional optical sub-assembly) – двунаправленный оптический узел.



Рис. 3. TOSA, ROSA и BOSA (слева направо)

TOSA состоит из лазерного диода, оптического интерфейса, монитора-фотодиода и стеклянного или металлического корпуса. В зависимости от требуемой функциональности и области, в которой он будет применен, могут присутствовать и другие компоненты, такие как фильтрующие элементы и различные изоляторы. Такой компонент используется для приема и преобразования сигнала в оптический сигнал.

ROSA состоит из лазерного фотодиода, оптического интерфейса и стеклянного или металлического корпуса. В зависимости от требуемой функциональности и области, в которой он будет применяться, могут присутствовать и другие компоненты, такие как усилители и фильтры. Он используется для получения оптического сигнала от оптоволокну и преобразования его в электрический сигнал.

На производство TOSA и ROSA поступают в палетках, в которых расположены по порядку, с длинными ножками выводов. Для их использования в небольших модулях типа SFP/SFP+ необходима максимальная экономия места. Поэтому ножки выводов должны быть значительно меньше.

Нами была разработана автоматизированная система подготовки оптических компонентов (рис. 4).

Первым этапом является обрезка лишних контактов. Для этого роботизированный механизм должен взять из палетки один приемопередатчик и вставить его в специальный паз в устройстве для обрезки лишних контактов. После срабатывания датчика индуктивности, гарантирующего плотное установление в устройство обрезки, срабатывают гидравлические гильотинные ножницы, которые под давлением 5 атмосфер обрезают лишние контакты.

После того как контакты обрезаны и это подтверждено информацией с датчика индуктивности, роботизированный механизм забирает готовый оптический приемопередатчик для установки на плату групповой заготовки (ПГЗ).

Главной проблемой, с которой мы столкнулись, является сложность позиционирования TOSA относительно отрицательного контакта. Из пяти контактов на ПГЗ всегда помечен контакт минусовой меткой, выдавленной рядом с ним. На ПГЗ установка элементов оптического приемопередатчика должна быть в строго определенном порядке. Никакими датчиками из рассмотренного варианта воспользоваться нам не удалось.

Для того чтобы применить автоматизированную систему напайки контактов, можно использовать различные датчики, в том числе чувствительную иглу для определения типа TOSA, лазерный дальномер и другие физические датчики, как и на аналогичных предприятиях в Китае и США. Однако возникают проблемы, поскольку необходимо следующее:

- 1) физический контакт с TOSA требует большой точности и может оказывать воздействие на компонент;
- 2) низкая надежность;
- 3) не всегда TOSA бывают одинаковых типов.

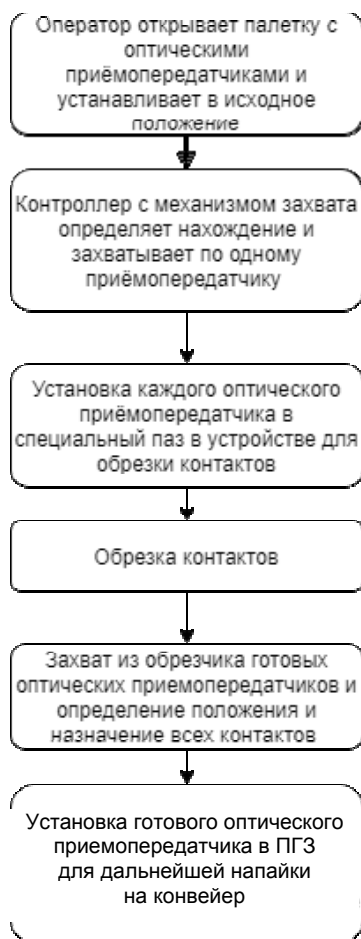


Рис. 4. Блок-схема системы подготовки оптических компонентов

Как было сказано выше, физически определять положение достаточно ресурсоемко. Поэтому было принято решение разрабатывать программу на основе компьютерного зрения для нахождения меток и координирования оптических приёмопередатчиков.

2. КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

В современных робототехнических системах многие датчики удалось заменить компьютерным зрением. Такие задачи, как езда производственных роботов по линии, обнаружение отсутствия необходимой экипировки специалистов на производстве, распознавание наличия дефектов у детали, решаются без большого количества дорогих датчиков при помощи компьютерного зрения.

Компьютерное зрение позволяет выполнить следующие задачи: идентификацию, обнаружение, распознавание. В общем широком смысле машинное зрение повторяет композицию зрения человека. Типовое решение системы машинного зрения включает в себя несколько следующих компонентов:

- 1) одна или несколько цифровых или аналоговых камер с подходящей оптикой для получения изображений;
- 2) программное обеспечение, являющееся сводом правил или дорожной картой расчетов;
- 3) процессор – вычислительная единица, которая с использованием программного обеспечения, сегментируя видеопоток, обрабатывает изображения.

3. ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ

При распознавании TOSA и определении его ориентации (положения) необходим какой-либо ключевой компонент, или признак, позволяющий рассчитать угол поворота, на который нужно повернуть обрабатываемый оптический компонент. При изучении этого вопроса было установлено, что TOSA имеют технологический отлив на тыльной части между пинами контакта. В результате обнаружение положения технологического отлива затрудняется наличием самих пинов, что накладывает дополнительную нагрузку на элементы физического расположения компонентов. Поэтому разрабатываемая система должна распознавать текущее расположение компонентов, вычислять необходимый угол их прикрепления к ПГЗ [3]. Для фотосъемки нами была установлена специализированная макрокамера. Также пришлось интегрировать в общий механизм крепления камеры два небольших источника света для стабилизации контрастности и яркости изображения и сокращения влияния окружающей среды на разрабатываемую систему.

Важно отметить, что одной из серьезных проблем машинного зрения является выбор методов обработки изображений. На эту трудоемкую часть задачи машинного зрения уходит огромное количество вычислительных ресур-

сов. В рамках задачи обнаружения объектов, а точнее фильтрации изображения, выделяют следующие операции:

- 1) эрозия – уменьшение или сужение объекта бинарного изображения;
- 2) расширение – увеличение объекта переднего плана бинарного изображения;
- 3) остальные разновидности двух базовых морфологических преобразований над бинарными изображениями.

Существует огромное количество методов обработки изображения, и для их выполнения требуются огромные вычислительные ресурсы, что значительно замедляет принятие решения, накладывает ограничения на используемое оборудование и, следовательно, увеличивает конечную стоимость системы [4].

Однако в рамках окружающей среды разрабатываемой системы предлагается не использовать связку многочисленных морфологических преобразований. Предлагается использовать прием, который хорошо известен в киноиндустрии. Имеется в виду возможность использовать однотонный фон, напротив которого будет устанавливаться оптический компонент. Однако в качестве рекомендации можно установить правильное перпендикулярное освещение, которое позволит выделить точку технологического отлива. Тем самым с использованием макрокамеры можно вычислять положение точки на компоненте, определять необходимый градус поворота, осуществлять трансформацию положения и фиксировать TOSA для дальнейшей доработки ее системой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была рассмотрена возможность установки физических датчиков на систему автоматизированной обрезки пинов оптических передатчиков и описаны проблемы, с которыми приходится сталкиваться при использовании датчиков положения TOSA. Также было предложено решение и приведены достоинства использования систем машинного зрения при разработке автоматизированных систем производства TOSA.

Разработанная нами система проходит финальные испытания и готовится к запуску на реальном производстве. Мы смогли значительно сократить стоимость и сложность конечного устройства при помощи использования компьютерного зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов А.Б.* Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Syrus Systems, 2010. – 663 с.
2. *Nakazawa M.* Telecommunications rides a new wave // *Photonics Spectra*. – 2016. – Vol. 30 (2). – P. 97–104.
3. *Эйххофф П.* Основы идентификации систем управления: оценивание параметров и состояния. – М.: Мир, 1975. – 680 с.
4. Novel autostereoscopic single-user displays with user interaction / К. Hopf, P. Chojecki, F. Neumann, and D. Przewozny // *Proceedings SPIE*. – 2006. – Vol. 6392. – P. 639207. – DOI: 10.1117/12.685881.
5. *Ong E., Bowden R.* A boosted classifier tree for hand shape detection // *Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*. – Seoul, Korea (South), 2004. – P. 889–894. – DOI: 10.1109/AFGR.2004.1301646.
6. *Скляров О.К.* Современные волоконно-оптические системы передачи: аппаратура и элементы. – М.: Солон, 2016. – 237 с.
7. *Бакланов И.Г.* Методы измерений в системах связи. – М.: Эко-Трендз, 2016. – 195 с.
8. *Пажетнов М.Е., Каишанов А.А.* Разработка роботизированного беспилотного транспортного средства для задач сопровождения воздушного судна, оборудованного знаком (LED-экраном) "Follow me" // *Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 14 февраля 2020 года*. – Курск, 2020. – С. 120–121.

Каишанов Александр Александрович, магистрант кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. E-mail: kashtanov.alex@inbox.ru

Пажетнов Михаил Егорович, аспирант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. E-mail: miha4250@gmail.com

Коптев Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. E-mail: koptev@corp.nstu.ru

DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-42-52

Development of an automated system for preparation of optical components for the production of optical transivers*

A.A. Kashtanov¹, M.E. Pazhetnov², E.S. Koptev³

¹ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630105, Russian Federation, undergraduate of the Department of Information Security. E-mail: kashtanov.alex@inbox.ru

² Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630105, Russian Federation, postgraduate student of the Department of Automation. E-mail: miha4250@gmail.com

³ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630105, Russian Federation, candidate of technical sciences, associate professor of the department of information security. E-mail: koptev@corp.nstu.ru

In the process of creating modern production, it is necessary to reduce the marriage associated with the human factor to zero, by reducing the number of operations carried out by people, leveling the mistakes that a person can make. So one of the solutions to this problem is the creation of robotic systems in which all operations are performed without any operator intervention. To control the execution of operations by a robotic system, in some cases, it is possible to use various sensors and sensors, but sometimes it turns out to be too expensive and difficult, therefore, the authors demonstrated the implementation of control over automation implemented using computer vision systems. Also, in the work, an analogy is drawn between computer vision and physical sensors, using the example of solving the problem that the authors faced.

Keywords: production automation, computer vision, modeling, production management

REFERENCES

1. Ivanov A.B. *Volokonnaya optika: komponenty, sistemy peredachi, izmereniya* [Fiber optics. Components, transmission systems, measurements]. Moscow, Syrus Systems Publ., 2010. 663 p.
2. Nakazawa M. Telecommunications rides a new wave. *Photonics Spectra*, 2016, vol. 30 (2), pp. 97–104.
3. Eykhoff P. *System identification: parameter and state estimation*. London, John Wiley & Sons, 1974. 555 p. (Russ. ed.: Eikkhoff P. *Osnovy identifikatsii sistem upravleniya: otsenivanie parametrov i sostoyaniya*. Translated from English. Moscow, Mir Publ., 1975. 680 p.).
4. Hopf K., Chojecki P., Neumann F., Przewozny D. Novel autostereoscopic single-user displays with user interaction. *Proceedings SPIE*, 2006, vol. 6392, p. 639207. DOI: 10.1117/12.685881.

* Received 04 December 2020.

5. Ong E., Bowden R. A boosted classifier tree for hand shape detection. *Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, Seoul, Korea (South), 2004, pp. 889–894. DOI: 10.1109/AFGR.2004.1301646.
6. Sklyarov O.K. *Sovremennye volokonno-opticheskie sistemy peredachi: apparatura i elementy* [Modern fiber-optic transmission systems, equipment and elements]. Moscow, Solon Publ., 2016. 237 p.
7. Baklanov I.G. *Metody izmerenii v sistemakh svyazi* [Methods of measurements in communication systems]. Moscow, Eko-Trendz Publ., 2016. 195 p.
8. Pazhetnov M.E., Kashtanov A.A. [Development of a robotic unmanned vehicle for the tasks of tracking an aircraft equipped with a sign (LED screen) "Follow me"]. *Perspektivy razvitiya tekhnologii obrabotki i oborudovaniya v mashinostroenii: sbornik nauchnykh statei 5-i Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Prospects for the development of processing technologies and equipment in mechanical engineering], Kursk, 14 February, 2020, pp. 120–121. (In Russian).

Для цитирования:

Каштанов А.А., Пажетнов М.Е., Контев Е.С. Разработка автоматизированной системы подготовки оптических компонентов для производства оптических трансиверов // Сборник научных трудов. – 2021. – № 1 (100). – С. 42–52. – DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-42-52.

For citation:

Kashtanov A.A., Pazhetnov M.E., Koptev E.S. Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy podgotovki opticheskikh komponentov dlya proizvodstva opticheskikh transiverov [Development of an automated system for preparation of optical components for the production of optical transivers]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = *Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2021, no. 1 (100), pp. 42–52. DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-42-52.