

УДК: 608.3

## **РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОФИЛЯ РАССЕЯНИЯ ЖИДКИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Фирсова А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ПГУТИ-Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Россия, Самара, e-mail: [filisiay@yandex.ru](mailto:filisiay@yandex.ru)

Описана установка для учебных лабораторий вузов и специализированных колледжей. Данная установка позволяет организовать лабораторные работы по диагностике различных жидкостей, используемых в различных сферах как производства, так и медицины. В установке используется метод рефлектометрии. Обсуждается возможность разработки методик измерения изменений профилей исследования жидкостей на основе коэффициента отражения от торца световода. Рассматривается принципиальная схема одного из модулей установки.

Ключевые слова: рефлектометрия, светодиод, рассеяние, регистрирующее устройство, линза, установка

## **DEVELOPMENT OF A PLANT FOR RESEARCH OF THE SCATTERING PROFILE OF FLUID MATERIALS**

**Firsova A.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>PGUTI-Povolzhskiy state University of Telecommunications and Informatics, Russia, Samara, e-mail: [filisiay@yandex.ru](mailto:filisiay@yandex.ru)

The installation for educational laboratories of universities and specialized colleges is described. This installation allows you to organize laboratory work on the diagnosis of various fluids used in various fields of both production and medicine. The installation uses the scatterometry method. The possibility of developing methods for measuring changes in fluid research profiles based on the reflection coefficient from the end of the fiber is discussed. A schematic diagram of one of the installation modules is considered.

Keywords: reflectometry, LED, scattering, recording device, lens, installation

Работа в лабораториях физического практикума является неотъемлемой частью процесса изучения различных законов физики. Студенты различных университетов, изучающие физику, в процессе лабораторного физического практикума должны, в том числе, учиться обрабатывать экспериментальные результаты. Однако систематические курсы теории вероятностей, математической статистики, измерительных приборов, которые составляют основу обработки результатов измерений, а также сама математическая теория обработки результатов эксперимента, как правило, читаются на старших курсах, либо, к сожалению, совсем не читаются. Студентам важно научиться отмечать результаты измерений, изображать графики, иметь пользоваться правилами приближенных вычислений и оформлять отчет по лабораторной работе. Данную установку мы сможем создать экспериментально, которая будет использоваться додетально, а также виртуально. Для проведения лабораторных работ, особенно по изучению физических свойств материалов, используемых в оптических системах и экспериментальной проверке некоторых теоретических положений, в учебном практикуме следует применять установки и приборы, отличающиеся простотой конструкции и

обслуживанием, чтобы обращение с ними было доступно каждому студенту. Все экспериментальные методы, использующие электронные пучки, за исключением некоторых (флуоресценция, ЭПР и др.) не могут быть применимы для исследования жидкостей, либо их область применения слишком ограничена. Существует необходимость создания приборной базы для исследования свойств жидкости с помощью метода рефлектометрии. Сейчас на современном рынке лабораторных приборов представлена целая гамма принципиально новых клинических автоматических анализаторов сухой химии, которые работают без использования традиционных жидких реагентов.

Мы разрабатываем установку, где нужно исследовать изменения профилей жидкости с помощью метода рефлектометрии, рассмотреть состав этих веществ для выявления отклонения от нормы. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогами. Высокая чувствительность, высокая точность измерений, малые габариты и вес, доступная цена. Аналогом является ядерный магнитный резонанс (ЯМР) – это явление резкого возрастания поглощения энергии электромагнитной волны системой атомных ядер, обладающих магнитным моментом, помещенных во внешнее магнитное поле при резонансной частоте волны. Метод ЯМР обладает рядом плюсов и минусов. Минусы: ограничение на агрегатное состояние или растворимость, низкая чувствительность по сравнению с методом рефлектометрии (это приводит к тому, что для усреднения шумов сигнал нужно накапливать долгое время), невозможность автоматического анализа и сложность спектров, относительная дороговизна (ЯМР-один из самых дорогих научных приборов, их стоимость измеряется как минимум сотнями тысяч долларов). Плюсы: широкий интервал определяемой концентрации, дистанционное определение без отбора пробы. В итоге, метод рефлектометрии по сравнению с методом ядерного магнитного резонанса, экономичнее и точнее в использовании. с помощью него можно исследовать состав жидкости, не затрачивая много времени и сил. Материалы: когерентный излучатель, модулятор, поляризатор, линза, фотоприемник, дифференциальный усилитель, разветвитель, регистрирующее устройство. [5, с. 119]

Рефлектометр сейчас является одним из самых распространенных приборов для диагностики ВОЛС, так как представляет возможность диагностировать линию связи с использованием доступа только к одному концу волокна. Импульсные оптические рефлектометры (OTDR - Optical Time Domain Reflectometr) различных видов применяются очень часто, особенно в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС): от производства волокна и оптического кабеля до строительства ВОЛС и их эксплуатации. Предлагается использовать метод рефлектометрии для исследования изменений профилей жидкостей на основе коэффициента отражения от торца световода, обусловленных изменением коэффициента преломления граничащей со световодом среды. Предполагается разработать

экспериментальные методики измерений и рассмотреть их разрешающие способности. Исследовать зависимости коэффициентов преломления различных жидкостей от температуры. Самыми главными частями рефлектометра, которые и обеспечивают работу устройства, являются – когерентный излучатель, светодиод, фотоприемник и разветвитель. [1, с. 258] Светодиод создает световой сигнал, длительность которого в зависимости от модели устройства составляет от 5нс до 20мкс. Стоит отметить, что один светодиод не может выдавать различную длину волны. Оптический разветвитель выступает в роли посредника, который выпускает излучение лазера в оптоволокно, а при возвращении сигнала переводит их направление не на диод, а на приемник. Это очень чувствительное устройство, без которого функционирование рефлектометра невозможно. Одним из самых важных и дорогостоящих элементов является чувствительный фотоприемник. Он фиксирует силу отбитого сигнала, который возвращается и передает данные на регистрирующее устройство. От качества его работы зависит чувствительность принятия зондирующего сигнала, посылаемого вдоль волокна. Чем лучше данный элемент, тем более точно можно определить на каком расстоянии имеется повреждение и уровень потерь сигнала при его прохождении.

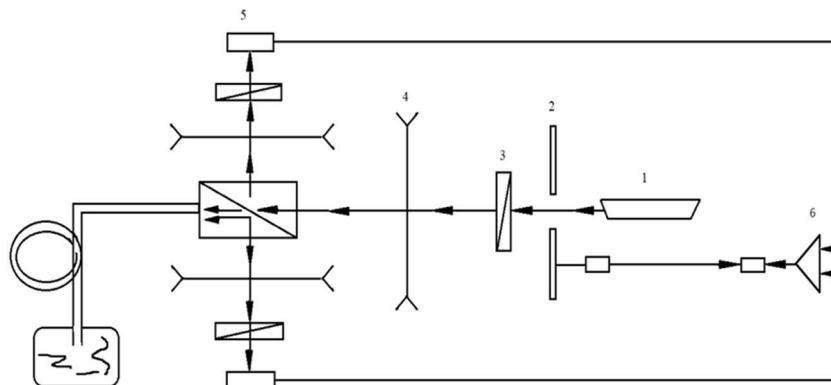


рис. 1 Принципиальная схема рефлектометра для измерения рассеивания, в результате которого происходит изменение концентрации жидкостей

Данное устройство, представленное на рис. 1, имеет непростую конструкцию, принцип его работы не сложный для понимания. Прибор генерирует лазерный пучок света, который отправляется по оптоволокну в виде луча. Во время движения пучка при попадании на мелкие дефекты в линии, часть света отражается и двигается обратно на чувствительную часть рефлектометра. Она улавливает отбитый сигнал и проводит его фиксацию. Остальная часть пучка, которая смогла пройти через поврежденную часть провода, продолжает движение дальше. По мере преодоления различных препятствий часть света преломляется и возвращается обратно на регистрирующее устройство. Это продолжается до тех пор, пока луч не преодолеет всю линию до ее конца, или не наткнется на участок полного разрыва. Данный прибор фиксирует с огромной точностью расстояние до мест с существенными дефектами, которые уменьшают силу сигнала, а также участка полного обрыва. При использовании в

качестве источников излучения лазеров, а также чувствительных регистрирующих систем, рефлектометр затрагивает явления релеевского рассеяния и френелевского отражения. При посылке луча по волокну часть натывается на имеющиеся частицы и рассеивается во всех направлениях. Это явление называется релеевским рассеянием. Часть света рассеивается назад, в направлении, противоположном направлению распространения луча; это называется обратным рассеянием. Значения относительных интенсивностей обратнорассеянных сигналов соответствуют значениям полученных из соотношения Френеля. Количество отраженного света зависит от величины изменения плотности материала, которая характеризуется показателем преломления, а также от того угла, под которым свет падает на поверхность раздела между двумя материалами. Это явление называется френелевским отражением. [4, с. 98]

В результате проделанного эксперимента мы определяем концентрацию жидких материалов, путем сравнения сигналов на регистрирующем устройстве рефлектометра. Мы исследуем жидкость по профилю, а такое рассеяние рассматривается по высоте. В пространстве зачастую возникают неоднородности, поэтому данное сравнение можно рассмотреть на реакции Белоусова – Жаботинского. Рассмотренный нами метод рефлектометрии позволяет исследовать данную реакцию. То есть при исследовании реакции Белоусова –Жаботинского, мы можем видеть изменение состава жидкостей.

Создание физической установки является уникальной разработкой. Мы рассмотрели принципиальную схему установки и доказали то, что можно очень точно и просто рассмотреть изменения жидкостей с помощью метода рефлектометрии. Задачей являлось привлечь студентов Вуза к научной деятельности. С помощью лабораторной установки мы заинтересовали молодых специалистов и, в свою очередь, они получили незабываемый опыт, навыки и знания.

#### **Список литературы:**

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики / - М.: Наука, 1973. - 720 с.
2. Глущенко А.Г., Глущенко Е.П. [Научный вестник](#). 2015. – № 3 (5). – с. 108-112.
3. Глущенко А.Г., Глущенко Е.П., Фирсова А.А. Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 6 – С. 11-15.
4. Кондратьев И.Г., Малюжинец Г.Д. [Дифракция волн](#) // [Физическая энциклопедия](#) [в 5 т.]. М.: 1988–1999.
5. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон / - Л63 – М.: ЛЕСАРарт, 2005. 208 с, ил.