

4. Ахманаев В.Б., Медведев Ю.В., Петров А.С. Резонатор для бесконтактного измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов // Электронная техника: сер. Электроника СВЧ. – 1981, вып.4, с.48–51.
5. Детинко М.В., Медведев Ю.В., Петров А.С. Физические основы неразрушающего СВЧ-резонансного метода локального контроля электрофизических параметров полупроводников. – Томск: Изд. ТГУ, 1988. – 30 с.

## СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Овчинников П.Г., Силушкин С.В., Спиридонова А.С.

*Научный руководитель: Муравьев С.В., д.т.н., профессор*

*Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [termi@vtomske.ru](mailto:termi@vtomske.ru)*

Приборы для измерения цвета «воспринимают» цвет подобно человеческому глазу: путем приема и фильтрации отраженных от объекта и преобразованных световых волн различной длины. Определенной длине волны соответствует определенное числовое значение. Можно оценивать разные характеристики цвета: для измерения оптической плотности используются денситометры; для измерения спектральных данных – спектрофотометры; для измерения трехмерных координат цвета – колориметры.

Цветоизмерительные приборы всех трех типов приписывают цвету определенные числовые значения, которые впоследствии можно анализировать и интерпретировать в терминах допустимых отклонений и контрольных допусков или как результаты измерений качественных характеристик средств отображения информации, полиграфии, а так же определения состава веществ.

Для расширения функциональных возможностей приборов фирмы-производители стремятся включать как можно большее количество измеряемых величин или, например, объединить в одном приборе возможности работы с прозрачными и непрозрачными материалами.

Для проведения цифрового цветометрического анализа (ЦЦА) используется полимерный оптический датчик – оптод [1, 2], рис. 1. Оптод погружается в исследуемый раствор и, в зависимости от искомого элемента, приобретает определенный цвет различной интенсивности (рис. 1).



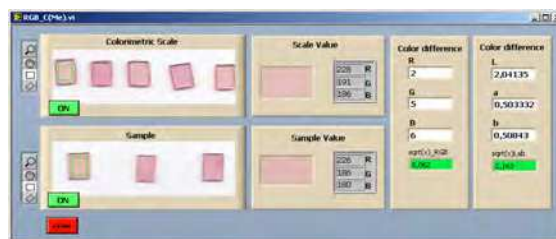
*Рис. 1. Оптод после взаимодействия с серебром (Ag)*

В колориметрии интерпретация данных происходит в виде координат цвета. Для представления цвета используются различные модели: *RGB, HSL, CIE Lab, XYZ* [2].

Проведенные исследования и математические расчеты показали, что для таких измерений информацию о цвете имеет смысл представлять в *RGB*-пространстве [3].

Для разрабатываемой системы измерения цвета необходимо соответствующее программное обеспечение с возможностью сбора, анализа и обработки получаемых данных.

Разработанная программа в среде программирования *LabVIEW* (рис. 2) позволяет измерять цвет в *RGB*-модели, а также представлять полученные данные в других форматах. Информацию о цвете исследуемого объекта обрабатывается и интерпретируется в концентрации искомого элемента.



*Рис. 2. Интерфейс LabVIEW программы расчета цветовой разницы образца и шкальных значений*

В представленной программе оптод с неизвестной концентрацией металла сравнивается с цветометрической шкалой, данные о которой уже хранятся в памяти компьютера. Цветометрическая шкала представляет собой набор опорных цветных образцов с различной интенсивностью цвета. Интенсивность окраски датчика зависит от концентрации химического элемента и добавляемого раствора, рис. 3.

Опорные цветные образцы	0	.024	.050	.074	.100	.124	.150	.174	.200
С, мг/л									

*Рис. 3. Шкала для определения концентрации Ag*

Оптоды изготавливают в химической лаборатории специальным методом [4]. Полученные образцы также можно оцифровать и хранить данные о них на персональном компьютере – сервере и, при необходимости, обращаться к нему через Интернет – достаточно знать *IP*-адрес сервера. Метод создания библиотеки цвета предлагают и японские разработчики [5].

Программное обеспечение позволяет:

- отобразить шкалу и градуировочную характеристику;

- представить цветовую характеристику исследуемого оптода;
- сравнить объект со шкалой и вычислить цветовую разницу между ними, получить информацию об исследуемом объекте;
- провести необходимую математическую обработку;
- определить концентрацию вещества в растворе.

Для выбора способа и средства измерения цвета оптода был проведен эксперимент, в котором использовались данные полученные с планшетного сканера *HP Scanjet* и оценочной платы фирмы *MAZeT*, табл. 1.

Таблица 1

Данные со сканера				
код/С, мг/л	R	G	B	dE
0,000	235	219	164	0,00
0,024	234	216	165	3,32
0,050	233	208	163	11,22
0,074	232	204	164	15,29
0,100	232	202	171	18,63
0,124	229	193	168	26,98
0,150	229	191	179	32,33
0,174	228	189	174	32,39
0,200	225	176	182	47,68
Данные с оценочной платы				
код/С, мг/л	R	G	B	dE
0,000	255	255	236	0,00
0,024	255	253	234	2,83
0,050	255	250	220	16,76
0,074	255	242	218	22,20
0,100	255	238	213	28,60
0,124	255	241	210	29,53
0,150	255	230	207	38,29
0,174	255	228	200	45,00
0,200	255	208	194	63,03

Построенные градуировочные характеристики по полученным данным (табл. 1), позволяют сделать вывод о возможности применения *RGB*-датчиков в ЦЦА.

Предлагаемая система (рис. 4) с использованием ЦЦА может найти массовое применение и обеспечить значительный экономический эффект.

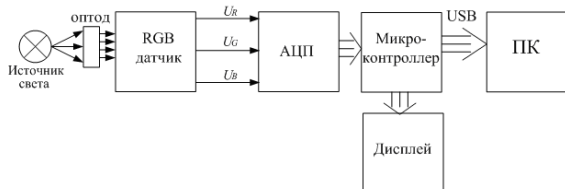


Рис. 4. Система сбора и обработки цветометрической информации

В схеме требуется подбор источника света с точно заданной температурой свечения – светоди-

од белого свечения. *RGB*-датчик, плата сбора информации и преобразования сигнала для *USB*-интерфейса предлагается компании *MAZeT* (Германия), которая специализируется на выпуске малогабаритных сенсоров для измерения цвета. Для визуального контроля и калибровки в систему имеется возможность установить видекамеру с ПЗС-матрицей.

Разработка программного обеспечения ведется в графической среде программирования *LabVIEW*, которая позволяет одновременно проводить обработку информации, как математическим аппаратом, так и с помощью специальных средств *VISION*.

Так как измерительный блок системы реализуется в виде компактного переносного устройства, то и возможности ее использования расширяются: от экологического мониторинга до контроля качества и состава веществ в различных производственных и технологических процессах; как в лабораторных, так и в бытовых условиях.

Использование полимерных оптодов и ЦЦА дает следующие преимущества:

- нет необходимости иметь комплект реактивов и проводить процедуру пробоподготовки;
- цветометрический сигнал появляется после непродолжительного контакта полимерного оптода с анализируемым объектом и сохраняется длительное время;
- повышение чувствительности и селективности определения концентрации веществ за счет использования всей спектральной информации, а не единичного сигнала при определенной длине волны;
- получение цветометрической информации от сенсора обеспечивает эффективную компьютерную реализацию методик анализа состава веществ, глубокую математическую обработку и визуализацию результатов измерений.

#### Список литературы

1. Гавриленко Н.А., Саранчина Н.В., Мокроусов Г.М. Чувствительный оптический элемент на ртуть (II). – Журнал аналитической химии, 2007, т. 62, № 9. – С. 923–926.
2. Джадд Д. и др. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978.
3. Саранчина Н.В., Качина А.С., Гавриленко Н.А. Оптический сенсор для определения меди (II). – Полифункциональные химические материалы и технологии. Сборник статей. Т. 2 / под ред. Ю.Г. Слижова. – Томск, 2007. – 287–289 с.
4. Nedosekin! D.A., Saranchina N.V., Mokhova O.V., Ageeva! E.V., Gavrilenko N.A., Proskurnin M.A., Mokrousov G.M. Sensitive solid-state optical sensible materials for photothermal determination of trace metals. – The European Physical Journal – Special Topics, 2008, Vol. 153, No. 1, pp. 25–28.
5. Etsuko Hirayama, Tsunemi Sugiyama, Hideaki Hisamoto, and Koji Suzuki Visual and Colorimetric Lithium Ion Sensing Based on Digital Color Analysis – Anal. Chem. 2000, 72, 465–474.