

Гильбертов сигнал:

$$y_{\text{АГО}}(n) = x(n) + j \cdot x_{\text{АГО}}(n), \quad (12)$$

позволяет однозначно определить огибающую действительного дискретного сигнала $x(n)$ методом ДПФ:

$$A_{\text{АГО}}(n) = \sqrt{x^2(n) + x_{\text{АГО}}^2(n)}. \quad (13)$$

Отметим, что ДПГ в частотной области на основе ДПФ, по сути дела, является дискретным вариантом преобразования ПГ-К. ДПГ на базе ДПФ лишь асимптотически локальное преобразование и не дает решения главной проблемы определения огибающей – ее нефинитности. Происходит по сути дела «маскирование» этого недостатка ДПГ путем наложения сопряженного сигнала.

УДК 535.37

ГРАДУИРОВОЧНЫЕ ШКАЛЫ ДЛЯ ДЕТЕКТОРОВ ЖЕСТКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕТИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ

Попечин В.И.

*Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Растворы органических красителей в органических и неорганических растворителях имеют интенсивные полосы поглощения в оптической области спектра электромагнитных волн (обладают цветом). При облучении раствора красителя ультрафиолетовым, рентгеновским или гамма-излучением происходит обесцвечивание (уменьшение оптической плотности) раствора, вызванное деструкцией красителя, которая, как показали исследования, обусловлена химическим взаимодействием молекул красителя с продуктами радиолиза растворителя (химически активные радикалы и ион-радикалы) [1].

В многокомпонентных растворах, содержащих несколько красителей и растворитель, наряду с обесцвечиванием происходит изменение цвета раствора, так как разные красители характеризуются, как правило, различной скоростью радиационной деструкции. Простейшим многокомпонентным раствором красителей является трехкомпонентный раствор, содержащий два красителя, поглощающие свет в разных спектральных областях оптического излучения, и растворитель. По изменению цвета и насыщенности цвета (спектральных характеристик) облучаемого жестким излучением многокомпонентного раствора можно визуально определить величину воздействующей на раствор радиационной дозы. Для этого необходимо построить соответствующую данному раствору градуировочную цветовую шкалу [2].

Проведенные авторами исследования [1, 2] позволили сделать вывод о том, что основным источником относительной погрешности в измерении огибающей, является отсутствие у нее свойства финитности.

Литература

1. Olga V. Ponomareva, Alexey V. Ponomarev. Sliding Spatial Frequency Processing of Discrete Signals // Advances in Signal Processing. Theories, Algorithms, and System Control. Editor: Margarita Favorskaya, Lakmi C. Jain. // Springer. – 2020. – P. 97–111.
2. Alexey V. Ponomarev. Systems Analysis of Discrete Two-Dimensional Signal Processing in Fourier Basis // Advances in Signal Processing. Theories, Algorithms, and System Control. Editor: Margarita Favorskaya, Lakmi C. Jain. // Springer. – 2020. – P. 87–97.

Для построения градуировочной цветовой шкалы необходимо сначала провести измерение зависимости интенсивности поглощения (оптической плотности раствора) в максимумах длинноволновых полос поглощения красителей от времени облучения раствора ионизирующим излучением известной мощности дозы. Проведенные измерения показали, что такая зависимость является экспоненциальной.

Оптическая плотность раствора в максимуме длинноволновой полосы поглощения пропорциональна концентрации не разрушенных молекул красителя. Для характеристики скорости радиационного разрушения молекул красителя в растворе обычно используются времена «полуразрушения» (уменьшения вдвое исходной концентрации красителя) в секундах в расчете на мощность дозы 1 Гр/с ($t_{1/2}$).

Важную роль играет выбор первоначальных концентраций красителей трехкомпонентного раствора. Если оптическая плотность трехкомпонентного раствора больше примерно 2,5, то цветовые различия между несколькими первыми полосками будут небольшими, что уменьшает точность визуального определения поглощенной дозы. Высокая первоначальная концентрация раствора позволяет увеличить диапазон регистрируемых визуально радиационных доз (от первоначальной концентрации до практически полного обесцвечивания раствора), но уменьшает точность определения дозы, а

уменьшая первоначальную концентрацию можно увеличить точность, но при этом уменьшается регистрируемый диапазон доз. Поэтому, первоначальные концентрации красителей в трехкомпонентном растворе следует подбирать, исходя из конкретных требований, предъявляемых к радиационным дозиметрам данного типа.

В данной работе проведены исследования спектрально-оптических характеристик детекторов жестких излучений на основе трехкомпонентных растворов органических красителей, в которых в качестве красителя, поглощающего свет в длинноволновой области видимого диапазона спектра, был выбран полиметиновый краситель из серии полиметиновых (трикарбоданиновых) красителей, синтезированных в последние годы в НИИПФП имени А.Н. Севченко БГУ.

Для приготовления трехкомпонентного раствора (два красителя и растворитель) вначале приготавливались водно-спиртовые растворы (70 % дистиллированной воды по объему + 30 % этилового спирта) красителя, который поглощал свет в коротковолновом диапазоне видимого света, и полиметинового красителя, который поглощал свет в длинноволновом диапазоне. Затем эти растворы сливались в равных объемах (для упрощения расчетов концентраций облученных трехкомпонентных растворов). Цвет первоначально приготовленного (необлученного) раствора соответствует цвету полоски под № 0 на приведенных ниже рисунках.

На рисунке 1 приведена градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора родамина С + полиметиновый краситель ПК 7031. Измерения времен «полуразрушения» данных красителей в указанном растворе при облучении раствора гамма квантами Co^{60} в расчете на мощность дозы 1 Гр/с дали значения $t_{1/2} = 260$ с для родамина С и $t_{1/2} = 54$ с для полиметинового красителя ПК 7031.

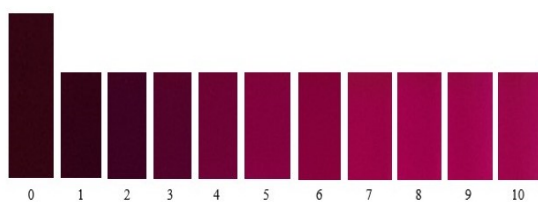


Рисунок 1 – Градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора (по объему 70 % вода + 30 % этанол) красителей: родамин С (первоначальная концентрация 10^{-4} моль/л) + полиметиновый краситель ПК 7031 (первоначальная концентрация – $1,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л): 0 – необлученный раствор; 1 – доза облучения 50 Гр; 2 – 100 Гр; 3 – 150 Гр; 4 – 200 Гр; 5 – 250 Гр; 6 – 300 Гр; 7 – 350 Гр; 8 – 400 Гр; 9 – 450 Гр; 10 – 500 Гр

На рисунке 2 приведена градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора

урапин + полиметиновый краситель ПК 7006. Измерения времен «полуразрушения» данных красителей в указанном растворе при облучении раствора гамма квантами Co^{60} в расчете на мощность дозы 1 Гр/с дали значения $t_{1/2} = 320$ с для урапина и $t_{1/2} = 110$ с для полиметинового красителя ПК 7006.

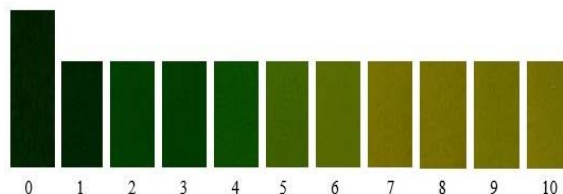


Рисунок 2 – Градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора (по объему 70 % вода + 30 % этанол) красителей: урапин (первоначальная концентрация 10^{-4} моль/л) + полиметиновый краситель ПК 7006 (первоначальная концентрация – $3 \cdot 10^{-4}$ моль/л): 0 – необлученный раствор; 1 – доза облучения 50 Гр; 2 – 100 Гр; 3 – 150 Гр; 4 – 200 Гр; 5 – 250 Гр; 6 – 300 Гр; 7 – 350 Гр; 8 – 400 Гр; 9 – 450 Гр; 10 – 500 Гр

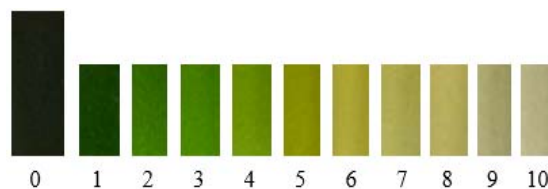


Рисунок 3 – Градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора (по объему 70 % вода + 30 % этанол) красителей: метиловый оранжевый (первоначальная концентрация $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л) + полиметиновый краситель ПК 7148 (первоначальная концентрация – 10^{-4} моль/л): 0 – необлученный раствор; 1 – доза облучения 100 Гр; 2 – 200 Гр; 3 – 300 Гр; 4 – 400 Гр; 5 – 500 Гр; 6 – 600 Гр; 7 – 700 Гр; 8 – 800 Гр; 9 – 900 Гр; 10 – 1000 Гр

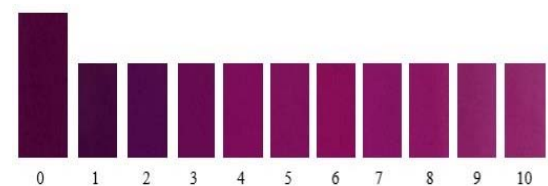


Рисунок 4 – Градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора (по объему 70 % вода + 30 % этанол) красителей: родамин С (первоначальная концентрация $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л) + кислотный зеленый антрахиноновый Н2С (первоначальная концентрация $3 \cdot 10^{-5}$ моль/л) + полиметиновый краситель ПК 7031 (первоначальная концентрация – $7,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л): 0 – необлученный раствор; 1 – доза облучения 50 Гр; 2 – 100 Гр; 3 – 150 Гр; 4 – 200 Гр; 5 – 250 Гр; 6 – 300 Гр; 7 – 350 Гр; 8 – 400 Гр; 9 – 450 Гр; 10 – 500 Гр

На рисунке 3 приведена градуировочная цветовая шкала для водно-этанольного раствора метиловый оранжевый + полиметиновый краситель ПК 7148. Измерения времен «полуразрушения»

данных красителей в указанном растворе при облучении раствора гамма квантами Co^{60} в расчете на мощность дозы 1 Гр/с дали значения $t_{1/2} = 290$ с для метилового оранжевого и $t_{1/2} = 120$ с для полиметинового красителя ПК 7148.

На рисунке 4 приведена градуировочная цветовая шкала для многокомпонентного водно-этанольного раствора родамина С + кислотный зеленый антрахиноновый Н2С + полиметиновый краситель ПК 7031. Измерения времени «полуразрушения» в указанном растворе при облучении раствора гамма квантами Co^{60} в расчете на

мощность дозы 1 Гр/с дали значение $t_{1/2} = 280$ с для кислотного зеленого антрахинонового.

Литература

1. Попечиц В.И. Влияние гамма-облучения на спектры поглощения растворов кислотных красителей / В.И. Попечиц // Журнал прикладной спектроскопии. – 2003. – Т. 70, № 1. – С. 34–37.

2. Попечиц В.И. Регистрирующие системы для радиационного неразрушающего контроля на основе трехкомпонентных растворов органических красителей / В.И. Попечиц // Приборы и методы измерений – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 173–180.

УДК 531.383

ВОЛНОВОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГИРОСКОП ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Распопов В.Я.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Российская Федерация

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) с металлическим резонатором в значительной степени удовлетворяет требованиям на данном этапе развития гироскопической техники для применения в системах навигации, автоматического управления подвижными объектами и целеуказания, открывает новые перспективы для дальнейшего совершенствования гироскопических систем.

По сравнению с другими видами гироскопов, ВТГ с металлическим резонатором, имеет ряд преимуществ: полностью отсутствуют подвижные части, поэтому рабочий ресурс прибора достигает 15000 час и более; небольшие вес и габариты (20–80 г. при \varnothing 10–40 мм); малая энергоёмкость (несколько Вт); малое время готовности (1–5 с); сохранение работоспособности при кратковременном отключении электропитания (2–5 с); способность работать в двух режимах – свободной волны и силовой компенсации; слабая температурная зависимость выходного сигнала; способность выдерживать большие перегрузки; высокое отношение точность/цена; стойкость к ионизирующему излучению высокой энергии.

К ВТГ-ДУС с металлическим резонатором предъявляются следующие, примерные требования, обеспечение которых делает его конкурентноспособным для тактических применений (таблица 1).

Разработка конструкции, технологии и производственное освоение ВТГ с металлическим резонатором потребовало решения ряда новых научных, технических и технологических задач.

На кафедре «Приборы управления» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по схеме рисунок 1 разработан ВТГ-ДУС, опыт-

ное производство которого освоено в АО «Мичурицкий завод «Прогресс».

Таблица 1 – Требования к ВТГ-ДУС с металлическим резонатором

По условиям применения:	
диапазон измеряемых угловых скоростей	(0,01–9000) град/сек
потребляемая мощность одноосного ВТГ при напряжении питания 15 В не более	(1,5–2) Вт
температурный рабочий диапазон	(–50+60) °С
относительная влажность	98 % при $t = +35$ °С
диапазон давлений	от атмосферного до соответствующего высоте 3000 м над уровнем моря
многократные механические удары	(200–400) м/с ² длительностью 6 мс
случайная вибрация	(5–2000) Гц со спектральной плотностью 4,8 м/с ² /Гц и среднеквадратичным суммарным ускорением 31 м/с ²
синусоидальная вибрация	50 м/с ² , (5–500) Гц
По точности:	
уход	(1–30) °/час
порог чувствительности	0,005 °/сек (не более)
смещение нуля	(1–10) °/ч (не более)
отклонение масштабного коэффициента от линейности в рабочем диапазоне температур	3,5 · 10 ⁻³ % (не более)