

ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЗС-ДАТЧИКОВ TCD1304DG И S10420

В работе рассматриваются результаты измерения относительной спектральной чувствительности ПЗС-линейки TCD1304DG с различными вариантами защитного стекла и ПЗС-матрицы S10420 в ультрафиолетовом диапазоне излучения.

Сегодня практически невозможно представить спектральный анализ без приборов на основе многоэлементных датчиков. Мы имеем достаточно большой опыт разработки таких приборов [1,2]. Успех разрабатываемого прибора для спектральных исследований напрямую зависит от знания реальной спектральной чувствительности датчика, на основе которого создан прибор. Атомно-эмиссионный спектральный анализ эффективно использует ультрафиолетовый диапазон излучения. К сожалению, фирмы производители многоэлементных датчиков либо не дают совсем кривую спектральной чувствительности в этом диапазоне, либо дают условную типовую кривую чувствительности. Поэтому нами была создана установка, позволяющая проводить сравнение чувствительности различных многоэлементных датчиков. На первом этапе исследовалась ПЗС-линейка TCD1304DG и ПЗС-матрица S10420.

Источником света являлась ртутная лампа ДРШ-1 или дейтериевая лампа L7296 фирмы HAMAMATSU. Излучение через кварцевый моноволоконный световод диаметром 0,2мм поступало на входную щель спектрографа MS2001 производства "СОЛ инструмент". Ширина входной щели составляла 15 мкм. Держатель световода крепился к корпусу лампы через втулки длиной 3 мм, что позволяло перекрывать световой поток пластинами различного состава.

Спектрограф был настроен так, что позволял работать в диапазоне от 179,84нм до 345,39нм. Калибровка по длинам волн производилась по линиям ртути $\lambda_1=253,65\text{нм}$ и $\lambda_2=313,16\text{нм}$. Контроль шкалы осуществлялся по линии $\lambda=296,73\text{нм}$.

Излучение ртутной лампы регистрировалось камерой на основе ПЗС-линейки TCD1304DG при времени накопления $T_{\text{нак}}=7,3\text{мс}$ с вычитанием темнового сигнала. Результаты измерений усреднялись по 20 кадрам.

Излучение дейтериевой лампы регистрировалось при времени накопления 299мс с вычитанием темнового сигнала, усредненного по 20 кадрам. Результаты измерений также усреднялись по 20 кадрам.

В таблице 1 приводятся результаты измерения интенсивности излучения дейтериевой лампы для некоторых длин волн, зарегистрированных датчиком TCD1304DG без защитного стекла, со стандартным защитным заводским стеклом и с переклеенным кварцевым стеклом марки КУ-1. Оцифровка видеосигнала проводилась при помощи 14-ти разрядного аналого-цифрового преобразователя.

Таблица 1.

Длина волны, нм	190,1	200,45	218,06	257,51	335,13
Без стекла	183	808	2009	15278	10161
Кварц КУ-1	135	622	1715	13985	9371
Заводское стекло	2	10	6	215	8572

Численные значения интенсивности (отсчеты АЦП) излучения дейтериевой лампы для некоторых длин волн при регистрации камерой с ПЗС-линейкой TCD1304DG с различными вариантами защитного стекла

Полученные данные в графическом виде иллюстрирует рисунок 1. Кривые, полученные от дейтериевой лампы, носят "пульсирующий" характер вследствие интерференции, присущей многоэлементным датчикам с малым размером пиксела (8мкм для TCD1304DG). Вследствие этого применение таких датчиков для некоторых задач затруднено. Из рисунка 1 видно, что применение данной ПЗС-линейки для работы в ультрафиолетовом диапазоне с заводским защитным стеклом невозможно. Применение в качестве защитного кварцевого стекла марки КУ-1

позволяет работать в ультрафиолетовом диапазоне, при этом получаемый выходной сигнал оказывается ниже на 8-28%, чем при отсутствии защитного стекла. Эта разница тем больше, чем меньше длина волны регистрируемого излучения.

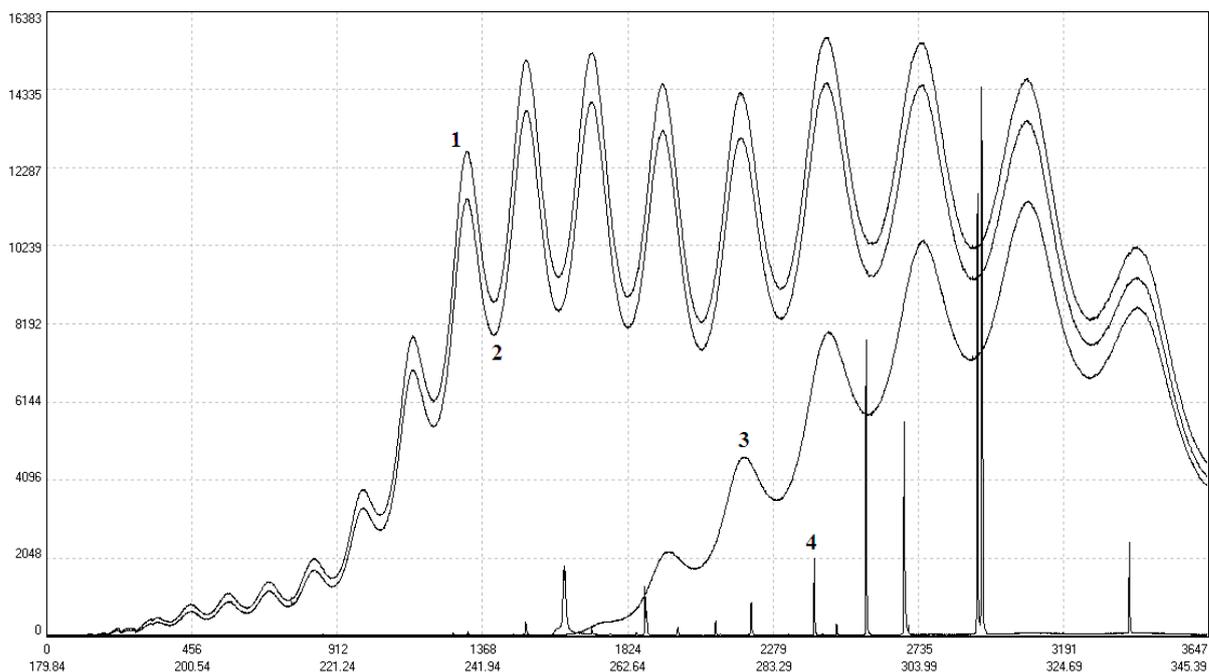


Рисунок 1 – Спектр излучения ртутной (4) и дейтериевой (1, 2, 3) лампы при отсутствии защитного стекла (1), с кварцевым стеклом (2), с заводским стеклом (3) при регистрации камерой с ПЗС-линейкой TCD1304DG

Измерение спектральной характеристики ПЗС-матрицы S10420 проводилось по аналоговой методике. Оцифровка видеосигнала проводилась при помощи 16-разрядного аналого-цифрового преобразователя. Для ртутной лампы, спектр которой снимался с помощью камеры на основе TCD1304DG, время накопления $T_{\text{нак}}=7,3\text{мс}$, для дейтериевой лампы - 300мс. Темновой сигнал усреднялся по 20 кадрам, регистрация проводилась по одному кадру.

В таблице 2 приводятся численные значения интенсивности спектра дейтериевой лампы для некоторых длин волн, измеренные камерой с датчиком S10420-1006-01. ПЗС-матрица имеет 70 строк по 1024 пиксела в строке. Камера работает в обычном режиме регистрации двумерного изображения, а при регистрации спектра переводится в режим суммирования всех строк.

Таблица 2

Длина волны, нм	190,01	200,42	218,06	257,54	335,09
Интенсивность, отсчеты АЦП	921	2545	6319	45598	36203

Численные значения интенсивности (отсчеты АЦП) излучения дейтериевой лампы для некоторых длин волн при регистрации камерой с матрицей S10420-1006-01

На рисунке 2 сравниваются спектры дейтериевой лампы, зарегистрированные камерой с линейкой TCD1304DG с различными вариантами защитного стекла и камерой с матрицей S10420-1006-01. Рисунок показывает несомненное преимущество матрицы S10420 при регистрации во всем рассматриваемом диапазоне. Масштаб по оси Y соответствует 16-ти разрядному АЦП. Сигнал насыщения для датчика TCD1304DG не может превышать 16383 отсчета. Анализ полученных кривых показывает, что относительная спектральная чувствительность обоих датчиков близка в диапазоне длин волн, превышающих 220нм и значительно выше для датчика S10420 при меньших длинах волн.

Среднеквадратичный шум чтения данных у датчика TCD1304DG составляет ~3 отсчета 14-ти разрядного АЦП, для датчика S10420 те же ~3 отсчета при 16-ти разрядном АЦП.

Из сказанного выше следует, что предел обнаружения спектральных линий для датчика S10420 примерно в 20 раз выше, чем у датчика TCD1304DG.

Разработка камер с 16-ти разрядным кодированием для датчиков TCD1304DG не имеет смысла в связи с высоким шумом чтения последнего.

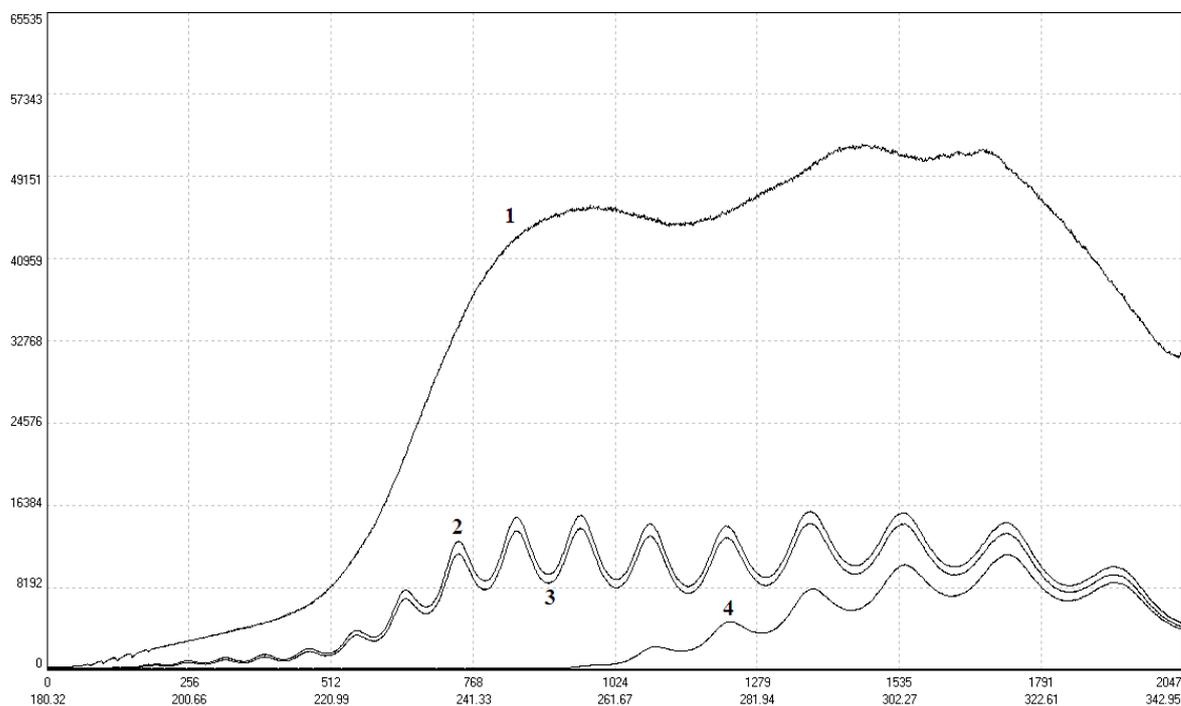


Рисунок 2 - Спектр дейтериевой лампы, снятый камерой с матрицей S10420-1006-01 (1) и камерой с линейкой TCD1304DG при различных вариантах защитного стекла (2, 3, 4)

Список литературы

1. Бык, А.Р., Devices for the registration of optical radiation based on multielement detectors [Text] / А.Р. Бык., Р.В.Бычков, В.К.Гончаров, И.И.Кравчевич, А.Е. Сиколенко // VIII Symposium of Belarus and Serbia on Physics and Diagnostics of Laboratory and Astrophysical Plasmas (PDP-VIII'2010) Donji Milanovac, Serbia, September 3 - 6, 2010, P. 131 - 133.
2. Бузун, А.А., Приборы для спектральных исследований на основе ПЗС- и МОП-датчиков [Текст] / А.А. Бузун, А.П. Бык, П.В. Бычков, В.К. Гончаров, И.И. Кравчевич, А.Е. Сиколенко // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ / НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ. – Минск, 2011. – С. 23 - 24.

In this paper the results of measurements relative spectral sensitivity of the CCD image sensor TCD1304DG with different variants of protective glass and CCD array S10420 in the UV.

Кравчевич И.И., н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: bykar@bsu.by