

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТА НАНО РАЗМЕРНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Е. В. Марков, О. М. Михайлов

Государственный университет кино и телевидения, г. Санкт - Петербург.

Проблема нано технологий не в меньшей (нано) технологии, а в малом размере измеряемой величины. Измерение излучения, испускаемого объектом малого размера в интегральном виде, особых сложностей не вызывает. Можно с лёгкостью воспользоваться государственной поверочной схемой и эталоном. Спектральные измерения спектральной плотности мощности таких объектов требуют особой техники и методов выполнения измерений для обеспечения их единства.

«Ярчайший», модный на сегодня, источник излучения имеет силу света 5 кд и на расстоянии 1 м он создаёт освещённость в 5 лк. Такое значение не составит метрологическому обеспечению проблемы, так как является наименьшим пределом значения величины, измеряемой стандартным средством. Измеряемый поток излучения определяется телесным углом в зависимости от апертурного угла приёмника, и он не равен апертурному углу источника излучения. Полный поток источника при учёте геометрии измерений современными средствами составит в среднем $6 \cdot 10^{-5}$ Вт. Зная спектральную чувствительность приёмника излучения (0,1 А/Вт), можно определить ток в цепи приёмника, который составит $6 \cdot 10^{-6}$ А. Такое значение тока легко достижимо для измерения при соблюдении метрологических правил.

Измерения цветности (качества цвета) относятся в некоторой степени по своей природе к спектральным измерениям. Интегральный колориметр повышенной чувствительности в состоянии измерять излучения нано объектов с абсолютной погрешностью определения координат цветности до 0,002 единиц. При этом квазимонохроматический поток излучения, детерминированный телесным углом наблюдения и измерения, оказывается равным 10^{-8} лм (10^{-11} Вт).

При использовании спектроколориметра это излучение необходимо разложить по длинам волн, что уменьшит поток излучения, ещё в 30 раз. Такой способ измерения цвета (разложение излучения по длинам волн) совершенно недопустим для малых размеров излучающей поверхности. Измерять можно только интегральное излучение в заданном спектральном диапазоне и площади. Необходимо выбрать систему с функциями сложения (рис. 1, а) и соотношением яркостных коэффициентов $L_K : L_3 : L_\Phi = 1 : 0 : 0$. График цветности k, z (Рис. 1, б) изображает свойства того же стандартного наблюдателя МКО, что и график x, y , но в несколько иной форме.

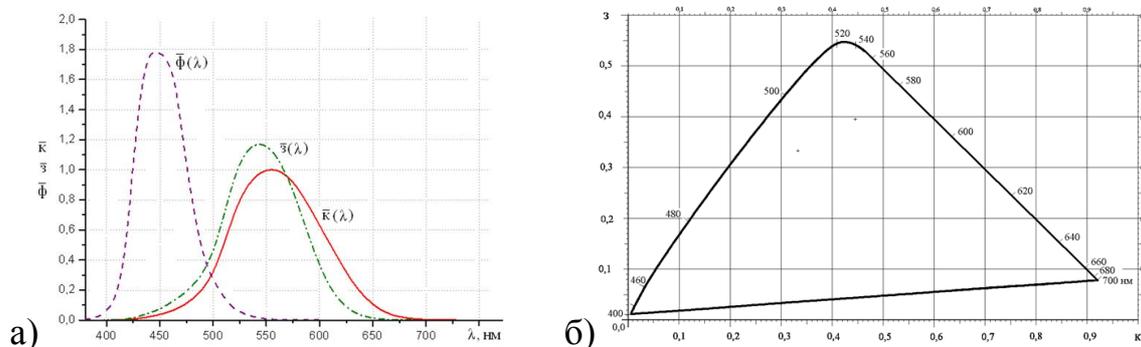


Рис. 1 – Функции сложения (а) и график цветности (б) системы КЗФ.

В макете интегрального колориметра оптическая схема представляет собой схему измерения яркости с визиром, размер измеряемого объекта 0,030 5 мм, в качестве приемника используется фотоумножитель ФЭУ-84. При площади измеряемого элемента излучения равной $8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$ и телесном угле измерения 0,4 ср нижний порог измеряемого потока $5 \cdot 10^{-12} \text{ Вт}$. Относительная спектральная чувствительность ФЭУ корректируется под кривые смещения новой системы. Сначала отбираются ФЭУ (Рис. 2, а), затем из данной выборки используются рабочие ФЭУ (Рис. 2, б). Корректирующие фильтры изготовлены индивидуально к каждому ФЭУ из цветных стёкол (суммарная толщина не больше 8 мм).

Существуют два метода определения координат цвета и цветности: спектрофотометрический (наиболее точный) и интегральный. Мы остановились на втором методе, причём реализован он в схеме с одним приёмником и тремя корректирующими фильтрами.

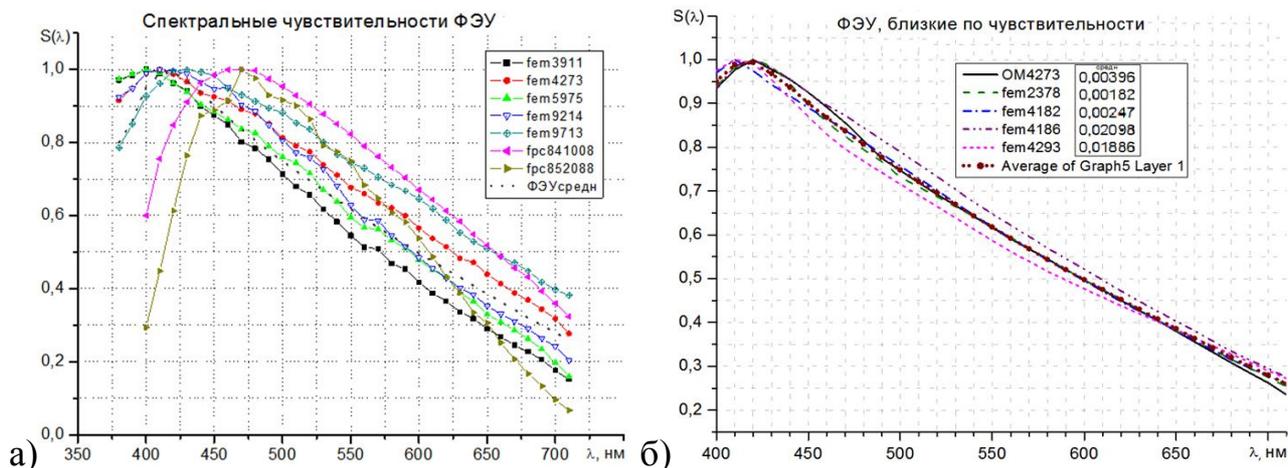


Рис. 2. Относительные спектральные чувствительности фотокатодов ФЭУ-84 случайной выборки (а) и специально отобранных (б).

Обязательно необходим переход в систему XYZ МКО 1931 г., так как она является стандартной колориметрической системой МКО. Только с помощью этой системы можно сравнивать между собой результаты цветковых измерений приборами разных стран и разных отечественных фирм.

Проверка качества измерений интегрального дистанционного колориметра и оценка погрешности измерений цветности неизвестного излучения выполняются по эталонным образцам цвета в соответствии с требованиями современной метрологии. Средняя абсолютная погрешность измерений координат цветности отдельных излучений 0,003. Среднеквадратическая оценка среднего арифметического значения $S_{\Delta} = 0,002$ для каждой координаты, а значение суммарной относительной погрешности δ_{Σ} прибора при измерении цвета 0,08. Сличение измерений цветности излучения разного спектрального состава проведено путём измерений указанного ранее эталонного набора цветов пятью различными средствами цветковых измерений. Наибольшее отличие среди классных приборов (Cary, ТКА ВД и макетом) 0,005 единиц.

Ни один из участвующих в сличениях колориметрических измерителей не может использоваться для дистанционных измерений малоразмерных объектов, за исключением макета. При этом макет трёхцветного колориметра имеет погрешность измерений цветности на уровне первого метода измерения (спектрофотометрического).