

Сергей Никифоров | sgnikiforov@arhilight.ru

Исследование светодиодов

производства ОАО «Светлана-ЛЕД»

В статье представлены результаты тестовых измерений светодиодов SvL03 от фирмы ОАО «Светлана-ЛЕД», проведенных в лаборатории «АРХИЛАЙТ» и инициированных представителями производителя в лице Екатерины Сивоконь и Екатерины Усвятцевой. Идея была поддержана руководством ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника». Представленный материал может быть полезен разработчикам светотехнических устройств на основе светодиодов.

Предыстория

Летом 2011 г. компания «Светлана-Оптоэлектроника» анонсировала создание своего новообразования «Светлана-ЛЕД», которому была поставлена задача создать производство светодиодов, отвечающее всем международным стандартам. Об этом писал и наш журнал в одном из репортажей непосредственно с нового предприятия. В результате создания этого светодиодного завода, как утверждает его генеральный директор Валерий Молодцов, была доказана экономическая целесообразность разделения производства осветительных приборов и источников света для них (светодиодов). Таким образом, «Светлана-Оптоэлектроника», замкнув производственный круг светотехнических изделий и встав в ряд отечественных производителей «условно полного цикла», открыла выпуск новых светодиодов под брендом SVETLED не только для собственных нужд, но и непосредственно для внешнего потребителя, поступающих для него не по остаточному принципу. О новых светодиодах

в ответах на вопросы корреспондента тогда было сказано, что проектные мощности производства «Светлана-ЛЕД» составляют 3–3,5 млн однотипных светодиодов в месяц, а выпускаемые светодиоды SVETLED характеризуются самыми современными техническими показателями, сравнимыми с лучшими мировыми серийными аналогами. Они имеют высокую светоотдачу и при этом стоят существенно дешевле европейских, американских и японских аналогов, лучше отводят тепло и производятся в широкой номенклатуре корпусов для различных видов монтажа, с различными типами первичной оптики, показателей тока и напряжения.

Мы попытались разобраться в справедливости таких высоких оценок, данных производителями своей продукции, проведя в фотометрической лаборатории «АРХИЛАЙТ» комплексное исследование параметров и характеристик образцов одной из самых популярных и наиболее рекламируемых серий светодиодов SVETLED белого цвета свечения типа SvL03. Следует заметить, что данное исследование проводилось по стандартной

программе, применяемой ко всем светодиодам, представляемым в подобных работах, с целью удобства сравнения результатов измерений как с заявленной спецификацией, так и с параметрами других участников рынка, и является логическим продолжением серии таких испытаний.

Исследования

Светодиоды выполнены в пластиковом корпусе 5×5 мм с парой тройных аксиальных выводов, отформованных для установки на платы в SMD-варианте. По центру расположен один мощный излучающий кристалл с гетероструктурой на сапфировой подложке. Было бы совершенно логично предположить, что излучающий кристалл в других партиях светодиодов может быть использован и другого типа, однако в предоставленных образцах был установлен упомянутый выше. Так же можно сказать и о корпусе: скорее всего, его конструкция универсальна и позволяет монтировать внутрь несколько чипов, например для создания поликристалльного или многоцветного варианта на основе монохромных структур. Внешний вид светодиода SvL03P1, установленного на фирменный радиатор, показан на рис. 1. Полость светодиода равномерно заполнена коллоидным раствором люминофора в кремнийорганическом геле, при этом получившаяся излучающая поверхность — ровная, обеспечивающая одинаковое расстояние от верхней грани кристалла лишь только над ним. Чем характеризуется такая ситуация, будет выяснено далее при рассмотрении колориметрических характеристик (координат цветности, коррелированных цветовых температур) в зависимости от угла излучения.

Для исследования был представлен, судя по данным спецификации, не самый передовой по характеристикам ранк светодиодов данного типа — F120. Однако основная задача предлагаемого анализа результатов измерений не состоит только лишь в констатации достижений (хотя, конечно, это тоже очень важно), главное — проверить соответствие реальных параметров тем, которые декларирует произ-

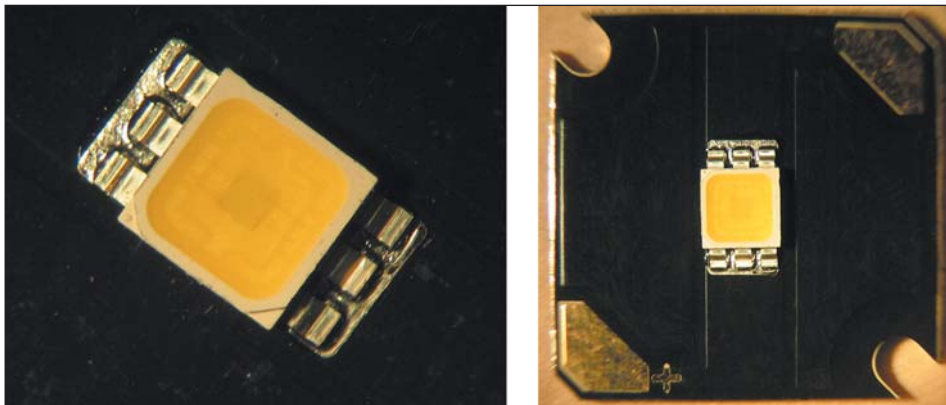


Рис. 1. Светодиоды производства ОАО «Светлана-ЛЕД» типа SvL03P1

водитель. Результаты измерений представлены в таблице.

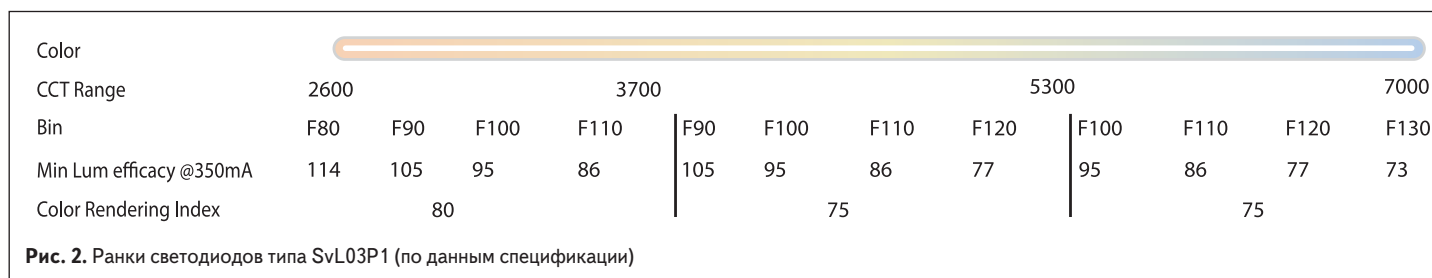
Одно из самых интересных мест таблицы и «даташита» — это, скорее, значение светового потока и световой эффективности. Указанный на образце ранк F120 говорит о том, что светодиод должен иметь типовое значение световой эффективности 77 лм/Вт, что соответствует световому потоку приблизительно 86 лм. Почему приблизительно? Да потому что здесь следует обратить внимание еще на одну, не менее интересную деталь: спецификация составлена настолько тонко, что однозначно понять, какие характеристики у светодиода, который вы держите в руках, практически невозможно, даже если там написан его ранк: в ней указаны только значения световой эффективности. И, тем не менее, на самом деле измеренный поток получился на два ранка выше заявленного — более 100 лм, что должно соответствовать ранку F100 по световой эффективности, как показано на рис. 2, представляющем из себя часть «даташита» на эти светодиоды (спецификация взята из источника [1]). А если учесть также и то обстоятельство, что температура точки пайки, при которой производились измерения в лаборатории, была выше +25 °С, указанных в спецификации (45 против 25), то можно предположить, что значение светового потока «уйдет» и на все три ранка от реально полученного при исследовании.

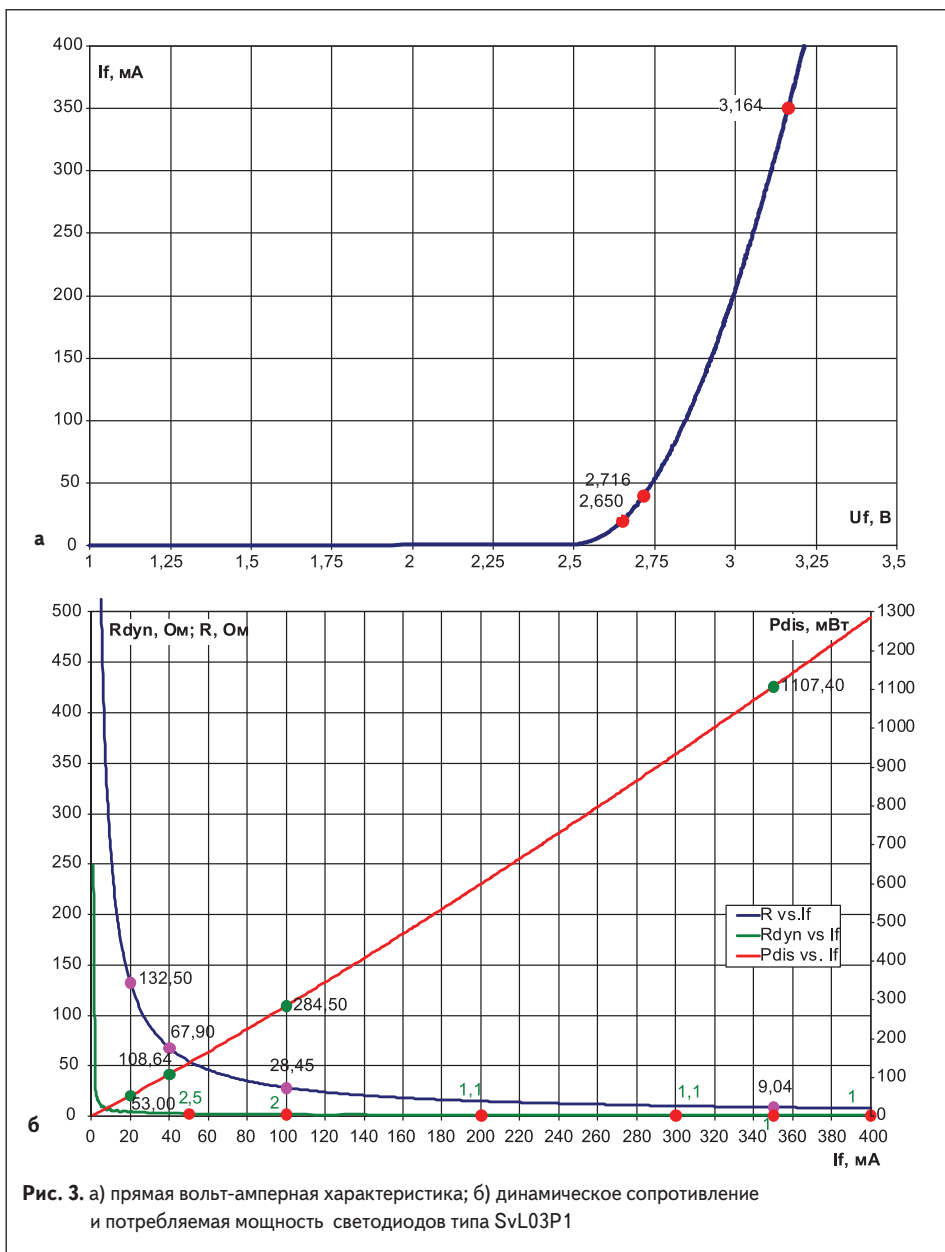
«Ну и что тут плохого? — заметит потребитель. — Обещанное-то выполнено, да еще и с запасом!» И действительно, ничего плохого тут, вероятно, и нет, раз слова подтверждаются. Однако если посмотреть с коммерческой стороны, так сказать, с ее презентационной части, то все как раз выглядит не так уж неплохо, а скорее очень даже коварно. Взяв данный образец, потребитель, несомненно, будет сравнивать его с другими, имея в голове ранк F120 и цифру 77 лм/Вт. Но, включив светодиод и поставив его рядом с включенным аналогом, он увидит (конечно же, визуально — именно на такое сравнение рассчитан этот шаг), что эти 77 лм/Вт светят как 100 в аналогичном светодиоде другого производителя, который написал на своем образце «100 лм/Вт» и который действительно обладает соответствующим потоком. «Вот это да! Мы так долго этого ждали!» — скажет обрадованный увиденным заказчик и подумает: «Ну если 77 лм/Вт выглядят так же, как 100, что же тогда ожидать, если будут указаны 100?». И с большими планами, хорошим настроением и добрыми перспективами сделает большой заказ...

Вероятно, описание этой ситуации несколько утрировано. Оно, безусловно, не затрагивает заслуг труда разработчиков именно

Таблица. Результаты измерений

Тип светодиода		Белый SvL03P1 F120	
Параметры		Полученные	Норма по D.S. (при T _{сп} = +25 °С)
Режим, мА		350	350
Мощность излучения, Вт		0,3199	
Световой поток, лм		100,26	86
Сила света максимальная, кд		34,36	
Сила света осевая, кд		34,28	
Освещенность по оси на расстоянии 2 м, лк		8,57	
Сила излучения максимальная, Вт/ср		0,11	
Угол излучения 2Q0,5lv, град.	0–0	115,62	120
	0–45	115,76	120
	45–0	115,68	120
	средний 2Q0,5lv	115,69	120
Угол излучения 2Q0,1lv, град.		160,49	
Потребляемый ток, А		0,35	0,35
Напряжение питания статическое, В		3,162	3,2
Напряжение питания импульсное, В		3,165	3,2
Потребляемая мощность статич., Вт		1,107	1,12
Потребляемая мощность имп., Вт		1,108	1,12
Световая эффективность статич., лм/Вт		90,59	77
Световая эффективность имп., лм/Вт		90,51	77
Температура точки пайки T _{сп} , °С		44,9	25
Фотометрическое отношение, кд/клм		342,7	
КПД светодиода (электр.-свет), %		28,89	
Спектральная световая эффективность, лм/Вт		313,91	
Энергетическая освещенность по оси на расстоянии 2 м, Вт/м ²		0,03	
Длина волны максимальная, нм		449,5	
Длина волны центроидная, нм		579,5	
Ширина спектра излучения по уровню 0,5P, нм		162,5	220
Ширина спектра излучения по уровню 0,1P, нм		268	290
Координаты цветности	X	0,3529	0,36
	Y	0,3377	0,36
	Z	0,3094	0,28
Доля ОСПЭЯ отн., V(λ), %		44,07	
Индекс цветопередачи Ra (CRI)		75	75
Коррелированная цветовая температура (CCT), К		4583	4500
Цветовая температура по Планку (приведенная), К		3471,5	

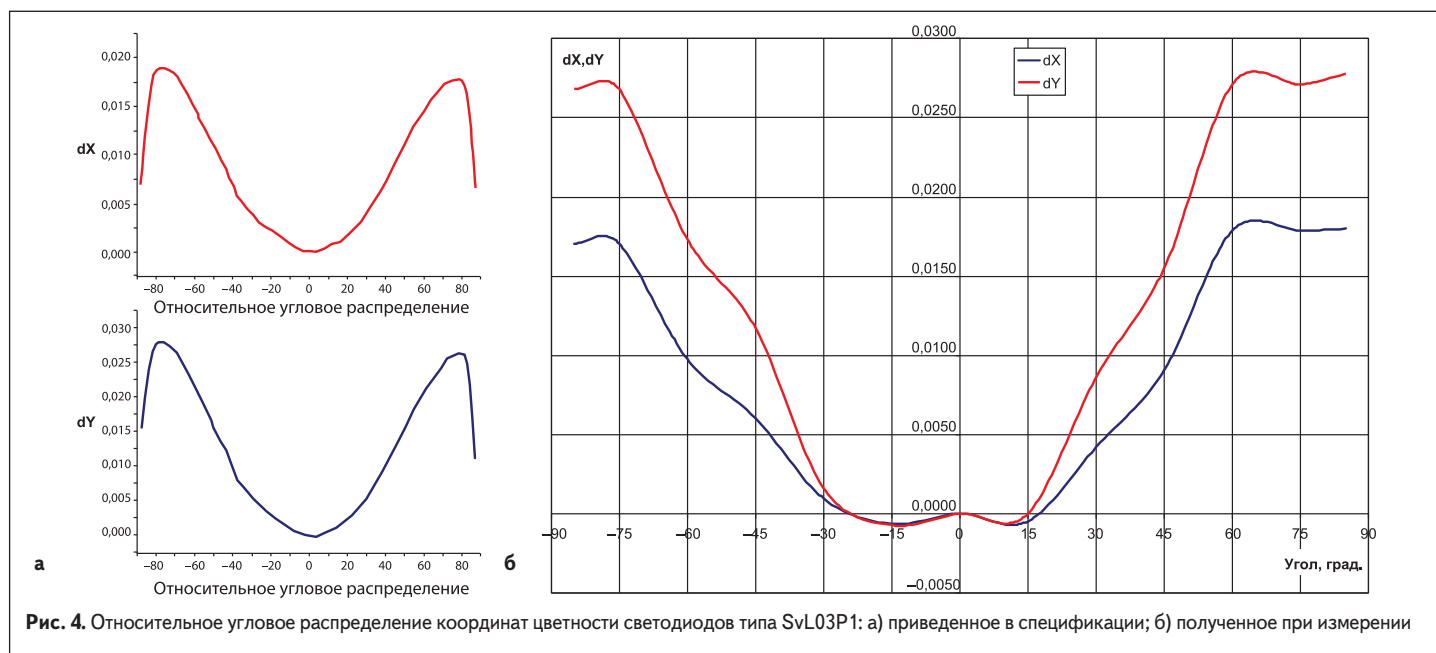




этого предприятия, его технологов и тех, кто стоит у аппарата посадки кристаллов, всегда вызывавших уважение у специалистов. Однако не стоит и закрывать глаза на этот факт, имея в виду таланты современных коммерческих отделов и их работников в этой сфере товарных отношений. Особенно когда речь идет о новом продукте, нуждающемся в срочной популяризации. Так или иначе, но если уйти от дальнейших рассуждений на тему психологии «раскрутки» бренда и возможном коммерческом ходе, оставив лишь техническую сторону, то можно по праву порадоваться за новый продукт и его реально достигнутое высокое значение светового потока, которое, наверное, и стоит указывать как неоспоримое достоинство нового отечественного светодиода.

Тем не менее в приведенной таблице имеются и другие параметры, на которые нужно обратить внимание. Так, например, значение коэффициента преобразования электрической энергии в свет (КПД) оказалось на уровне около 30%. Много это или мало? Наверное, это средний показатель при условии полученной коррелированной цветовой температуры и спектрального распределения излучения. Если говорить об адекватности большинства измеренных значений параметров и приведенных в спецификации, то можно отметить их высокую степень соответствия. Это и угловые характеристики излучения в различных плоскостях пространственной диаграммы распределения силы света, и электрические характеристики (подробно приведены на рис. 3), и колориметрические параметры (цветовая температура, координаты цветности).

В последнее время производители светодиодов белого цвета свечения для использования в осветительных приборах большое внимание уделяют довольно серьезной проблеме равномерности цветности излучения по углу излучения светодиода. Об этом неоднократно упоминалось в прежних публикациях,



особенно когда речь шла об использовании вторичной оптики. И теперь уже эта часть характеристик стала неотъемлемой при проведении представляемых исследований. И, в отличие от данных о световом потоке, эта информация в рассматриваемом «даташите» показана подробно и без утайки. А что самое важное — она совпала с полученными данными с довольно высокой точностью. Об этом свидетельствуют рис. 4 и 5, на которых приведено угловое распределение координат цветности. Можно заметить, что в центральной части светодиода (над излучающим кристаллом) координаты цветности, хоть и близки, но на углах излучения в области $\pm 20^\circ$ меньше, чем в положении «0–0». Причиной этого, вероятно, как раз и является форма излучающей площадки светодиода, описанная в начале статьи. То есть такое изменение координат и, как результат, увеличение цветовой температуры, показанное на рис. 6, может быть следствием суперпозиции излучения верхней грани и бокового ребра кристалла при одинаковой толщине люминофорного покрытия. Однако ситуация будет несколько ближе к той, которая указана на графиках, взятых из спецификации (рис. 4б), если привести результаты измерения углового распределения координат цветности по плоскости, проходящей по диагонали кристалла. Но если говорить о количественном сравнении изменения цветности по углу излучения светодиода, то оно в абсолютном своем значении незначительно. Так, например, основной световой поток, сосредоточенный в центральной части пространственной диаграммы, имеет разброс всего в несколько сотен кельвин (рис. 6), что, конечно может быть замечено глазом, но только лишь при очень пристальном рассмотрении. А если говорить об использовании технологии нанесения люминофора описанным выше способом, то, наверное вряд ли можно получить более качественные характеристики распределения цветности в принципе.

Но наиболее наглядным будет этот факт, если привести также вид спектрального распределения состава излучения, измеренного в зависимости от угла наблюдения, представленного на рис. 7. Можно заметить, что меняться будет лишь относительная интенсивность доли люминофорного излучения, а не его спектральный состав, собственно, как это и должно быть при условии увеличения толщины слоя люминофора к большим углам пространственной диаграммы (черно-зеленая, почти сливающаяся линия на рис. 7 показывает спектр излучения на углах 0–85 и 85–0), а не изменения его содержания. Однако видно, что сюда попала и линия угла 0–60. Это также может быть результатом измерения лишь определенной плоскости поверхности светодиода относительно расположения излучающего кристалла, например той, в которой проходят контактные нити, ведь линия угла 60–0 явно отличается от своего симметричного «отражения». Но если продолжать разговор о различиях в восприятии излучения светодиода в за-

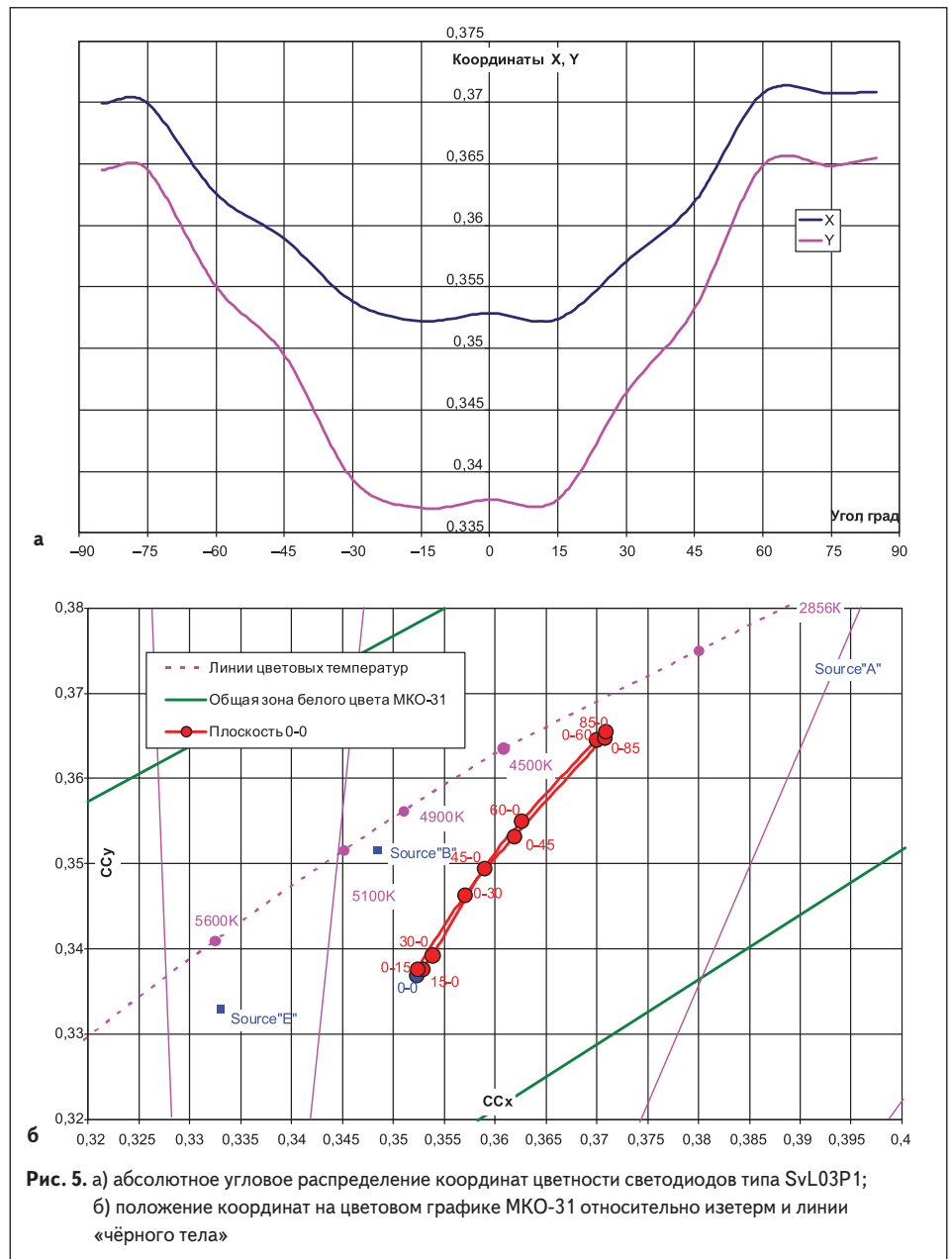


Рис. 5. а) абсолютное угловое распределение координат цветности светодиодов типа SvL03P1; б) положение координат на цветовом графике МКО-31 относительно изотерм и линии «чёрного тела»

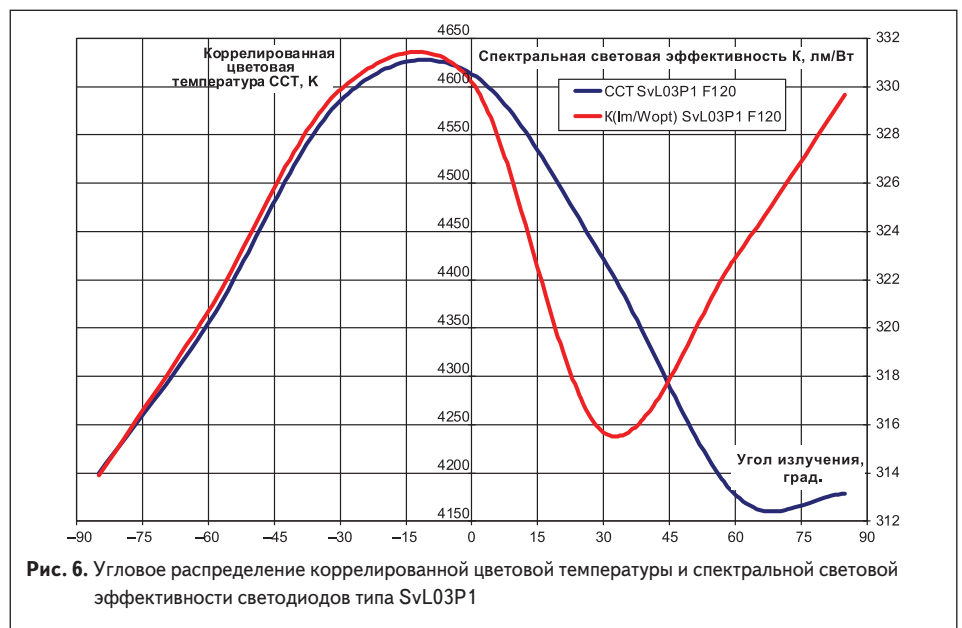


Рис. 6. Угловое распределение коррелированной цветовой температуры и спектральной световой эффективности светодиодов типа SvL03P1

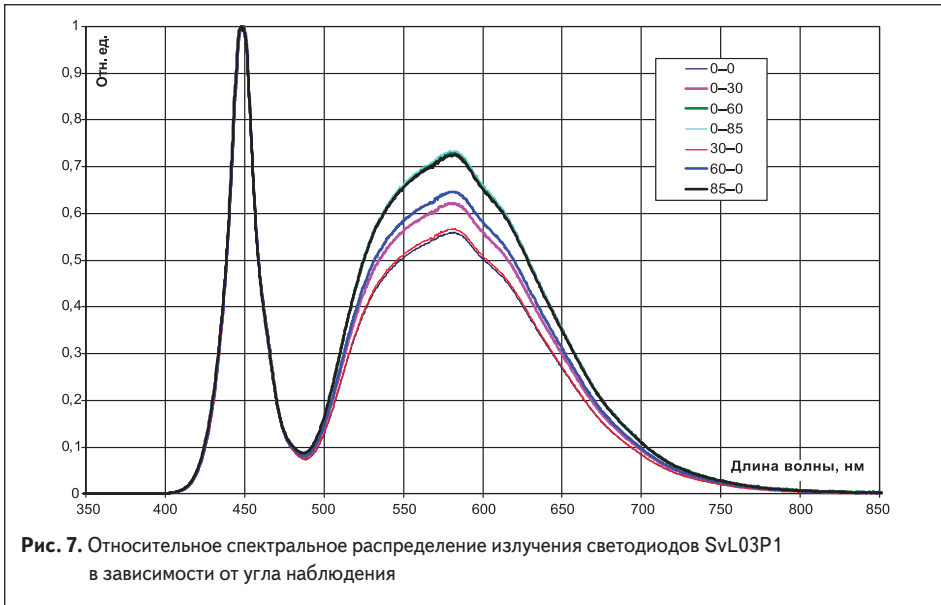


Рис. 7. Относительное спектральное распределение излучения светодиодов SvL03P1 в зависимости от угла наблюдения

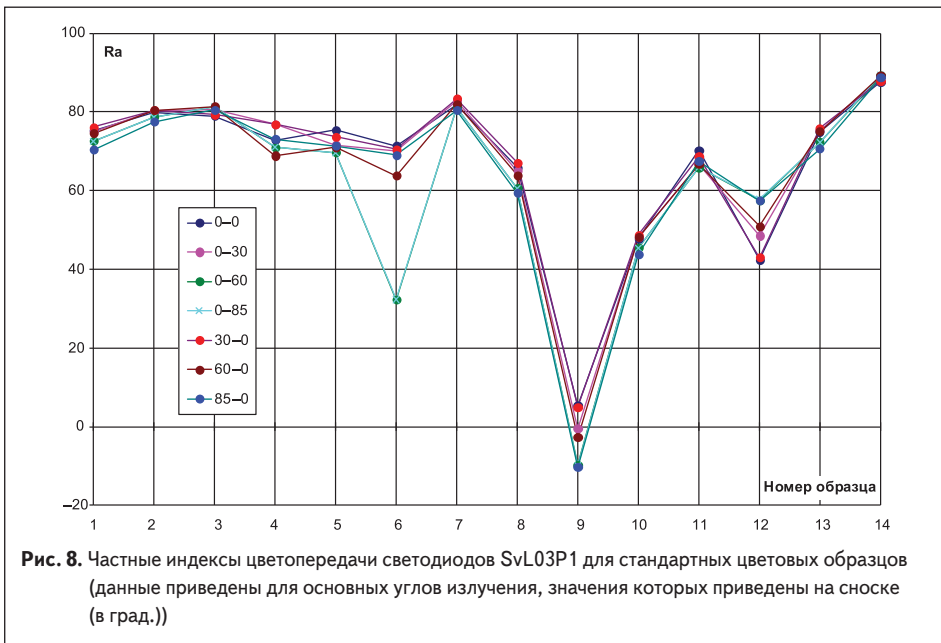


Рис. 8. Частные индексы цветопередачи светодиодов SvL03P1 для стандартных цветовых образцов (данные приведены для основных углов излучения, значения которых приведены на сноске (в град.))

в зависимости от угла наблюдения, то следует обратиться к графику на рис. 8, на котором приведены изменения рассчитанных значений индексов цветопередачи для всех 14 стандартных цветовых образцов также в зависимости от угла. Можно заметить, что при среднем $R_a = 75$ (таблица) пресловутый индекс 9-го образца с глубоким красным цветом имеет значение не ниже -10 на крайних углах излучения, а в области основной доли светового потока он положителен. Это свидетельствует о достаточно высоком качестве цветопередачи [2].

Заключение

Таким образом, в результате представленного исследования, с одной стороны, можно сделать вывод о существенной доли достоверности в декларируемых компанией «Светлана-ЛЕД» данных о характеристиках светодиодов, с другой — выразить некоторую надежду на повышение производителем планки достижений по отдельным характеристикам, а с третьей — констатировать появление на отечественном рынке светодиодов с конкурентоспособными параметрами. Однако, как и некоторым другим фирмам, дабы не производить неверного впечатления, затмевая им по-настоящему большие технические, инженерные и технологические успехи, стоит аккуратнее проводить коммерческую политику внедрения продукции на рынок. История помнит и тех, кто постоянно завышает параметры светодиодов, знает и тех, кто их умышленно занижает. И, как мы выяснили ранее, совсем не факт, что указывать большее значение эффективности хуже, чем меньшее. К счастью, история знает и тех, кто говорит правду. Поэтому будем ориентироваться на них.

Литература

1. www.soptel.ru
2. <http://colorindex.ru/>