

Современные светодиоды фирмы Nichia

В статье рассмотрены особенности светодиодов одного из ведущих разработчиков и производителей изделий оптоэлектроники – японской фирмы Nichia Corporation. Приведены основные параметры приборов.

По данным аналитического агентства IMS Research, Япония занимает второе после Тайваня место по количеству выпускаемых светодиодных кристаллов [1]. Исследователю японской фирмы Nichia Corporation Шуджи Накамура принадлежит первенство в освоении технологии промышленного выпуска синих светодиодов. В 2006 г. профессор Накамура был удостоен крупнейшей технологической премии «Миллениум» за исследования в области оптоэлектроники.

Фирма Nichia занимает лидирующие позиции в производстве сверхярких синих, зелёных и белых светодиодов на основе InGaN, AlGaIn [2]. Nichia основана в 1956 г., штаб-квартира фирмы находится в префектуре Токусима, исследовательский центр фирмы базируется в Иокогаме. Фирма располагает шестью заводами в Японии; европейские подразделения находятся в Нидерландах и Германии. Компания выпускает светодиоды, лазерные диоды, оптоэлектронные приборы, высококачественные материалы для электронной, медицинской и пищевой промышленности и другие изделия. Nichia сертифицирована по стандартам ISO9001, ISO14001 [3].

Информационные материалы на сайте фирмы отличаются полнотой и наглядностью: представлены руководства по применению светодиодов, материалы для расчёта цветопередачи, баланса белого, тепловых параметров и др. В информационных материалах (data sheet) конкретных приборов приводятся данные об их надёжности

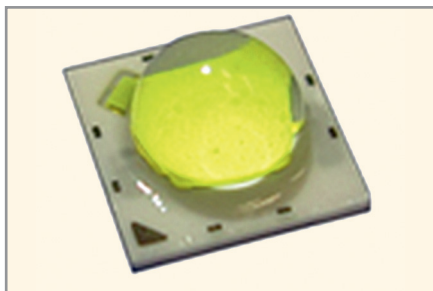


Рис. 1. Внешний вид светодиодов серии 219

при работе в различных условиях (устойчивость к перепадам температур и влажности, вибрационная стойкость и другие параметры).

Одной из последних разработок фирмы стала линейка мощных белых точечных светодиодов серии 219, представленная в ноябре 2010 г. (внешний вид приборов показан на рисунке 1). Новые светодиоды обеспечивают беспрецедентно высокий уровень световой отдачи 140 лм/Вт при цветовой температуре 5000°K, при этом размеры кристалла составляют всего $3,5 \times 3,5 \times 0,45$ мм. Для эффективного отвода тепла в конструкцию приборов включены электрически изолированные радиаторы. Приведём некоторые параметры светодиодов NVSW219A/AT:

- максимальный прямой ток 1,5 А, $P_{\text{расс}} = 5,25$ Вт (при $T_s = 25^\circ\text{C}$);
- $U_{\text{пр}} = 3,5$ В при $I_{\text{пр}} = 350$ мА;
- световой поток Φ_v , не менее 120...150 лм при прямом токе 350 мА (зависит от исполнения);
- максимальная температура внутри корпуса (Dice Temperature) $T_j = 150^\circ\text{C}$;
- диапазон рабочих температур $T_{\text{орг}}$ составляет $-40...100^\circ\text{C}$.

Параметр Dice Temperature непосредственно не измеряется, он может быть вычислен по значениям теплового сопротивления, мощности рассеяния и температуры платы.

В 2010 г. фирма предлагала светодиоды в следующих категориях:

- 1) светодиоды для освещения (General Lighting), сферы применения по рекомендациям фирмы:
 - светотехнические приборы нижнего света (Downlight),
 - световые панели (Panel Light),
 - светодиодные лампы в корпусах ламп накаливания (Bulb),
 - уличные светильники (Street Light),
 - информационные панели (Sign Board);
- 2) светодиоды для специального освещения (Special Lighting), сферы применения:
 - приборы световых эффектов (Special Effects Lighting),

- цветные табло и рекламные вывески (Signage),
- светофоры (Traffic Signal),
- портативные фонари;

3) светодиоды для информационных дисплеев, сферы применения:

- дисплеи в помещениях (Indoor Display),
- наружные дисплеи больших размеров (Outdoor Display);

4) светодиоды для автомобильных приложений, сферы применения:

- наружные сигнальные фонари (Exterior),
- внутренняя подсветка (Interior);

5) светодиоды для подсветки ЖК-дисплеев;

6) ультрафиолетовые светодиоды, сферы применения:

- ультрафиолетовые ванны (Ink Curing),
- ультрафиолетовые сканеры для проверки купюр и т.п. (Counterfeit Detection),
- активация люминофоров (Phosphor Excitation) [4].

Приборы выпускаются в корпусах для монтажа на поверхность (Surface Mount Type LED) и «лампового» типа с проволочными выводами (Lamp Type LED). По условиям эксплуатации они подразделяются на приборы общего назначения, с диапазоном рабочих температур $-30...85^\circ\text{C}$, и приборы промышленного назначения, с диапазоном рабочих температур $-40...100^\circ\text{C}$. Классификационные параметры ряда приборов Nichia из каталога 2010 г. приведены в таблице, в неё включены все перспективные приборы. Всего в каталоге 170 типов приборов, кроме того, для ряда приборов предусмотрены различные исполнения (Rank), отличающиеся световым потоком и цветовыми координатами X, Y, иногда прямым напряжением.

Источники белого света и светодиоды в частности характеризуются индексом цветопередачи – параметром, определяющим уровень соответствия естественного цвета тела видимому цвету этого тела при освещении конкретным источником света. Для определения индекса цветопередачи CRI (Color Rendering Index) какого-либо источника света фиксируется сдвиг (изменение) цвета с по-

Светодиоды фирмы Nichia для освещения

Тип прибора	Цвет	Ф _v , лм (I _v , мкд)	U _{пр} , В	Угол наблюдения, град	I _{пр} , mA	Габариты, мм / примечания
Светодиоды для освещения						
NCSW119	Белый	130	3,3	120	350	3,5 × 3,5 × 2
NCSW119-H3*	Белый/moderate	95	3,3		350	
NCSL119-H1*	Белый/high warm	80	3,3		350	
NS6W183	Белый	225	3,5		700	6,5 × 5 × 1,25
NS6W183R*	Белый	225	21		115	
NS6W183R-H3*	Белый/moderate	195	21		115	
NS6L183R-H3*	Белый/moderate warm	175	21		115	6,5 × 5 × 1,25
NS9W153M	Белый	350	10,5		350	4 × 4 × 0,85
NSSW157*	Белый	30	3,2		80	3 × 1,4 × 0,52
NSSW157R*	Белый	55	6,4		75	
NSSL157-H3*	Белый/moderate warm	23	3,2		80	
NS2L157-H3*	Белый/moderate warm	42	6,4		75	
NSSW457*	Белый	30	3,2		80	3 × 2 × 0,62
NS2W457*	Белый	55	6,4		75	2 × 2 × 0,62
NSSL457-H3*	Белый/moderate warm	23	3,2		80	
NS2L457R-H3*	Белый/moderate warm	42	6,4		75	
NS2W150*	Белый	50	3,2		150	3 × 2 × 0,85
NSSW150*	Белый	28			80	
NS2L150-H3*	Белый/moderate warm	39			150	
NSSL150-H3*	Белый/moderate warm	20,5			80	
NS2W123B	Белый	44			150	
NS2L123B	Белый/warm	32	150		2 × 2 × 0,7	
NS2W095B	Белый	34	150/140		120	3 × 1,5 × 1
NSPWR60CS-K1*	Белый	20	3,1		150	50
NSPLR60CS-K1*	Белый/warm	18	3,1	50		
NSPWR60CS*	Белый	10,5	3,4	30		Nichiarai koh
NSPLR60CS*	Белый/warm	8,4	3,4	30		
NSPW510DS-D1*	Белый	12,2	3,2	30	20	Диаметр 5
Светодиоды для специального освещения						
NS6B083	Синий	16	3,5	120	300	6,5 × 5 × 1,35
NS6E083A*	Сине-зелёный	48	3,8			
NS6G083	Зелёный	55	3,5			
NJSR083	Красный	46	2,4		350	
NS6A183*	Янтарный	130	3,5	700		
NSSM065	Белый (RGB)	(1800)	3/3,2/2	115	9/19/15	3 × 3,3 × 1,5
NSPE310S*	Сине-зелёный	(5500)	3,1	30	20	Диаметр 3
NSPA310S*	Янтарный	(6700)	3,1			
NSPR310S*	Красный	(4500)	2,1			
NSPW500GS-K1	Белый	(33 000)	3,1	15	Диаметр 5	
NSPG500DS	Зелёный	(37 700)	3,2	15		
Светодиоды для автомобильных приложений						
NJSW072A*	Белый	75	3,3	120	350	3 × 3 × 0,8
NFSW072A*	Белый	35	3,2		150	
NJSA072A*	Янтарный	37	3,3		350	
NFSA072A*	Янтарный	18	3,2		150	
NSSW064A	Белый	(3300)	2,9	115	30	3,5 × 2,8 × 2
NHSB046-N3*	Синий/corporate	(85)				
NHSB046-N5*	Синий/corporate	(75)			5	2,2 × 1,4 × 1,3
NHSB046-NA*	Синий/corporate	(85)				
NSSW129*	Белый	(3300)			30	4 × 4 × 3,6

* Категория New

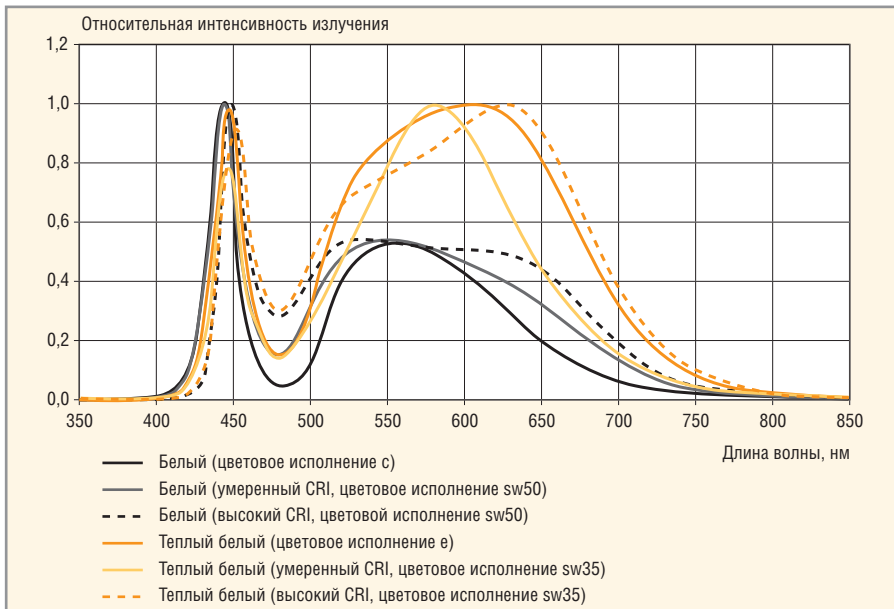


Рис. 2. Спектральные характеристики светодиодов Nichia

мощью 8 или 14 указанных в стандарте DIN6169 эталонных цветов, наблюдаемый при направлении тестируемого источника света на эталонные цвета.

Белые светодиоды Nichia характеризуются различными индексами цветопередачи CRI: стандартный (холодный) белый – White; белый с умеренным индексом – Moderate CRI White; белый с высоким индексом – High CRI White; тёплый белый – Warm White; тёплый белый с умеренным индексом – Moderate CRI Warm White; тёплый белый с высоким индексом – High CRI Warm White. Соответствующие спектральные характеристики белых светодиодов фирмы приведены на рисунке 2. Следует отметить, что для определения CRI Nichia использует 15 эталонных цветов в соответствии с японским стандартом JIS Z8726. На рисунке 3 приведены значения индексов цветопередачи светодиодов фирмы на различных эталонных цветах данного стандарта.

состав – Moderate CRI Warm White; тёплый белый с высоким индексом – High CRI Warm White. Соответствующие спектральные характеристики белых светодиодов фирмы приведены на рисунке 2. Следует отметить, что для определения CRI Nichia использует 15 эталонных цветов в соответствии с японским стандартом JIS Z8726. На рисунке 3 приведены значения индексов цветопередачи светодиодов фирмы на различных эталонных цветах данного стандарта.

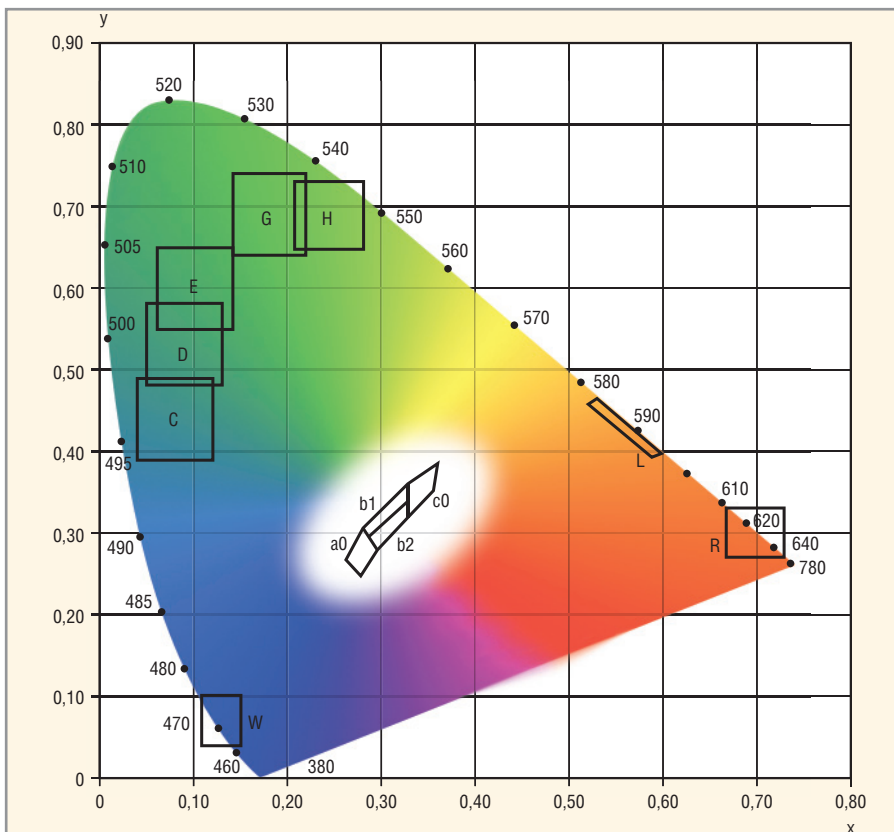


Рис. 4. Расположение цветов на диаграмме цветности

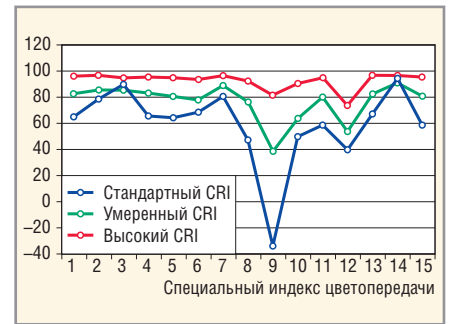


Рис. 3. Индексы цветопередачи

Параметры цветности светодиодов фирмы – цветовые координаты X, Y и длины волн излучения – нормированы следующим образом:

- синий – исполнение Rank W, $\lambda = 464...475$ нм;
- зелёный – Rank G, 520...535 нм, Rank H, 535...545 нм;
- красный – Rank R, 615...635 нм;
- янтарный – Rank L, 583...595 нм;
- сине-зелёный – Rank C, 495...500 нм; Rank D, 500...505 нм; Rank E, 505...510 нм.

Белые светодиоды имеют четыре исполнения (для данного примера): Rank a0, b1, b2, c0; расположение цветов светодиодов Nichia на диаграмме цветности показано на рисунке 4, на рисунке 5 приведены соответствующие спектральные характеристики. Новая серия светодиодов 046 обеспечивает получение нескольких десятков оттенков синего цвета (сорго-голубой), например, для приборов NNSB046-N3 предусмотрено 30 вариантов.

Перейдём к более подробному рассмотрению особенностей некоторых приборов фирмы.

Серия NS6W183T (внешний вид приборов показан на рисунке 6) – белые светодиоды со стандартным индексом цветопередачи CRI (см. рис. 3). Наименования приборов приведены по справочным материалам (data sheet), полные наименования дополняются вариантами исполнений (Rank). Основное наименование по каталогу NS6W183, предусмотрено шесть исполнений по цветовым координатам X, Y, шесть исполнений по световому потоку, три исполнения по прямому напряжению. Основное назначение приборов – элементы систем общего освещения, ламп, светильников различного типа. Основные параметры светодиодов:

- световой поток Φ_v (лм): Rank C245 – 245...260; C230 – 230...245; C215 – 215...230; C200 – 200...215; C185 –

185...200; C170 – 170...185 (при $I_{\text{пр}} = 700 \text{ мА}$, $T = 25^\circ\text{C}$);

- прямое напряжение V_f (В): Rank M – 3,6...4; L – 3,2...3,6; K – 2,8...3,3;
- максимальный прямой ток $I_f = 800 \text{ мА}$ (импульсный 900 мА, $t_{\text{имп}} \leq 10 \text{ мкс}$, скважность менее 1/10);
- мощность рассеяния $P_d = 3,2 \text{ Вт}$ (при температуре 25°C);
- диапазон рабочих температур $-40...100^\circ\text{C}$;
- максимальная температура внутри корпуса 135°C .

Результаты испытаний приборов на надёжность в соответствии с японским стандартом JISTA ED-4701:

- термоциклирование – 100 циклов (один цикл: $-40^\circ/30 \text{ мин}$, $25^\circ/5 \text{ мин}$, $100^\circ/30 \text{ мин}$, $25^\circ/5 \text{ мин}$);
- устойчивость к повышенной влажности – 10 циклов (25° , 65° , -10° при влажности 90%, 1 цикл 24 ч);
- хранение при температуре 100°C – 1000 ч;
- хранение при влажности 90% и температуре 60°C – 1000 ч;
- длительность работы при $I_{\text{пр}} = 800 \text{ мА}$ – 1000 ч ($T = 25^\circ\text{C}$);
- вибростойкость – 48 мин при ускорении 200 м/с^2 , частота 100 – 2000 –

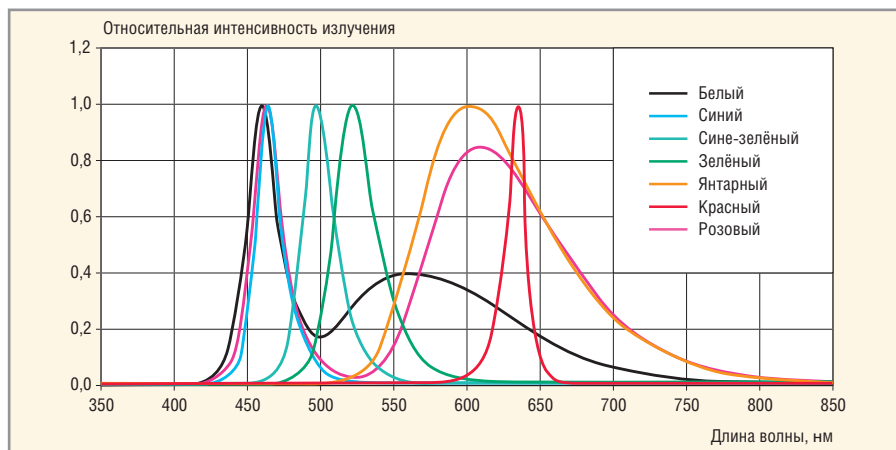


Рис. 5. Спектральные характеристики светодиодов Nichia

100 Гц – 4 мин, четыре цикла в трёх направлениях.

Приборы подвергаются и другим испытаниям, их результаты приведены в справочных листках.

Координаты цветности X, Y различных исполнений светодиодов показаны на диаграмме цветности, приведённой на рисунке 7 (исполнения Rank b3, b4, b5, b6, c1, c2). На рисунке 8 показаны спектральные характеристики приборов, на рисунке 9 – диаграмма углового распределения силы света. Следует отметить, что в каталогах фирмы и

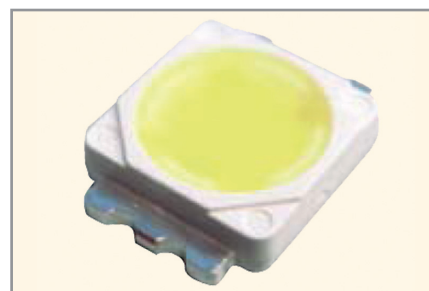


Рис. 6. Внешний вид светодиодов серии 183

таблице приводятся некоторые средние (очевидно, основные) значения параметров без учёта исполнений,

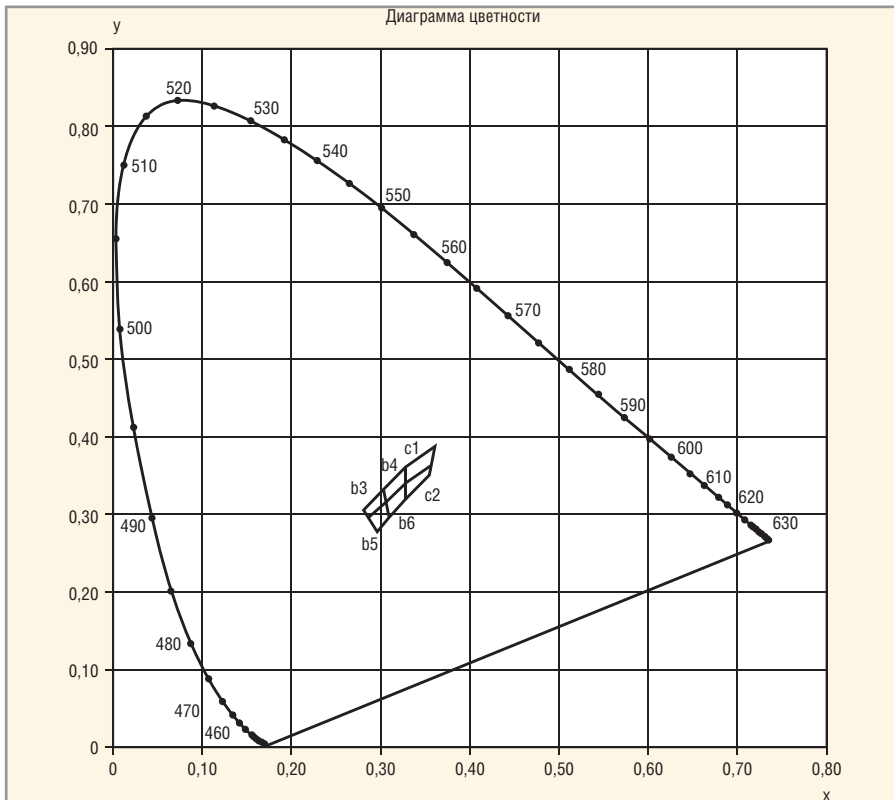


Рис. 7. Положение координат цветности X, Y светодиодов NS6W183 на диаграмме цветности

подробная информация приведена в справочных листах конкретных приборов.

Серия NS6W183T-H1 (наименование в каталоге NS6W183-H1) – белые светодиоды с высоким индексом цве-

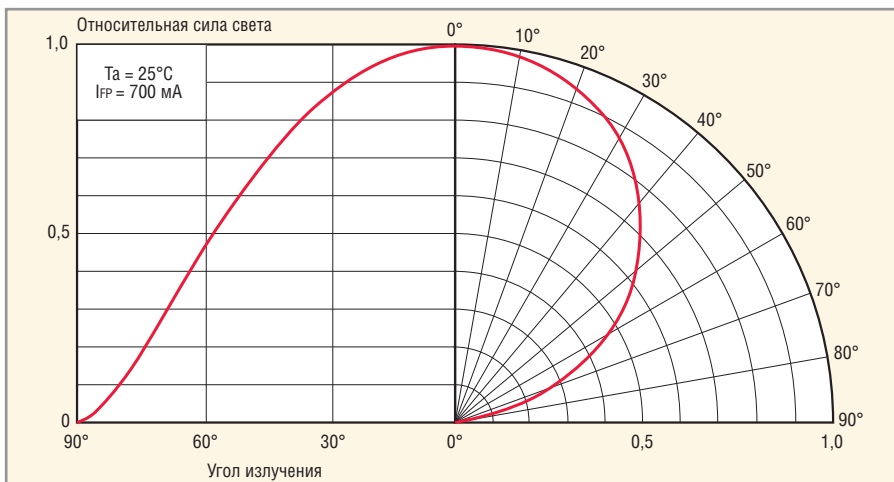


Рис. 9. Диаграмма углового распределения силы света светодиодов NS6W183



Рис. 10. Спектральная характеристика светодиодов NS6W183-H1

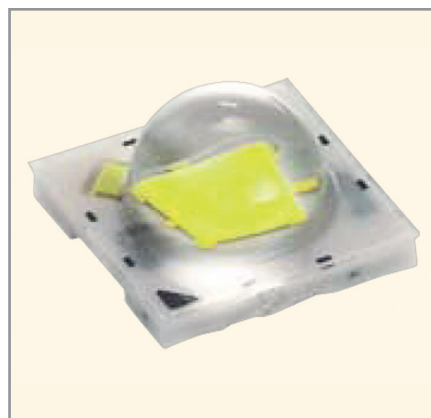


Рис. 11. Внешний вид светодиодов серии 119

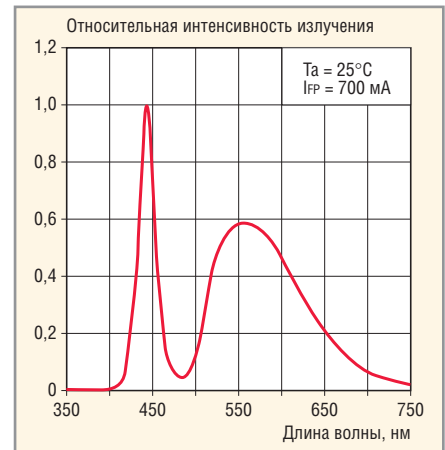


Рис. 8. Спектральная характеристика светодиодов NS6W183

топередачи CRI. Предусмотрено три исполнения по цветовым координатам X, Y, пять исполнений по световому потоку, три исполнения по прямому напряжению, основные параметры светодиодов примерно такие же, как у вышерассмотренного прибора, за исключением ϕ_v (лм) (Rank C170 – 170...185; C155 – 155...170; C140 – 140...155; C125 – 125...140; C110 – 110...125) и цветовых координат X, Y. Индекс цветопередачи CRI приборов не менее 85, типовое значение 92. На рисунке 10 приведена спектральная характеристика прибора. Приборы могут быть использованы для освещения объектов при высококачественных фото- и видеосъемках.

Серия NCSW119T-H3, наименование в каталоге NCSW119-H3 (внешний вид приборов серии 119 показан на рисунке 11), – белые светодиоды с умеренным индексом цветопередачи. Предусмотрено три исполнения по цветовым координатам X, Y и пять исполнений по световому потоку. Основное назначение приборов – плоскочастотные источники света. Основные параметры приборов:

- световой поток ϕ_v (лм): Rank B12 – 120...130; B11 – 110...120; B10 – 100...110; B09 – 90...100; B08 – 80...90 (при $I_{pp} = 350$ мА, $T = 25^\circ\text{C}$);
- прямое напряжение $U_{pp} = 3,3$ В (макс. 3,8 В);
- индекс цветопередачи $R_a = 80$ (минимальный 75);
- максимальный прямой ток $I_f = 700$ мА (импульсный 1 А при $t_{in} \leq 10$ мкс, скважности менее 1/10);
- мощность рассеяния $P_d = 2,66$ Вт (при $T = 25^\circ\text{C}$);
- диапазон рабочих температур $-40...100^\circ\text{C}$;

- максимальная температура внутри корпуса 150°C.

Результаты испытаний на надёжность такие же, как и для приборов 183-й серии, спектральная характеристика прибора приведена на рисунке 12. Спектральные характеристики рассмотренных приборов (рисунки 8, 10 и 12) имеют острый максимум на длине волны синего цвета, поэтому можно предположить, что технология получения белого цвета, используемая фирмой Nichia, основана на использовании синих светодиодов с покрытиями (люминофорами) на основе фосфора [5].

Серия *NSSL157T-H3*, наименование в каталоге NSSL157-H3 (внешний вид приборов показан на рисунке 13), – тёплые белые светодиоды с умеренным индексом цветопередачи. Предусмотрено три исполнения по световому потоку и пять исполнений по цветовым координатам X, Y. Назначение – элементы световых приборов в форме ламп накаливания и других светильников. Основные параметры светодиодов:

- световой поток Φ_v (лм): Rank P10 – 25,5...30,3; P9 – 21,4...25,5; P8 – 18...21,4 (при $I_{пр} = 80$ мА, $T = 25^\circ\text{C}$);
- прямое напряжение $U_{пр} = 3,2$ В (макс. 3,6 В);
- индекс цветопередачи $R_a - 85$ (мин. 75);
- максимальный прямой ток $I_f = 150$ мА (импульсный 200 мА);
- мощность рассеяния $P_d = 540$ мВт;
- максимальная температура внутри корпуса 120°C.

Результаты испытаний на надёжность такие же, как у рассмотренных выше приборов. Спектральная характеристика светодиодов приведена на рисунке 14; на ней заметно увеличение уровня зелёных и красных составляющих (в сравнении с рассмотренными приборами).



Рис. 12. Спектральная характеристика светодиодов NCSW119-H3



Рис. 14. Спектральная характеристика светодиодов NSSL157-H3

Серия *NSPWR70CSS-K1*, наименование в каталоге NSPWR70CS-K1 (внешний вид приборов показан на рисунке 15), – белый светодиод со стандартным индексом цветопередачи. Предусмотрено три исполнения по световому потоку и пять исполнений по координатам цветности. Назначение приборов – системы наружного (уличного) освещения.

- Основные параметры светодиодов:
- световой поток Φ_v (лм): Rank P9 – 21,4...25,5; P8 – 18...21,4; P7 – 15,1...18 (при $I_{пр} = 50$ мА, $T = 25^\circ$);

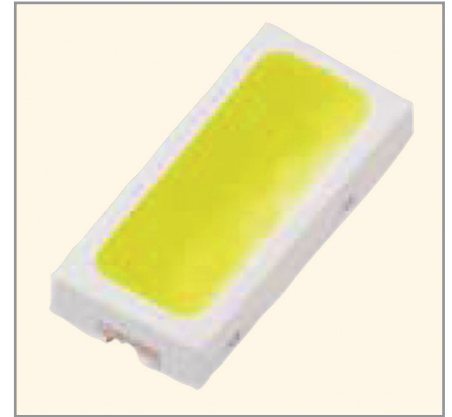


Рис. 13. Внешний вид светодиодов серии 157

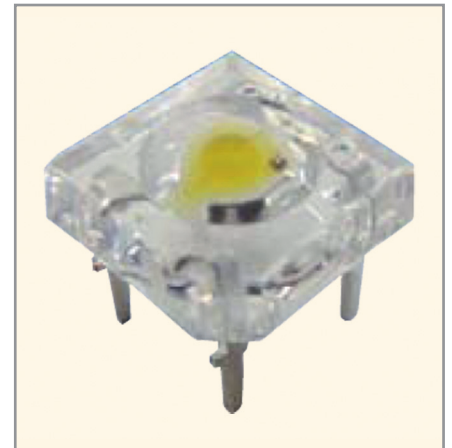


Рис. 15. Внешний вид светодиодов серии NSPWR70

- прямое напряжение $U_{пр} = 3,1$ В (макс. 3,5 В);
- максимальный прямой ток $I_f = 60$ мА (импульсный 180 мА);
- мощность рассеяния $P_d = 210$ мВт;
- максимальная температура внутри корпуса 100°C.

Спектральная характеристика приборов приведена на рисунке 16, в сравнении с характеристиками ранее рассмотренных приборов уровень зелёных и красных составляющих понижен. Следует отметить, что для стандартных (холодных) белых све-



Рис. 16. Спектральная характеристика светодиодов NSPWR70CS-K1

диодов данные о величине индекса цветопередачи в справочных листках ряда приборов фирмы не приводятся.

Серия NHSB046-H3 – миниатюрные синие светодиоды с широкой диаграммой углового распределения силы света. Предусмотрено 30 исполнений по координатам цветности (Rank 3801-3830), как показано на рисунке 17, и три исполнения по силе света. Приборы могут быть использованы для автомобильных приборов и светотехнических устройств, требующих высокоточной цветопередачи. Основные параметры приборов:

- сила света I_v (мкд): Rank R – 90...125; Q – 63...90; P – 46...63 (при $I_{FP} = 5\text{ mA}$, $T = 25^\circ\text{C}$);
- прямое напряжение $U_{FP} = 2,9\text{ В}$ (макс. 3,1 В);
- максимальный прямой ток $I_f = 10\text{ mA}$ (импульсный 30 mA);
- мощность рассеяния $P_d = 30\text{ мВт}$;
- диапазон рабочих температур $-40...100^\circ\text{C}$ (температура корпуса не нормируется).

Серия NSPBR70AS-N9 – розовые светодиоды с широкой диаграммой распре-

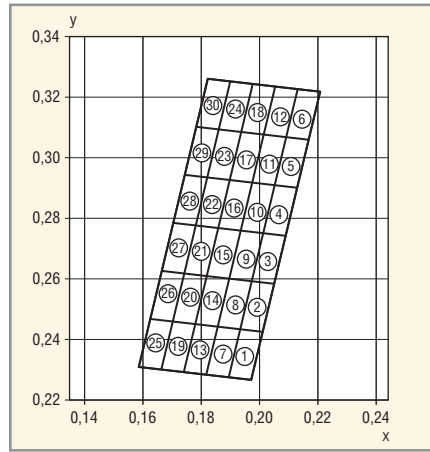


Рис. 17. Расположение координат цветности светодиодов NHSB046-H3 на

деления светового потока. Предусмотрено три исполнения по световому потоку и четыре исполнения по цветовым координатам X, Y. Назначение приборов – освещение интерьеров.

Основные параметры:

- световой поток Φ_v (лм): Rank Rb – 3,4...4,8; Ra – 2,4...3,4; R1 – 1,7...2,4 (при токе 30 mA);
- прямое напряжение $U_{FP} = 3,8\text{ В}$ (макс. 4,2 В);
- максимальный прямой ток $I_f = 35\text{ mA}$ (импульсный 100 mA);
- мощность рассеяния $P_d = 147\text{ мВт}$;
- диапазон рабочих температур $-30...85^\circ\text{C}$.

Спектральная характеристика приборов приведена на рисунке 18; очевидно, как и при получении белого света, розовый свет формируется из излучения синего светодиода с люминофорами на основе фосфора, ослабляющими зелёные и усиливающими красные составляющие излучения.

Серия NSPW500GS-K1 – белые светодиоды высокой яркости со стандартным индексом цветопередачи.

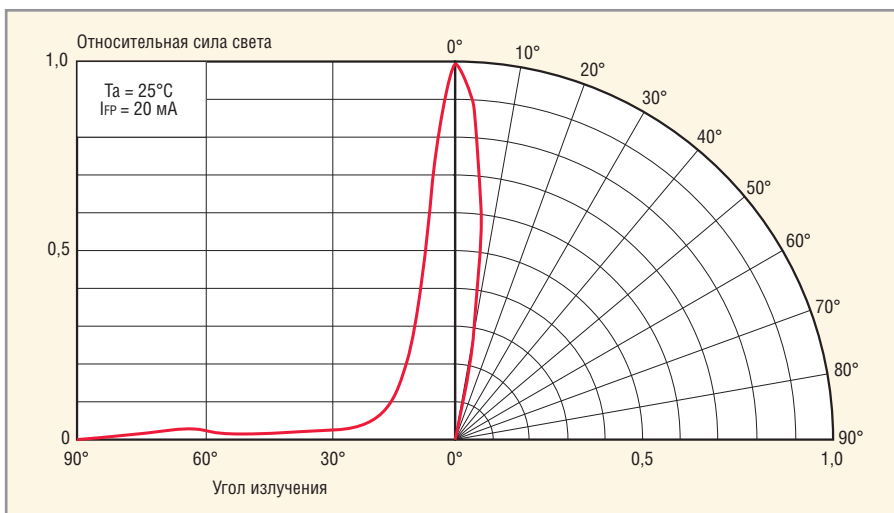


Рис. 19. Диаграмма углового распределения силы света светодиодов NSPW500GS-K1

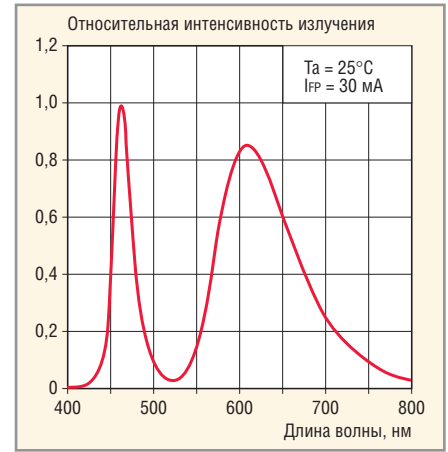


Рис. 18. Спектральная характеристика светодиодов NSPBR70AS-N9

Прибор выполнен в корпусе лампового типа диаметром 5 мм, встроенная линза обеспечивает узкую диаграмму распределения силы света, показанную на рисунке 19. Предусмотрено четыре исполнения по координатам цветности X, Y и три исполнения по световому потоку. Назначение светодиодов – портативные фонари, софиты и т.п. Основные параметры приборов:

- сила света I_v (мкд): Rank W – 31 000...44 000; V – 22 000...31 000; U – 15 500...22 000 (при токе 20 mA);
- прямое напряжение $U_{FP} = 3,1\text{ В}$ (макс. 3,5 В);
- максимальный прямой ток $I_f = 30\text{ mA}$ (импульсный 100 mA);
- мощность рассеяния $P_d = 105\text{ мВт}$;
- диапазон рабочих температур $-30...85^\circ\text{C}$.

Полноцветный светодиодный прибор NSSM227T (внешний вид показан на рисунке 20) предназначен для цветных информационных дисплеев, размеры корпуса $3,2 \times 3,2 \times 1,8\text{ мм}$. Прибор представляет собой сборку из трёх независимых светодиодов – синего, зелёного и красного цветов; его основные параметры:

- типовое значение силы света I_v (мкд): синий – 400; зелёный – 1700; красный – 700 (при $I_{FP} = 20\text{ mA}$);



Рис. 20. Внешний вид приборов серии 227

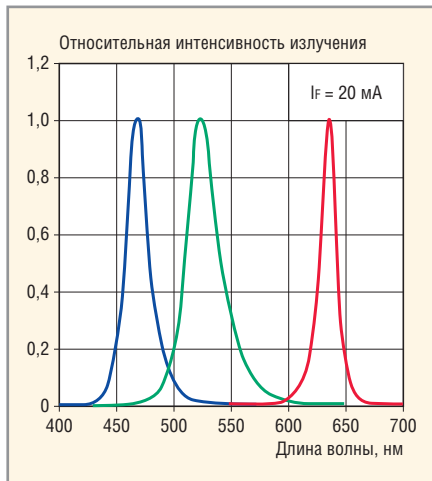


Рис. 21. Спектральные характеристики приборов NSSM227

- прямое напряжение $U_{пр} = 3,2 \text{ В}$ (синий, зелёный), $2,1 \text{ В}$ (красный);
- максимальный прямой ток $I_f = 25/35/50 \text{ mA}$ (синий/зелёный/красный);
- мощность рассеяния $P_d = 88,7/124/200 \text{ мВт}$;
- диапазон рабочих температур $-30...85^\circ\text{C}$.

Спектральные характеристики прибора показаны на рисунке 21.

Янтарный светодиод высокой яркости NJSA072AT имеет максимум спектральной характеристики на длине волны 600 нм ; предусмотрено четыре исполнения по световому потоку. Назначение – автомобильные устройства. Основные параметры прибора:

- световой поток Φ_v (лм): Rank P13 – $42,8...51$; P12 – $36...42,8$; P11 – $30,3...36$; P10 – $25,5...30,3$ (при $I_{пр} = 350 \text{ mA}$);
- прямое напряжение $U_{пр} = 3,3 \text{ В}$ (макс. $3,85 \text{ В}$);
- максимальный прямой ток $I_f = 450 \text{ mA}$ (импульсный 900 mA);
- мощность рассеяния $P_d = 1,7 \text{ Вт}$;
- диапазон рабочих температур $-40...100^\circ\text{C}$;
- максимальная температура внутри корпуса 150°C .

Сборка белых светодиодов со стандартным индексом цветопередачи NS9W153MT состоит из трёх последовательно соединённых светодиодов. Предусмотрено четыре исполнения по прямому напряжению, пять исполнений по световому потоку и четыре исполнения по координатам

цветности X, Y. Основные параметры приборов:

- световой поток Φ_v (лм): Rank D360 – $360...380$; D340 – $340...360$; D320 – $320...340$; D300 – $300...320$; D280 – $280...300$ (при $I_{пр} = 350 \text{ mA}$);
- прямое напряжение $U_{пр}$ (В): Rank H – $11...11,5$; M – $10,5...11$; L – $10...10,5$; K – $9,5...10$;
- максимальный прямой ток $I_f = 400 \text{ mA}$ (импульсный 900 mA);
- мощность рассеяния $P_d = 4,6 \text{ Вт}$;
- диапазон рабочих температур $-40...100^\circ\text{C}$;
- максимальная температура внутри корпуса 150°C .

ЛИТЕРАТУРА

1. http://ledcommunity.org.ru/links/papers/le_dleaders.
2. <http://soberminded.livejournal.com/39390.html>.
3. http://www.nichia.co.jp/en/about_nichia/info.html.
4. http://www.nichia.co.jp/en/product/led_catalogue.html.
5. Романова И. Светодиодная промышленность России. Электроника: НТБ. 2010. № 6.

