

# Новые продукты в линейке светодиодов компании SemiLEDs

Андрей Туркин (Москва)

За несколько последних лет компания SemiLEDs сумела выйти в лидеры рынка светодиодной продукции, и в настоящее время активно разрабатывает новые серии светодиодов. В статье приводится обзор новых изделий этой тайваньской компании, описываются их особенности и характеристики.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений развития современного рынка систем освещения является переход на светодиодные источники света. Характеристики современных сверхъярких и мощных светодиодов, а также светодиодных модулей, достигли таких значений, что способны с успехом заменить традиционные источники света.

Лидерами рынка светодиодов являются компании, которые используют в разработке собственные ноу-хау [1, 2]. В течение нескольких последних лет в их число вошла основанная в 2004 г. тайваньская компания SemiLEDs. Эта компания имеет в активе собственную технологию производства кристаллов, основанную на отработанном её специалистами методе отсоединения структуры нитрида галлия (GaN) от сапфировой ( $Al_2O_3$ ) подложки [1–3].

Эта технология получила название Lift-Off [1–4]. С её помощью компании SemiLEDs удалось существенно снизить концентрацию дефектов в структуре GaN и, как следствие, уменьшить безызлучательную рекомбинацию. Тем самым был увеличен квантовый выход излучения [1, 2]. Кроме того, отработав собственный метод монтажа структуры на проводящую подложку,

специалисты компании получили возможность изготавливать кристаллы с контактами на противоположных гранях. Такой метод обеспечивает вертикальное протекание тока, что позволяет снизить внутреннее сопротивление структуры и, как следствие, уменьшить прямое напряжение и потребляемую мощность при номинальном токе [1, 2]. Кроме того, данная технология позволяет в процессе роста использовать сапфировые подложки несколько раз, что снижает себестоимость кристаллов [1, 2].

Также стоит отметить, что при разработке своих новых продуктов компания SemiLEDs внимательно изучает тенденции рынка светодиодов и находит новые рыночные сегменты для своих изделий. Например, анализ ситуации на рынке в 2014 г., с учётом достаточно жёсткой конкуренции среди производителей светодиодов для систем общего освещения, позволил специалистам компании SemiLEDs принять важные решения. Во-первых, компания доработала существующую серию мощных светодиодов, выпустив обновлённые серии. Во-вторых, решила сосредоточить усилия на разработке новых продуктов для специальных применений, где требуются источники света

инфракрасной (ИК) и ультрафиолетовой (УФ) областей спектра.

Рассмотрим особенности и характеристики новых серий светодиодов компании SemiLEDs.

## Мощные светодиоды видимого диапазона компании SemiLEDs

Прежде всего, стоит отметить обновление серии мощных светодиодов C35, о которой достаточно подробно говорилось в предыдущих статьях [1, 2]. В качестве обновления этих светодиодов компания SemiLEDs выпустила серию C3535x, которая включает в себя два семейства: C3535L – светодиоды белого цвета свечения и C3535M – цветные светодиоды. На рисунке 1 показаны светодиоды серии C3535x.

Мощные светодиоды семейства C3535L выпускаются во всём диапазоне белого цвета. Величина их светового потока при токе 350 мА для холодного белого цвета (диапазон цветовой температуры 4750–10 000 К) превышает 139 лм, для естественного белого цвета (диапазон цветовой температуры 3700–4750 К) – 122 лм, для тёплого белого цвета (диапазон цветовой температуры 2600–3700 К) – 114 лм. Типичное значение индекса цветопередачи (CRI) мощных светодиодов серии C3535L холодного и естественного белого цвета составляет, соответственно, 70 и 75, у светодиодов тёплого белого цвета минимальный CRI равен 80. Максимальный рабочий ток светодиодов всех оттенков белого цвета равен 1000 мА. Угол кривой светораспределения у светодиодов холодного белого диапазона составляет 135°, у светодиодов естественного и тёплого диапазона – 130°. Тепловое сопротивление светодиодов серии C3535L не превосходит 8°С/Вт.

Цветные светодиоды семейства C3535M выпускаются в тёмно-красном (диапазон длин волн 650–670 нм), красном (диапазон длин волн 620–635 нм), жёлтом (диапазон длин волн 580–600 нм), зелёном (диапазон длин волн 520–535 нм), изумрудном (диапазон длин волн 500–520 нм), голубом (диапазон длин волн 455–470 нм) и синем (диапазон длин волн 440–460 нм) обла-

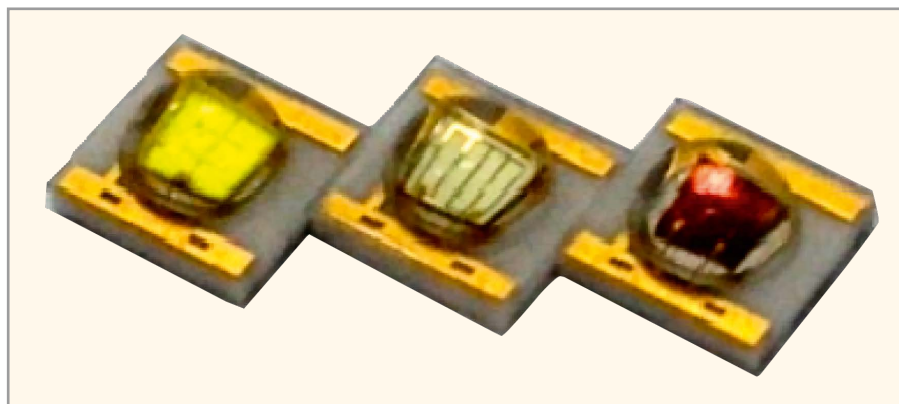


Рис. 1. Мощные светодиоды серии C3535x компании SemiLEDs

стях видимого спектра. Значение светового потока при токе 350 мА у красных и жёлтых светодиодов превосходит 56 лм, у зелёных – 87 лм, у изумрудных – 80 лм, у голубых – 30 лм. Значение мощности оптического излучения тёмно-красного светодиода семейства C3535M превосходит 280 мВт, а синего светодиода – 520 мВт. Максимальный рабочий ток тёмно-красных, красных и жёлтых светодиодов составляет 700 мА, для зелёных, изумрудных, голубых и синих светодиодов – 1000 мА. Угол кривой светораспределения у всех цветных светодиодов составляет 125°. Тепловое сопротивление тёмно-красных, красных и жёлтых светодиодов не превосходит 10°C/Вт, у зелёных, изумрудных, голубых и синих светодиодов значение теплового сопротивления не превосходит 8°C/Вт.

Основные характеристики светодиодов серии C3535x приведены в таблице 1.

При сравнении новой серии с предыдущей серией C35 компании SemiLEDs [1, 2] можно отметить, что значения светового потока или мощности оптического излучения большинства светоди-

Таблица 1. Основные характеристики светодиодов серии C35 компании SemiLEDs

Светодиод	Цвет	Номинальный ток, мА	Рабочий ток, мА (макс.)	Световой поток*, лм (мин.)	CRI
C3535L-COL1-1J11H	Холодный белый	350	1000	139	70 (тип.)
C3535L-N1L1-A1J11H	Естественный белый	350	1000	122	75 (тип.)
C3535L-W7L1-A1J11H	Тёплый белый	350	1000	114	80 (мин.)
C3535M-SNL1-E1H11H	Тёмно-красный	350	700	280 мВт	–
C3535M-RNL1-E1H11H	Красный	350	700	56,8	–
C3535M-ANL1-E1H11H	Жёлтый	350	700	56,8	–
C3535M-GNL1-A1H11H	Зелёный	350	1000	87,4	–
C3535M-CNL1-A1H11H	Изумрудный	350	1000	80,6	–
C3535M-BNL1-A1H11H	Голубой	350	1000	30,6	–
C3535M-DNL1-A1H11H	Синий	350	1000	520 мВт	–

\* Значения приведены для максимальной группы каждого цвета

одов не снизились, а у тёплого белого и синего – увеличились. Кроме того, в линейке цветных светодиодов появился тёмно-красный цвет свечения, который расширил диапазон видимого спектра, перекрываемый данной серией, и тем самым расширил область применений светодиодов SemiLEDs.

Светодиоды серии C3535x изготавливаются в корпусе, аналогичном серии C35. Размер основания составляет 3,45 × 3,45 мм. Основания такого же размера и типа используются многими известными производителями,

например, Cree (серия XP или серия XT-E) и Philips Lumileds (Luxeon Q). Кривая светораспределения светодиодов серии C3535x также аналогична кривой светораспределения указанных светодиодов, что позволяет разработчикам использовать светодиоды данной серии в существующих изделиях без каких-либо изменений и доработок, используя существующие печатные платы и оптику. Это предоставляет производителям светотехнических изделий на основе светодиодов определённые преимущества, такие как сокра-

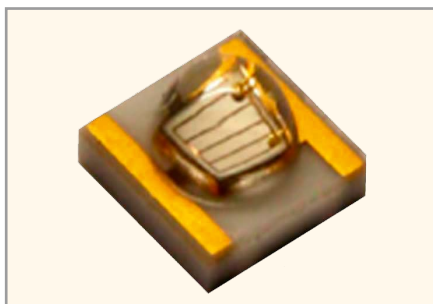


Рис. 2. Мощные УФ-светодиоды C35L-U-A компании SemiLEDs

щение цикла разработки светодиодных приборов и оптимизация времени вывода нового изделия на рынок.

### Мощные светодиоды УФ-диапазона компании SemiLEDs

До настоящего времени компания SemiLEDs выпускала светодиоды ультрафиолетового диапазона в составе серии C35 – УФ-светодиоды C35L-U-A (см. рис. 2). Они выпускались в трёх диапазонах длин волн: 390–400 нм, 400–410 нм и 410–420 нм. Номинальный рабочий ток этих светодиодов составлял 350 мА, значения их мощности излучения при номинальном токе составляли от 320 до 440 мВт, 480 и 520 мВт, соответственно. Максимальный рабочий ток данных светодиодов составлял 800 мА. Тепловое сопротивление данных светодиодов, как и всех светодиодов серии C35, не превышало 8°С/Вт. Угол светораспределения составлял 125°.

Основные характеристики УФ-светодиодов серии C35 приведены в таблице 2.

В начале 2015 г. компания SemiLEDs доработала данные светодиоды, выпустив новую серию УФ-светодиодов

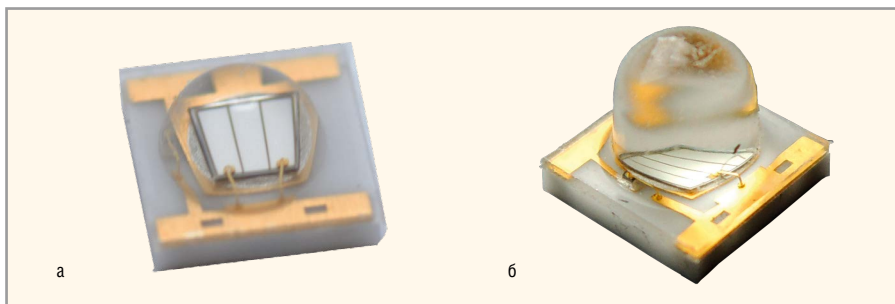


Рис. 3. Мощные УФ-светодиоды серии C3535U-UNx1 компании SemiLEDs: а – с углом светораспределения 125°; б – с углом светораспределения 55°

C3535U-UNx1. Светодиоды этой серии имеют идентичные размеры основания, однако в серию входят модели с двумя значениями углов светораспределения – 125° (см. рис. 3а) и 55° (см. рис. 3б). Они выпускаются в четырёх диапазонах длин волн: 380–390 нм, 390–400 нм, 400–410 нм и 410–420 нм. Номинальный рабочий ток этих светодиодов составляет 500 мА, значения их мощности излучения при номинальном токе составляют, соответственно, для первого из диапазонов от 560 до 750 мВт, для второго и третьего диапазонов – от 650 до 850 мВт, для четвёртого диапазона – от 700 до 900 мВт. Максимальный рабочий ток светодиодов серии C3535U-UNx1 составляет также 800 мА. Тепловое сопротивление данных светодиодов, как и всех светодиодов серии C35, не превышает 8°С/Вт.

Основные характеристики УФ-светодиодов серии C3535U-UNx1 приведены в таблице 3.

Как уже отмечалось, светодиоды серии C35L-U и светодиоды новой серии C3535U-UNx1 изготавливаются на основании размером 3,45 × 3,45 мм. Основания такого размера и формы используются многими известными производи-

телями. Это означает, что разработчики светотехнических изделий при проектировании систем для УФ-области спектра могут использовать стандартные печатные платы и менять только светодиоды. Стоит также отметить, что два варианта углов светораспределения существенно облегчают труд разработчиков, позволяя использовать соответствующие типы светодиодов серии C3535U-UNx1 в случаях, когда требуется более широкая или более узкая кривая светораспределения конечного прибора даже без использования вторичной оптики. Это является неоспоримым преимуществом данной серии светодиодов, так как большинство линз для светодиодов изготавливаются из полимерного материала, который может деградировать при длительном воздействии УФ-излучения.

Также новой серией УФ-светодиодов компании SemiLEDs является серия BC3535U-VNL1 (см. рис. 4). Они также начали производиться компанией SemiLEDs с начала 2015 г. Они выпускаются в двух диапазонах длин волн: 365–370 нм и 370–375 нм. Номинальный рабочий ток этих светодиодов составляет 350 мА, а значения мощности излучения при номинальном токе составляют для обоих диапазонов от 60 до 120 мВт. Максимальный рабочий ток светодиодов данной серии составляет 500 мА. Тепловое сопротивление этих светодиодов составляет примерно 20–22°С/Вт, а угол светораспределения – 145°.

Основные характеристики УФ-светодиодов серии BC3535U-VNL1 приведены в таблице 4.

Из приведённых характеристик видно, что данная серия перекрывает достаточно коротковолновый для светодиодов диапазон, позволяя тем самым расширить область применения УФ-светодиодов.

Светодиоды серии BC3535U-VNL1 также изготавливаются на основании размером 3,45 × 3,45 мм. Таким образом, разработчики светотехнических

Таблица 2. Основные характеристики УФ-светодиодов серии C35 компании SemiLEDs

Светодиод	Диапазон	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Мощность излучения, мВт	
		мин.	макс.			мин.	макс.
C35L-U-A	U50	390	400	350	800	320	440
	U60	400	410	350	800	320	480
	U70	410	420	350	800	320	520

Таблица 3. Основные характеристики УФ-светодиодов серии C3535U-UNx1 компании SemiLEDs

Светодиод	Диапазон	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Угол, °	Мощность излучения, мВт	
		мин.	макс.				мин.	макс.
C3535U-UNL1-A1G11H	U40	380	390	500	800	125	560	750
	U50	390	400	500	800	125	650	850
	U60	400	410	500	800	125	650	850
	U70	410	420	500	800	125	700	900
C3535U-UNF1-A1G11H	U40	380	390	500	800	55	560	700
	U50	390	400	500	800	55	650	800
	U60	400	410	500	800	55	650	800
	U70	410	420	500	800	55	700	850

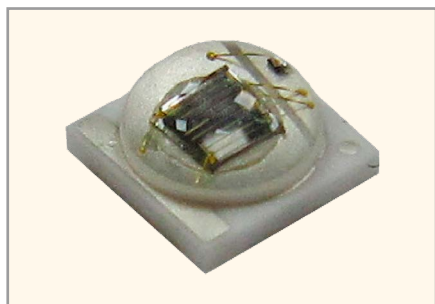


Рис. 4. Мощные УФ-светодиоды серии BC3535U-VNL1 компании SemiLEDs

изделий при создании приборов для УФ-области спектра могут использовать стандартные печатные платы и менять только светодиоды.

Развивая линейку УФ-светодиодов, компания SemiLEDs занимает новые рыночные ниши, укрепляя тем самым свои позиции на светодиодном рынке.

### Мощные светодиоды ИК-диапазона компании SemiLEDs

В конце 2014 – начале 2015 гг. компания SemiLEDs начала производство светодиодов в ИК-диапазоне спектра. Это новый для компании диапазон, где применяются кристаллы на основе арсенидных структур [3, 4]. В связи с этим компания SemiLEDs освоила технологию арсенида галлия (GaAs) и структур на его основе, хотя ранее специализировалась на нитриде галлия (GaN), используя инновационную технологию Lift-Off [1–4] и структуры на основе фосфида алюминия-индия-галлия (AlInGaP) для производства кристаллов жёлтых и красных светодиодов. Результатом внедрения новой технологии стал выпуск описанных тёмно-красных светодиодов серии C3535M, для которых используются структуры на основе арсенида алюминия-галлия (AlGaAs), а также появление новой серии ИК-светодиодов N3535X-INx1.

Светодиоды данной серии выпускаются в диапазоне длин волн 840–870 нм, номинальный рабочий ток составляет 700 мА. В серию входят модели с тремя значениями углов светораспределения: 140°, 90° и 65° (см. рис. 5). Значения их мощности излучения при номинальном токе составляют, в зависимости от угла светораспределения, соответственно, 700–1000 мВт, 650–950 мВт и 600–900 мВт. Максимальный рабочий ток светодиодов серии C3535U-UNx1 – 1000 мА. Тепловое сопротивление данных светодиодов не превышает 4,4°C/Вт, что говорит о высоких

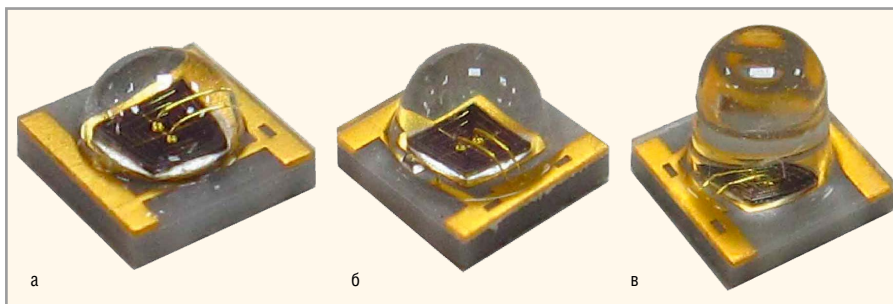


Рис. 5. Мощные ИК-светодиоды серии N3535X-INx1 компании SemiLEDs: а – с углом светораспределения 140°; б – с углом светораспределения 90°; в – с углом светораспределения 65°

тепловых свойствах корпуса и кристалла, а также подтверждает возможность работы при высоком токе.

Основные характеристики ИК-светодиодов серии N3535X-INx1 приведены в таблице 5.

Размеры основания светодиодов серии N3535X-INx1 составляют 3,45 × 3,45 мм и идентичны размерам основания для светодиодов всех описанных серий. Это позволяет разработчикам светотехнических изделий использовать стандартные печатные платы также и при создании систем для ИК-применений, которыми являются, например, источники излучения и камеры для систем безопасности и наблюдения, а также системы машинного зрения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в данной статье новые светодиоды компании SemiLEDs имеют высокую световую отдачу и эффективность, что позволяет создавать на их основе конкурентоспособные светотехнические изделия. Кроме того, применение данных светодиодов, имеющих при высокой световой отдаче невысокую цену люмена, позволит сократить срок окупаемости изделий. Применение белых светодиодов компании SemiLEDs может позволить существенно снизить себестоимость люмена готового изделия, а также повысить эффективность их использования в промышленности.

Расширение линейки светодиодов как в УФ-область, так и в ИК-область свидетельствует о существенном научно-техническом и инженерно-технологическом потенциале компании. Расширение линейки УФ-светодиодов в более коротковолновую область свидетельствует о высоком уровне освоения технологии GaN-структур, а появление тёмно-красных светодиодов, использующих кристаллы на основе AlGaAs-структур, а также принципиально новых ИК-светодиодов, в которых используются кристаллы на основе GaAs-структур, говорит об освоении компанией новых технологических процессов на уровне серийного производства.

Успехи компании SemiLEDs, достигнутые за последнее время, позволяют существенно укрепить её позиции среди лидеров рынка светодиодов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин А. Характеристики и особенности светодиодов компании SemiLEDs. Современная электроника. 2014. №3. С. 26–31.
2. Матешев И., Туркин А. Светодиоды SemiLEDs – новые технологии, новые возможности. Полупроводниковая светотехника. 2014. № 3. С. 42–47.
3. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. М. ФизМатЛит. 2008.
4. Туркин А.Н. Полупроводниковые светодиоды: история, факты, перспективы. Полупроводниковая светотехника. 2011. № 5. С. 28–33.



Таблица 4. Основные характеристики УФ-светодиодов серии BC3535U-VNL1 компании SemiLEDs

Светодиод	Диапазон	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Мощность излучения, мВт	
		мин.	макс.			мин.	макс.
BC3535U-VNL1	U2B	365	370	350	500	60	120
	U3A	370	375	350	500	60	120

Таблица 5. Основные характеристики ИК-светодиодов серии N3535X-INx1 компании SemiLEDs

Светодиод	Длина волны, нм		Номинальный ток, мА	Макс. рабочий ток, мА	Угол, °	Мощность излучения, мВт	
	мин.	макс.				мин.	макс.
N3535X-INL1-EDH11N	840	870	700	1000	140	700	1000
N3535X-INA1-EDH11N	840	870	700	1000	90	650	950
N3535X-INF1-EDH11N	840	870	700	1000	65	600	900