Светодиоды компании Seoul Semiconductor для освещения теплиц

Георгий Королев,
Seoul Semiconductor

Сегодня освещение для теплиц вполне справедливо считают одним из самых стремительно развивающихся направлений в светодиодной отрасли. И если взглянуть на этот рынок в мировом масштабе, то лидерами тут являются США и Япония, где бурный рост индустрии начался еще с 2017 года. Следующий ощутимый скачок тепличных проектов ожидается в 2021–2022 годах в Европе и в Китае. А потому неслучайно инженеры компании Seoul Semiconductor уделяют все больше внимания разработкам светодиодов для тепличных применений (рис. 1, рис. 2).

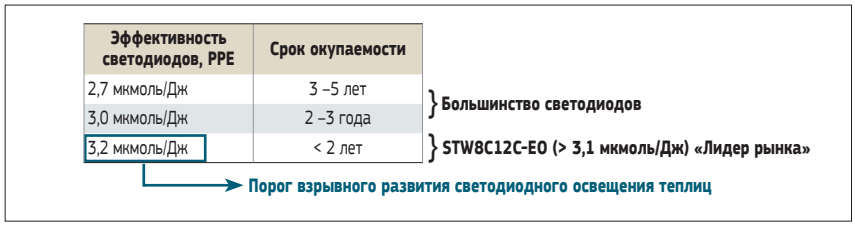


Рис. 2. Зависимость срока окупаемости проекта от эффективности светодиодов

Когда мы говорим о выборе того или иного светодиода для тепличного освещения, то прежде всего обращаем внимание на столь важный параметр, эффективность (PPE), выражаемая в μmol/J (микромоль на джоуль, мкмоль/Дж). Порогом, после которого применение светодиодов будет целесообразным в теплицах, является 3 мкмоль/Дж. В этом случае срок окупаемости перехода с традиционных ламп высокого давления на светодиоды составляет порядка двух лет, что уже разумно. На текущий момент мы уже вплотную подошли к этому значению эффективности, и есть пример, когда данный порог был преодолен. Так, светодиоды серии STW8C12C-E0 показывают эффективность более 3,1 мкмоль/Дж. Соответственно, применение светодиодов становится все более целесообразным.

До недавнего времени большинство проектов было реализовано по схеме красный + синий светодиоды. Однако с середины 2019 года число проектов, выполненных на основе светодиодов белого цвета с добавлением красного, постоянно увеличивается.

К преимуществу белого света по сравнению с сине-красным реше-

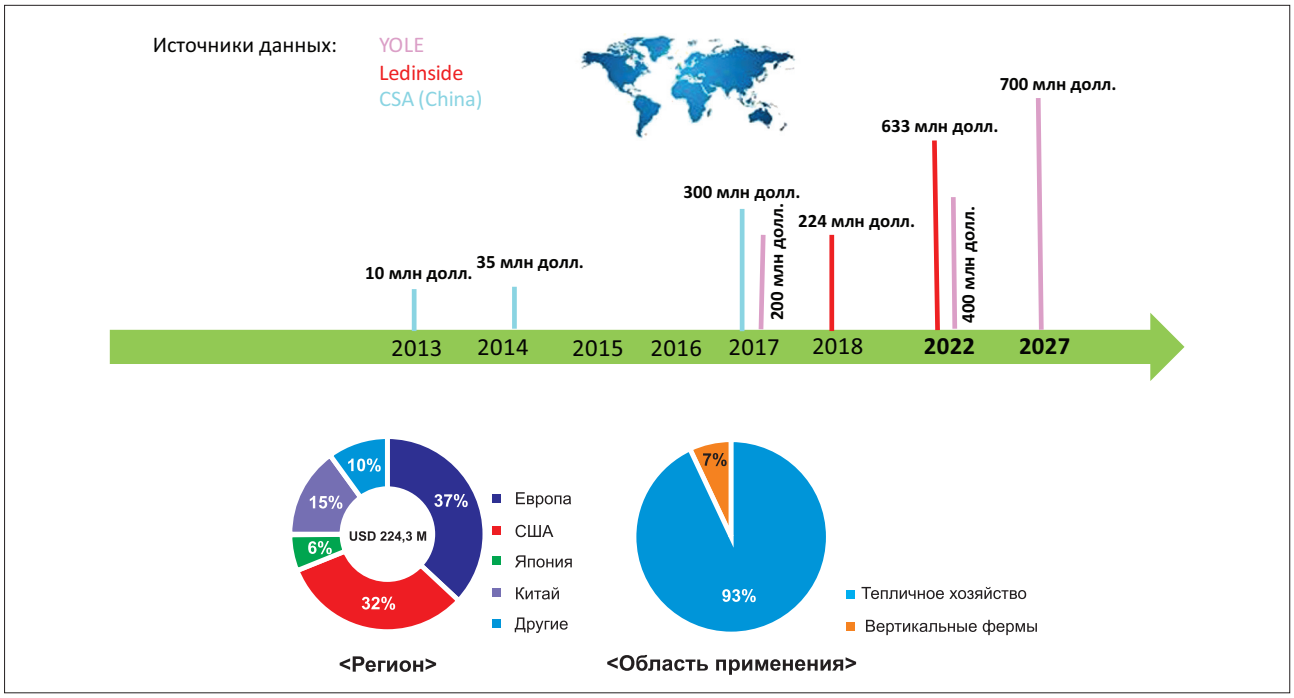


Рис. 1. История развития мирового рынка тепличного светодиодного освещения

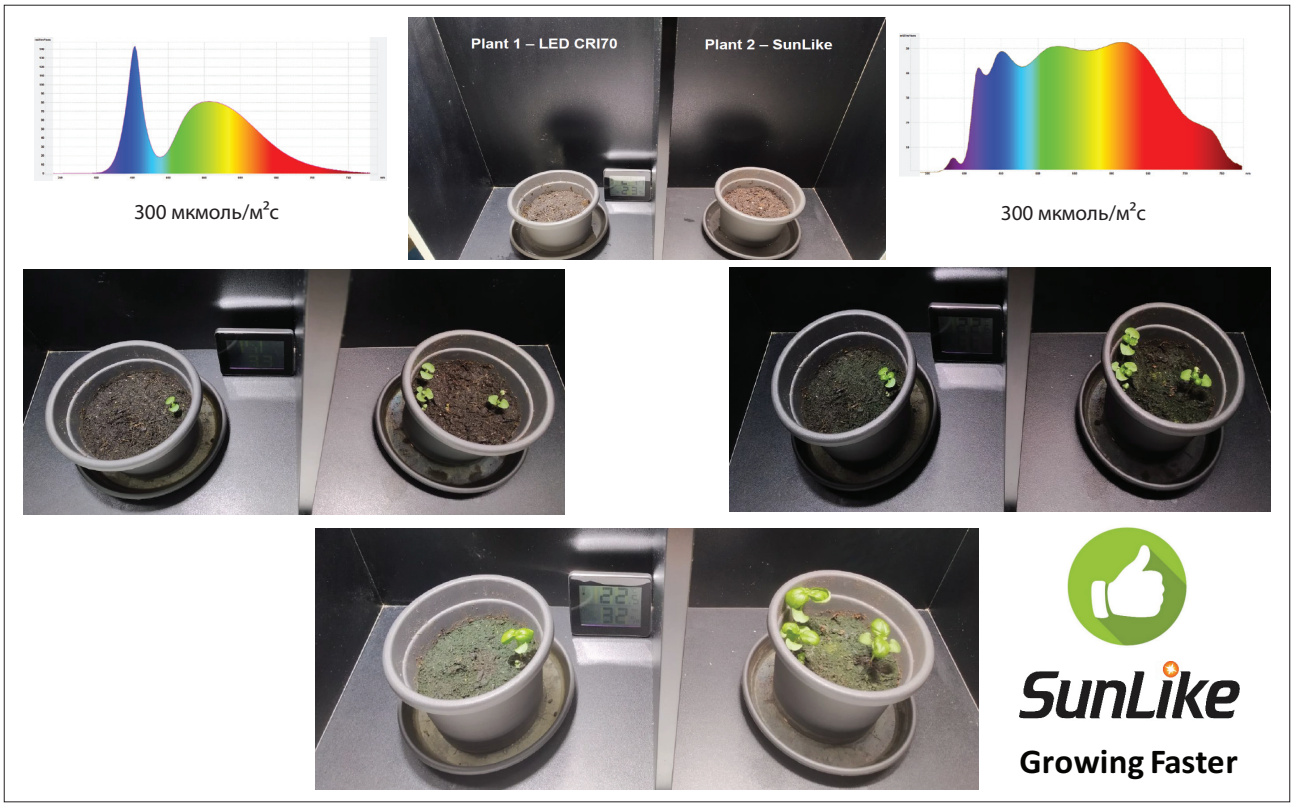


Рис. 3. ***Сравнение воздействия светодиодного света на рассаду. Слева традиционные светодиоды CRI70. Справа светодиоды с полным солнечным спектром***

нием однозначно относится удобство для работников: комфортность пребывания в теплице и проведения анализа состояния растений, а также контроля наличия вредителей или заболеваний.

На рис. 3 дается сравнение результатов воздействия светодиодного света и в том и в другом случае с одинаковой энергетической интенсивностью, но слева у нас индекс цветопередачи 70, а справа – это светодиоды с полным солнечным спектром «Sunlike». Видно, что рассада под воздействием солнечного светодиодного освещения, близкого к солнцу, выглядит и развивается гораздо эффективнее и быстрее, чем при обычном светодиодном освещении (рис. 3).

Если говорить о тенденциях развития светодиодного освещения для теплиц, то здесь можно выделить три стадии развития.

На первых стадиях применялась комбинация синего с красным. Этот путь имеет ряд недостатков, таких как необходимость соблюдения рецептуры, то есть подбора сочетаний длин волн, которые для каждой стадии развития растения, как и для различных растений, будет отличаться. Зачастую эта рецептура может быть защищена патентами. Следовательно, при выборе данного рецепта разработчику систем освещения нужно учитывать, не нарушаются ли права тех или иных компаний – держателей патентов. Решение получается не универсальным, а узко заточенным под тот или иной тип растения. Возникают сложности и в контроле качества рассады, состояния растений. Кроме того, подобное решение нередко требует принудительного охлаждения, соответственно, система получается громоздкой и дорогой.

Следующий тип освещения – светодиодный белый свет с добавлением красного. Это решение универсально и позволяет выращивать различные типы растений, а благодаря тому, что используются светодиоды средней мощности, система получается не такой дорогой, как в случае с сине-красным спектром.

И третья тенденция, которая получает все большее распространение, – это применение светодиодов со спектром, максимально близким к солнечному. Здесь требования к энергоэффективности системы уже не такие высокие, как в первом и во втором случае. Решение получается универсальным, можно выращивать очень широкий спектр растений, к которым поступают все необходимые питательные вещества и органические соединения, максимально близко к тому, как это происходит в открытом грунте. И за счет применения светодиодов средней мощности стоимость системы становится дешевле, чем в случае с сине-красным спектром. Этот вариант полностью свободен от патентных вопросов и не требует консультаций с агрономами.

При выборе светодиодов необходимо учитывать, что для растения важно как количество света, попадающего на растение, так и качество света, то есть его спектральный состав. И здесь как раз мы видим преимущество светодиодов с полным спектром. Третья составляющая, также оказывающая влияние на успех проекта, – соблюдение цикла «день/ночь».

Исследования, которые мы имеем на сегодняшний момент, говорят, что не только синяя и красная составляющие важны для растений, но и зеленая составляющая спектра. Соответственно, чем полнее спектр, тем растению лучше.

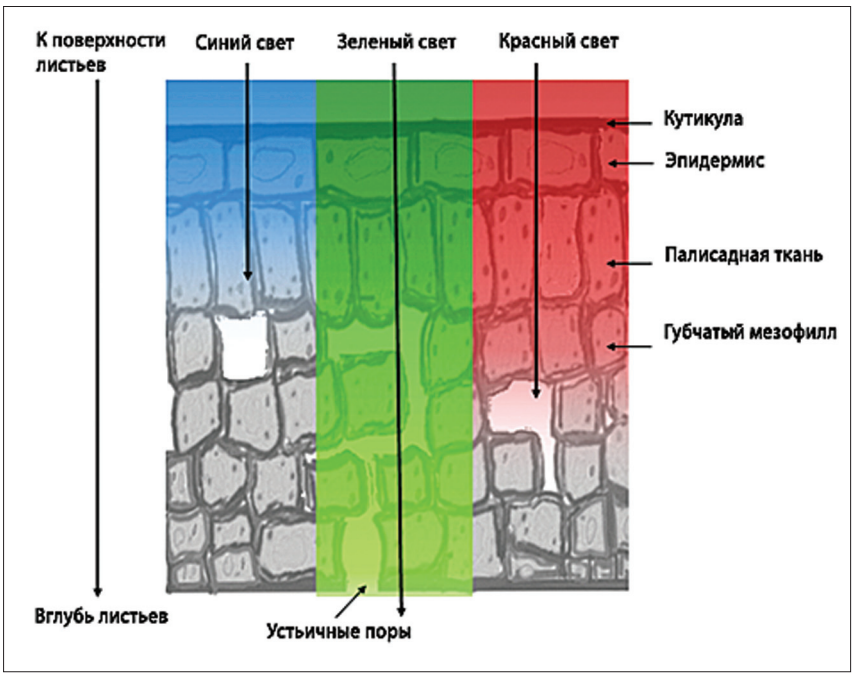


Рис. 4. Поглощение света различных длин волн. Проникая к листьям, расположенным в тени, зеленый свет способствует фотосинтезу. Проникновение красного и синего света заметно затруднено

Как показывают проведенные исследования, свет, имеющий зеленую составляющую спектра, увеличивает лиственную массу растений. Именно он лучше проникает к нижним листьям, в то время как красный и синий свет хорошо поглощаются верхними листьями (рис. 4).

Помимо видимого спектра, растению также важно излучение в ультрафиолетовой области. В результате воздействия ультрафиолета запускаются защитные функции растения, оно становится более жизнеспособным, более стойким к воздействию вредителей.

Если обратиться к требованиям американского стандарта DLC, то эффективность системы тепличного светильника должна составлять больше, чем 1,9 мкмоль/Дж. Это означает, что с учетом потерь в светильнике эффективность светодиодов должна составлять минимум 2,34 мкмоль/Дж. Срок жизни светильника должен превышать 36 000 ч. У нас в России к этим требованиям можно относиться как к референсным значениям для выбора источника света.

В линейке светодиодов для тепличного освещения сине-красным светом можно выделить светодиоды в корпусах 3030, а также 3535. При построении системы на основе белых светодиодов рекомендуется применение корпусов 3528 и 3030. В двух последних случаях мы имеем эффективность, превышающую указанную стандартом DLC (рис. 5). В корпусе 3528 эффективность составляет 3,4 мкмоль/Дж, а в корпусе 3030–3,5 мкмоль/Дж. Компания **Seoul Semiconductor** также предлагает светодиоды ультрафиолетового спектра излучения.

Сочетание белого светодиода STW8C12C-E0 с цветовой температурой 4000 К с красным обеспечивает эффективность 3,5 мкмоль/Дж.

Наилучшим примером с точки зрения стоимости и эффективности будет светодиод серии STW8A2PD-E1 (H) +красная керамика Z5C. В данном случае эффективность достигает 3,1 мкмоль/Дж, но за счет того, что светодиоды в корпусе 3528 являются недорогим решением, стоимость решения получается выгодной для разработчика.

Приведенные на рисунке 6 сравнения показывают преимущество применения светодиодных систем над традиционными лампами с энергетической точки зрения.

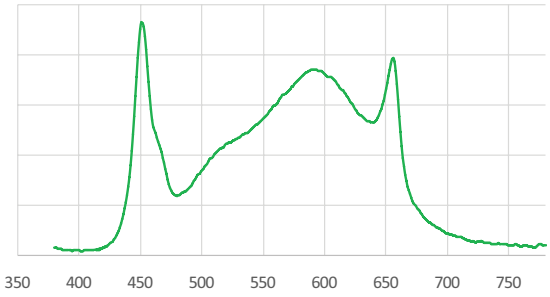
Среди светодиодных систем самым дорогим будет вариант на светодиодах синего и красного спектра. Что и понятно, ведь, как правило, это мощные и дорогие светодиоды.

Самым бюджетным будет вариант на светодиодах белого и красного спектра – в недорогих пластиковых корпусах 3030 и 3528.

Решение на светодиодах полного солнечного спектра занимает промежуточное место по стоимости.

При выборе той или иной технологии разработчику следует ответить на ряд вопросов.

1. Для каких культур будет применена система освещения?
2. Предполагается ли универсальность решения, то есть возможность выращивания различных культур, или требуется узко специфическое решение для одной конкретной культуры?
3. Требуется ли соблюдение рецептуры, то есть подбор ком-



Максимальная эффективность

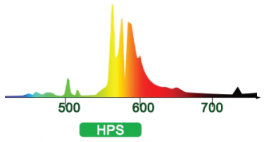
STW8C12C-E0 + Z5C (660 нм) = 3,5 мкмоль/Дж

STW8A2PD-E2 + Z5C (660 нм) = 3,4 мкмоль/Дж

Наилучшее сочетание цены и эффективности

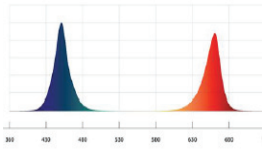
STW8A2PD-E1(H) + (660 нм) = 3,1 мкмоль/Дж

Рис. 5. Пример эффективности системы на основе белых и красных светодиодов



Натриевые лампы высокого давления

Электрическая мощность светильника	= 1000 Вт
PPF(Фотосинтетический фотонный поток)	= 1900 мкмоль/с
Эффективность	= 1,9 мкмоль/Дж



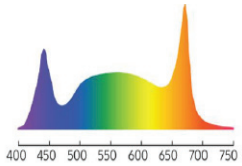
Blue + Red

Светодиоды синего и красного спектра

Электрическая мощность светильника	= 600 Вт
PPF(Фотосинтетический фотонный поток)	= 1800 мкмоль/с
Эффективность	= 3,0 мкмоль/Дж

Набор светодиодов

Синие светодиоды	= 21 шт.
Красные светодиоды	= 372 шт.
Стоимость набора светодиодов	**= 150 ~ 180 €**



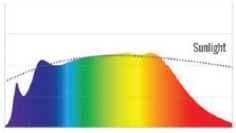
White + Red

Светодиоды белого и красного спектра

Электрическая мощность светильника	= 630 Вт
PPF(Фотосинтетический фотонный поток)	= 1700 мкмоль/с
Эффективность	= 2,7 мкмоль/Дж

Набор светодиодов

Белые светодиоды CRI80	= 1584 шт.
Красные светодиоды	= 48 шт.
Стоимость набора светодиодов	**= 90 ~ 110 €**



SunLike – True Full Spectrum

Светодиоды полного солнечного спектра «SunLike»

Электрическая мощность светильника	= 800 Вт
PPF(Фотосинтетический фотонный поток)	= 1440 мкмоль/с
Эффективность	= 1,8 мкмоль/Дж

Набор светодиодов

SunLike 3030	= 1600 шт.
Стоимость набора светодиодов	**= 120 –150 €**

Рис. 6. ***Анализ сравнения технологий тепличного освещения***

бинации длин волн, разработка алгоритма управления в зависимости от стадии развития растения? Или нужно получить универсальную систему освещения?

4. Какова должна быть первоначальная стоимость системы, ее срок службы и период окупаемости?

Если нужна система универсальная, не требующая каких-то подстроек и внешнего вмешательства, и если мы не хотим столкнуться с патентными вопросами при реализации нашего проекта, то однозначным выбором будет система со светодиодами на основе полного солнечного спектра «Sunlike».