

Павел Овчинников | Pavel.Ovchinnikov@symmetron.ru
 Екатерина Ильина | tech.support.rus@ledil.com

Samsung Electronics: НОВЫЙ ВИТОК ЭВОЛЮЦИИ СВЕТОДИОДОВ ДЛЯ МАССОВОГО СПРОСА

➔ В статье представлен обзор технологии изготовления и обработки чипов flip-chip, реализуемой компанией Samsung Electronics при производстве осветительных светодиодов средней и высокой мощности, а также сопутствующих этой технологии особенностей производства светодиодов. Подробно рассказывается о Chip Scale Package светодиодах. Статью дополняет описание решений по вторичной оптике компании LEDiL, нацеленных на применение Chip Scale Package светодиодов в освещении дорог и промышленных объектов. Материал статьи ориентирован на работников и владельцев компаний, занимающихся разработкой, производством и реализацией готовых светодиодных светильников.



В последнее время технология производства белых светодиодов flip-chip для применения в освещении и TV-подсветке становится все более популярной. При этом цель производителей светодиодов в конкурентной борьбе за рынок неизменна — сделать продукт более доступным для сегментов массового потребления, параллельно продолжая увеличивать технологический отрыв от традиционных источников света, совершенствовать надежность и удобство применения светодиодов. Попытаемся разобраться в технологических особенностях flip-chip-светодиодов и в том, как компания Samsung Electronics, корейский разработчик и производитель LED-чипов и готовых светодиодов (рис. 1), следует поставленным целям с помощью данной технологии.

Продвинутая технология flip-chip в сочетании с новым подходом к нанесению люминофора меняет ландшафт светодиодной индустрии в первую очередь по причине существенного сокращения итераций производства и, как следствие, уменьшения себестоимости изделий. Возрастающий спрос, разработка и распространение новых норм на рынке осветительных приборов усиливают давление на светодиодных производителей в части повышения качества продукции одновременно с понижением цены. В свою очередь компания Samsung Electronics оптимизировала производственный процесс, внедрив передовую технологию изготовления и обработки чипа flip-chip, используя новейшее оборудование в сочетании с современными материалами. Вместе с тем компания применила эффективный и стойкий пленочный материал с люминофором для покрытия чипа, который обеспечивает повышение качественных характеристик света и уменьшение сложности техпроцесса. Flip-chip-архитектура позволяет беспрепятственно применять технику нанесения люминофора на LED-чип.

Благодаря изначальному расположению обоих электрических контактов (анод и катод) снизу чипа полностью отпадает необходимость подсоединять контактные проводники сверху чипа, что означает сокращение целой производственной итерации. К тому же у других архитектур объемные проводники, подсоединенные к чипу, являются аварийно опасным местом, с которым покончено в архитектуре flip-chip. Данная технология также повышает эффективность чипа. Вследствие отсутствия сверху чипа электрических контактов его излучающая

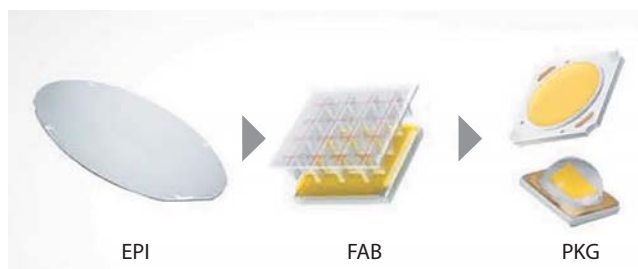


Рис. 1. Блок-схема производства светодиодов компанией Samsung Electronics: от стадии эпитаксии до корпусированных светодиодов

поверхность шире и отсутствуют пятна (тень) от крепления проводников. За счет этого выход света у чипа архитектуры flip-chip больше по сравнению с технологиями вертикальной (один провод сверху) и горизонтальной (два провода сверху) распайки чипа проводниками. Получение ровной однородной поверхности чипа без проводников облегчает нанесение пленки с люминофором (рис. 2). В процессе производства по flip-chip-технологии пленка люминофора подготавливается заранее, что позволяет достичь однородности в цветовых координатах вплоть до ограничения величины отклонения спектра 1 SDCM (один шаг эллипса Мак-Адама).

С целью сократить количество дефектов в полупроводниковой структуре, возникающих на границе с сапфировым слоем, в компании Samsung Electronics разработана и массово применяется уникальная узорчатая структура сафира, подготовленная для лучшей совместимости с кристаллической решеткой полупроводникового слоя (рис. 3). Таким образом, уменьшение дефектов на границе

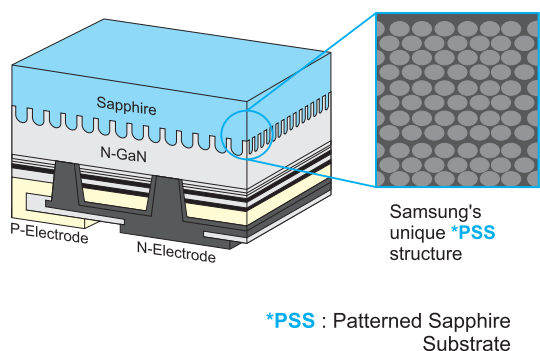


Рис. 3. Схема структуры светодиодного чипа Samsung flip-chip

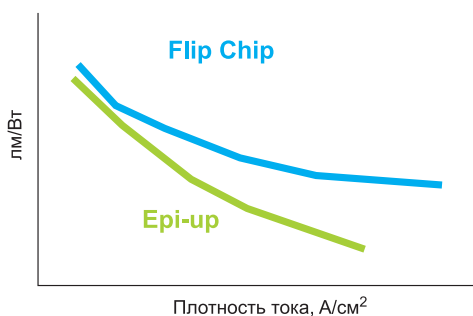


Рис. 4. График зависимости эффективности (лм/Вт) от плотности тока (А/см²)

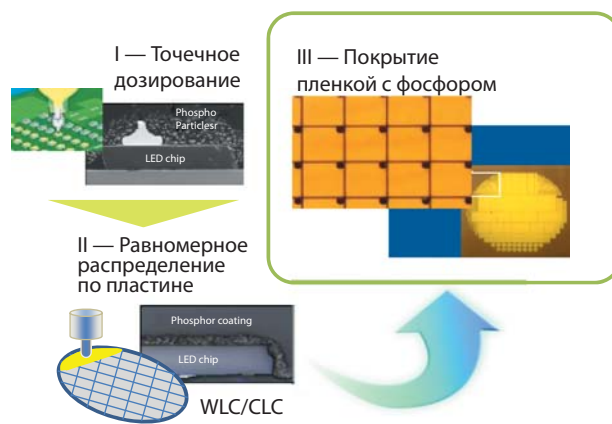


Рис. 2. Способы нанесения фосфора на чип

раздела материалов способствует повышению излучательной рекомбинации электронов и дырок в *p-n*-структуре, в результате чего повышается светоотдача. Вдобавок светодиодные чипы Samsung, созданные по технологии flip-chip, имеют равномерную плотность тока по всему объему полупроводникового слоя, что, в свою очередь, дает низкое рабочее напряжение, повышенный световой поток и способствует лучшему отведению тепла из активной зоны *p-n*-перехода. Также flip-chip имеет улучшенный отвод тепла по сравнению с вертикальной и горизонтальной архитектурами благодаря отсутствию снизу сапфировой подложки между чипом и металлической или керамической основой.

Исследования Samsung Electronics показали, что световая эффективность чипов flip-chip меньше подвержена деградации при повышении плотности тока в гетероструктуре (рис. 4).

На сегодня Samsung Electronics производит по технологии flip-chip светодиоды различных мощностей и форм-факторов (рис. 5):

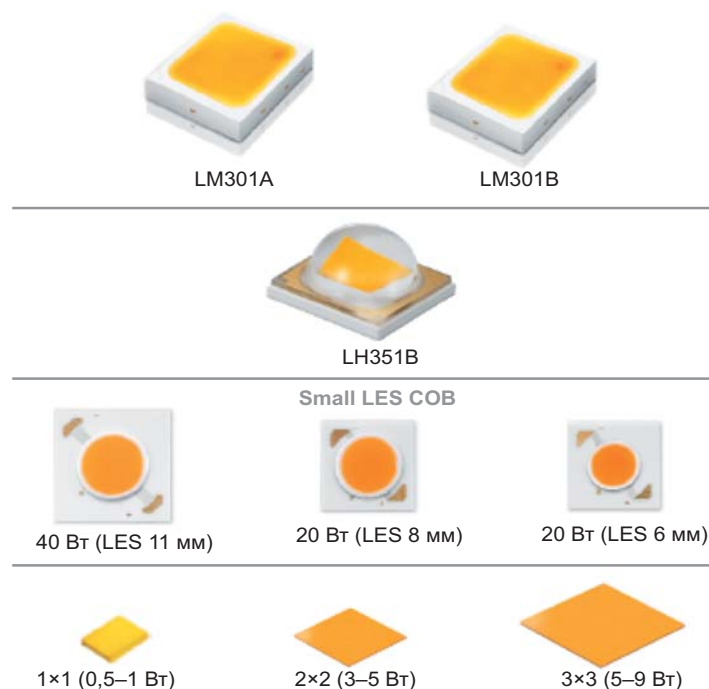


Рис. 5. Светодиоды, изготавливаемые Samsung Electronics по технологии flip-chip в 2016 г.

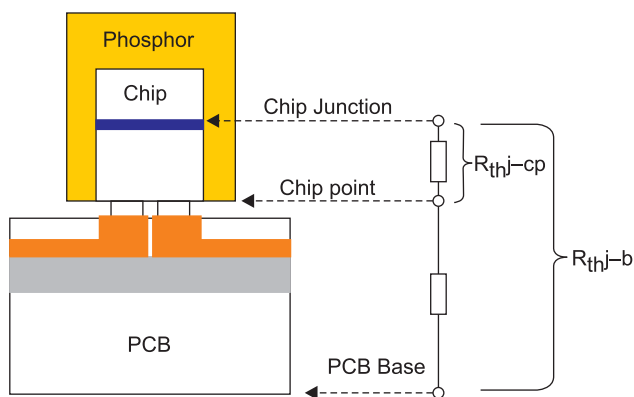


Рис. 6. Схема зон термосопротивления CSP-светодиода, смонтированного на PCB

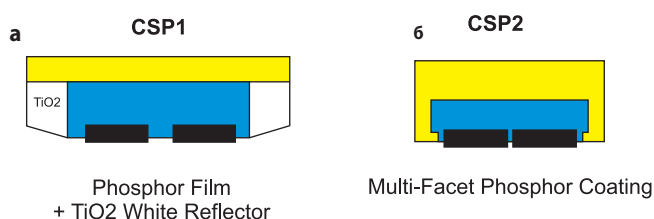


Рис. 7. Светодиоды CSP: а) первого поколения; б) второго поколения

- Светодиоды LM301A ($I_{fmax} = 500 \text{ mA}$, $U_{ftyp} = 2,8 \text{ В}$ при 150 mA) и LM302B ($I_{fmax} = 250 \text{ mA}$, $U_{ftyp} = 5,9 \text{ В}$ при 150 mA) в универсальных PLCC-корпусах 3030, ориентированные на применение внутри помещений, с малой стоимостью за люмен, высокими надежностью и качеством света.
- Светодиоды LH351B ($I_{fmax} = 1,5 \text{ A}$, $U_{ftyp} = 2,8 \text{ В}$ при 350 mA) с керамической подложкой стандартного типоразмера 3535, предназначенные для применения в уличных и промышленных светильниках. Обладают лучшей в своем сегменте стоимостью люмена, высокой световой эффективностью и продолжительным сроком службы.
- Светодиодные матрицы Chip-On-Board (COB) с уменьшенной излучающей поверхностью, за счет чего получается повышенная концентрация светового потока для применений с узким световым пучком.



Рис. 8. Линза LEDiL серии STRADELLA-8-Tx

- Светодиоды нового бескорпусного типа Chip Scale Package (CSP) в компактном форм-факторе, покрывающие диапазон мощности от 0,5 до 9 Вт, имеющие невысокую стоимость люмена за счет меньшего количества материалов и производственных итераций.

В семействе Chip Scale Package (CSP) компания Samsung предлагает одночиповые (1×1) светодиоды средней мощности 0,5–1 Вт, одночиповые светодиоды высокой мощности 1–3 Вт, также анонсирован выпуск мощных матричных (2×2, 3×3) светодиодов 1–10 Вт с повышенным рабочим напряжением 6–26 В.

За счет компактных размеров и разнообразия рабочих токов и напряжений бескорпусные CSP-светодиоды предоставляют гибкость и вариабельность в разработке дизайна, позволяя создать различные решения: ультратонкие и компактные LED-модули; смешение чипов с разной цветовой температурой на одном модуле с равномерной засветкой; одноплатные решения с питанием напрямую от сети ~220 В; модифицированные COB; светильники точечного света и др.

У CSP-светодиодов, благодаря отсутствию промежуточных слоев между чипом и печатной платой, имеется возможность организации эффективного теплоотвода (рис. 6), что означает повышенную производительность работы на высоких токах.

Поскольку у CSP-светодиодов, в отличие от многих корпусных светодиодов, отсутствует серебряный отражающий слой вокруг чипа, у них исключен риск потемнения внутренностей и смещения излучения в холодный спектр по причине вступления серебра и кислорода в реакцию с органическими соединениями из окружающей среды.

С конца 2015 г. Samsung Electronics выпускает CSP-светодиоды второго поколения (рис. 7), которые отличаются от первого тем, что вместо отражающего слоя оксида титана по бокам и плоской люминофорной пленки сверху на них наносится многогранный люминофорный слой, что обеспечило больший световой выход, меньшую чувствительность к перепадам температур, равномерность цветовых координат по осям излучения.

CSP-светодиоды Samsung Electronics серий LM102A и LH181A очень перспективны, так как позволяют на базе одного типа светодиода создавать офисные, торговые, промышленные и уличные светильники. Для обеспечения требуемой кривой силы света (КСС)



Рис. 9. Линза LEDiL STRADELLA-9-A-T

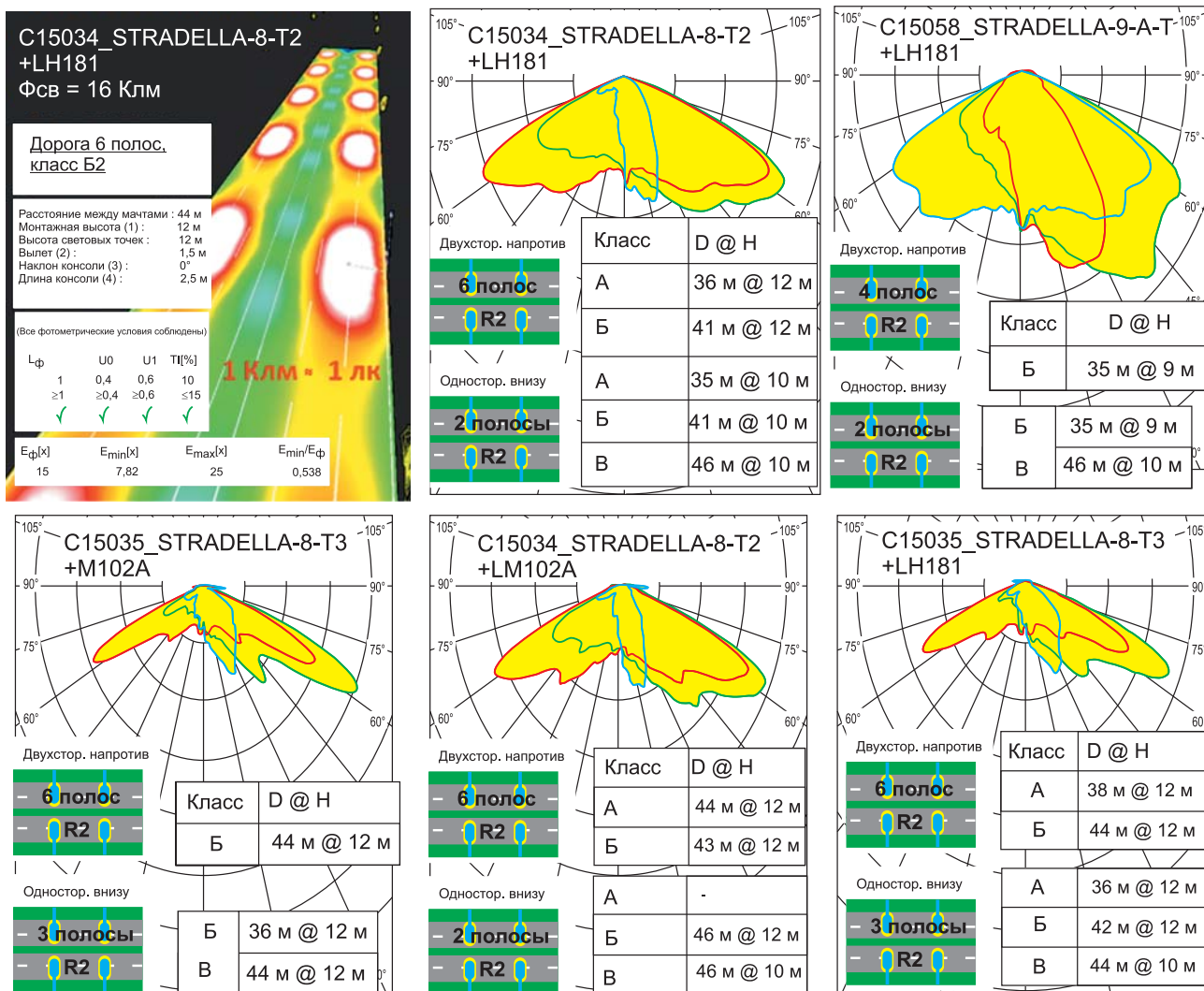


Рис. 10. Результаты симуляции в программе Dialux светодиодов Samsung LH181A и LM102A в сочетании с линзами серии STRADELLA-8-Tx и STRADELLA-9-A-T

на автодорогах и промышленных объектах данные светодиоды можно использовать в сборе со вторичной оптикой. Большинство вторичной оптики не оптимизировано для использования с CSP-светодиодами, имеющими свои габаритные и излучающие особенности. Компания LEDiL разработала новое семейство линз Stradella, которое корректно работает с CSP-светодиодами.

Рассмотрим существующие варианты линз для освещения улиц, требования к освещению которых подробно описаны в нормативных документах СП 52.13330.2011 и ГОСТ Р54350-2011. Линзы LEDiL C15034_STRADELLA-8-T2, C15035_STRADELLA-8-T3 (рис. 8) и C15058_STRADELLA-9-A-T (рис. 9) освещают дороги в полном соответствии с российскими требованиями (рис. 10).

Подробные требования к освещению рабочих мест и производственных площадей внутри зданий приведены в ГОСТ Р55710-2013. Чтобы их выполнить, не потеряв при этом энергию впустую, можно применять в паре с CSP-светодиодами LM102A и LH181A линзы LEDiL C15183_STRADELLA-8-HB-S, C15184_STRADELLA-8-HB-M и C15185_STRADELLA-8-HB-W (рис. 11). Световые диаграммы показаны на рис. 12.

Линзы семейства STRADELLA-8/9 имеют габаритные размеры 50x50x7,5 мм. Они центрируются относительно светодиодов при

помощи установочных выступов, которые вставляются в соосные отверстия печатной платы. Крепятся линзы STRADELLA к плате при помощи винтов или клея. Конструкция линз позволяет за-



Рис. 11. Линза LEDiL серии STRADELLA-8-HB

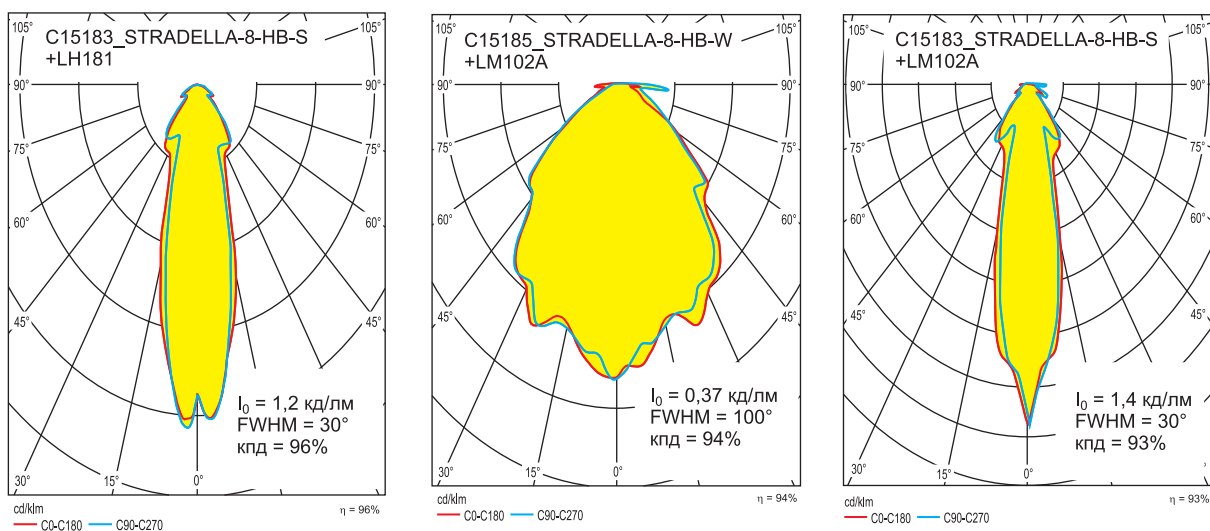


Рис. 12. Результаты симуляции в программе Dialux светодиодов Samsung LH181A и LM102A в сочетании с линзами серии STRADELLA-8-HB

щитить светодиоды от неблагоприятных воздействий внешней среды, а если крепить линзу к плате правильным силиконовым клеем и затем залить плату силиконовым герметиком, то можно достичь уровня герметичности IP67. Все это позволяет проектировать светильники без защитного стекла, которое поглощает и рассеивает до 20% светового потока.

Основные достоинства линз семейства STRADELLA-8/9:

- распределяют свет так, как требует ГОСТ РФ;
- удобны в монтаже, что позволяет сэкономить на процессе производства;
- многообразие различных КСС в едином форм-факторе позволяет создавать множество разных светильников на базе одного корпуса, светодиодного модуля и драйвера;

- позволяют сэкономить на защитном стекле и связанных с ним потерях света;
- бюджетные линзы по относительно низкой цене и со стабильным финским качеством.

Осваивая новый продуктовый рубеж, компания Samsung Electronics продолжает работу над дальнейшим развитием отрасли в направлении доступности осветительных светодиодов для массового потребления (рис. 13). Помимо совершенствования действующих продуктов, сейчас компанией ведутся разработки для выпуска в ближайшем будущем эффективных светодиодов из нитрида галлия на кремниевых 8-дюймовых пластинах, что выведет светодиоды на следующую ступень снижения стоимости люмена. Также следующая технология позволит существенно снизить влияние температуры на световую эффективность светодиодов.

Закключение

В условиях усиливающейся конкурентной борьбы за потребителей осветительных светодиодов средней и высокой мощности, одновременно с расширением рынка освещения, компания Samsung Electronics продолжает осваивать новые технологические ниши с ориентацией на ценовую доступность, стабильное качество и гибкость дизайна светодиодов. Вместе с тем уже сейчас ведущий производитель вторичной оптики LEDiL предлагает для новых типов светодиодов решения для применения в различных рыночных сегментах. ●

Литература

1. www.samsung.com
2. www.dial.de/en/dialux

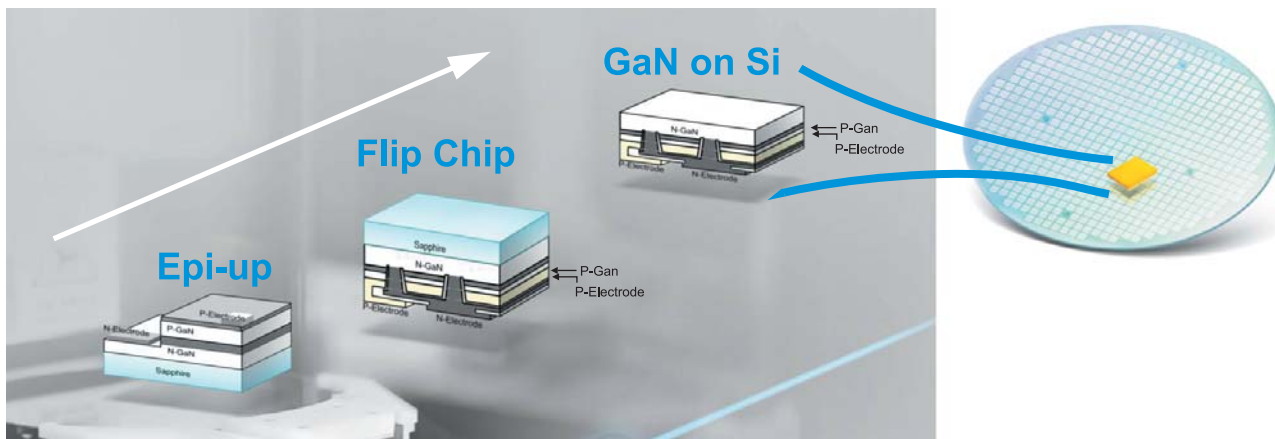


Рис. 13. Шкала эволюции от чипов GaN на сапфире с проводным соединением до чипов GaN на кремнии с технологией flip-chip