

Современные светодиодные изделия компании Avago Technologies

Юрий Петропавловский (г. Таганрог, Ростовская обл.)

Американская компания Avago Technologies ведёт свою историю от группы полупроводниковых приборов корпорации Hewlett-Packard. В статье приведён обзор номенклатуры изделий компании и рассмотрены особенности современных светодиодов малой и средней мощности.

ВВЕДЕНИЕ

Компания Avago Technologies (Калифорния, США) была создана на основе подразделения полупроводниковых приборов SPG (Semiconductor Product Group) корпорации Hewlett-Packard. В 1966 году в исследовательской лаборатории HP Labs был разработан первый светодиод на основе GaAsP, использованный в точечно-матричных светодиодных индикаторах.

Устройство индикатора HP модели 5082-7000 (1968 г.) показано на рисунке 1. На диэлектрической подложке смонтированы 28 красных светодиодов и микросхема дешифратора. Управление дешифратором осуществляется с помощью 4-разрядного параллельного кода, обеспечивающего индикацию цифр от 0 до 9. Потребление тока индикатором составляло порядка 200 мА (при $U_{пит} = 4$ В) для светодиодов и 30 мА для ТТЛ-микросхемы дешифратора [1].

В 1970 году корпорация HP разработала точечно-матричные светодиодные приборы HP5082-7102, обеспечивающие динамическую индикацию цифр и букв латинского алфавита (см. рис. 2). В состав приборов вошли матрицы светодиодов (3 и более), многоразрядные входные и выходные буферы, ПЗУ, драйверы строк и столбцов, задающий генератор и формирователи импульсов управления. Разработанные инди-

каторы нашли применение во многих измерительных приборах Hewlett-Packard [2].

Компактные светодиодные индикаторы были установлены в первый в мире калькулятор для научных расчётов HP-35 (1972 г.). В нём использовался 15-разрядный 7-сегментный светодиодный индикатор, состоящий из трёх DIP-кластеров с встроенными увеличительными линзами (см. рис. 3), числа отображались в формате с плавающей запятой [3].

В 1992 году корпорация HP выпустила линейку высокоэффективных янтарных (жёлтых), красно-оранжевых и зелёных светодиодов на основе двойных гетероструктур AlInGaP/GaAs (см. рис. 4). Интенсивность света приборов этой серии (600...8000 мкд при 20 мА) позволяла использовать их в автомобильных фонарях, светофорах и для архитектурной подсветки [4].

В 1999 году HP начала стратегическую перестройку бизнеса: подразделения измерительных приборов и испытательного оборудования, полупроводников (SPG), электронных компонентов, химического анализа и медицинского оборудования были выделены в независимую компанию Agilent Technologies. В том же году вновь образованная компания и Philips Lighting учредили совместное предприятие Lumileds Lighting, специализирующе-

ся на производстве мощных осветительных приборов.

В 2005 году полупроводниковое подразделение компании Agilent Technologies было продано частным инвестиционным фондам Kohlberg Kravis Roberts & Co и Silver Lake Partners за \$2,66 млрд. В том же году новыми собственниками была образована крупнейшая в мире независимая полупроводниковая компания Avago Technologies. Следует отметить, что указанные инвестиционные фонды специализируются на выкупе долей и целых действующих компаний из высокотехнологичных отраслей промышленности. К известным сделкам относятся, например, приобретение контрольных пакетов акций Skype (2009 г.) и Philips Semiconductor (образование NXP в 2006 г.). В 2009 году компания Avago Technologies осуществила первичное размещение акций (IPO) на площадке NASDAQ на сумму \$650 млн [5].

В 2009 году 3-ваттные светодиоды ASMT-MX20/MX22 (см. рис. 5) компании Avago Technologies вошли в список победителей конкурса «Продукт 2008 года» по версии журнала Elektronik Magazine (Германия) в категории «Оптоэлектроника». Приборы на основе материала InGaN обеспечивали световой поток 145 лм (350 мА).

В настоящее время компании Avago Technologies принадлежит более 4300 патентов. Число её сотрудников превысило 4800 (включая 1800 инженеров). В номенклатуре компании более 6500 изделий. В России интересы Avago представляют более 10 дистрибьюторов, в том числе Arrow Electronic Russia, EBV Elektronik, EFO Ltd, Elcotech Ltd, Farnell и Macro Group.



Рис. 1. Устройство светодиодного индикатора

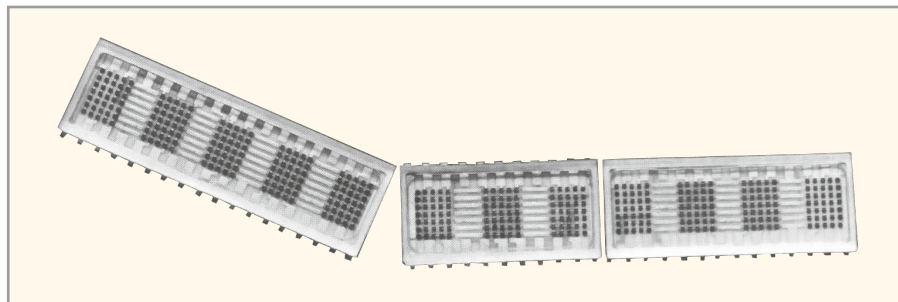


Рис. 2. Точечно-матричные индикаторы

В каталог компании 2014 года включены следующие изделия [6]:

- интегральные микросхемы специального назначения (ASIC). В декабре 2013 года была завершена сделка по приобретению LSI Corporation за \$6,6 млрд. LSI (теперь Avago) разрабатывает и производит ASIC и программное обеспечение для ЦОД, локальных и мобильных компьютерных сетей, в том числе BIC Vortex Gearbox™ AVSP-1104 для 100G Ethernet, и оптических транспортных сетей;
- волоконно-оптические системы и компоненты, в том числе промышленного назначения. Данное направление было расширено с приобретением в 2007 году оптоволоконного подразделения компании Infineon;
- оптические датчики и оптопары. В 2008 году эта категория продуктов была расширена за счёт приобретения компании Nemicon;
- модули энкодеров для приборов управления перемещением;
- ВЧ- и СВЧ-изделия: фильтры, мультиплексоры, усилители мощности для систем связи, в том числе GSM, CDMA, W-CDMA, TD-SCDMA, LTE и WiMax; маломощные усилители, интерфейсные модули, диоды Шоттки и pиn-диоды, полевые и биполярные транзисторы, микросхемы миллиметрового диапазона (MMIC). В 2008 году данное направление было расширено за счёт приобретения отделения компонентов на основе объёмных акустических волн (BAW) компании Infineon;
- светодиодные кристаллы для поверхностного монтажа, корпусированные светодиоды высокой яркости; мощные (до 3 Вт) светодиоды, в том числе семейство Moonstone, и ряд других типов приборов;
- светодиодные индикаторные модули. Точечно-матричные индикаторы, световые линейки, буквенно-цифровые и 7-сегментные индикаторы для монтажа на поверхность и в отверстия печатных плат.

В номенклатуру светодиодов и светодиодных модулей компании Avago входят десятки типов белых и цветных светодиодов, светодиодных индикаторов и панелей. Ниже представлены особенности перспективных изделий этих категорий из каталога 2014 года.

СВЕТОДИОДЫ СЕМЕЙСТВА MOONSTONE™

В состав семейства входят белые и цветные светодиоды с паспортной

мощностью 0,5; 1 и 3 Вт и коллиматорные линзы нескольких типов. Классификационные параметры белых светодиодов семейства из каталога 2014 года приведены в таблице (приборы, снимаемые с производства, в таблицу не включены).

В каталоге представлено 4 типа белых InGaN светодиодов серии ASMT-Mx6x с паспортной мощностью 0,5 Вт. Внешний вид приборов показан на рисунке 6. Светодиоды отличаются низким профилем (габариты 10,0 × 8,5 × 3,3 мм), выполнены на металлическом изолированном или неизолированном основании, что обеспечивает малое тепловое сопротивление кристалл/подложка (27°C/Вт) и возможность пайки оплавлением. К основным областям применения светодиодов этой серии относятся: подсветка указателей и дорожных знаков, светильники для специальных приложений (например, лампы для чтения), подсветка стеллажей и витрин, системы автоматической подсветки пути (например, в коридорах). Приборы данной серии характеризуются различными цветовыми температурами в диапазоне 2600...10000 К, различными цветовыми координатами (14 бинов) и световыми потоками (5 бинов в диапазоне 25,5...95 лм). При влажности по классу MSL4 диапазон рабочих температур -40...+120°C ($T_{jmax} = 145°C$).

В серии одноваттных светодиодов представлено 20 типов белых приборов, выполненных в таком же корпусе (см. рис. 6) и отличающихся повышенной мощностью и световым потоком, а также более низким тепловым сопротивлением (10°C/Вт). К уже перечисленным областям применения приборов предыдущей серии добавляется использование одноваттных светодиодов в портативных фонарях и фарах (например, для велосипедов), в декоративном освещении и архитектурной подсветке, в освещении тротуаров и тоннелей. Приборы могут эксплуатироваться при прямом токе до 500 мА. При этом температура подложки не должна превышать 110°C ($T_{jmax} = 125°C$).

Светодиоды одноваттной серии отбираются по координатам цветности и световому потоку. Максимальный световой поток составляет 125 лм при $I_{np} = 350$ мА (группа N). В состав серии также входят 4 типа цветных светодиодов:

1. ASMT-MG00-NJK00 – материал InGaN, зелёный ($\lambda_d = 525$ нм), $\phi_v = 43...73$ лм, световая эффективность 54 лм/Вт;

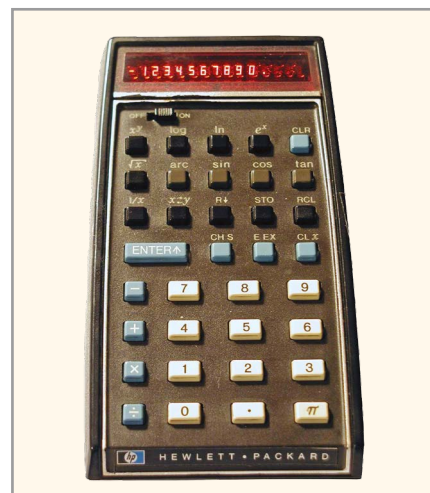


Рис. 3. Калькулятор для научных расчетов HP-35

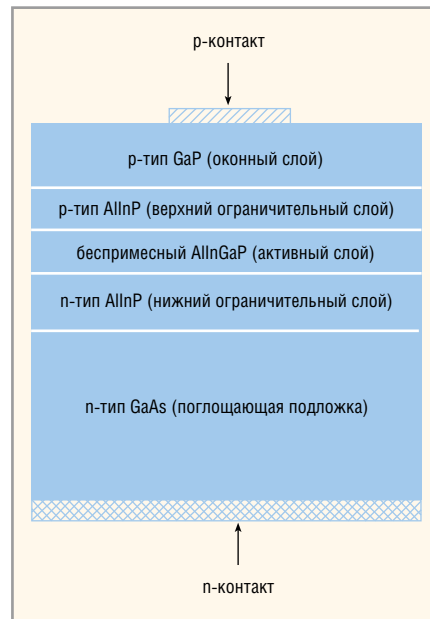


Рис. 4. Гетероструктура AlInGaP/GaAs



Рис. 5. Светодиод ASMT-MX20/MX22



Рис. 6. Светодиоды семейства Moonstone™



Рис. 7. Светодиоды ASMT-Ax00 и ASMT-Ax3x



Рис. 8. Светодиоды ASMT-Jx1x и Jx32/33

Светодиоды серий ASMT-Ax00/-Ax3x/-Jx1x/-Jx32/33

Светодиоды серий ASMT-Ax00 и ASMT-Ax3x (с паспортной мощностью 1 и 3 Вт, соответственно) выполнены в компактных корпусах для монтажа на поверхность. В корпус диаметром 8 мм и толщиной 4,1 мм интегрированы силиконовые линзы. Внешний вид приборов показан на рисунке 7. В состав серий входят высокоэффективные белые и цветные (7 видов) светодиоды, предназначенные для широкого круга применений, в том числе для декоративного и архитектурного освещения и предприятий розничной торговли. Приборы имеют конфигурацию выводов, совместимую с большинством имеющихся на рынке светодиодов аналогичного класса, что обеспечивает возможность модернизации осветительных приборов.

Белые приборы характеризуются цветовыми температурами в диапазоне 2700...10000 К и обеспечивают световой поток от 67,2 лм до 129,5 лм при прямом токе 350 мА. Максимально допустимый ток составляет 500 мА для приборов серии ASMT-Ax00 и 700 мА для серии ASMT-Ax3x. Световая эффективность приборов находится в пределах 71...85 лм/Вт (ASMT-Ax00) и 80...103 лм/Вт (ASMT-Ax3x). Светодиоды обеспечивают широкую диаграмму распределения силы света (140°) и могут эксплуатироваться при температуре кристаллов до +125°C (AlInGaP) и +135°C (InGaN).

Аналогичные по основным параметрам светодиоды серий ASMT-Jx1x (1 Вт), ASMT-Jx32/33 (3 Вт) выполнены в миниатюрных корпусах размерами 4 × 4 × 1,85 мм. Их внешний вид показан на рисунке 8. Номенклатура белых приборов этих серий практически такая же, как и ASMT-Ax00/Ax3x, однако цветные приборы в сериях ASMT-Jx32/Jx33 отсутствуют. Световой поток находится в пределах 51,7...129,5 лм (ASMT-Jx1x) и 67,2...147,7 лм (ASMT-Jx32). Световая эффективность составляет 78...95 лм/Вт (ASMT-Jx1x) и 80...112 лм/Вт (ASMT-Jx32) при прямом токе 350 мА. Максимальный прямой ток равен 500 мА и 700 мА, соответственно. Приборы серии ASMT-Jx33 отличаются повышенными значениями индекса цветопередачи CRI – более 80 для приборов с $T_{\text{кр}} = 3500...10000$ К и более 90 для приборов с $T_{\text{кр}} = 2700...3500$ К.

2. ASMT-MB00-NDF00 – InGaN, синий ($\lambda_d = 460$ нм), $\phi_v = 11,5...25$ лм, 13 лм/Вт;

3. ASMT-MR00-AHJ00 – AlInGaP, красный ($\lambda_d = 625$ нм), $\phi_v = 33...56$ лм, 54 лм/Вт;

4. ASMT-MA00-AGH00 – AlInGaP, янтарный ($\lambda_d = 590$ нм), $\phi_v = 25...44$ лм, 48 лм/Вт.

В серии трёхваттных светодиодов представлено 4 типа приборов, выполненных в корпусах, аналогичных уже рассмотренным (см. рис. 6). Кроме энергетических параметров приборы отличаются максимальным прямым током – до 700 мА. Отбор производится по координатам цветности и световому

поток. Максимальный световой поток составляет 140 лм (группа P) при $I_{\text{пр}} = 350$ мА, при увеличении тока до 700 мА поток увеличивается на 80%. В состав серии входит и трёхцветный прибор ASMT-MT00xxxx (отличается наличием дополнительных выводов), содержащий 3 излучающих кристалла: красный AlInGaP ($\phi_v = 33...56$ лм, $\lambda_d = 625$ нм), зелёный InGaN (43...95 лм, 527 нм) и синий InGaN (460 нм, 9...19,5 лм). Приборы предназначены для освещения развлекательных мероприятий, а также садово-паркового, архитектурного и декоративного освещения.

Классификационные параметры белых светодиодов (из каталога компании Avago Technologies от 2014 года)

Тип прибора	Световой поток ϕ_v , лм	Рабочий ток $I_{\text{пр}}$, мА	Падение напряжения $U_{\text{пр}}$, В	Световая эффективность, лм/Вт	Цветовая температура $T_{\text{кр}}$, К	Примечания
ASMT-MW62-NEG00	15...33	150	3,5	83	4000...10000	Moonstone 0,5 Вт
ASMT-MW80-NEG00				99		
ASMT-MY62-NDF00	12...26	150	3,5	77	2600...4000	Moonstone 0,5 Вт
ASMT-MY80-NDF00				77		
ASMT-MY06-NMN00	95...125	350	3,2	89	4000...10000	Moonstone 1 Вт
ASMT-MWB6-NMN00				89		
ASMT-MW06-NMN00				94		
ASMT-MYC4-NLM00	73...110	350	3,2	89	2600...4000	Moonstone 1 Вт
ASMT-MYB4-NLM00				80		
ASMT-MYK4-NLM00				89		
ASMT-MYA4-NLM00				80		
ASMT-MWK4-NMN00	95...125	350	3,2	94	4500...10 000	Moonstone 1 Вт
ASMT-MWL4-NLM00	73...110					
ASMT-MWK4-NLN00	73...125					
ASMT-MWC4-NLM00	73...110					
ASMT-MWA4-NLN00	73...125	350	3,2	94	2600...4000	Moonstone 3 Вт
ASMT-MWB4-NLM00	73...110					
ASMT-MW04-NLN00	73...125					
ASMT-MY04-NLM00	73...110					
ASMT-MW04-NMN00	98...125	350	3,5	98	4500...10 000	Moonstone 3 Вт
ASMT-MW04-NKM00	56...124					
ASMT-MYE2-NMP00	95...125	350	3,2	88	2600...4000	Moonstone 3 Вт
ASMT-MY22-NMP00	95...125					
ASMT-MWE2-NNP00	110...140					
ASMT-MW22-NNP00	110...140					

Светодиоды МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ МОНТАЖА НА ПОВЕРХНОСТЬ

К этой категории относятся белые, цветные, двух- и трёхцветные светодиоды с паспортной мощностью 0,25 и 0,5 Вт, выполненные в корпусах PLCC-2/4/6.

В корпусе PLCC-2 выпускаются 10 типов белых светодиодов InGaN с силой света 1800...4500 мкд при 20 мА и цветовыми температурами 2700...8000 К и 13 типов одноцветных светодиодов (AlGaAs, GaP, InGaN). Цветовая гамма приборов, кроме основных, включает жёлто-зелёный, изумрудный, красно-оранжевый и жёлто-янтарный цвета. Размеры корпуса PLCC-2 составляют $2,8 \times 3,2 \times 1,9$ мм. 3 типа светодиодов (белый, синий и зелёный) выпускаются в корпусах Mini PLCC-2 размерами $2 \times 1,4 \times 1,3$ мм.

В корпусе PLCC-4 (четыре вывода) выпускаются белые, одно-, двух- и трёхцветные приборы:

- 3 типа белых светодиодов с паспортной мощностью 0,25 Вт ($\phi_v = 18...40$ лм при 80 мА, $T_{цв} = 4000...8000$ К);
- более 20 типов белых светодиодов с паспортной мощностью 0,5 Вт ($\phi_v = 40...67$ лм при 150 мА, $T_{цв} = 2700...8000$ К);
- более 20 типов одноцветных светодиодов с силой света от 700 мкд (синие) до 7000 мкд при 50 мА (остальные цвета). Ширина диаграммы КСС составляет $30^\circ/60^\circ/120^\circ$. Размеры корпусов с линзой – $3,2 \times 2,8 \times 3,9$ мм, без линзы – $3,2 \times 2,8 \times 1,9$ мм;
- 9 типов двухцветных приборов с различным сочетанием цветов и 2 типа трёхцветных приборов в корпусах белого и чёрного цвета.

В корпусе PLCC-6 ($3,4 \times 2,8 \times 1,8$ мм) реализованы 5 типов трёхцветных приборов с отдельными выводами для излучающих кристаллов.

Белые светодиоды в корпусах PLCC-2/4 могут с успехом применяться для замены ламп дневного света, освещения витрин и подсветки ЖК-панелей.

Цветные и белые приборы всех упомянутых групп можно использовать в приборах подсветки автомобилей и в информационных панелях.

Кроме рассмотренных приборов компания выпускает светодиодные лампы для монтажа на поверхность (см. рис. 9), в отверстия печатных плат ($\varnothing 3, 4$ и 5 мм, овальные) и мини-

атюрные светодиодные кристаллы ($1,6 \times 0,8 \times 0,45$ мм).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным аналитического агентства LEDinside, на рынке светодиодов в 2014 году ожидаются изменения. Наиболее очевидной тенденцией является рост на рынках производственного, коммерческого и уличного освещения. Подъём происходит на рынке светодиодных ламп (Bulb), трубок и коммерческого освещения, что порождает огромный спрос на светодиоды средней мощности (0,5...3 Вт). Ожидается, что в 2014 году объём рынка светодиодов средней мощности превзойдёт объём рынка мощных светодиодов, поскольку применение большого числа светодиодов средней мощности (типономиналы 5630, 3030, 2835 и аналогичные) экономически эффективнее, чем использование одного или нескольких светодиодов большой мощности [7, 8].

В настоящее время на рынке представлен огромный ассортимент светодиодных ламп самых разнообразных конструкций, в том числе с использованием нескольких десятков светодиодов небольшой мощности. На рисунке 10 показан внешний вид одной из таких ламп, где видно, что конструкция не имеет видимых внешних радиаторов охлаждения (теплоотводов), что, конечно, снижает себестоимость производства.

Для применения в светодиодных лампах и линейках отлично подходят приборы Avago Technologies в корпусах PLCC-2 серий ASMT-UWB1-NX302 ($2,8 \times 3,2 \times 1,9$ мм) с номинальной силой света 2300 мкд / 20 мА и цветовой температурой 2700...8000 К. Приборы характеризуются высокой световой эффективностью, которая составляет 100 лм/Вт (типичное значение), ширина КСС равна 120° , $U_{np} = 2,8...3,6$ В и минимальным CRI = 70.

Для более мощных световых устройств подходят приборы в корпусах PLCC-4 серий ASMT-UYBG, ASMT-UYBH ($3,5 \times 3,2 \times 1,1$ мм), обеспечивающие световой поток 18 лм / 80 мА и цветовую температуру 2700...3500 К, CRI = 75...85, КСС = 120° и $U_{np} = 3,2...3,4$ В. Аналогичные приборы холодного белого света серий ASMT-UWBG и ASMT-UWBH с цветовой температурой 4000...8000 К обеспечивают световой поток 19...25 лм / 80 мА. Ещё больший световой поток (48...55 лм при 150 мА) создают анало-



Рис. 9. Светодиодные лампы для поверхностного монтажа



Рис. 10. Светодиодная лампа

гичные приборы серий ASMT-QWBG и ASMT-QWBH.

Приборы в корпусах PLCC-4 серии ASMT-QYBR-NJK0E сочетают малые размеры ($3,6 \times 2,8 \times 1,9$ мм) со значительным световым потоком (33...56 лм при 150 мА). При этом $T_{цв} = 2500...4000$ К, $U_{np} = 3,3...3,5$ В, а ширина КСС составляет 120° .

ЛИТЕРАТУРА

1. HP Journal February 1969. www.hparchive.com/Journals/HPJ-1969-02.pdf.
2. HP Journal July 1970. www.hparchive.com/Journals/HPJ-1970-07.pdf.
3. HP Journal June 1972. www.hparchive.com/Journals/HPJ-1972-06.pdf.
4. HP Journal August 1993. www.hparchive.com/Journals/HPJ-1993-08.pdf.
5. www.avagotech.com/pages/corporate/company_history.
6. www.avagotech.com/pages/products.
7. <http://en.helftech.com/news/html/?20.html>.
8. www.ledinside.com/intelligence.

