

Полупроводниковые приборы компании CDIL

Юрий ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

Компания Continental Device India Ltd. (CDIL, Нью-Дели, Индия) является одним из старейших в Индии разработчиков и производителей полупроводниковых приборов. CDIL основана в 1964 году в сотрудничестве с компанией Teledyne Semiconductor из Калифорнии.

Изначально деятельность компании была направлена на разработку и производство полупроводниковых приборов на основе кремния, став таким образом первой в Индии компанией, выпускающей кремниевые полупроводниковые компоненты. В 1970-е годы в CDIL работал Винод Дхам (Vinod Dham, 1950 г.р.) (рис. 1), впоследствии получивший всемирную известность как разработчик процессоров Pentium компании Intel.

После завершения в 1971 году образования в Делийском инженерном колледже (в настоящее время Делийский технологический университет) Винод Дхам получил степень бакалавра в области электроники и поступил на работу в компанию CDIL на должность инженера, где проработал четыре года. В 1975-м В. Дхам уехал в США и поступил в университет Цинциннати (штат Огайо), после окончания которого получил степень магистра в области твердотельной электроники. В команду разработчиков энергонезависимой памяти компании Intel В. Дхам пришел в 1979-м, результатом деятельности этой команды стала первая флэш-память Intel — ETOX.

Созданием процессора Pentium в 1989 году занялась команда, прежде работавшая над процессорами i386 и i486, в группу входило около двухсот сотрудников Intel под руководством Джона Кроуфорда и Дональда Альперта, главным руководителем проекта был Винод Дхам. Презентация Pentium состоялась в марте 1993-го, несколько месяцев спустя появились и первые ПК на его основе, а Винода Дхама стали называть отцом «Пентиума» [1].

Более половины продукции CDIL поставляется в 35 стран мира, в том числе и в Россию. Клиентами компании являются многие ведущие производители бытовой, автомобильной и промышленной электроники, телекоммуникационного оборудования, в их числе ABB, APC, Bajaj Auto, Celestica, Emerson Electric, Flextronics, Robert Bosch, Samsung, Tata Motors и другие. В 2005 году открыт центр продаж и склад компании в Гонконге — CDIL (HK) Ltd., обеспечивающий поставки продукции в страны ЮВА, Азиатско-Тихоокеанского региона и КНР.

CDIL стала первой в своей стране компанией, осуществившей выпуск полупроводниковых приборов космического класса для Индийской организации космических исследований (Indian Space Research Organization). Полупроводниковые приборы промышленного, космического и военного классов поставляются таким компаниям, как Alcatel, Honeywell, Robert Bosch, Siemens. CDIL стала первой индийской полупроводниковой компанией, сертифицированной по стандартам IS/ISO9002, ISO14001, ISO/TS16949 и получившей статус экспортной фирмы (Export House) правительства Индии [2].

CDIL — это полностью вертикально интегрированная компания, в ее составе дизайн-центр, производство с высокой степенью автоматизации и участки конечного тестирования продукции. Компания располагает чистыми помещениями для производства полупроводниковых приборов общей площадью более 16 000 м² и производственным оборудованием

ведущих мировых компаний США, Японии, Швейцарии и Германии. Подразделение исследований и разработок полностью покрывает потребности компании в разработке собственных технологий. Ключевые направления исследований и разработок:

- Разработка новых полупроводниковых приборов и улучшение характеристик серийно выпускаемых продуктов.
- Постоянное совершенствование используемых технологических процессов и создание новых процессов и технологий.
- Бенчмаркинг технологических процессов и характеристик выпускаемых полупроводниковых приборов в сравнении с лучшими образцами конкурентов, позволяющий обеспечивать высокую надежность и качественные параметры изготавливаемой продукции на уровне лучших мировых образцов.
- Проведение анализа видов и последствий отказов компонентов (Failure Mode Effect Analysis — FMEA).
- Обучение и подготовка производственного персонала к работе с новыми технологическими процессами [3].

Кроме разработки и производства полупроводниковых приборов, с 1982 года CDIL осуществляет контрактное производство электроники (EMS), для чего в сотрудничестве с компанией Messers Hamlin Inc. (штат Висконсин, США) в городе Чандигарх (Chandigarh) было создано подразделение Deltron Ltd. (рис. 2). Производство полностью автоматизировано и сертифицировано



Рис. 1. Винод Дхам



Рис. 2. Здание компании Deltron

по стандартам ISO9001:2009, TS16949:2009, ISO14001:2004, OHSAS18001:2007, ISO13485:2003 [4].

Еще одно направление деятельности CDIL — производство светодиодных модулей, панелей и осветительных приборов под торговой маркой Dynel Lights. В настоящее время компания выпускает широкую номенклатуру портативных, бытовых, офисных и промышленных осветительных приборов для наружного и внутреннего освещения [5].

В каталоге компании 2015 года полупроводниковые приборы представлены в следующих категориях: выпрямительные диоды и мосты, диоды, транзисторы, тиристоры и симисторы, стабилизаторы напряжения, TVS-диоды [6].

В категорию выпрямительных диодов и мостов входят высокоэффективные выпрямительные диоды, диоды с быстрым и сверхбыстрым восстановлением обратного сопротивления, выпрямительные диоды общего назначения, выпрямительные мосты и диоды Шоттки для выпрямителей.

Высокоэффективные выпрямительные диоды (High Efficiency Rectifier) представлены сериями HER10X в корпусе DO-41P (рис. 3) и HER20X в корпусе DO-15. В серию HER10X входят 8 типов приборов HER101–HER108 на допустимые рабочие напряжения U_p от 50 до 1000 В (35–700 В RMS) и выпрямленный ток 1 А. Прямое напряжение при токе 1 А находится в пределах (1–1,7 В), пиковый прямой ток 30 А при длительности импульса 8,3 мс. Обратный ток 5 мкА, время восстановления обратного сопротивления 50–75 нс. Диапазон рабочих температур $-55...+150$ °C. В серию HER20X также входят 8 типов приборов HER201–HER208, отличающихся только допустимым выпрямленным током — 2 А — и пиковым прямым током — 60 А, остальные параметры как у приборов серии HER10X.

Ультрабыстрые диоды (Ultra Fast Recovery) представлены сериями UF400X в корпусе DO-41P, UF540X в корпусе DO-20 (внешний вид как у DO-41 на рис. 3), UF1, UF2 в корпусах для монтажа на поверхность DO-214 (рис. 4). В серии UF540X представлено восемь типов приборов UF5400–UF5408, их основным отличием от вышерассмотренных приборов являются только большей прямой ток (3 А) и пиковый прямой ток (150 А). Диоды в корпусах для монтажа на поверхность серий UF1 отличаются отсутствием исполнения на напряжения 900 и 1000 В, остальные параметры в основном такие, как и у приборов серии HER10X. Основные параметры диодов серии UF2 практически совпадают с параметрами приборов серии HER20X.

В группу выпрямительных диодов общего назначения входит шесть серий приборов в следующих корпусах: DO-41 (серия 1N400X, рис. 3), DO-20 (серия 1N540X, рис. 3), DO-213 (серия SM400X, рис. 5), DO214 (серии GS1, S1, S2, рис. 4). Основные особенности приборов серии:

- 1N4001–1N4007 — допустимое рабочее напряжение U_p от 50 до 1000 В, прямой ток 1 А, рабочий диапазон температур кристалла $-55...+125$ °C, время восстановления не нормировано.
- 1N5400–1N5408 — отличия от предыдущих: прямой ток 3 А, диапазон рабочих температур $-55...+150$ °C.
- GS1A/M1–GS1M/M7; S1A–S1M — $U_p = 50-1000$ В, $I_{np} = 1$ А, время восстановления $t_{rr} = 2,5$ мкс, $T_p = -55...+150$ °C.

Быстрые диоды представлены следующими сериями приборов:

- 1N4933–1N4937 — $U_p = 50-600$ В, $I_{np} = 1$ А, $t_{rr} = 0,2$ мкс, $T = -65...+150$ °C, корпус DO-41.
- FR101–FR107 — $U_p = 50-1000$ В, $I_{np} = 1$ А, $t_{rr} = 150-500$ нс, $T = -55...+150$ °C, корпус DO-41P.
- FR150–FR157 — отличия от предыдущих: $I_{np} = 1,5$ А, корпус DO-15.
- FR201–FR207 — отличия от предыдущих: $I_{np} = 2$ А.
- FR301–FR307 — отличия от предыдущих: $I_{np} = 3$ А, $T = -65...+150$ °C.
- RS1A–RS1M, отличия от FR10X — корпус DO-214.

Компания выпускает 12 серий выпрямительных мостов на переменное напряжение $U_{RMS} = 35-700$ В, отличающихся в основном корпусами и допустимым выпрямленным током, электрические параметры встроенных диодов во многом совпадают с параметрами вышеописанных дискретных диодов. Теперь рассмотрим особенности некоторых выпрямительных мостов:

- Приборы с прямым током 1 А: DB101–DB107 — корпус DB-1 для монтажа в отверстия (рис. 6), прямое напряжение $U_{np} = 1,1$ В, $T = -55...+150$ °C. Приборы серии DF005S–DF10S с такими же параметрами выпускаются в корпусах для монтажа на поверхность. Идентичные по параметрам мосты серии GBU8005–GBU80 выполнены в SIP-корпусах GBU (рис. 7).
- Приборы с прямым током 1,5 А: RB151–RB157 — корпус WOM (внешний вид как у RB-15 на рис. 8), $U_{np} = 1$ В, $T = -55...+150$ °C, мосты серии W005M–W10M отличаются только диапазоном рабочих температур ($-55...+125$ °C).
- Приборы с рабочим током 2 А: 2W005M–2W10M — корпус WOM, $U_{np} = 1,1$ В, $T = -55...+125$ °C. Мосты серии KBP2005–KBP210 отличаются только корпусом (KBP, внешний вид как у GBU на рис. 7).
- KBP3005–KBP310 — от KBP2005–KBP210 отличаются только величиной тока — 3 А.
- KBU6005–KBU610 — корпус KBU (внешний вид как у GBU на рис. 7), прямой ток 6 А, другие параметры, как у KBP2005–KBP210.
- KBPC8005–KBPC810 — корпус KBPC (рис. 9), прямой ток 8 А, $U_{np} = 1$ В, $T = -55...+125$ °C.

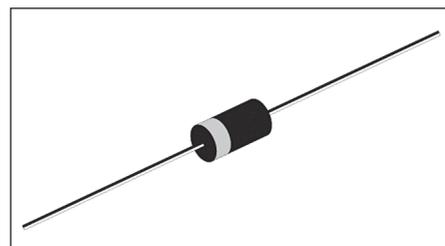


Рис. 3. Корпус DO-41

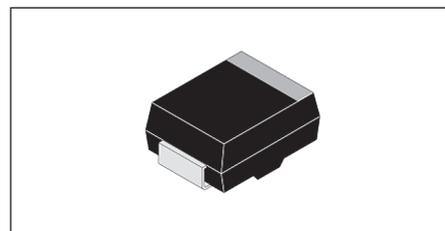


Рис. 4. Корпус DO-214

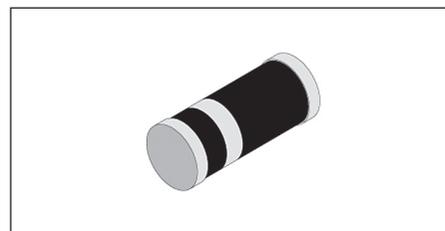


Рис. 5. Корпус DO-213

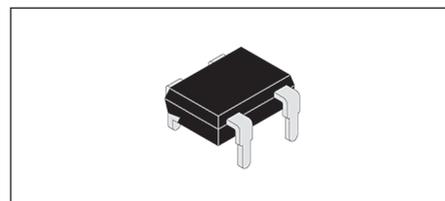


Рис. 6. Корпус DB-1

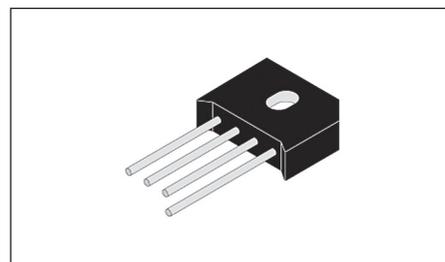


Рис. 7. Корпус GBU

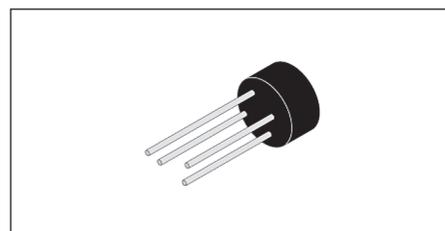


Рис. 8. Корпус RB-15

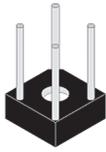


Рис. 9. Корпус KBPC-8



Рис. 10. Корпус TO-18

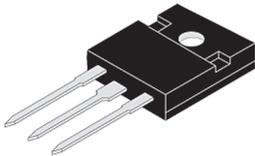


Рис. 11. Корпус TO-3 P

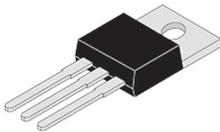


Рис. 12. Корпус TO-220



Рис. 13. Корпус TO-252

- KBPC10005–KBPC1010 — корпус KBPC, прямой ток 10 А, $U_{пр} = 1,1$ В, $T = -55...+125$ °С.

Диоды Шоттки представлены 12 сериями приборов в корпусах для монтажа в отверстия и на поверхность (рис. 3, 4). Приборы этой группы отличаются меньшими прямыми напряжениями и меньшими допустимыми рабочими напряжениями (до 40–80 В RMS), что предопределяет их использование во вторичных низковольтных выпрямителях импульсных источников питания. Допустимые рабочие токи приборов от 200 мА (BAT85)

до 5 А (серия SK52–S10), прямые напряжения диодов находятся в пределах 0,5–0,8 В при номинальных значениях прямых токов. Диапазон рабочих температур большинства приборов составляет $-55...+125$ °С, некоторые серии диодов обеспечивают работоспособность при температурах -65 и $+150$ °С.

В категорию диодов входят триггерные диоды, диоды Шоттки, коммутационные диоды и стабилитроны. Триггерные диоды (*p-n-p-n*) представлены сериями DB3, DB4, DB3-22 ($P_{расс.} = 150$ мВт) в корпусах с осевыми выводами и LLDB3 ($P_{расс.} = 500$ мВт) в безвыводных цилиндрических корпусах (рис. 5).

Диоды Шоттки представлены сериями BAT42, BAT43 ($I_{пр} = 200$ мА, $U_{пр} = 0,26-0,65$ В) с осевыми выводами и VAR43 в корпусах для монтажа на поверхность, с одним или двумя диодами в корпусе в различных конфигурациях.

Коммутационные диоды представлены семью сериями приборов с осевыми выводами, для монтажа на поверхность и безвыводными. Для данной категории наиболее важными параметрами являются малая емкость в закрытом состоянии (C_d), скорость переключения (t_{rr}) и мощность рассеяния в открытом состоянии (P_d). Емкости C_d приборов находятся в пределах единиц пикофарад, время восстановления t_{rr} — единиц наносекунд, P_d — сотен милливатт. Диапазон рабочих температур большинства приборов $-55...+125$ °С, устройства некоторых серий могут работать при температурах -65 и $+150$ °С, а приборы LL4448, 1N914, 1N916 допускают работу при температуре кристалла $-65...+200$ °С, LS4148, LS4448 $-65...+175$ °С.

Компания выпускает большую номенклатуру стабилитронов, представленных 15 сериями с мощностью рассеяния от 200 мВт до 1,3 Вт, выполненных в корпусах для монтажа на поверхность, безвыводных и с осевыми выводами. Напряжения стабилизации приборов перекрывают диапазон от 2,4 до 120 В, диапазон рабочих температур большинства приборов $-65...+150$ °С, приборы серий CLL5227–CLL5281, 1N5223B–1N5273B, 1N4728A–1N4764A, 1N4187B–1N4188B могут работать при температурах $-65...+200$ °С, а приборы VZX55C, VZX85C при $-65...+175$ °С.

В категорию транзисторов входят малосигнальные приборы, транзисторы средней и большой мощности, а также составные приборы; 11 серий малосигнальных транзисторов выполнены в металлических корпусах TO-18, TO-39 (рис. 10) и могут работать в диапазоне температур $-65...+200$ °С. Рассмотрим особенности некоторых приборов этой группы:

- 2N2221A, 2N2222A, 2N2218A, 2N2219A — *n-p-n*-транзисторы для ВЧ- и линейных схем с граничной частотой f_t не менее 300 МГц, фактором шума менее 4 дБ (1 кГц) и коэффициентом усиления h_{fe} 30–300. Приборы BC107/108/109/177/178/179 отличаются более высоким значением h_{fe} (до 900).

- BCY58/59 (*n-p-n*) и BCY78/79 (*p-n-p*) — комплементарные пары планарных транзисторов с граничной частотой более 125 МГц и h_{fe} до 700.
 - 2N3439, 2N3440 — высоковольтные ($U_{кз} = 250-350$ В) *n-p-n*-транзисторы с граничной частотой не менее 15 МГц, предназначенные для работы в усилителях мощности и высоковольтных приложениях.
 - BC140, BC141 — *n-p-n*-приборы с током коллектора до 1 А, $U_{кз} = 40-60$ В и h_{fe} до 400.
 - В группу приборов средней мощности включена серия *n-p-n*-приборов BD135–BD140 в корпусе TO-126 с током коллектора 1,5 А и $U_{кз} = 45-80$ В, диапазон рабочих температур приборов $-55...+150$ °С.
 - Мощные приборы представлены 15 сериями транзисторов в пластиковых (TO-220, TO-3P) и металлических корпусах TO-3.
 - 2N3055HV — *n-p-n*-транзистор в металлическом корпусе TO-3 с допустимым током коллектора 15 А, $U_{кз} = 100$ В и мощностью рассеяния 100 Вт. Тепловое сопротивление кристалл/корпус прибора $1,75$ °С/Вт, что способствует его работе в диапазоне температур $-65...+200$ °С, граничная частота транзистора f_t не менее 2,5 МГц.
 - TIP2955F (*p-n-p*), TIP3055F (*n-p-n*) — мощные транзисторы в корпусе TO-3P (рис. 11), имеют близкие к 2N3055HV параметры, однако диапазон рабочих температур приборов $-65...+150$ °С.
 - MJE15028/MJE15030 (*n-p-n*), MJE15029/MJE15031 (*p-n-p*) — мощные ВЧ (f_t не менее 30 МГц) комплементарные транзисторы в корпусах TO-220 (рис. 12), ориентированные на применение в высококачественных усилителях звуковых частот и в других устройствах с высоким быстродействием. Основные параметры приборов: $I_k = 8$ А, $U_{кз} = 120/150$ В, $P_{расс.} = 50$ Вт, диапазон рабочих температур $-65...+150$ °С.
 - MJE13004, MJE13005 — мощные высоковольтные ($U_{кз} = 600/700$ В) транзисторы в корпусах TO-220 с током коллектора 4 А, мощностью $P_{расс.} = 75$ Вт и граничной частотой f_t не менее 4 МГц, рабочий диапазон температур $-65...+150$ °С, приборы предназначены для коммутации импульсов в мощных преобразователях напряжения.
 - CDT13003A/B/C/E/F — *n-p-n*-транзисторы в корпусе TO-220, предназначенные для применения в схемах освещения, импульсных преобразователей и управления двигателями. Основные параметры приборов: $U_{кз} = 600$ В, $I_k = 1,8$ А (3,5 А в импульсе), f_t не менее 4 МГц, $T = -65...+150$ °С.
- Составные транзисторы представлены тремя сериями приборов и отличаются повышенным коэффициентом усиления по току.
- TIP100/101/102 (*n-p-n*), TIP105/106/107 — составные транзисторы в корпусах TO-220 с током коллектора 8 А, $U_{кз} = 60-100$ В, h_{fe} от 1000 до 20 000, $T = -65...+150$ °С. Приборы предназначены для применения в линейных и ключевых схемах.

В категории тиристорov и симисторov представлено шесть и восемь серий приборov соответственно, рассмотрим особенно некоторые из них:

- CJD136, 136D, 137D — симисторы в корпусе DPAK (ТО-252, рис. 13), предназначенные для коммутации переменного тока в силовых схемах, включая управление двигателями, освещением, нагревателями промышленного и бытового назначения. Основные параметры: коммутируемый ток $I_T = 4$ А RMS, максимальное напряжение между катодом и анодом $U_{drm} = 600$ В, максимальная скорость нарастания напряжения dv/dt составляет 5 В/мкс, максимальная температура кристалла равна +125 °С.
- VT151X — тиристор в корпусе ТО-220FP с током $I_T = 9$ А RMS, напряжением $U_{drm} = 650$ В.
- CDR05 — тиристор в корпусе ТО-126 с током $I_T = 4$ А RMS, $U_{drm} = 600$ В.

Стабилизаторы напряжения представлены пятью сериями микросхем в корпусах ТО-92, ТО-220, ТО-252, все приборы классифицированы для работы при температурах корпусов 0...+150 °С и не могут быть использованы в аппаратуре специального назначения.

TVS-диоды, или супрессоры (Transient Voltage Suppressor), являющиеся специальными лавинными стабилитронами, представлены 10 сериями приборov в корпусах с осевыми выводами и для монтажа на по-

верхность. TVS-диоды компании способны выдерживать импульсные мощности перегрузки от 400 Вт до 5 кВт, что во многих случаях достаточно для защиты любых электронных приборov и цепей как от статического электричества, так и от случайного попадания повышенных напряжений в защищаемые цепи.

Заключение

Компания CDIL выпускает полупроводниковые приборы, способные надежно работать в самых жестких условиях — в диапазоне температур -55/65...+150/200 °С, при высоком уровне вибраций и ударов, повышенной влажности и ионизирующих излучениях. Контрактное производство электроники под ключ включает весь спектр услуг по изготовлению и поставке продукции, в том числе по закупке необходимых электронных компонентov у сторонних поставщиков. ■

Литература

1. www.lpost.ru/day/2013/03/22/15856
2. www.cdil.com/company-profile
3. www.cdil.com/research-development
4. www.deltron.in/about_us.html
5. www.dynel.in/about-us.html
6. www.cdil.com/devices-1