



ДИОДНЫЕ ОПТОПАРЫ

9.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

В диодной оптопаре в качестве фотоприемного элемента используется фотодиод на основе кремния, а излучателем служит инфракрасный излучающий диод. Максимум спектральной характеристики излучения диода приходится на длину волны около 1 мкм. При облучении оптрона фотодиода светом такой длины волны в нем возникает генерация пар носителей заряда — электронов и дырок. Интенсивность генерации пропорциональна силе света, а следовательно, входному току. Свободные электроны и дырки разделяются электрическим полем перехода фотодиода и заряжают *p*-область положительно, а *n*-область отрицательно. Таким образом, на выходных выводах оптопары появляется фото-ЭДС. В реальных приборах она не превышает 0,7—0,8 В. Описанная физическая картина относится к работе оптопары в генераторном режиме.

Если к фотодиоду оптопары приложено обратное напряжение более 0,5 В, то электроны и дырки, генерированные излучением, увеличивают обратный ток фотодиода. Это фотодиодный режим работы приемного элемента. Диодные оптопары могут работать как в генераторном, так и в фотодиодном режиме. Значение обратного фототока практически линейно возрастает с увеличением силы света излучающего диода.

Для повышения быстродействия фотодиоды создаются со структурой *p-i-n*, где *i* обозначает слой кремния собственной проводимости (полупроводящий) между легированными областями *p*- и *n*-типа. Технологически данная структура выполняется путем эпитаксиального выращивания на противоположных плоскостях тонкой (40—50 мкм) пластины высокоомного кремния, низкоомных слоев *p*- и *n*-проводимости. Возникающее в *i*-области сильное электрическое поле приводит к сокращению времени пролета носителей заряда через эту область и быстрому нарастанию и спаду фототока. Время нарастания и спада фототока в таких фотодиодах может составлять единицы и даже доли наносекунд. Однако быстродействие оптопары в целом зависит еще и от быстродействия излучателя, а также омической выходной нагрузки. С учетом сказанного реальные значения времени задержки сигнала в диодном оптроне составляют около 1 мкс.

Основными параметрами диодных оптопар являются следующие: входное напряжение $U_{вх}$ — постоянное прямое напряжение на диоде-излучателе при заданном входном токе;

максимальный входной ток или максимальный импульсный входной ток $I_{вх.мах}$, $I_{вх.иммах}$ — максимальные значения постоянного входного тока или амплитуды входного импульса, проходящего через входную цепь оптопары, при которых обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное входное обратное напряжение $U_{вх.обр.мах}$ — максимальное значение постоянного напряжения, приложенного ко входу диода оптрона в обратном направлении, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное выходное обратное постоянное и импульсное напряжения $U_{вых.обр.мах}$ и $U_{вых.обр.иммах}$, определяющие максимальные напряжения в выходной цепи оптопары, при которых обеспечивается ее надежная работа;

выходной обратный ток (темновой) $I_{вых.обр.т}$ — ток, протекающий в выходной цепи диодной оптопары при отсутствии входного тока и заданном напряжении на выходе;

время нарастания выходного сигнала $t_{нр}$ — интервал времени, в течение которого выходной сигнал оптопары изменяется от 0,1 до 0,5 максимального значения;

время спада выходного сигнала $t_{сп}$ — интервал времени, в течение которого выходной сигнал оптопары изменяется от 0,9 до 0,5 максимального значения;

статистический коэффициент передачи тока K_I — отношение разности выходного и выходного темнового токов к входному, выраженное в процентах. Коэффициент передачи тока в диодных оптопарах составляет единицы процентов и примерно равен значению квантового выхода фотодиода. Так как темновой выходной ток обычно значительно меньше светового, коэффициент передачи тока выражают как

$$K_I \approx I_{вых} / I_{вх};$$

сопротивление изоляции $R_{из}$ и проходная емкость $C_{пр}$ — соотв.

ственно активное сопротивление и емкость между входной и выходной цепями оптопары;

максимальное напряжение изоляции $U_{из.пикмах}$ или максимальное пиковое напряжение изоляции $U_{из.пикмах}$ — максимальное постоянное или пиковое напряжение изоляции, приложенное между входом и выходом оптопары, при котором сохраняется ее электрическая прочность.

Для многоканальных диодных оптопар указывается $C_{пр.к}$ — емкость между информационными каналами;

максимальное напряжение изоляции между каналами $U_{из.кмах}$ — максимальное напряжение, которое может быть приложено между информационными каналами и которое не приводит к потере электрической прочности оптопары.

Многоканальные диодные оптопары типов АОД109 и ЗОД109 содержат три изолированных друг от друга оптоэлектронных канала.

Для характеристики работы диодных дифференциальных оптопар служат три специфических параметра:

коэффициенты передачи по току основной и вспомогательной оптопары K_{IO} , K_{IV} — величины, равные отношению приращения выходного тока основной оптопары (вспомогательной оптопары) к вызвавшему его входному току;

коэффициент неидентичности δ — усредненное относительное расхождение на границах рабочего диапазона передаточных характеристик основной и вспомогательной оптопар после совмещения этих характеристик в рабочей точке.

Диодные дифференциальные оптопары типов КОД301А, ОД301А, КОД302А-В состоят из основной и вспомогательной оптопар. Основная оптопара, образованная излучателем и одним фотоприемником, служит для передачи информационного сигнала и выполняет функцию гальванической развязки. Вспомогательная оптопара образована излучателем и другим фотоприемником и служит для управления электрическим режимом излучателя.

В основе схем гальванической развязки аналоговых сигналов с помощью диодных дифференциальных оптопар лежит компенсационный метод стабилизации и линеаризации передаточной характеристики основной оптопары за счет введения глубокой отрицательной обратной связи через вспомогательную оптопару. Точность передачи аналоговых сигналов определяется подобием передаточных характеристик основной и вспомогательной оптопар, качественным критерием которого является коэффициент неидентичности

$$\delta = (\Delta K_{IO}/K_{IV})_{ср}$$

Коэффициент неидентичности выражает усредненную разность отношений коэффициентов передачи по току основной и вспомогательной оптопар. Постоянство отношения K_{OI}/K_{IV} в пределах рабочего диапазона определяет линейность передаточной характеристики диодной дифференциальной оптопары.

Для описания свойств диодных оптопар обычно используются входные и выходные вольт-амперные характеристики, передаточные характеристики в фотогенераторном и фотодиодном режимах.

Выходная характеристика оптопары аналогична обратной ветви вольт-амперной характеристики диода. Обратный ток практически не зависит от напряжения. При большом напряжении возникает электрический пробой фотодиода.

Передаточная характеристика в фотодиодном режиме представляет

собой зависимость выходного тока от входного и практически линейна в широком диапазоне входного тока.

Передаточная характеристика в фотогенераторном режиме нелинейна. Фото-ЭДС при увеличении входного тока стремится к насыщению; она не может превышать контактной разности потенциалов на переходе фотодиода и составляет обычно 0,5—0,8 В.

Диодные оптопары типов АОД101А—АОД101Д, ЗОД101А—ЗОД101Г, АОД107А—АОД107В, ЗОД107А, ЗОД107В могут быть использованы как в фотодиодном, так и в фотогенераторном режиме. Оптопары АОД112А-1 и ЗОД112А-1 используются в фотогенераторном режиме. Для остальных типов диодных оптопар техническими условиями оговаривается возможность использования их только в фотодиодном режиме.

При использовании диодных оптопар в схемах радиоэлектроники учитывается ряд свойств, присущих этому классу оптопар:

самое высокое быстродействие фотоприемников на $p-i-n$ -структурах;
малые темновые токи в выходной цепи;

высокое сопротивление гальванической развязки.

Указанные свойства позволяют с успехом применять диодную оптопару в качестве оптоэлектронного импульсного трансформатора, элемента согласования периферийных линий с центральным процессором ЭВМ, а также низковольтного блока с высоковольтным; в схемах защиты от перегрузки.