

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛОВ МОП - ТРАНЗИСТОРОВ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ (HEXFET III)

### Введение

Эта статья описывает МОП-транзисторы третьего поколения, входящие в семейство HEXFET III и поставляемые фирмой International Rectifier в виде кристаллов. Эти кристаллы силовых МОП транзисторов обладают теми же свойствами, которые дает высоконадежная планарная технология, используемая в создании серии IRT корпусированных МОП ПТ. Тот же самый современный МОП технологический процесс, структура кремниевого затвора и эффективная гексагональная конструкция истока применяются и для кристаллов, предназначенных для гибридной сборки. Использование кремниевого затвора и последних достижений МОП технологии в результате дает надежный прибор, с высокой воспроизводимостью параметров на кристаллах различного размера. Гибридная сборка таких кристаллов дает существенную экономию в весе и объеме по сравнению со стандартными приборами.

### МОП ПТ III

Эволюция МОП ПТ дала развитие трем семействам, каждое из которых основывается на индивидуальной конструкции кристалла. Технология МОП ПТ III определяется увеличенной способностью выдерживать лавинный процесс введением норм на  $dv/dt$  восстановления диода и рядом других существенных технологических достижений, в том числе увеличение максимально допустимой температуры кристалла для приборов с напряжением 100 В и ниже. Полное описание этих улучшений дано в статье AN-966 «МОП ПТ III - новое поколение силовых МОП ПТ» (См. Литература [1]).

Приборы МОП ПТ III имеют электрические характеристики, которые одинаковы или превосходят аналогичные характеристики приборов МОП ПТ I, МОП ПТ II, такого же типа, так что они могут иметь и те же наименования (типы). Справочные данные приборов МОП ПТ III имеют на первой странице информацию о принадлежности к этому семейству, а на корпусированных приборах маркировка указывает, что это приборы МОП ПТ III (См. подробную информацию в AN-966)

В таблице 1 даны значения параметров МОП ПТ III при измерении на пластине, а на рисунке 38 показаны размеры кристаллов. Таблица II поясняет код обозначения.

### МОП ПТ с датчиком тока

International Rectifier выпускает семейство МОП ПТ, в том числе имеющих возможность считывания тока. Это семейство основывается на технологии МОП ПТ III. Они поставляются с обычными нормами напряжений и токов и, поэтому могут использоваться вместо обычных МОП ПТ. Считывание тока достигается изоляцией небольшого числа ячеек МОП ПТ от основной металлизации истока и формированием дополнительной отдельной контактной площадки. Ток стока делится между считывающими элементами и ячейками основного тела способом, определяемым отношением числа считывающих ячеек к полному числу ячеек на кристалле. Так как отношение, в котором делится ток, известно, то ток стока может быть определен измерением только считываемого тока (тока датчика). Так как ток считывания составляет порядок несколько миллиампер, величина тока стока может быть определена без существенных потерь мощности.

Кристалл МОП ПТ имеет две дополнительные контактные площадки, кроме контактных площадок для затвора и истока. Это площадка считывания тока и площадка истока датчика температуры. Контактные площадки считывания тока соединяются со считывающими ячейками. Контактная площадка датчика температуры подключается к основной металлизации истока и используется как путь возврата для считываемого тока. Отдельный путь возврата для считываемого тока требуется, чтобы предотвратить падение напряжения, так как паразитное сопротивление металлизации основного истока включается в цепь считываемого тока. Подробная информация о семействе МОП ПТ включена в табл. 1

Величины в круглых скобках являются предварительными. За более подробной информацией обращайтесь к новейшим справочным данным.

### Общие характеристики:

$I_{DSS}@V_{DS}$ : 250мкА

$I_{GSS}$ : 500нА

$V_{GS(th)}$ : стандартные HEXFETы миним. 2в, максим. 4в при  $V_{os} = V_{os}$ ,  $I_D = 250$  мкА.

HEXFETы логического уровня миним. 1в, максим 2в при  $V_{os} = V_{GS}$ ,  $I_D = 250$  .-;А

$R_{DS(on)}$ : Измеряется при  $V_{gs} = 10e$  на стандартных HEXFETах и  $V_{GS} = 5B$  на HEXFETах логического уровня.

Рекомендуемый размер проволоки для соединения к выводам затвора, термодатчика и датчика тока : от 3 до 5 мил. (от 0.076 до 0.127 мм)

### МОП ПТ логического уровня

Семейство МОП ПТ логического уровня с номинальными напряжениями 60 и 100В с гарантированным сопротивлением во включенном состоянии при напряжениях затвора 4 и 5В также приведены в табл.1. За исключением требований к запуску и пороговых напряжений затвора эти приборы идентичны своим стандартным прототипам.

HEX SIZE	Типономинал	V <sub>DS</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> Max	Рисунок	Рекомендуемый источник провода mils mm		Data Sheet
Z	IRFC1Z0	100	2.400	1	3	0.08	PD-9.438
1	IRFC014	60	0.200	2	5	0.13	PD-9.507
1	IRFC110	100	0.540	3	5	0.13	PD-9.325
1	IRFC210	200	1.500	4	5	0.13	PD-9.326
1	IRFC214	250	2.000	4	5	0.13	PD-9.475
1	IRFC310	400	3.600	5	5	0.13	PD-9.327
2	IRFC024	60	0.100	6	10	0.25	PD-9.594
2	IRFC120	100	0.270	8	8	0.20	PD-9.313
2	IRFC220	200	0.800	9	8	0.20	PD-9.317
2	IRFC224	250	1.100	9	8	0.20	PD-9.472
2	IRFC320	400	1.800	10	8	0.20	PD-9.315
2	IRFC420	500	3.000	10	8	0.20	PD-9.324
2	IRFCC20	600	4.400	10	8	0.20	PD-9.623
2	IRFCE20	800	6.500	11	5	0.13	PD-9.610
2	IRFCF20	900	8.000	11	5	0.13	PD-9.607
2	IRFCG20	1000	11.500	11	5	0.13	PD-9.604
3	IRFC034	60	0.050	12	15	0.38	PD-9.509
3	IRFC130	100	0.160	14	10	0.25	PD-9.307
3	IRFC230	200	0.400	16	8	0.20	PD-9.309
3	IRFC234	250	0.450	16	8	0.20	PD-9.476
3	IRFC330	400	1.000	17	8	0.20	PD-9.308
3	IRFC430	500	1.500	17	8	0.20	PD-9.311
3	IRFCC30	600	2.200	17	8	0.20	PD-9.482
3	IRFCE30	800	3.200	18	10	0.25	PD-9.613
3	IRFCF30	900	4.000	18	10	0.25	PD-9.616
3	IRFCG30	1000	5.600	18	10	0.25	PD-9.620
4	IRFC044	60	0.028	19	20	0.51	PD-9.510
4	IRFC140	100	0.077	21	15	0.38	PD-9.373
4	IRFC240	200	0.180	23	15	0.38	PD-9.374
4	IRFC244	250	0.280	23	15	0.38	PD-9.527
4	IRFC340	400	0.550	24	12	0.30	PD-9.375
4	IRFC440	500	0.850	24	12	0.30	PD-9.376
4.5	IRFC448	500	0.600	25	12	0.30	PD-9.595
4	IRFCC40	600	1.200	24	12	0.30	PD-9.506
4	IRFCE40	800	2.000	26	10	0.25	PD-9.578
4	IRFCF40	900	2.500	26	10	0.25	PD-9.580
4	IRFCG40	1000	3.500	26	10	0.25	PD-9.576
5	IRFC054	60	0.014	27	25	0.64	PD-9.544
5	IRFC150	100	0.055	29	20	0.51	PD-9.441
5	IRFC250	200	0.085	29	20	0.51	PD-9.443
5	IRFC254	250	0.140	29	20	0.51	PD-9.540
5	IRFC350	400	0.300	31	20	0.51	PD-9.445
5	IRFC450	500	0.400	31	20	0.51	PD-9.458
5	IRFCC50	600	0.600	31	20	0.51	PD-9.656
5	IRFCE50	800	1.200	32	10	0.25	PD-9.573
5	IRFCF50	900	1.600	32	10	0.25	PD-9.542
5	IRFCG50	1000	2.000	32	10	0.25	PD-9.543
6	IRFC260	200	(.060)	33	25	0.64	—
6	IRFC360	400	0.200	33	25	0.64	PD-9.518
6	IRFC460	500	0.270	33	25	0.64	PD-9.465

Таблица 1. Характеристики МОП ПТ III

HEX SIZE	Типономинал	$V_{DS}$	$R_{DS(ON)}$ Max	Рисунок	Рекомендуемый источник провода mils mm		Data Sheet
1	IRFC9014	-60	0.500	2	5	0.13	PD-9.654
1	IRFC9110	-100	1.200	34	5	0.13	PD-9.390
1	IRFC9210*	-200	3.000	35	5	0.13	PD-9.350
2	IRFC9024	-60	0.280	6	10	0.25	PD-9.647
2	IRFC9120	-100	0.600	36	8	0.20	PD-9.319
2	IRFC9220*	-200	1.500	37	8	0.20	PD-9.351
3	IRFC9034	-60	0.140	12	12	0.30	PD-9.648
3	IRFC9130	-100	0.300	38	10	0.25	PD-9.320
3	IRFC9230	-200	0.800	16	8	0.20	PD-9.352
4	IRFC9044	-60	—	19	20	0.51	—
4	IRFC9140	-100	0.200	21	15	0.38	PD-9.421
4	IRFC9240	-200	0.500	23	15	0.38	PD-9.422
<b>LOGIC LEVEL DIE</b>							
1	IRLC014	60	0.200	2	5	0.13	PD-9.556
1	IRLC110	100	0.540	3	5	0.13	PD-9.560
2	IRLC024	60	0.100	6	10	0.25	PD-9.557
2	IRLC120	100	0.270	8	8	0.20	PD-9.561
3	IRLC034	60	0.050	12	15	0.38	PD-9.558
3	IRLC130	100	0.160	14	10	0.25	PD-9.562
4	IRLC044	60	0.028	19	20	0.51	PD-9.559
4	IRLC140	100	0.077	21	15	0.38	PD-9.563

HEX SIZE	Типономинал	$V_{DS}$	$R_{DS(ON)}$ Max	Рисунок	Рекомендуемый источник провода mils mm		Data Sheet	
2	IRCC024	60	0.100	780	7	10	0.25	PD-9.615
3	IRCC034	60	0.050	1410	13	15	0.38	PD-9.590
3	IRCC130	100	0.160	1430	15	10	0.25	PD-9.454
3	IRCC230	200	0.400	1490	15	8	0.20	PD-9.565
3	IRCC234	250	0.450	1490	15	8	0.20	PD-9.566
3	IRCC330	400	1.000	1525	15	8	0.20	PD-9.567
3	IRCC430	500	1.500	1520	15	8	0.20	PD-9.455
4	IRCC044	60	0.028	2590	20	20	0.51	PD-9.529
4	IRCC140	100	0.077	2680	22	15	0.38	PD-9.592
4	IRCC240	200	0.180	2740	22	15	0.38	PD-9.568
4	IRCC244	250	0.280	2770	22	15	0.38	PD-9.569
4	IRCC340	400	0.550	2800	22	12	0.30	PD-9.570
4	IRCC440	500	0.850	2780	22	12	0.30	PD-9.593
5	IRCC054	60	0.014	2200	28	25	0.64	—
5	IRCC150	100	0.055	(5440)	30	20	0.51	—
5	IRCC250	200	0.085	(5680)	30	20	0.51	—
5	IRCC254	250	0.140	(5440)	30	20	0.51	—
5	IRCC350	400	0.300	(5440)	30	20	0.51	—
5	IRCC450	500	0.400	(5440)	30	20	0.51	—

Таблица 1. Характеристики МОП ПТ III (продолжение)

### Электрические характеристики

Каждый кристалл МОП ПТ индивидуально проходит проверку на МЗУ при комнатной температуре на соответствие электрическим спецификациям, представленным в таблице 1. Из-за электрических ограничений при тестировании пластин некоторые из основных параметров для приборов в корпусе не могут измеряться и гарантироваться при поставке в виде кристаллов. Это такие параметры, как рассеиваемая мощность (Pd), область безопасной работы (SOA), тепловое сопротивление ( $R_{th(jc)}$ ), сопротивление во включенном состоянии при номинальном токе ( $R_{ds(on)}$ ), ток индуктивности ( $I_{lm}$ ), ток индуктивности при отсутствии ограничения ( $I_l$ ). Эти параметры зависят от технологии сборки пользователя. Сопротивление во включенном состоянии при  $I_o=1A$  измеряется и гарантируется в соответствии с табл.1. Однако, неуказанные параметры гарантируются самой конструкцией прибора, тем, что они соответствуют параметрам корпусированного эквивалента. Это такие параметры, как  $G_{fs}, Q_g, Q_{gs}, dv/dt, T_{jmax}$ . Для нахождения их значений обращайтесь к соответствующим справочным данным, приведенным в таблице 1. В соответствии с результатами проверки на МЗУ, кристаллы маркируются чернилами и скрайбируются. Затем кристаллы механически разделяются и упаковываются для отгрузки.

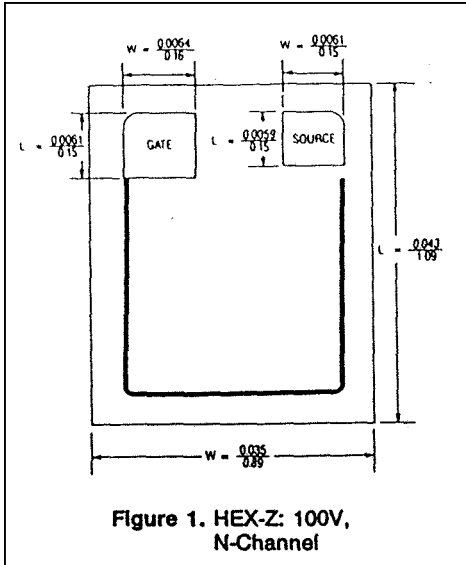


Figure 1. HEX-Z: 100V, N-Channel

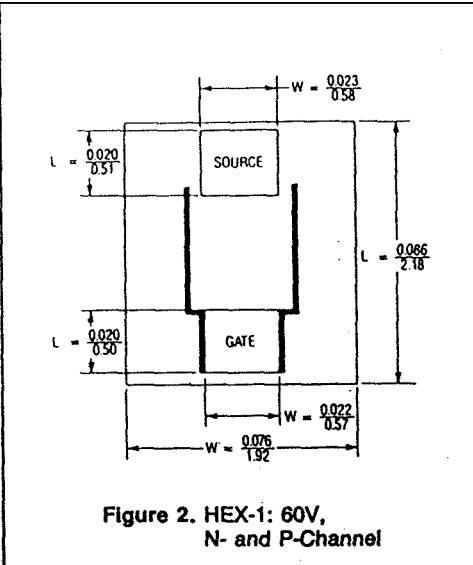


Figure 2. HEX-1: 60V, N- and P-Channel

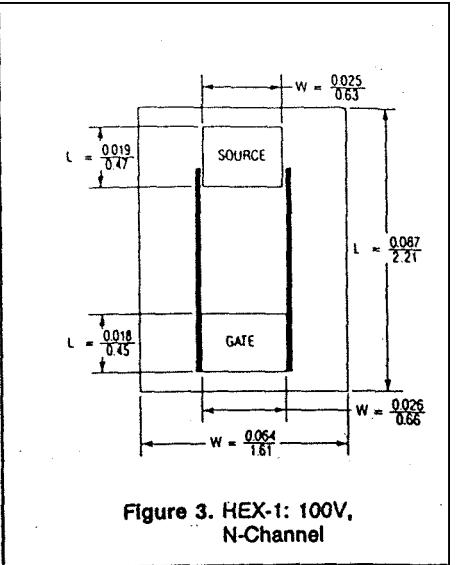


Figure 3. HEX-1: 100V, N-Channel

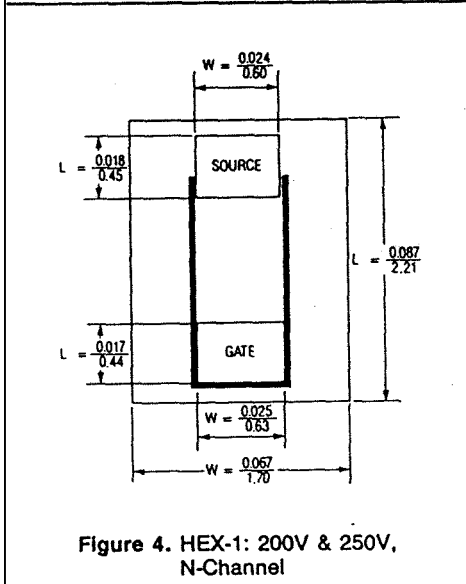


Figure 4. HEX-1: 200V & 250V, N-Channel

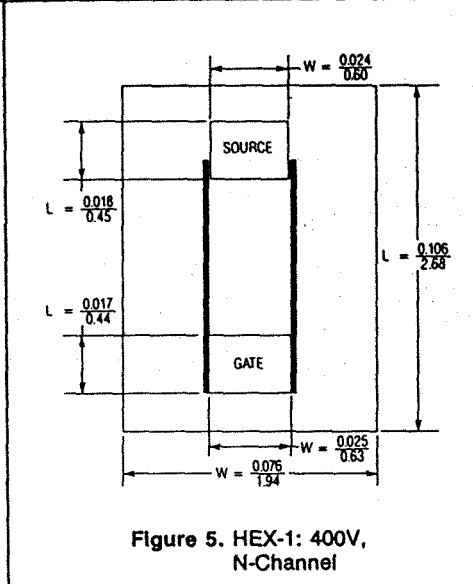


Figure 5. HEX-1: 400V, N-Channel

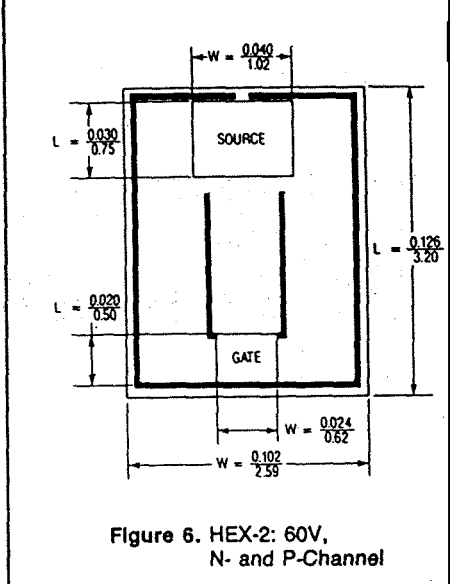


Figure 6. HEX-2: 60V, N- and P-Channel

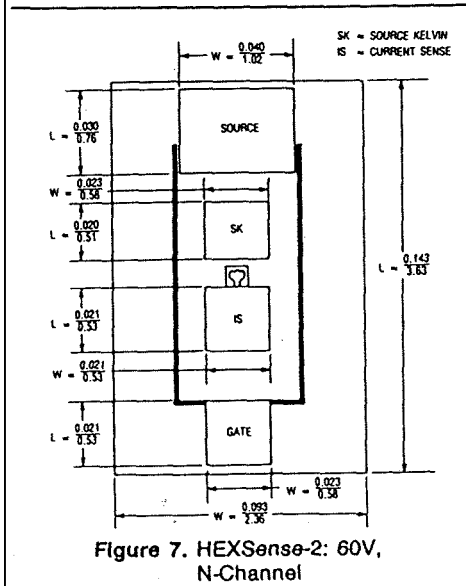


Figure 7. HEXSense-2: 60V, N-Channel

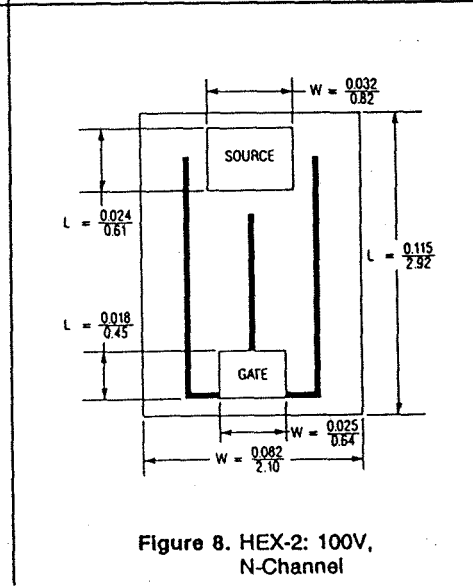


Figure 8. HEX-2: 100V, N-Channel

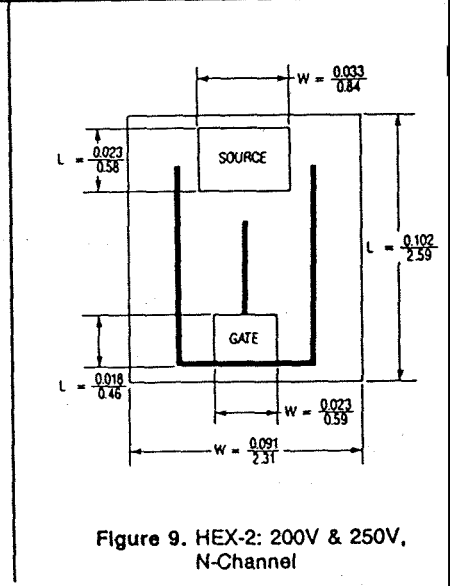


Figure 9. HEX-2: 200V & 250V, N-Channel

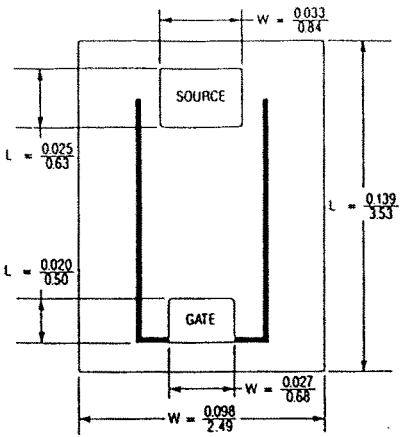


Figure 10. HEX-2: 400V, 500V, & 600V, N-Channel

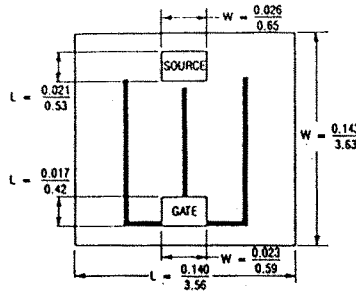


Figure 11. HEX-2: 800V, 900V, & 1000V, N-Channel

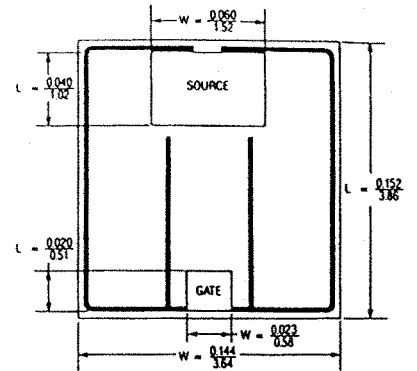


Figure 12. HEX-3: 60V, N- and P-Channel

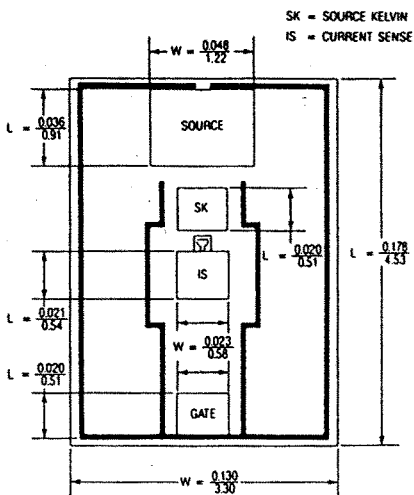


Figure 13. HEXSense-3: 60V, N-Channel

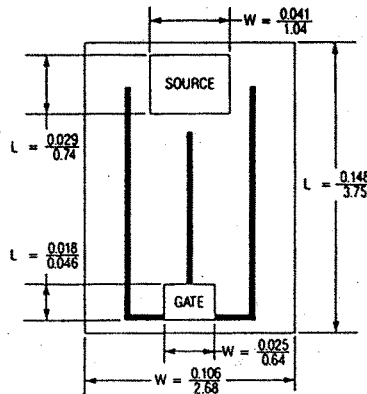


Figure 14. HEX-3: 100V, N-Channel

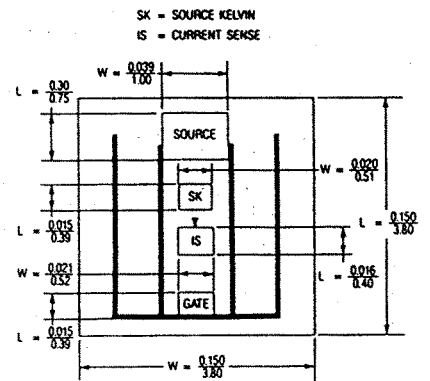


Figure 15. HEXSense-3: 100V to 500V, N-Channel

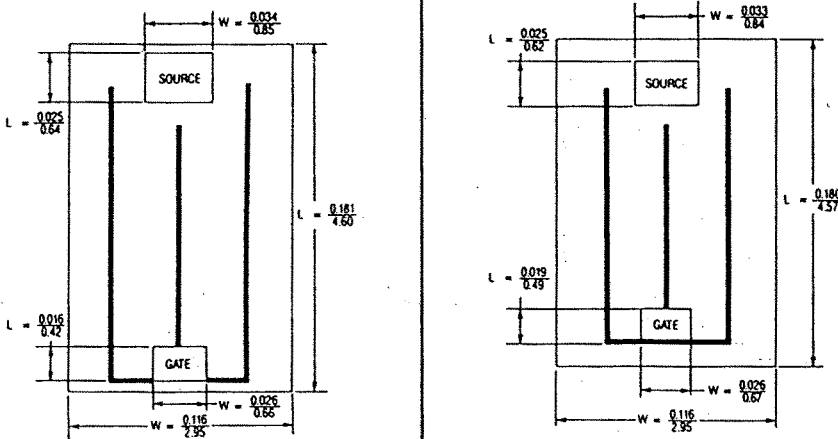


Figure 16. HEX-3: 200V & 250V, N- and P-Channel

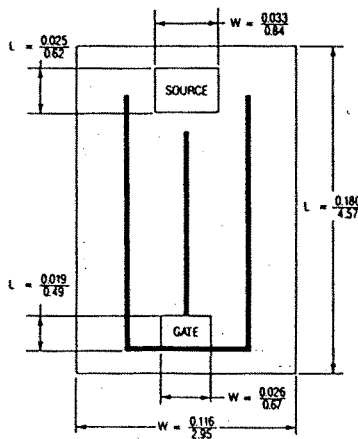


Figure 17. HEX-3: 400V, 500V, & 600V, N-Channel

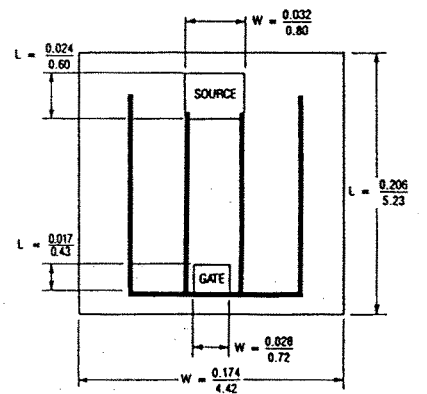


Figure 18. HEX-3: 800V, 900V, & 1000V, N-Channel

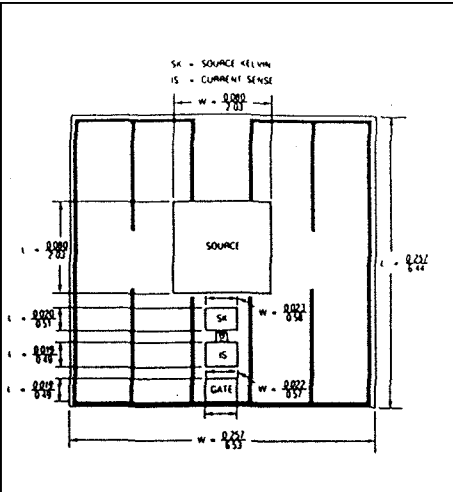


Figure 28. HEXSense-5: 60V, N-Channel

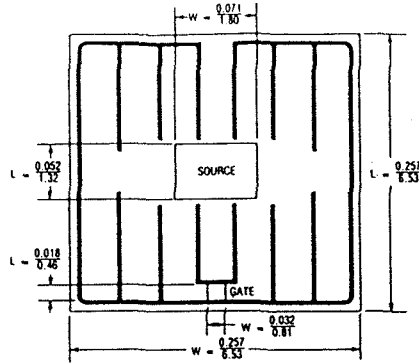


Figure 29. HEX-5: 100V, 200V, & 250V, N-Channel

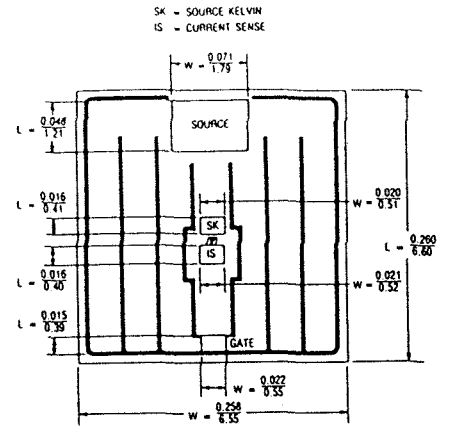


Figure 30. HEXSense-5: 100V to 500V, N-Channel

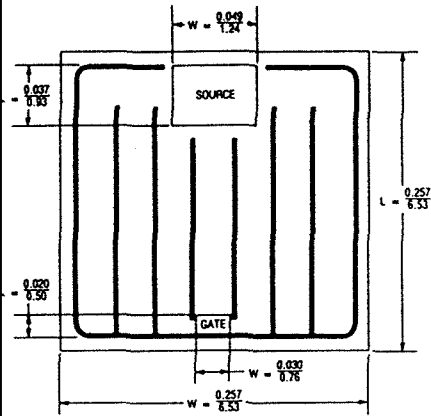


Figure 31. HEX-5: 400V, 500V, & 600V, N-Channel

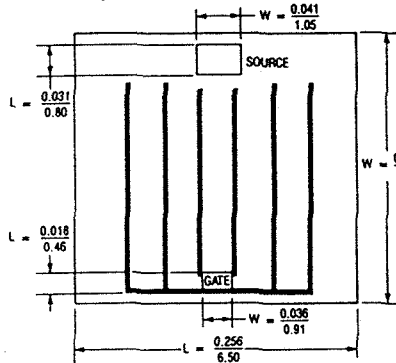


Figure 32. HEX-5: 800V, 900V, & 1000V, N-Channel

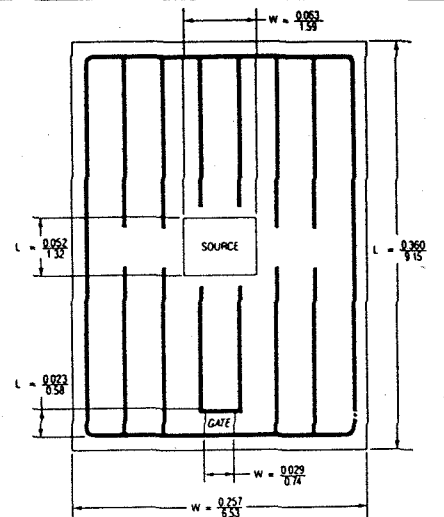


Figure 33. HEX-6: 200V, 400V & 500V, N-Channel

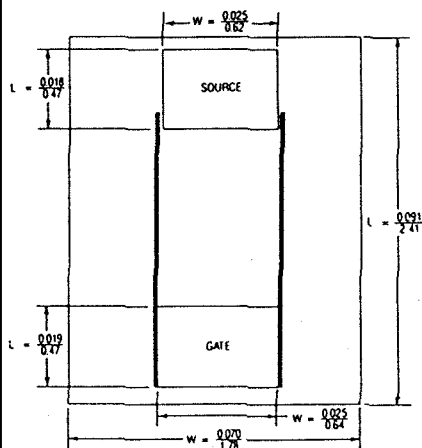


Figure 34. HEX-1: -100V, P-Channel

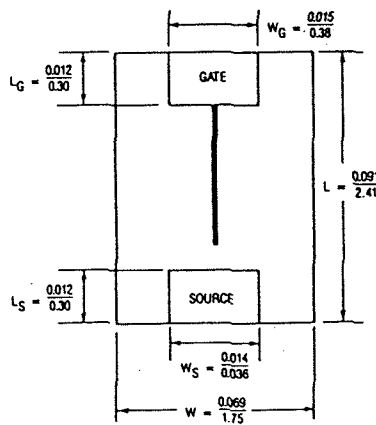


Figure 35. HEX-1: -200V, P-Channel Gen I

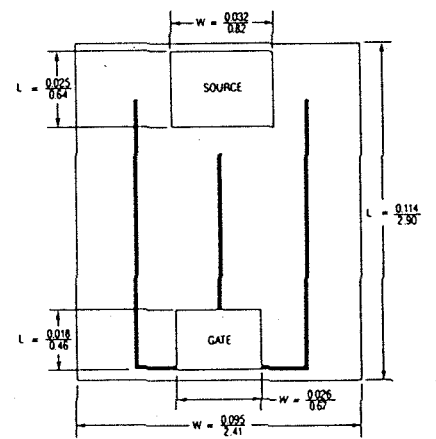
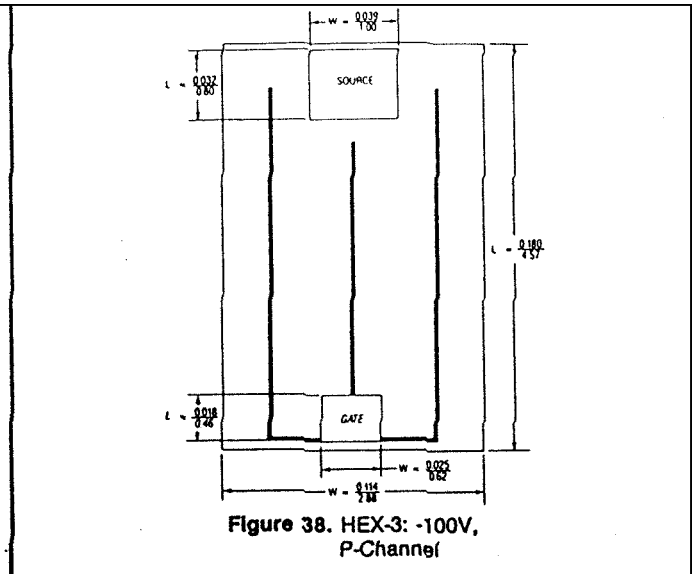
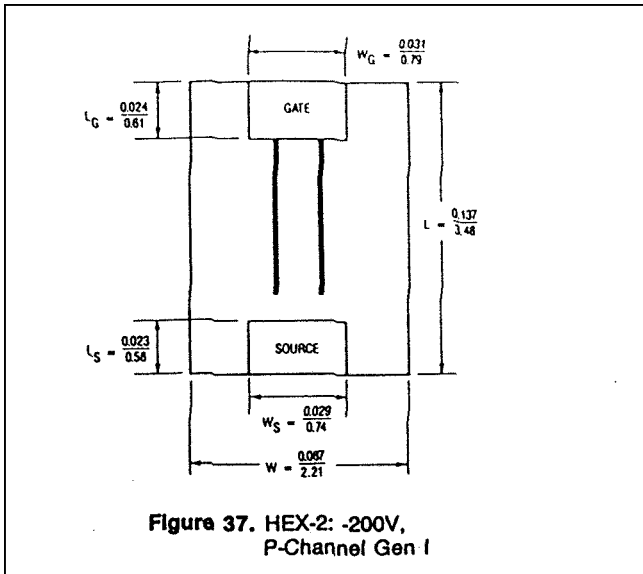


Figure 36. HEX-2: -100V, P-Channel





### СХЕМАТИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ КРИСТАЛЛА МОП ПТ III РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

#### Обращение с кристаллами и отгрузка

Кристаллы МОП ПТ производства International Rectifier поставляются в антистатических кассетах для кристаллов и герметизированных электростатически экранированных пакетиках для защиты во время перевозки. Сразу после открывания тары кристалл должен храниться в сухой, инертной атмосфере (типа азота) до сборки. Во избежание механических повреждений кристалл должен переноситься вакуумным карандашом (присоской) с тефлоновым наконечником фирмы DuPont. О любом несоответствии электрическим спецификациям или внешнему виду, приведенным в этой статье, следует письменно обращаться в International Rectifier в течение 30 дней после поставки фирмой этой партии приборов. International Rectifier не несет ответственности за кристалл, который был подвергнут каким либо дальнейшим операциям: креплению, разварке выводов или корпусированию. В интересах улучшения продукции фирма оставляет за собой право изменений конструкции или технологии без уведомления.

Антистатические кассеты для кристаллов сконструированы так, чтобы избегать накопления статического заряда. Следует придерживаться правил безопасности в отношении электростатического разряда, при обращении с кристаллами при сборке, чтобы предотвратить превышение напряжения затвор-сток, равного 20В, как указано в литературе 2 и 3. Вместимость кассет для кристаллов зависит от размера кристалла.

#### Визуальный контроль кристалла

Кристаллы МОП ПТ фирмы International Rectifier разработаны так, что соответствуют критерию визуального контроля MIL STD 750C, Метод 2072. Кристалл МОП ПТ визуально отбраковывается с уровнем качества 1.0 %.

#### Крепление кристаллов

Кристаллы МОП ПТ имеют металлизацию стока хром-никель-серебро, которая удобна для напайки при креплении с помощью припоев, таких как 95/5 PbSn или 92,5/2,5/5 PbAgIn.

В качестве альтернативного варианта может быть покрытие обратной стороны золотом. Для получения более подробной информации свяжитесь с заводом или представителем IR.

Приемлем любой из широкоупотребимых материалов кристаллодержателя или подложки: медь, никель с медным покрытием, молибден с покрытием золотом, бериллий или алюминий. Перед сборкой с подложки должен быть удален окисел или с помощью химической очистки, или отжигом в водороде. Кристалл МОП ПТ перед посадкой должен быть очищен в каскаде деионизированной воды (1 минута) с последующей обработкой в ванне с изопропиловым спиртом (дважды, по одной минуте), а затем - сушка в азотной камере при 70°С. Посадка обычно осуществляется в профильной конвейерной печи. Установка зоны печи зависит от плотности гибридной массы, оснастки и скорости конвейера. Температура кристалла не должна превышать 400°С, а кристалл находится в диапазоне температуры от 350 до 400°С более одной минуты. Рекомендуется чистая печь с водородной атмосферой, хотя допускается среда из азота или формирующего газа (азот-водород, 85% - 15%).

В качестве альтернативных средств посадки кристалла на различные подложки могут использоваться различные виды токопроводящих клеев.

#### Разварка выводов

Электрическое соединение алюминиевых контактных площадок затвора и истока осуществляется ультразвуковой сваркой с помощью алюминиевой проволоки, имеющей относительное удлинение 10 %. Рекомендуемые диаметры проволоки даны в таблице 1. При приваривании проволоки нужно внимательно следить за тем, чтобы сварка оставалась в пределах контактной площадки, в противном случае прибор может быть поврежден. Кроме того, должны быть установлены

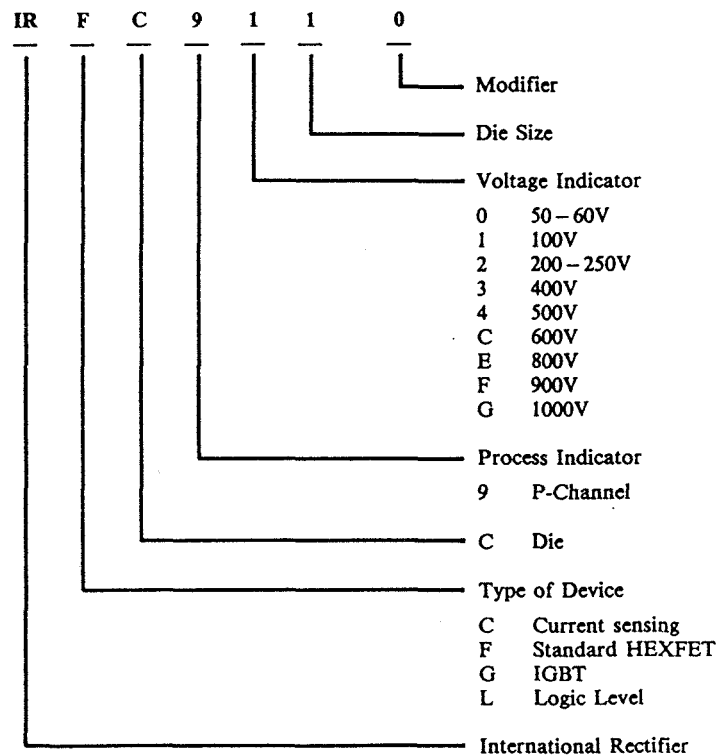


Таблица 2. Маркировка МОП ПТ

оптимальные режимы сварочного оборудования и выполнен тест вытягивания проволоки (см. Метод 2037, MIL-STD 750C), чтобы отслеживать однородность проволоки и прочность сварки. Рекомендуется выборочное тестирование до разрушения и 100 %-ное неразрушающее тестирование. Может выполняться повторная приварка брака, хотя от этого можно ожидать снижения процента выхода. Пользуясь вышеуказанным контролем за процессом, можно достичь окончательного процента выхода на сборке от 80 % до 95 %. В приборах с номиналом напряжения 60 В, исток приваривается к активной области. Рис. 39 показывает поперечное сечение контактных площадок для стандартного прибора.

### Герметизация

Перед герметизацией кристалл или собранный узел должен содержаться в среде с отсутствием влаги, так  $I_{gss}$  и  $I_{dss}$  особенно чувствительны к поверхностной влаге. Если конечный корпус не герметичен, то может применяться полупроводниковое покрытие высшего качества. Рекомендуется очистка кристалла обезжириванием перед покрытием. Непосредственно перед герметизацией следует выполнять двухчасовой отжиг при 150°C для удаления поверхностной влаги. Посадка колпачка герметичных корпусов должна выполняться в атмосфере чистого азота.

### Заключение

Использование кристаллов силовых МОП ПТ для гибридных сборок может давать в результате существенное снижение общего размера корпуса. Кроме того, высокие усилительные характеристики МОП ПТ могут позволить дальнейшую миниатюризацию за счет избавления от сложной схемотехники запуска. Несколько кристаллов могут устанавливаться на один теплоотвод для формирования схемы или запараллеливания приборов. Таким образом, рабочие преимущества МОП ПТ могут быть реализованы в очень компактных корпусах потребителя.

### Литература

- (1) International Rectifier Application Note AN-966. "HEXFET III — A new Generation of Power MOSFETs."
- (2) International Rectifier Application Note AN-95S. "Protecting Power MOSFETs from ESD,"
- (3) International Rectifier Application Note AN-986. "ESD Testing of MOS-Gatcd Power Transistors."