

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ ПЛАМЕНИ ИК-ПРИЕМНИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Л.Дийков, Ф.Медведев,
Ю.Шелехин и др.

Нет сомнений в том, что проблема своевременного обнаружения очагов пламени с каждым годом становится все более актуальной. И дело здесь не только в обычной человеческой беспечности. Быстро усложняющаяся техногенная среда с непредсказуемыми всплесками нестабильности требует быстрой и адекватной реакции на возникновение пожара. Вот почему в современных системах пожаротушения наиважнейшую роль играют извещатели пламени, представляющие собой сложные электронно-оптические устройства, разработка и внедрение которых связаны с применением наукоемких технологий и ноу-хау. Поэтому не случайно, что при создании таких датчиков специалистами НИИ "Гириконд" (С.-Петербург) была разработана серия основных их элементов – ИК-приемников, не имеющих в мире аналогов.

Сегодня и в России, и за рубежом при разработке датчиков пламени используют фотоприемники коротковолнового электромагнитного излучения или различного типа пироприемники. Первые не способны обеспечить необходимую помехозащищенность, а вторые можно применять только в режиме частотной селекции, что исключает возможность с их помощью регистрировать "неколеблющееся" пламя.

Принцип построения электронно-оптического извещателя пламени и его функциональные особенности определяет фотоприемник. Все разработанные в НИИ "Гириконд" фотоприемники – фотогальванические ИК-преобразователи, обладающие необходимой чувствительностью в спектральном диапазоне от 1,5 до 4,7 мкм. Изготавливаются они из полупроводниковых материалов групп A^4B^6 и A^2B^6 и представляют собой планарные структуры со сформированным по задаваемой топологии $p-n$ -переходом [1,2]. У исходных для таких структур пленок, созданных по методу графоэпитаксии [3], концентрация основных носителей близка к собственной, а подвижность соизмерима с подвижностью в монокристаллических материалах. Кроме того, пленки имеют малую скорость поверхно-

Представляем авторов статьи

ДИЙКОВ Лев Кузьмич. Кандидат технических наук, лауреат Государственной премии СССР, старший научный сотрудник. Окончил Ленинградский государственный университет. Специальность – физика. Начальник отдела НИИ "Гириконд".

МЕДВЕДЕВ Федор Константинович. Кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Окончил Ленинградский электротехнический институт. Специальность – диэлектрики и полупроводники. Начальник научно-технического отделения НИИ "Гириконд".

ШЕЛЕХИН Юрий Леонтьевич. Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. Окончил Ленинградский политехнический институт.

Контактный тел. (812)-552-94-35

стной рекомбинации и большое время жизни возбужденных носителей, определяемое межзонными рекомбинационными процессами [4]. Все это позволило обеспечить значение диффузионной длины в несколько десятков микрон и соответственно реализовать достаточно большие фотоактивные площади у самого фотогальванического приемника.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКОВ

Все фотогальванические приемники излучения обладают вольт-амперной характеристикой с ярко выраженной нелинейностью и работают в одном из следующих режимов.

Режим 1 – холостого хода (рабочая точка $U_{ХХ}$ на рис. 1). При малых энергетических потоках реализуется максимальная крутизна

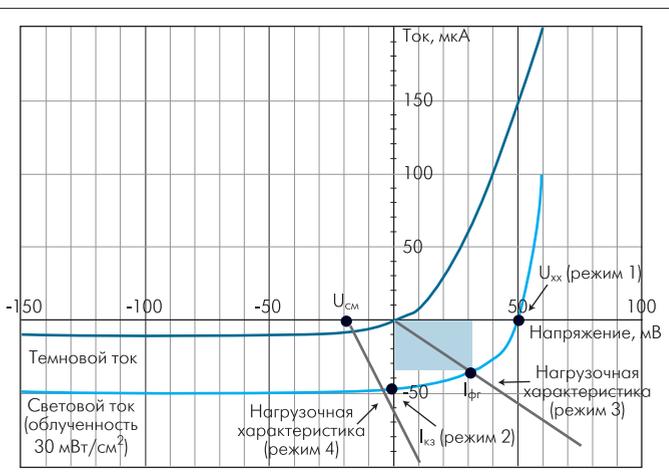


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика фотогальванического приемника

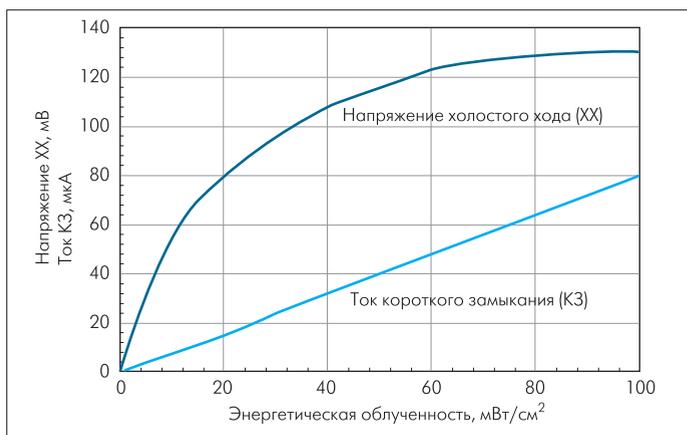


Рис. 2. Вольт- и ампер-ваттная характеристики фотогальванического приемника

в вольт-ваттной характеристике и соответственно максимальная вольтная чувствительность фотоприемника (рис. 2). При этом режиме в диапазоне температур 0–40 С фотоприемники имеют максимальный температурный коэффициент чувствительности (рис. 3), поэтому целесообразно ввести в их конструкцию термоэлектрические охлаждающие батареи и длиннофокусные концентрирующие линзы. Применение таких фотогальванических приемников эффективно в линейных пожарных извещателях пламени, работающих в узком телесном угле и на большие расстояния.

Режим 2 – короткого замыкания (рабочая точка I_{K3} на рис. 1). Ампер-ваттная характеристика имеет линейный характер (см. рис. 2), наблюдается слабая температурная зависимость чувствительности (см. рис. 3). Режим следует применять, если принцип построения извещателя пламени требует строго пропорциональной зависимости значения сигнала от мощности излучения и если необходимо сравнивать сигналы в широком диапазоне температур.

Режим 3 – фотогенератора (рабочая точка $I_{ФГ}$ на рис. 1). За счет специального выбора нагрузочной характеристики (сопротивления нагрузки 7–15 кОм) при преобразовании энергии излучения в фотоЭДС обеспечивается максимальный КПД (чему соответствует максимальная площадь заштрихованного прямоугольника на рис. 1). Фоточувствительная поверхность приемника по его топологии представляет собой семейство последовательно-параллельно соединенных элементарных фотогальванических ячеек. Общая площадь поверхности при этом может составлять от одного до нескольких квадратных сантиметров, а значение фотоЭДС при рабочих мощностях излучения – превышать 1 В. В этом случае возмож-

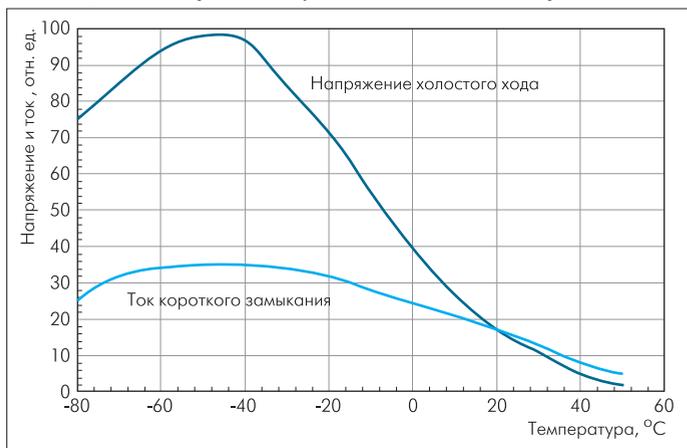


Рис. 3. Температурная зависимость I_{K3} и U_{XX} фотоприемника

но создание извещателей, в ждущем режиме практически не потребляющих энергии: они включаются электрическим сигналом (порядка 1 В), который возникает за счет излучения пламени, появившегося в поле зрения извещателя. Такие извещатели незаменимы в автономных системах с длительным сроком службы, доступ к которым затруднен или невозможен.

Следует отметить, что в перечисленных режимах спектральное распределение плотности шума частотно-независимо, поскольку сами шумы – тепловые. Кроме того, при реализации этих режимов не требуются дополнительные источники питания, а в режиме ожидания через фотоприемник ток не течет. Это гарантирует высокую надежность, в том числе и при работе в экстремальных условиях.

Режим 4 – фотодиодный. На фотоприемник подается небольшое (в несколько милливольт) обратное смещение (U_{CM} на рис. 1); быстродействие фотоприемника повышается в 2–3 раза (до 1–2 мкс); значительно возрастает вольтная чувствительность, но наряду с этим – и шумы фотоприемника, у которых появляется низкочастотная компонента. Режим предпочтительно использовать в системах взрывоподавления, когда уже в начале первой фазы взрывного процесса, до момента основного энерговыделения, необходимо принять превентивные меры безопасности (рис. 4).

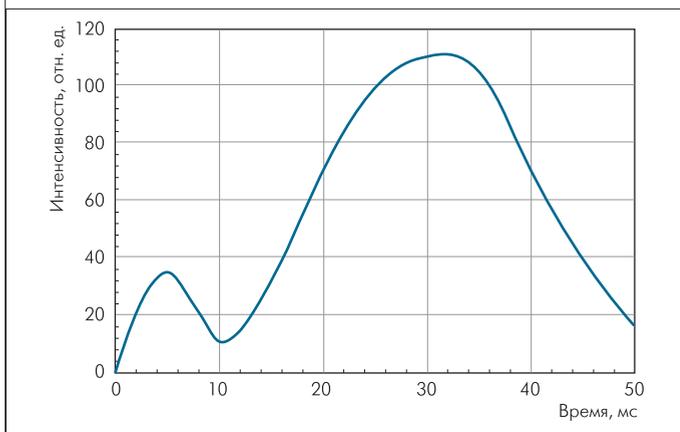


Рис. 4. Типичная динамика взрывного процесса

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОПРИЕМНИКОВ

Для каждого из рассмотренных режимов в НИИ “Гириконд” разработаны технология изготовления и конструкция фотоприемника.

Как известно, при функционировании фотогальванический приемник излучения генерирует фотоЭДС, причем для этого не требуются ни модуляция излучения, ни внешние источники питания. Следовательно, для работы приемника в пожарных извещателях не обязательно применять метод частотной селекции, а структура пламени и динамика горения могут быть любыми. В данном случае для обеспечения высокой помехозащищенности наиболее пригоден метод спектральной селекции. Для его реализации разработана технология изготовления фотогальванических приемников излучения на основе твердых растворов полупроводниковых материалов группы A^4B^6 и A^2B^6 . С увеличением концентрации компоненты A^2B^6 красная граница чувствительности сдвигается в коротковолновую область спектра – то есть можно управлять положением максимума спектральной характеристики (рис. 5).

В НИИ “Гириконд” разработана также технология изготовления интерференционных фильтров, которые формируют узкие области чувствительности фотоприемника в заданных спектральных поддиапазонах. В общем случае для извещателей пламени это три спектральных поддиапазона (рис. 6). Первый – с максимумом чувстви-

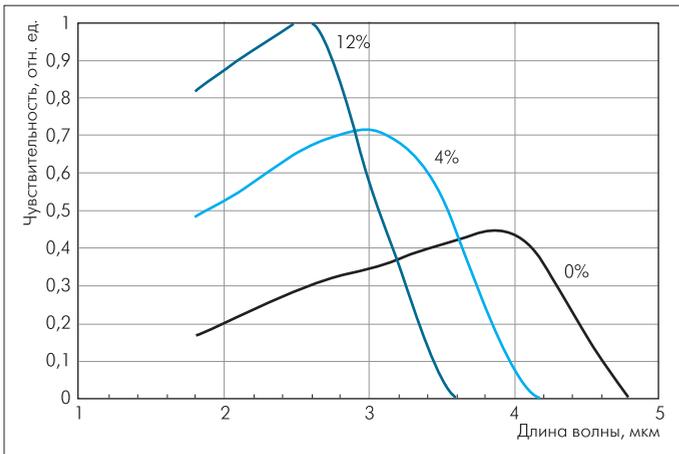


Рис. 5. Спектральное распределение чувствительности фотоприемников в зависимости от концентрации компонента A^2B^6 в твердом растворе материала группы A^4B^6

Чувствительности в области 1 мкм – соответствует области излучения посторонних искусственных и естественных коротковолновых источников. У второго два максимума – около 2,7 и 4,3 мкм. Они соответствуют излучению продуктов горения органических веществ: паров воды и углекислого газа. Третий – с максимумом чувствительности около 3 мкм – характерен для излучения от посторонних нагретых тел. Каждому поддиапазону соответствует чувствительный элемент в фотоприемнике, в наибольшей степени реагирующий на “свой источник излучения”. Такой фотоприемник обеспечивает необходимую информацию как о наличии в контролируемом пространстве излучения пламени, так и о фоновой обстановке в целом. Этой информации оказывается достаточно, чтобы, используя электронные логические средства обработки сигналов, выделить и опознать сигнал от пламени.

ИЗВЕЩАТЕЛИ ПЛАМЕНИ

На основе фотоприемников излучения разработана серия извещателей пламени и контроллеров его наличия (например, пламени газовых горелок). Так, на основе многоспектрального фотогальванического приемника типа ФМб11-М разработаны и освоены в серийном производстве многодиапазонные извещатели пламени ИП332-1/1 и ИП332-1/2 СК (с сухим контактом). В них использован принцип спектральной селекции и режим короткого замыкания для фотогальванического приемника излучения (рис. 7).

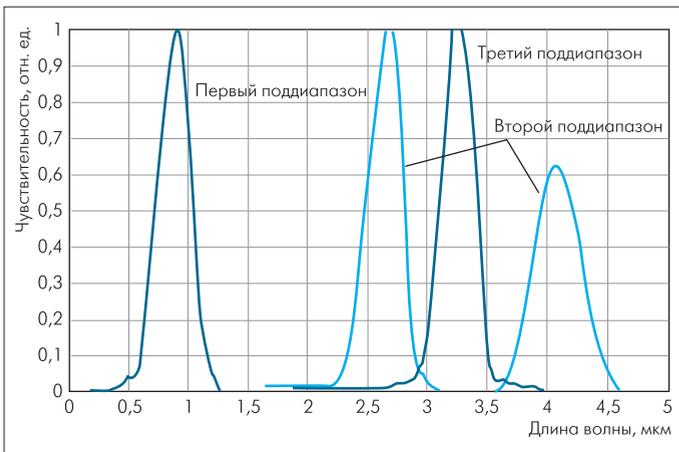


Рис. 6. Спектральные характеристики чувствительных элементов фотоприемников

Излучение от источников, находящихся в поле зрения извещателя, попадает на фоточувствительные элементы фотоприемника – ФЧЭ1, ФЧЭ2 и ФЧЭ3, вырабатывающие сигнал в виде фототока, пропорционального интенсивности излучения на длинах волн, – соответственно 2,7 и 4,3 мкм, 3,0 мкм, 0,9 мкм. Для преобразования фототоков в напряжения и первичного усиления служат соответствующие предварительные усилители ПУ1, ПУ2, ПУ3. С целью экономии энергопотребления в схеме реализован импульсный режим питания с помощью задающего генератора и формирователя импульсного питания.

Основные узлы схемы активизируются периодически на 1 мс, период повторения – 160 мс. В момент включения на время 1 мс предварительные усилители ПУ1 и ПУ2 вырабатывают сигналы в виде напряжений, которые поступают на схему вычитания 1. Разностный полезный сигнал поступает на усилитель, коэффициент усиления которого определяет чувствительность извещателя. После завершения всех переходных процессов, связанных с включением

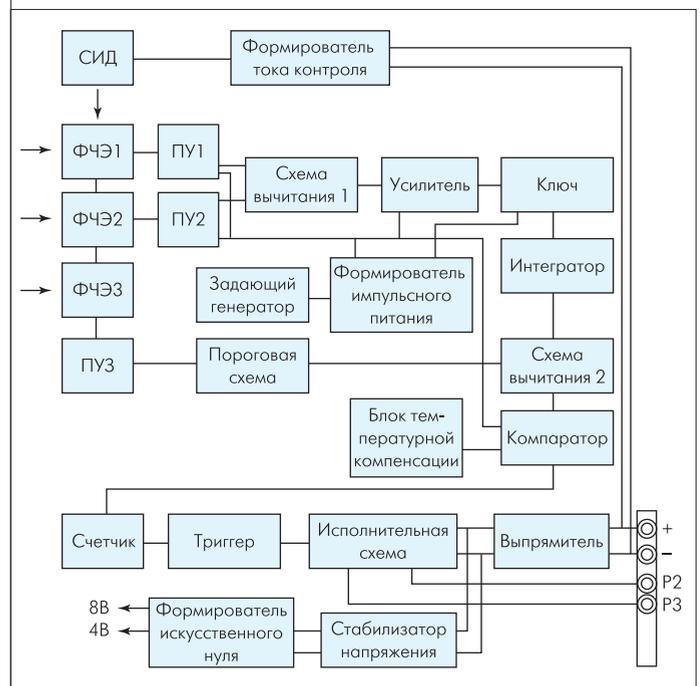


Рис. 7. Функциональная схема извещателей пламени ИП332-1/1 и ИП332-1/2 СК: ФЧЭ1, ФЧЭ2 и ФЧЭ3 – фоточувствительные элементы; ПУ1, ПУ2 и ПУ3 – предварительные усилители; СИД – светоизлучающий диод

питания, открывается ключ, пропускающий полезный сигнал на интегратор. При наличии пламени в поле зрения извещателя на выходе интегратора возникает сигнал, который через схему вычитания 2 поступает на компаратор.

Выходной сигнал предварительного усилителя ПУ3 пропорционален освещенности в плоскости элементов фотоприемника. При освещенности более 5000 лк срабатывает пороговая схема и сигнал ПУ3 вычитается из сигнала интегратора. В результате возможность ложного срабатывания при сверхбольших освещенностях исключается. Компаратор сравнивает сигнал с пороговой величиной, создаваемой блоком температурной компенсации, и при превышении порога выдает сигнал в виде логической единицы. По завершении описанных процессов питание выключается и схема переходит в режим ожидания на 160 мс при минимальном уровне потребления.

Сигнал с компаратора поступает на счетчик, который при наличии 15 последовательных импульсов переключает триггер в состо-



Основные параметры отечественных и зарубежных извещателей пламени [5,6]

Параметр	Типы извещателей (фирма, страна)	
	S2406 (Cerberus, Швейцария) и DF1 191 (Siemens, Германия)	ИП332-1/1 и ИП3321/2 СК (НИИ "Гириконд")
Требование к очагу горения	Колеблющееся пламя с частотой 2–20 Гц	Специальные требования не предъявляются
Дальность по отношению к тестовому очагу ТП5 (гептан 0,1 м ²), м	15	25
Дальность по отношению к тестовому очагу ТП6 (этиловый спирт 0,1 м ²), м	10	17
Помехозащищенность	Не выдают ложных срабатываний при естественных и искусственных оптических помехах	Не выдают ложных срабатываний при естественных и искусственных оптических помехах
Рабочее напряжение, В	18–28	12–29
Ток потребления в ждущем режиме, мкА	250	75
Ток потребления в режиме "Пожар", мА	20	20
Быстродействие, с	2	3, (10 мс и 30 мкс по спецзаказу)
Угол поля зрения, град.	90	90
Рабочий температурный диапазон, С	-25 ... +70	-60 ... +55 (+80 по спецзаказу)
Степень защиты оболочки ГОСТ 14254-80	IP44	IP41
Габаритные размеры, мм	130x130x80	90x90x70
Масса, г	500	200
Соответствие нормативным документам	Европейским стандартам РrEN54-10, ЕС	НПБ 72-98, НПБ 57-97 МВД РФ, ГОСТ 12.2.006-87 п.4.3; техническим условиям АДПК 425241.001 ТУ; европейским стандартам РrEN54-10, ЕС. Сертификат пожарной безопасности: N ССПБ. RU.ОП002. В.00575 от 19.05.2000 г. Сертификат соответствия: N РОСС RU.ББ05.Н00269 от 19.05.2000 г.

яние, соответствующее тревожному режиму. Исполнительная схема сигнализирует о тревожном режиме либо в виде увеличения тока потребления от 75 мкА до 20 мА, либо в виде замыкания контактов реле.

Схема питания извещателя содержит стабилизатор напряжения и формирователь искусственного нуля. При прямой полярности питания извещатель работает в дежурном режиме, при обратной – в режиме контроля работоспособности. Для реализации этих режимов служат выпрямитель, формирователь тока контроля и светоизлучающий диод (СИД).

Применение многоспектрального фотогальванического приемника излучения в извещателях пламени ИП332-1/1 и ИП332-1/2 СК обеспечивает им, независимо от динамических характеристик пламени, высокую чувствительность и исключает ложные срабатывания при фоновой засветке от дуговой сварки, люминесцентных ламп и ламп накаливания, солнца, горячих внутренних и внешних стенок различного типа печей (температура до 1400 С), разрядов молний, электропаяльников, всевозможных видов "мерцающих" источников любого "цвета" и интенсивности.

В таблице приведены основные параметры извещателей ИП332-1/1 и ИП332-1/2 СК в сравнении с лучшими зарубежными аналогами.

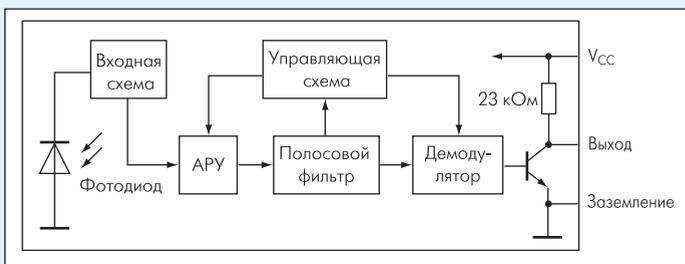
ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 248106 РФ. Тонкопленочный фотогальванический ИК-преобразователь и способ его изготовления/ Л.К.Дийков, А.О.Олеск, Н.Д.Малькова и др. Приоритет от 02.02.87.
2. А.с. 163703 РФ. Метод формирования омического контакта/ Ф.К.Медведев, Л.К.Дийков, А.О.Олеск. Приоритет от 08.10.88.
3. А.с. 163702 РФ. Метод обработки подложки для получения фоточувствительных слоев/ Л.К.Дийков, О.А.Олеск и др. Приоритет от 08.10.89.
4. Анисимов А.Н.П., Глобус Т.Р., Дийков Л.К. и др. Рекомбинационные процессы в поликристаллических пленках PbSe. – ФТП, т.17, №3, с. 534-537.
5. Каталог фирмы Siemens "S11", section 5, 1999.
6. Каталог фирмы Cerberus "S1", section 2.7, 1992.

ИК-приемники для пульта дистанционного управления

типов SFH 5110 и SFH 5111 фирмы Infineon Technologies

Блок-схема ИК-приемника



ИК-приемники SFH 5110 и SFH 5111 находят применение в дистанционных пультах управления для телевизоров, видеомагнитофонов, высококачественных радиоприемников, приемников спутниковой системы вещания и проигрывателей на компакт-дисках. Применяются также как оптические переключатели.

ИС приемника содержит фотодиод, предварительный усилитель, АРУ, полосовой фильтр и демодулятор.

Технические характеристики

- Напряжение питания 4,5–5,5 В
- Потребляемый ток 1,3 мА
- Выходное напряжение максимум 6,3 В
- Длина волны при максимальной чувствительности 940 нм
- Несущая частота 30–40 кГц
- Температурный диапазон -10...+75 С

Внешняя цепь ИК-приемника

