

Канальные фотоумножители PerkinElmer Optoelectronics

Ранее мы уже писали о продукции компании PerkinElmer для систем охранно-пожарных сигнализаций — пироэлектрических приемниках и терморезистивных датчиках [2]. Настоящая статья посвящена другой большой группе компонентов PerkinElmer — канальным фотоумножителям.

Андрей Скрипников

support@alkon.net

Фотоумножители предназначены для детектирования (улавливания) очень малых освещенностей (вплоть до отдельных фотонов).

Классический фотоумножитель устроен очень просто. Он состоит из фотокатода, нескольких электродов-динодов и анода. На диноды подается возрастающий (положительный) электрический потенциал. При попадании фотона на фотокатод он выбивает из фотокатода один электрон. Этот электрон под действием электрического поля первого динода ускоряется, ударяется об динод и выбивает из него два или несколько вторичных электронов (в зависимости от энергии первичного электрона). Сколько в среднем появляется вторичных электронов, зависит от энергии первичного электрона и от материала динода. Эта величина называется коэффициентом вторичной эмиссии d и обычно для современных ФЭУ лежит в пределах от 3 до 10.

Чтобы вылетевший из фотокатода фотоэлектрон пришел на 1-й динод, имея достаточную энергию, потенциал динода должен быть на несколько десятков или сотен вольт более положительным. Аналогично, чтобы появившиеся с 1-го динода примерно d вторичных электронов достигли следующего 2-го динода, обладая достаточной энергией, потенциал 2-го динода также должен превышать потенциал 1-го на 100–200 В. Очень важно при этом, чтобы

все вторичные электроны попали именно на динод, а не на стойки электродов и стекло колбы. В результате, со 2-го динода выходит электронное облако из примерно d^2 электронов. Процесс умножения происходит лавинообразно, и с последнего динода на специальный электрод — коллектор (также называемый анодом) приходит уже $G = d^m$ (m — число динодов) электронов.

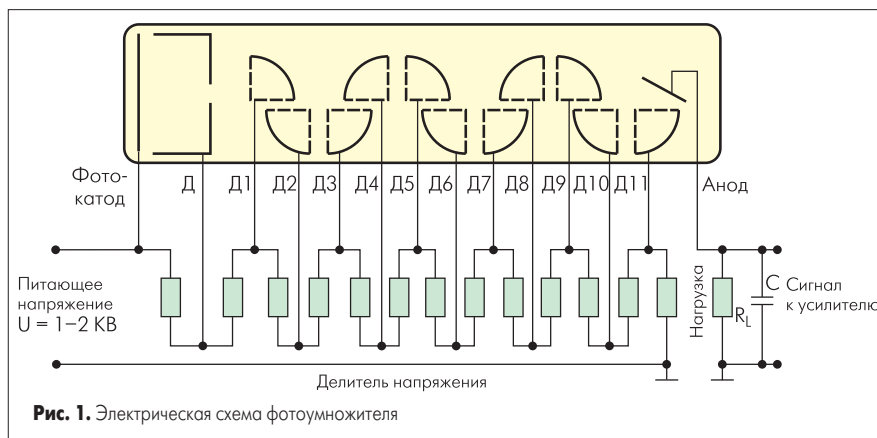
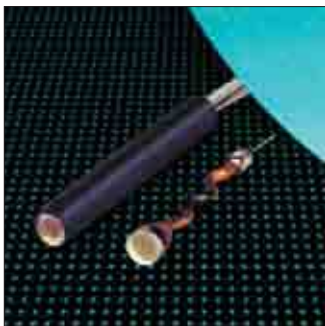
Таким образом, в зависимости от питающего напряжения и количества динодов коэффициент усиления фотоумножителя может достигать 10^9 .

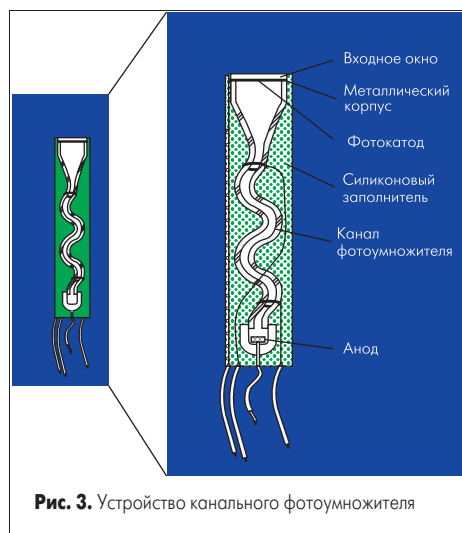
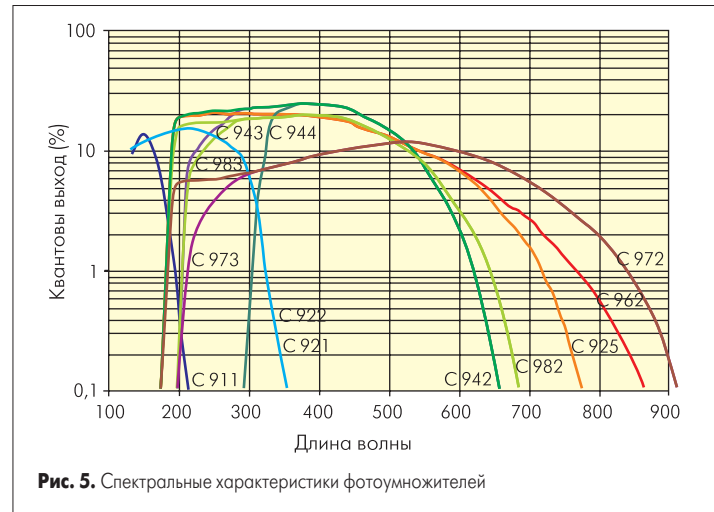
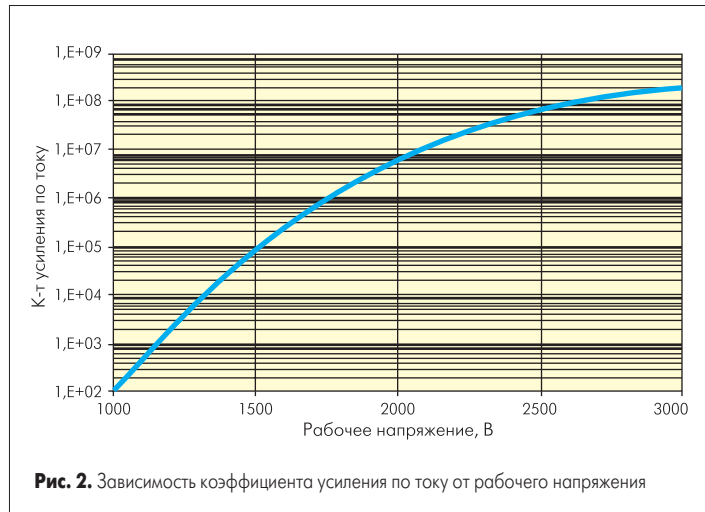
Фотоумножители применяются во многих областях промышленности. Это и медицина, где они используются для спектрографического анализа крови, горнодобывающая промышленность (для сепараторов руды), и астрономия, в спектроскопах, люминескопах, астрономии и для подсчета отдельных фотонов.

Однако, при всей своей простоте, классические фотоумножители обладают рядом недостатков. Один из наиболее очевидных — хрупкость конструкции. Диноды заключены в хрупкую стеклянную трубку. Сама конструкция фотоумножителя не позволяет сделать его миниатюрным, что ограничивает его использование в портативной технике. Кроме того, классические фотоумножители подвержены микрофонному эффекту, что также ограничивает их применение в условиях вибраций и ударов, в переносной технике.

Практически всех недостатков классических фотоумножителей лишены канальные фотоумножители компании PerkinElmer. Канальный фотоумножитель СРМ — Channel Photo Multiplier компании PerkinElmer состоит из фотокатода и трубки фотоумножителя, которая представляет собой изогнутый сужающийся канал. Стенки канала покрыты проводящим веществом — эмиттером вторичных фотоэлектронов, которое одновременно выполняет роль делителя напряжения классического фотоумножителя.

Принцип работы канального фотоумножителя PerkinElmer полностью аналогичен классическим фотоумножителям. Фотон, попадающий на фотокатод, выбивает из него один или несколько электронов,





которые попадают на ближайшую стенку канала фотоумножителя и выбивают из него несколько вторичных электронов. Вторичные электроны, двигаясь в глубину канала и ускоряясь возрастающим потенциалом, вновь соударяются со стенками канала, и каждый из них вновь выбивает из стенок канала несколько вторичных электронов. Форма канала и его изгиб подбирается таким образом, что бы количество соударений о его стенки было максимальным для достижения большего коэффициента усиления.

Коэффициент усиления канальных фотоумножителей зачастую превышает коэффициент усиления классических фотоумножителей, составляет 10^8-10^{10} и зависит от рабочего напряжения. Зависимость коэффициента усиления от рабочего напряжения графически изображена на рис. 2.

Трубка фотоумножителя заключена в металлический корпус, пространство внутри корпуса залито резиноподобным компаундом, за счет чего достигается высокая стойкость к вибрационным и ударным воздействиям, а отсутствие обособленных металлических частей внутри устройства полностью исключает микрофонный эффект при его работе. Кроме того, технология производства канальных фотоумножителей позволяет изготавливать миниатюрные устройства, что открывает широкие перспективы для использования их в портативной технике или там, где от фотоумножителей требуется высокая разрешающая способность.

Кроме того, канальные фотоумножители обладают низким и стабильным уровнем собственных шумов, что позволяет легко их отфильтровать без использования специальных систем. Темновой ток фотоумножителей не превышает 1 пА.

Канальные фотоумножители имеют высокую стойкость к электромагнитным интерференционным полям, магнитную защищен-

ность. Все канальные фотоумножители имеют электронный затвор.

Компанией PerkinElmer выпускается широкий ряд фотоумножителей, отличающихся размерами, спектральной чувствительностью, материалом фотокатода и входного окна:

- Серия СРМ900 — самая миниатюрная серия фотоумножителей с диаметром входного окна 1/3".
- Серия СРМ1300 — серия фотоумножителей со средними размерами. Диаметр входного окна — 1/2".
- Серия СРМ1900 — самые большие и чувствительные фотоумножители компании PerkinElmer. Диаметр входного окна — 3/4". Спектральные характеристики фотоумножителей приведены на рис. 5.

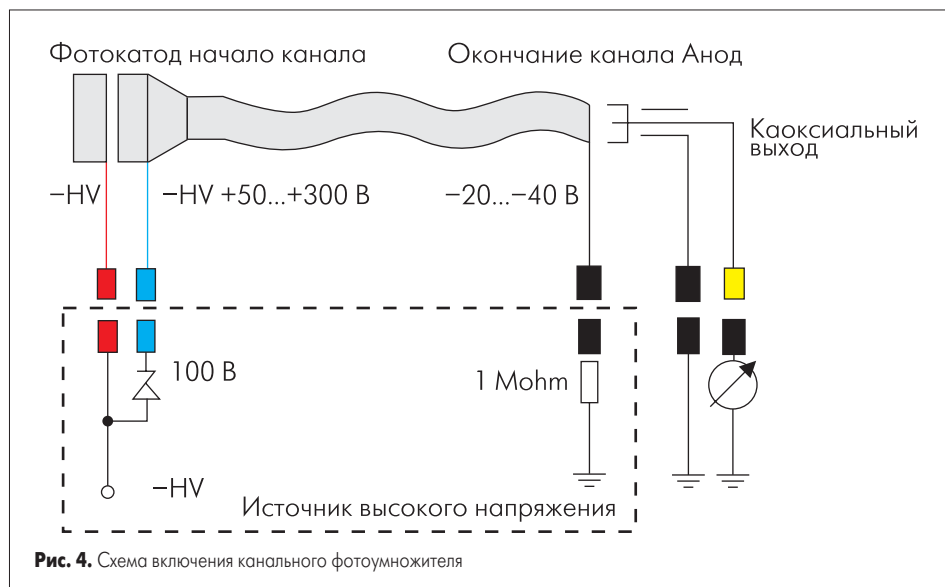
Для работы фотоумножителя требуется стабильный источник высокого напряжения. Для канальных фотоумножителей компания PerkinElmer выпускает специальные источники напряжения (серия СНV30). Выходное напряжение источников может плавно регулироваться от 0 до 3000 В. Выходного тока (100 мкА) достаточно для работы нескольких фотоумножителей.

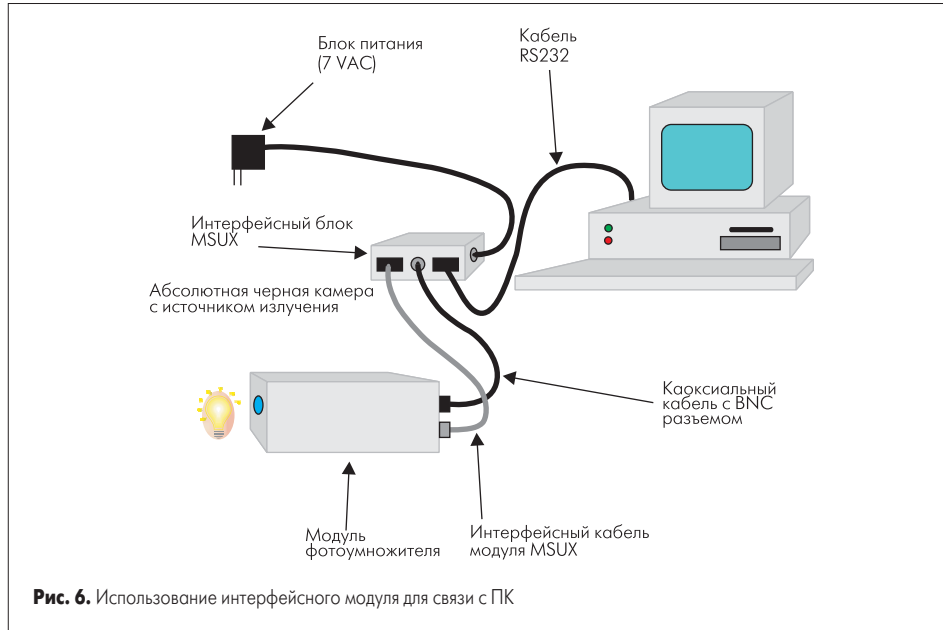
Помимо канальных фотоумножителей и источников напряжения для них компания PerkinElmer выпускает модули для работы с фотоумножителями при разработке конечного изделия. Основные разновидности выпускаемых модулей:

- Серия МН — канальный фотоумножитель совместно с источником высокого напряжения.
- Серия МD — канальный фотоумножитель совместно с источником высокого напряжения и источником регулируемого постоянного напряжения от 0 до 10 В.
- Серия МР — модули для подсчета отдельных фотонов.
- Серия МСUX — интерфейсный модуль для связи модулей МD и МР с персональным компьютером по интерфейсу RS232 для последующей обработки информации.

Каждый модуль может быть укомплектован любым фотоумножителем, выпускаемым компанией PerkinElmer.

Разумеется, PerkinElmer не является единственным игроком на рынке фотоумножителей. Основным конкурентом компании, производящим аналогичную продукцию, является





японская компания Hamamatsu. Фотоумножители Hamamatsu defacto считаются промышленным стандартом в этой области. Продукция PerkinElmer не имеет прямых аналогов у Hamamatsu, что затрудняет использование

канальных фотоумножителей для прямой замены классических PMT.

Продукция PerkinElmer может быть использована для новых разработок, где востребованы все преимущества канальных фотоумно-

Таблица. Сравнительный анализ ФЭУ HerkinElmer и Hamamatsu

| PerkinElmer | Hamamatsu |
|---|---|
| + Высокая надежность | - Хрупкость |
| + Механическая прочность | - Сложность включения - требуется наличие делителей напряжения и специального разъема |
| + Отсутствие микрофонного эффекта | - Микрофонный эффект - сложность использования в портативных/переносных устройствах |
| + Миниатюрность | + Отраслевой стандарт |
| + Простота использования | |
| - Невозможность прямой замены PMT других производителей | |

жителей. Для удобства в таблице приведены сравнительные характеристики фотоумножителей Hamamatsu и PerkinElmer.

Литература

1. Левашев, Ю. Лампы-вспышки компании PerkinElmer Optoelectronics // «Компоненты и технологии». 2004. № 2.
2. Скрипников, А. Разрешите представиться: PerkinElmer // Компоненты и технологии. 2003. № 2.