

## МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ НОЧНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Достаточно частое использование инфракрасной подсветки при видеонаблюдении в системах безопасности и в режиме ночного наблюдения в бытовых телекамерах создало миф о том, что ночное наблюдение в ближнем ИК-диапазоне более эффективно. У ряда заказчиков систем видеонаблюдения, сложилось устойчивое мнение о какой-то особой “зоркости” телекамер в этом режиме. Существенный вклад в создание этого заблуждения внесли производители ИК-осветителей, заявляющие большие дальности действия при ничтожной мощности излучателей, причем без указания требуемой чувствительности телекамер.

Разработка фирмой SONY технологии изготовления ПЗС-матриц EXview и их широкое применение, как в специальной, так и бытовой видеотехнике породило ряд публикаций и рекламных обещаний о “феноменальных” способностях подобной аппаратуры в ночном режиме видеть практически в полной темноте при плохой прозрачности среды (атмосферы) и чуть ли не через одежду и другие преграды. И все это благодаря повышенной на 6 – 8 дБ чувствительности в ближней ИК-области. Функционально подобные телекамеры в ночных условиях приравниваются, чуть ли не к системам тепловидения. В данном случае имеет место путаница в принципах получения изображения. В ближнем ИК-диапазоне телекамерой используется отраженное объектом и фоном излучение. В то время как, тепловидение основано на регистрации собственного излучения среды и объектов, обусловленного их температурой. Оно реализовано в диапазонах 3 – 5 и 8 – 13 мкм в силу наличия эффективных приемных устройств и окон прозрачности в атмосфере. Однако в ближнем ИК-диапазоне, на границе которого относительно эффективны телекамеры EXview, практически полностью отсутствует собственное излучение объектов, находящихся при температуре не превышающей нескольких сотен градусов. По этой причине наблюдение объектов путем регистрации их собственного излучения в этом диапазоне, а тем более за какими-то преградами, абсолютно невозможно.

Появление камер EXview дало новый толчок к обещаниям удивительных результатов по дальности наблюдения, четкости и контрастности изображения с использованием ИК-подсветки. Такие заявления объясняются рекламными целями и объективно понятны, при всей сомнительности подобной практики. Видимо на основании этого у некоторых потребителей сложились мнение о предпочтительности повсеместного использования для видеонаблюдения в ночных условиях ИК-осветителей.

До настоящего времени, в отечественном видеонаблюдении в основном применялись черно-белые телекамеры. Это объяснялось значительно большей стоимостью всего оборудования для получения цветного изображения. Все более широкое распространение компьютерных и цифровых систем обработки и регистрации, повсеместно работающих с цветным видеосигналом, по всей видимости, приведет уже в ближайшее время к переориентации на цветные телекамеры, несмотря на их меньшую чувствительность и разрешение. Для доступных и недорогих компьютерных систем наличие цветовой информации несколько компенсирует их традиционные недостатки изображения по разрешению и контрасту. В свою очередь, этот же процесс стимулируется появлением по доступным ценам высокочувствительных цветных телекамер и даже модификаций с режимом день/ночь.

Телекамеры с ПЗС-матрицами EXview по сравнению с типовыми имеют более высокую чувствительность и большую устойчивость к “смазу” и “заливанию” изображения от источников предельной яркости в их поле зрения. Их более высокая чувствительность достигнута, в том числе благодаря сдвигу спектрального максимума характеристики в сторону спектрального максимума (0,9 – 1,0 мкм) материала матрицы – кремния. На рис. 1. приведены спектральные характеристики ПЗС матриц высокого разрешения ICX409AL технологии Super HAD (I) и ICX259AL технологии EXview HAD (II) производства SONY. Абсолютные значения максимумов чувствительности приведены к единому масштабу. Из характеристик видно, что смещение максимума чувствительности на 50 – 60 нм привело к относительному увеличению чувствительности на основных длинах волн ИК-осветителей: 880 нм с 13 – 15 до 23 – 25% и 940 – 950 нм с 7 – 8 до 10 – 12% от максимума. С учетом общего увеличения чувствительности, безусловно, эти камеры более эффективны при использовании ИК-подсветки. Но при этом, нет никаких оснований ожидать какой-то “другой” видимости при естественной освещенности в сумерках и ночных условиях.

Более того, смещение максимума спектральной чувствительности в направлении оранжевого и красного, для черно-белого варианта телекамеры, чревато некоторым изменением относительной яркости цветных составляющих и небольшим снижением общей контрастности изображения даже при белом освещении. Для иллюстрации этого эффекта на фото 1 приведены черно-белые изображения цветной шкалы стандарта PAL измерительной таблицы, полученные с помощью черно-белых телекамер с матрицами Super HAD (1), Exview HAD (2). Особенно заметно уменьшение контраста на границах между белым-желтым и красным-пурпурным полями. Различия эквивалентной яркости цветных фрагментов обеспечивают некоторое увеличение контраста черно-белого изображения при видимом “белом” освещении благодаря неравномерности типовой спектральной характеристики черно-белых телекамер практически идентичной кривой видимости глаза, представленной на рис 2.

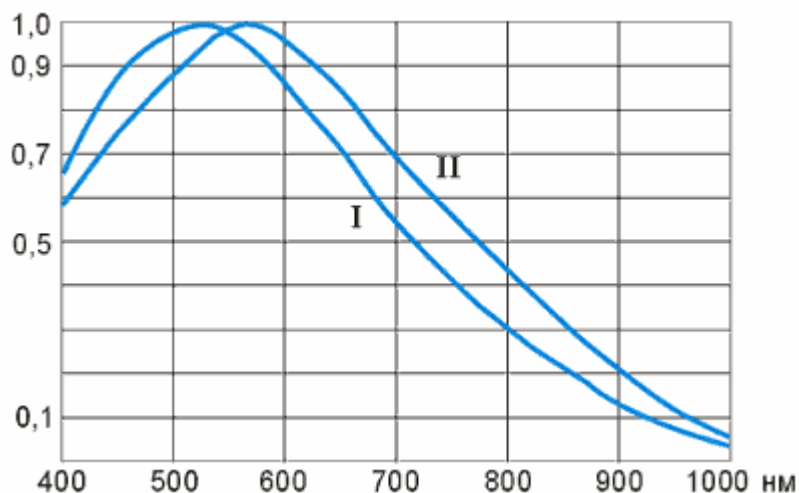


Рис. 1.

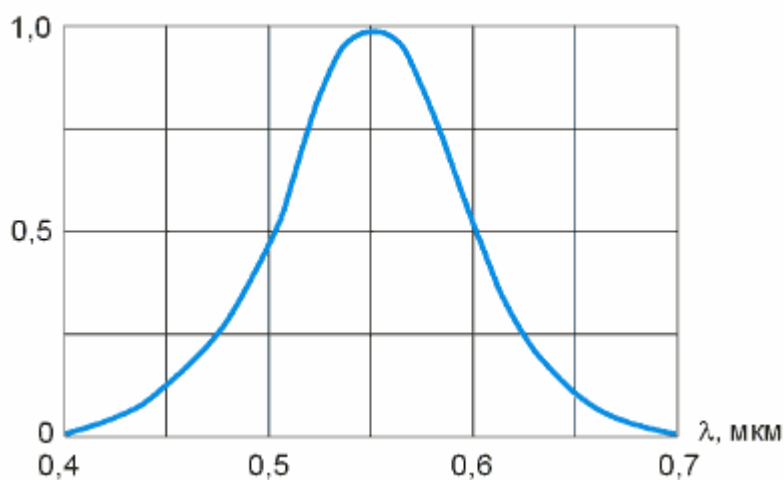


Рис. 2.

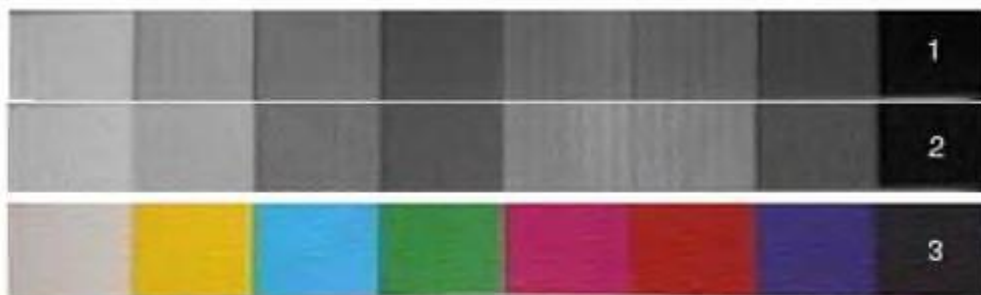


Фото 1.

В общем случае, естественная освещенность в ночных и сумеречных условиях формируется рассеянным в атмосфере солнечным излучением, отраженным и собственным излучением луны, планет и собственным излучением атмосферы, земной поверхности и звезд. Спектральное распределение солнечного излучения за пределами атмосферы практически идентично

распределению излучения абсолютно черного тела с температурой 6000 К. Около 50% излучается в инфракрасной области спектра, 40% – в видимой и 10% – в ультрафиолетовой и рентгеновской областях. При прохождении излучения через атмосферу оно поглощается и рассеивается ее компонентами, в результате спектральный диапазон излучения сужается до 0,3 – 3,0 мкм. Мощность и спектральный состав проходящего излучения сильно зависят от высоты солнца и состояния атмосферы. На рис. 3 представлен спектральный состав излучения абсолютно черного тела с температурой 6000 К (1) и солнечного излучения за пределами атмосферы (2) и у поверхности земли (3). Со снижением высоты солнца и увеличением просвечиваемой толщи атмосферы и составляющей рассеяния доля ИК-излучения увеличивается с 50 до 79%. За счет изменения спектрального состава при вечернем освещении и ранних сумерках реальную освещенность для телекамер с расширенной ИК-границей в первом приближении можно ожидать несколько выше, чем для матрицы с типовой спектральной характеристикой.

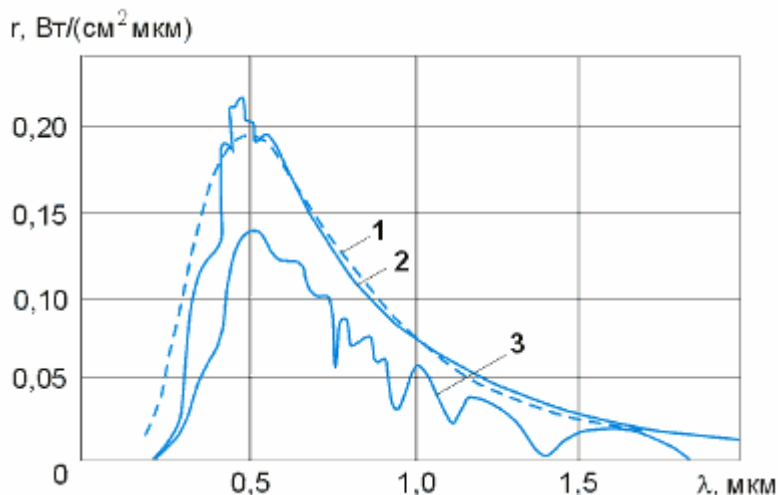


Рис. 3

Излучение Луны состоит из собственного и отраженного солнечного излучения. Луна излучает как абсолютно черное тело, нагретое до температуры 400 К со спектральным максимумом в области 7,2 мкм. Спектральный коэффициент отражения поверхности луны возрастает с увеличением длины волны, что несколько сдвигает спектральный максимум отраженного излучения в длинноволновую область. Принято считать, что максимум суммарной плотности излучения Луны соответствует длине волны 0,64 мкм.

Изменения интегральной освещенности земной поверхности в ночное время при отсутствии облачности при различных фазах луны приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Дни до и после полнолуния | Фазовый угол, град. | Освещенность, лк |
|---------------------------|---------------------|------------------|
| Полнолуние                | 0                   | 0,377            |
| ± 1 день                  | ± 12                | 0,282            |
| ± 2 дня                   | ± 24                | 0,2              |
| ± 3 дня                   | ± 37                | 0,12             |
| ± 7 дней                  | ± 85                | 0,04             |

С учетом облачности освещенность может уменьшиться более чем на порядок, но без существенного изменения спектрального состава. Аналогично облачность влияет и на такие естественные источники как звезды и планеты.

Спектральный состав отраженного лунной излучения, несмотря на незначительное смещения в красную область, не обеспечивает существенного улучшения освещенности в ближней ИК-области в том числе для матриц технологии EXview. При наличии луны нет смысла рассматривать другие источники ввиду их незначительного вклада.

Освещение земной поверхности в безлунные ночи складывается из собственного и отраженного излучения планет солнечной системы с максимумами спектральной энергетической освещенности от 5 мкм (Юпитер) до 20 мкм (Сатурн) для собственного излучения и 0,5 мкм для отраженного солнечного излучения.

Максимум спектральной плотности излучения большинства наиболее ярких звезд приходится на диапазон 0,5 – 1,0 мкм. Однако при интегральной освещенности не более  $5 \times 10^{-5}$  лк для видеонаблюдения эту составляющую можно не учитывать.

Максимум спектральной плотности рассеянного атмосферой солнечного излучения наблюдается в области 0,5 мкм, при собственном излучении в области 10 мкм. То есть небо в сплошных облаках излучает как абсолютно черное тело (АЧТ) с температурой равной окружающей с точностью до нескольких градусов. При естественной освещенности в безлунные ночи телекамеры практически неработоспособны, за исключением специальных высокочувствительных систем с накоплением или электронно-оптическими преобразователями.

Из приведенного выше можно сделать вывод, что телекамерам с матрицами Exview преимущества использования в ночных условиях при естественном освещении дает их более высокая интегральная чувствительность. Смещение же спектрального максимума чувствительности в сторону ближнего ИК-диапазона обеспечивает несколько большую эффективность лишь при искусственном освещении лампами накаливания и ИК-осветителями. Примечательно, что лампы накаливания имеют максимум излучаемой мощности на длине волны около 1 мкм. Причем для любой телекамеры более предпочтительно “белое” видимое освещение. При этом обеспечивается максимальная чувствительность и максимальный контраст изображения. Это тем более справедливо при использовании цветных высокочувствительных телекамер с режимом день/ночь. В этом случае при достаточной освещенности имеется потенциальная возможность выйти на цветной режим. Особенно в случае применения цветных камер с матрицами Exview.

При видеонаблюдении в полной темноте с использованием ИК-подсветки необходимо учитывать некоторые особенности, обусловленные работой телекамеры в достаточно узкой спектральной области ближнего ИК-диапазона, практически определяемой спектральной полосой осветителя. Отражательные характеристики различных материалов в ближней ИК-области и в видимом диапазоне весьма близки, поэтому общий характер изображения практически повторяет изображение видимого диапазона. Тем более, нет никаких оснований ожидать особого “проникающего видения” через среды и материалы. С другой стороны наблюдается общее снижение контраста изображения как при любой монохромной подсветке. ИК-осветители для данного случая можно считать весьма монохромными источниками, особенно на полупроводниковых излучателях. Подобный эффект снижения контрастности при монохромном освещении характерен и для глаза. С ним знаком любой зритель, бывавший на шоу-мероприятиях с использованием цветного освещения.

При одновременной работе в видимом и ближнем ИК-диапазонах ожидаемо некоторое снижение четкости изображения вследствие изменения фокусировки объектива на различных длинах волн используемого излучения. При прочих равных условиях этот эффект более заметен при использовании дешевой пластиковой оптики. Для компенсации этих искажений можно использовать ручное или автоматическое изменение фокусировки объектива для различных режимов. В случае использования черно-белой телекамеры с некоторым запасом по чувствительности, возможно фильтром выделить только ИК-излучение и по нему осуществить фокусировку. Кардинально решить эту задачу можно применением широкополосной скорректированной или зеркальной оптики. Однако это слишком дорогостоящий путь.

Другая причина ухудшения четкости изображения в ИК-диапазоне, даже при ИК-освещении в ночных условиях, обусловлена сравнимостью геометрических размеров элемента разрешения матрицы с дифракционным пределом применяемой оптики для этой длины волны. Основным форматом матриц, применяемых в настоящее время является 1/3 дюйма. Размеры одного чувствительного элемента (пикселя) в черно-белых матрицах производства SONY составляют 9,8х6,3 мкм у матриц типового разрешения (500х582 pix) и 6,5х6,25 мкм у матриц высокого разрешения (752х582 pix). Типовые объективы, используемые для телекамер наблюдения, имеют относительно небольшие входные апертуры. Особенно это относится к встроенным объективам миниатюрных телекамер. В этом случае даже теоретические размеры фокального пятна по первому дифракционному минимуму (кружка Эри) оказываются сравнимы с размерами пикселя, а для длиннофокусных объективов могут и превысить их. При этом необходимо учитывать, что реальные размеры фокального пятна, в зависимости от качества оптики, могут в 2 – 3 раза превышать расчетные значения. Например, для встроенного объектива с фокусным расстоянием 16 мм расчетное значение фокального пятна в видимом диапазоне (0,5 мкм) составит около 4 мкм. При использовании ИК-осветителя с длиной волны 940 нм для минимальной его заметности глазом расчетное значение фокального пятна составит уже около 7,4 мкм, т.е. сравнимо с

размерами пикселя даже для телекамеры нормального разрешения. Еще хуже будет положение при применении телекамер с матрицами формата 1/6 дюйма, где размеры пикселя составляют уже 4,85x4,65мкм. В этой связи для скрытого видеонаблюдения в ближнем ИК-диапазоне целесообразно использовать максимально светосильную оптику. Это позволит не только добиться максимальной чувствительности, но и обеспечит минимальные размеры фокального пятна, не ограничивающие разрешения телекамеры даже для работы в ближней ИК-области спектра.

В заключение можно констатировать, что для обычного видеонаблюдения, как при естественном, так и при искусственном освещении ближний ИК-диапазон не имеет никаких преимуществ по сравнению с видимой областью спектра. Более того, достижимые чувствительность, четкость и контрастность значительно уступают аналогичным характеристикам в видимом диапазоне. Видеонаблюдение в ИК-диапазоне неизбежно только для скрытого наблюдения в ночных условиях и других случаях нежелательности применения видимого освещения. При этом, разумеется, необходимо использовать ИК-осветители, одним из главных требований к которым является невидимость глазом как излучения, так и самого излучателя. С распространением цветных телекамер с режимом день/ночь возможность скрытого ночного видеонаблюдения появилась в системах цветного изображения.

В любом случае использование ИК-диапазона для видеонаблюдения целесообразно лишь для решения специальных задач. Только в этом случае родовые недостатки метода, некоторые из которых приведены выше, не приведут к разочарованию.