

# Особенности использования гибридных фотоприёмных приборов ближнего инфракрасного диапазона

Д.Н. Шурупов<sup>1</sup>, В.В. Давыдов<sup>2,3</sup>, В.Ю. Рудь<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Институтский пр. 5, Большие Вяземы, Московская обл., Россия, 143050

<sup>3</sup>ФТИ А.Ф. Иоффе, Политехническая 26, Санкт-Петербург, Россия, 194021

## Аннотация

Обосновано использование гибридных фотоприёмных приборов, не имеющих активной подсветки, и работающих в условиях низкой освещённости тем, что спектр излучения атмосферы Земли, фоновое и звездное излучение несут в себе ИК спектральный состав. Проведено исследование зависимостей отношения сигнал/шум от облучённости для твердотельного, гибридного и сочлененного приборов на длине волны 1540 нм. Установлено, что преимущества работы в ближнем ИК диапазоне отчетливо проявляются в условиях нулевой видимости, в частности, в отсутствие Луны. Показано, что естественная спектральная освещённость в отсутствие Луны в диапазоне 1,4-1,8 мкм составляет  $(1,5 - 2) \cdot 10^{-7}$  Вт/см<sup>2</sup>·мкм. Прозрачность атмосферы также растет при переходе в коротковолновую ИК-область спектра. Так же установлено, что яркость атмосферной дымки снижается более чем на порядок в области 1,4-1,8 мкм в сравнении с видимой областью спектра. В работе получены значения коэффициентов отражения, что позволяет реализовывать приборы, не имеющие активной подсветки, а также работающие в условиях низкой освещённости. Установлено, что в диапазоне 0,4-0,7 мкм они практически не отличаются.

## Ключевые слова

Фотоприёмник, гибридная структура, ближний инфракрасный диапазон, спектральная освещённость, прозрачность, коэффициент отражения

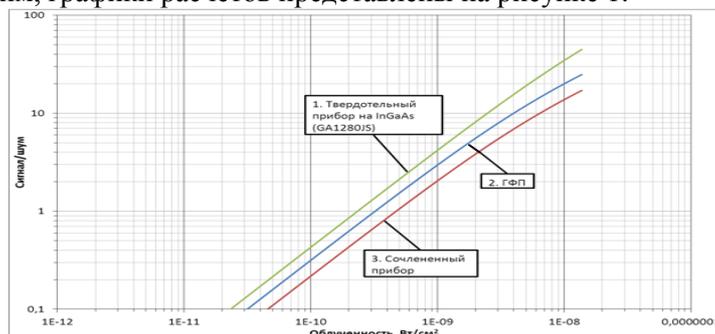
## 1. Введение

В настоящее время фотоприёмные устройства нашли большое применение в различных областях науки и техники [1]. В ряде случаев необходимо решать задачи по определению объектов в условиях низкой освещённости (без активной подсветки). В таких условиях наиболее перспективным для обнаружения объектов становится ближний ИК. Его преимущества отчетливо проявляются в условиях нулевой видимости (нет лунного света) [2]. Кроме того, прозрачность атмосферы при переходе в коротковолновую ИК-область спектра растет [2]. Для регистрации отраженного от различных объектов излучения в ближнем ИК сейчас широко применяются твердотельные устройства на основе технологии гибридных сборок с твердым раствором InGaAs в качестве активного слоя. Основными характеристиками, по которым определяют качество работы прибора является отношение сигнал/шум и пороговая облучённость.

## 2. Исследование потенциальных возможностей гибридного фотоприёмника

Чтобы определить возможности использования гибридного фотоприёмного прибора в ближней ИК области и показать перспективность с практической точки зрения этих

исследований было сделано следующее: проведено исследование зависимостей отношения сигнал/шум от облученности для твердотельного, гибридного и сочлененного приборов на длине волны 1540 нм, графики расчетов представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1:** Зависимость соотношения сигнал/шум от облученности для разных приборов на длине волны 1540 нм

Зависимости получены для времени накопления 33 мс, размер ячейки 12,5x12,5 мкм. Эти параметры соответствуют конструкции действующего твердотельного прибора. Эти данные использовались для проведения дальнейших расчётов. Для расчёта по гибриднему и сочлененному прибору (кривые 2 и 3) необходимо знать темновой ток фотокатода. В отличие от CsTe фотокатода, фотокатод на основе InP/InGaAs/InP имеет очень большой темновой ток, что становится главным ограничением для получения лучшего соотношения сигнал/шум и лучшей пороговой облученности. Квантовый выход фотокатода задан равным 20 %. Для расчета отношения сигнал/шум твердотельного прибора (кривая 1) были использованы данные по матрице GA1280JS фирмы Sensors Unlimited [2]. Темновой ток фотокатода на структуре InP/InGaAs с учетом площади ячеек ППЗ (12,5x12,5 мкм) и времени накопления (33 мс) составил около 516 е на пиксель за время накопления. Темновой ток ячеек структуры за время накопления равен 5625 е. Квантовый выход таких приборов сильно зависит от длины волны и на длине волны 1540 нм может достигать более 85 %. Поэтому для твердотельного прибора в расчете задан квантовый выход равный 85 %. При этом были заданы очень низкие шумы считывания (15 е) и шумы электроники (20 е). Только при таких низких значениях удалось добиться совпадения значения пороговой облученности, полученной путем расчета рис. 1 (кривая 1) с той, которая указана производителем в информации по твердотельному прибору GA1280JS.

### 3. Заключение

Полученные результаты показали, что твердотельные приборы позволяют работать при облученностях немного меньших, чем гибридные приборы. У этих приборов есть возможность улучшения порога за счет охлаждения и уменьшения темновых токов ячейки. В ряде случаев их использования реализовать охлаждение очень сложно. Гибридные прибора более устойчивы к шумам электроники, т.к. прибор имеет усиление, и возможность работать в стробируемом режиме. Времена строба в гибридном приборе на порядки меньше, чем в твердотельных приборах. Это позволяет успешно использовать гибридные приборы в различных системах с подсветкой.

### 4. Литература

- [1] Savchenko, E.A. Combined method for laser selection, positioning and analysis of micron and submicron cells and particles / E.A. Savchenko, E.N. Velichko, E.T. Aksenov, E.K. Nepomnyashchaya // IEEE International Conference Laser Optics. – 2019. – P. 539.
- [2] Smirnov, K.J. InP/InGaAs photocathode for hybrid SWIR photodetectors / K.J. Smirnov, V.V. Davydov, Y.V. Batov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368(2). – P. 022073.