

ГИБРИДНЫЙ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ УФ ДИАПАЗОНА

© М. Р. Айнбунд, О. В. Алымов, Е. Б. Андреева, И. С. Васильев, Е. Е. Левина,
А. В. Пашук, С. А. Плахов, И. А. Свищёв, О. В. Чернова

Базовый научный центр, ОАО «ЦНИИ «Электрон», 194223, Санкт-Петербург, пр.Тореза, 68

Разработаны экспериментальные образцы гибридных приборов на основе матрицы с числом элементов 768×580 , размер чувствительного элемента 17×34 мкм, размер изображения на фотокатоде $13,1 \times 9,8$ мм. Достигнута высокая чувствительность фотокатода TeCs и хорошая «солнечная слепота» без применения каких-либо светофильтров. Пороговая облучённость образцов составляет $5 \cdot 10^{-10}$ Вт/см² ($3 \cdot 10^{-15}$ Вт/элемент).

Ключевые слова: солнечно-слепой, ультрафиолетовый, гибридный телевизионный прибор, электронно-чувствительный ППЗ

Сведения об авторах: Айнбунд Михаил Рувимович, к.т.н., m.ainbund@mail.ru; Алымов Олег Витальевич, к.т.н., electron.direct@mail.ru; Андреева Елена Борисовна, e-andreeva60@yandex.ru; Васильев Иван Сергеевич, nto105electron@gmail.com; Левина Елена Евгеньевна, eelev@mail.ru; Пашук Андрей Владимирович, werbenka@ya.ru; Плахов Станислав Афанасьевич, otdel12@inbox.ru; Свищёв Иван Алексеевич, ivansvist86@mail.ru; Чернова Ольга Васильевна

HYBRID LOW LIGHT LEVEL TV DEVICE FOR UV SPECTRAL RANGE

M. R. Ainbund, O. V. Alymov, E. B. Andreeva, I. S. Vasiliev, E. E. Levina, A. V. Pashuk,
S. A. Plakhov, I. A. Svishev, O. V. Chernova

Open Joint Stock Company «National Research Institute «Electron», 194223, St. Petersburg, pr. Toreza, 68

The samples of hybrid devices based on array with 768×580 pixels are developed. The pixel size is 17×34 μm , the size of image on the photocathode is 13.1×9.8 mm. High sensitivity of TeCs photocathode and good «solar blindness» were achieved without any color filters. The threshold irradiance of sample is $5 \cdot 10^{-10}$ W/cm² ($3 \cdot 10^{-15}$ W/pixel).

Keywords: solar-blind, ultra-violet, hybrid television device, electronic and sensitive CCD

Data of authors: Ainbund Mikhail Ruvimovich, Ph.D., m.ainbund@mail.ru; Alymov Oleg Vitalievich, Ph.D., electron.direct@mail.ru; Andreeva Elena Borisovna, e-andreeva60@yandex.ru; Vasiliev Ivan Sergeevich, nto105electron@gmail.com; Levina Elena Evgenievna, eelev@mail.ru; Pashuk Andrei Vladimirovich, werbenka@ya.ru; Plakhov Stanislav Afanasievich, otdel12@inbox.ru; Svishev Ivan Alekseevich, ivansvist86@mail.ru; Chernova Olga Vasilievna

Введение

Получение изображения в различных областях оптического диапазона при малых облучённостях требуется как для гражданских (охранные системы, системы вождения, экология и т.п.), так и для военных

целей (системы переднего обзора военной техники, приборы и прицелы ночного видения, пеленгаторы и т.п.). Весьма распространёнными высокочувствительными телевизионными приборами являются приборы с докоммутированным усилением на основе фоточувствительных приборов с

переносом заряда (ФППЗ), сочленённых с электронно-оптическими преобразователями (ЭОП), и твердотельные приборы на основе ФППЗ [1-6].

Основные результаты

Гибридными приборами или ЭОП 5-го поколения называют вакуумные приборы, в которых твердотельный ППЗ размещён внутри вакуумного объёма, содержащего фотокатод (рис. 1). Для этого применяется специально изготовленный ППЗ, утонённый с обратной стороны (электронно-чувствительный ППЗ (ЭЧ ППЗ) – Electron Bombardment Backside CCD).

В результате бомбардировки матрицы фотоэлектронами с энергией свыше 2-3 кэВ происходит генерация электронно-дырочных пар в кремнии, что обеспечивает усиление в несколько сотен раз. Благодаря усилению сигнала в матрице ЭЧ ППЗ гибридный прибор обеспечивает чувствительность на 1-2 порядка выше, чем твердотельные аналоги.

В гибридном фотоприборе (ГФП) весь сигнальный поток фотоэлектронов, вышедший из фотокатода, достигает матрицы, отсутствуют промежуточные преобразования сигнала. Это обеспечивает близкое

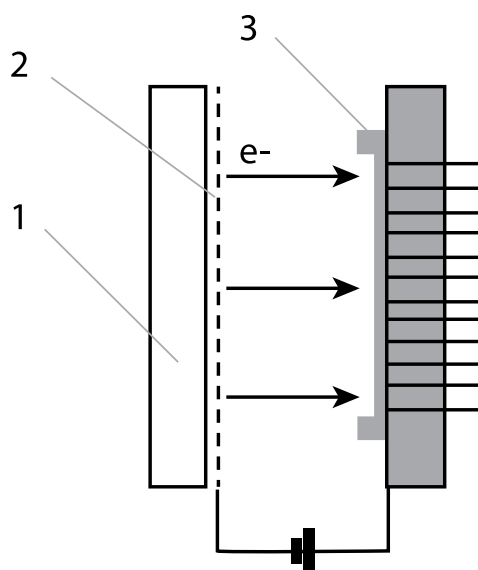


Рис. 1

Схема гибридного прибора: 1 – входное окно, 2 – полупрозрачный фотокатод, 3 – ЭЧ ППЗ

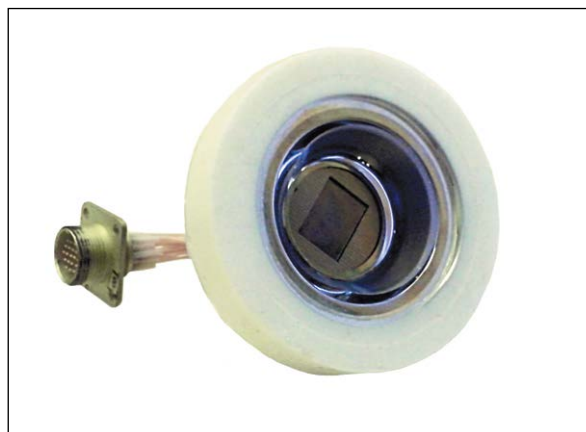


Рис. 2

Внешний вид гибридного фотоприбора

к 1,1 значение шум-фактора, тогда как в фотоприёмниках на основе ЭОП с МКП, сочленённых с матрицей ППЗ, шум-фактор 1,6-2. Кроме того, в ГФП отсутствуют волоконнооптические элементы, снижающие радиационную стойкость прибора.

В ОАО «ЦНИИ «Электрон» разработаны гибридные приборы на основе матрицы с числом элементов 768x580, размер чувствительного элемента 17x34 мкм, размер изображения на фотокатоде 13,1x9,8 мм. Основные проблемы были связаны с конструкцией узлов гибридного прибора, технологией утонения и очувствления ЭЧ ППЗ, вакуумной обработкой прибора и получением высокой чувствительности фотокатода. В настоящее время изготовлены экспериментальные образцы для ультрафиолетового диапазона с TeCs фотокатодом на окне из кварца (рис. 2).

Достигнута высокая чувствительность фотокатода, превышающая в максимуме 40 мА/Вт (квантовый выход более 20 %). Обеспечивается высокая «солнечная слепота» без применения каких-либо светофильтров: чувствительность снижается вдвое к излучению с длиной волны 300 нм и в 10 раз к излучению с длиной волны более 330 нм (рис. 3).

При ускоряющем напряжении между фотокатодом и матрицей 4-6 кВ гибридный прибор с TeCs фотокатодом обеспечивает следующие основные параметры:

1. При облучённости $3,4 \cdot 10^{-8}$ Вт/см² ($2 \cdot 10^{-13}$ Вт/элемент):
выходной сигнал > 300 мВ;

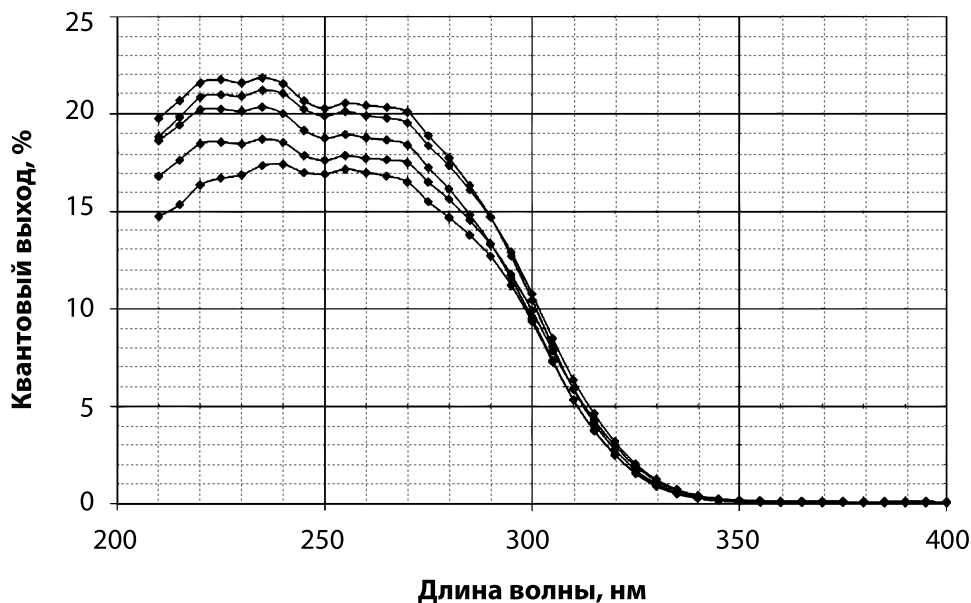


Рис. 3

Квантовый выход фотокатодов в пяти экспериментальных образцах прибора

отношение сигнал/шум > 20;
разрешающая способность ≥ 550 твл.

2. При облучённости $5 \cdot 10^{-10}$ Вт/см² ($3 \cdot 10^{-15}$ Вт/элемент):

выходной сигнал > 40 мВ;
отношение сигнал/шум > 1;
разрешающая способность ≥ 250 твл.

Заключение

1. Облучённость $5 \cdot 10^{-10}$ Вт/см² ($3 \cdot 10^{-15}$ Вт/элемент) соответствует потоку за время кадра в 80 фотонов (длина волны 270 нм) на один элемент и, следовательно, 16-20 фотоэлектронам.

2. Работа по усовершенствованию прибора продолжается для получения его работоспособности при облучённости около $5 \cdot 10^{-16}$ Вт/элемент (12-15 фотонов, т.е. 2-3 фотоэлектрона).

3. Возможна разработка гибридного прибора с фотокатодами для других спектральных диапазонов.

Литература

1. Груздев В. Н., Иванов В. Н., Суриков И. Н., Шилин Б. В. Дистанционные наблюдения в ультрафиолетовом диапазоне // Оптический журнал. – 2003. – Т. 70, № 5. – С. 56-59.

2. Lidner M., Elstein S., Lidner P. Solar Blind and Bispectral Imaging with ICCD, BCCD and EBCCI Cameras, SPIE, vol. 3434, pp. 22-31.

3. Айнбунд М. Р., Суриков И. Н., Чернова О. В., Чикунов В. В. Малогабаритный солнечно-слепой усилитель яркости 2+ поколения // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. – 2007. – № 2. – С. 9-19.

4. Айнбунд М. Р., Плахов С. А., Суриков И. Н., Чикунов В. В. Малогабаритный солнечно-слепой ультрафиолетовый телевизионный прибор // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. – 2006. – № 2. – С. 9-19.

5. Айнбунд М. Р., Васильев И. С., Левина Е. Е., Пашук А. В., Свищёв И. А. Гибридные высокочувствительные приборы на основе электронночувствительных ПЗС матриц для регистрации излучения в диапазоне 0,2-1,6 мкм // Сборник «Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования земли. Материалы VII научно-технической конференции». – Москва, 2010. – С. 285-286.

6. Альмов О. В., Васильев И. С., Минкин В. А., Татаурщиков С. С. Унифицированный ряд современных ФПУ разработки и производства ОАО «ЦНИИ «Электрон» для видимого, ультрафиолетового и ближнего инфракрасного диапазона длин волн // Тезисы докладов XXIII Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения НПО «Орион», Москва, 28-30 мая 2014 г. – С. 14-18.

References

1. Gruzdev V. N., Ivanov V. N., Surikov I. N., Shilin B. V. Remote monitoring in UV spectral region. *Opticheskiy zhurnal* [Optical journal], 2003, vol. 70, № 5, p. 56-59.
2. Lidner M., Elstein S., Lidner P. Solar Blind and Bispectral Imaging with ICCD, BCCD and EBCCI Cameras, SPIE, vol. 3434, pp. 22-31.
3. Aimbund M. R., Surikov I. N., Chernova O. V., Chikunov V. V. Small-sized solar-blind intensifier of the 2nd generation. *Voprosy radioelektroniki. Ser. Tekhnika televideniya* [Questions electronics. Ser. TV Equipment], 2007, № 2, pp. 9-19.
4. Aimbund M. R., Plahov S. A., Surikov I. N., Chikunov V. V. Small-sized solar-blind the UV TV device. *Voprosy radioelektroniki. Ser. Tekhnika televideniya* [Questions electronics. Ser. TV Equipment], 2006, № 2, pp. 9-19.
5. Aimbund M. R., Vasiliev I. S., Levina E. E., Paschuk A. V., Svischev I. A. Hybrid low light level devices based electronically sensitive CCD radiation detecting 0.2-0.6 micron range. Collection «Surveillance systems, monitoring and remote sensing. Proceedings of the VII Scientific and Technical Conference», Moscow, 2010, pp. 285-286.
6. Alymov O. V., Vasiliev I. S., Minkin V. A., Tataurshchikov S. S. Unified number of modern FPA development and production of JSC «NRI «Electron» for the visible, ultraviolet and near-infrared wavelengths. Abstracts XXIII International scientific and technical conference on photo electronics and night vision devices. SPA «Orion», Moscow, 28-30 May 2014, pp. 14-18.