

# Приемочные испытания ПЗС-камеры Andor Newton 940P-BV: CCD-21492

Safonov B.S., Shatsky N.I., Belinski A.A.

February 8, 2018

## Summary

The CCD Camera Andor Newton 940P-BV was tested at Sternberg institute of Lomonosov Moscow State University on the subject of general functionality and basic system parameters checking. Read noise of 3.8e at the 50kHz rate and in the high-sensitivity mode is established (measured gain is 1.0 e/ADU). The flat images pattern (in red light) is homogeneous, without black pixels or any other features, with a slight surface structure pattern present, the global PRNU is well below 1% RMS. The full well depth is about 100ke. The general conclusion is that the detector quality and parameters are well appropriate for the primary use of the camera – low surface brightness quantitative measurements in the astronomical spectroscopy domain (red band).

## Проведение измерений

ПЗС-Камера Andor Newton-940P-BV приобретена ГАИШ МГУ по Программе развития МГУ для “красного” канала спектрографа TDS, строящегося в рамках гранта РФФ N17-12-01241. ПЗС-головка DU 940P-BV s/n CCD-21492 содержит детектор E2V CCD42-10 s/n 14441-04-15. Камера испытывалась в оптической лаборатории ГАИШ (“чистая комната”) 2 февраля 2018г. Охлаждение камеры (Пельтье) использовалось воздушное, до  $-70^{\circ}$ , температура в помещении около  $+25^{\circ}$ .

Испытания проводились для приблизительной проверки характеристик приемника, отсутствия персистенции и общей проверки работоспособности прибора. В качестве источника использовался красный светодиод с питанием от лабораторного стабилизированного источника тока, находящийся фронтально, примерно в 1 м от ПЗС-камеры. Дополнительного затемнения не использовалось, камера испытывалась при выключенном свете в лаборатории, возможны спорадические утечки света.

Коэффициенты преобразования проверены выборочно для 4 режимов, более-менее совпадает с тем, что написано в datasheet камеры.

**Шумы считывания** проверены методом оценки дисперсии разности двух последовательных байесов. Выбросы не учитывались. Оценка сделана для всех режимов и переведена в электроны с использованием gain из datasheet. Результаты совпадают с табличными данными из datasheet в предположении, что последние записаны в ADU для установки предусилителя 4x (что не соответствует подписи к таблице, т.е. фирменный протокол испытаний содержит в вычислениях ошибку).

Установлено, что шум считывания зависит от установок предусилителя. Насколько видно из Datasheet, такой зависимости явно не ожидалось. В действительности RON от preamp зависит, может меняться до полутора раз. Так, к примеру, при скорости 50 kHz и high sens mode из datasheet ожидается шум 3.7 e. В реальности измерены для preamp 1: 4.3 e,

Таблица 1: Шум считывания DU940P-BV

File (mode)	RON [ADU]	RON [e]
50kHz_preamp1_HS	1.026591	4.311683
50kHz_preamp1_HC	0.798940	15.579325
50kHz_preamp2_HS	1.736591	<b>3.820500</b>
50kHz_preamp2_HC	1.101499	11.235286
50kHz_preamp4_HS	3.903564	4.293921
50kHz_preamp4_HC	1.876090	9.568057
1MHz_preamp1_HS	2.216330	9.308585
1MHz_preamp1_HC	1.947509	37.976423
1MHz_preamp2_HS	3.400246	7.480542
1MHz_preamp2_HC	2.848476	28.769605
1MHz_preamp4_HS	6.266240	6.266240
1MHz_preamp4_HC	5.025223	25.628636
3MHz_preamp1_HS	3.428707	13.714829
3MHz_preamp1_HC	3.180642	63.294784
3MHz_preamp2_HS	4.854883	10.195254
3MHz_preamp2_HC	4.315827	40.568778
3MHz_preamp4_HS	9.106272	9.106272
3MHz_preamp4_HC	7.543433	38.471509

preamp 2: 3.8 e, preamp 3: 4.3 e. И так для всех режимов. См. в таблице 1 ниже все намерянные шумы считывания, измеренные процедурой *bias.m* (MatLab). Измерялась статистика разности двух изображений BIAS с отсечением 2.0% наибольших и наименьших значений (границы lbound, ubound) для фильтрации выбросов. RON далее определялся как корень из дисперсии, деленной на два.

Определение **предусиления**:

1. Освещение рассеянным светом в лаборатории, получение пар кадров при разных позициях;
2. Получаем разность кадров, определяем ее дисперсию по области 100 на 100 пикселей с началом при (1000,200);
3. Определяем среднее: вычитаем BIAS из одного из кадров и определяем средний сигнал по той же области;
4. Строим зависимость дисперсии от среднего с наклоном  $b$ ;
5. Вычисляем  $G = 2/b$ .

Результаты:

50kHz\_preamp2\_HS Gain: 2.05+/-0.12 e/ADU

1MHz\_preamp1\_HS Gain: 3.91+/-0.12 e/ADU

1MHz\_preamp4\_HS Gain: 1.02+/-0.05 e/ADU

3MHz\_preamp2\_HC Gain: 9.11+/-0.53 e/ADU

**Нелинейность** исследовали путем считывания области размером 20x400 пикселей на скорости 3MHz, preamp 2, High sensitivity mode. Освещенность варьировали экспозицией. К сожалению, аппроксимация показала, что есть постоянный уровень, т.е. некоторая добавка

к задаваемому времени экспозиции. Возможно, это связано с измерениями в отсутствие затвора. Отклонения от линейного закона около  $\pm 2.0\%$  (см. рис. 1). Скорее всего они связаны с несовершенством эксперимента, требуется повтор исследования с затвором (ожидается поставка).

На рис. 2 показана картинка “плоского поля” при освещении точечным источником и протяженным. Вывод: пыли на детекторе нет. Нечувствительных пикселей нет. Режим: 3 MHz, preamp 2, High sensitivity mode.

Анализ статистики чувствительности (при больших сигналах) показал, что гистограмма отклонений от среднего уровня FLAT (за вычетом низкочастотной составляющей путем гауссовой фильтрации с стандартным отклонением в 40 пикселей) нормальна, с среднеквадратическим отклонением в 0.5 %.

Далее на рис. 3 дано изображение с источником и без него для анализа **персистенции**. В начале в течение 60 сек экспонировался источник малых размеров. Уровень сигнала приближается к области нелинейности. Сразу после этого был получен такой же кадр при затемнении детектора. На нем никаких следов послесвечения нет. Режим: 3 MHz, preamp 2, High sensitivity mode. Можно утверждать, что на уровне до  $\sim 10^{-4}$  персистенция у детектора отсутствует.

Был измерен уровень темного тока для нескольких температур, результаты на 4, они полностью совпадают с тем что приводится в datasheet. Явные горячие пиксели отсутствуют.

Некоторые наблюдения:

1. Необходимо ставить скорость вертикального переноса 4 (54 мксек на строку). Иначе эффективность вертикального переноса падает уже при интегральной засветке в 40000-50000 электронов. Напряжение вертикального переноса на результат не влияет. Падение эффективности верт переноса выражается в вертикальном смазывании картины. При этом полная величина сигнала сохраняется.
2. Штатная программа Andor Solis “падает” при попытке установить окно нулевой ширины или высоты. В остальном работает стабильно. Припоминается, что SDK под Linux в случае матрицы Ixon ведет себя похожим образом.

## 1 Выводы

Камера DU-940P-BV S/N-21492 функциональна, для спектроскопии протяженных объектов с низкой дисперсией пригодна полностью. Шумовые характеристики данного экземпляра камеры немного хуже, чем у камеры DU-940P-BU, приобретенной для синего канала спектрографа TDS ( $RON = 3.8e$ ; у “синей” – 3.1e), но в пределах спецификации. Требуется более детальное исследование характеристик темновых токов, стабильности уровня BIAS и шума считывания при работе с затвором, со штатной системой охлаждения и при рабочих условиях окружающей среды (температуры от  $-15^\circ$  до  $+15^\circ$ ).

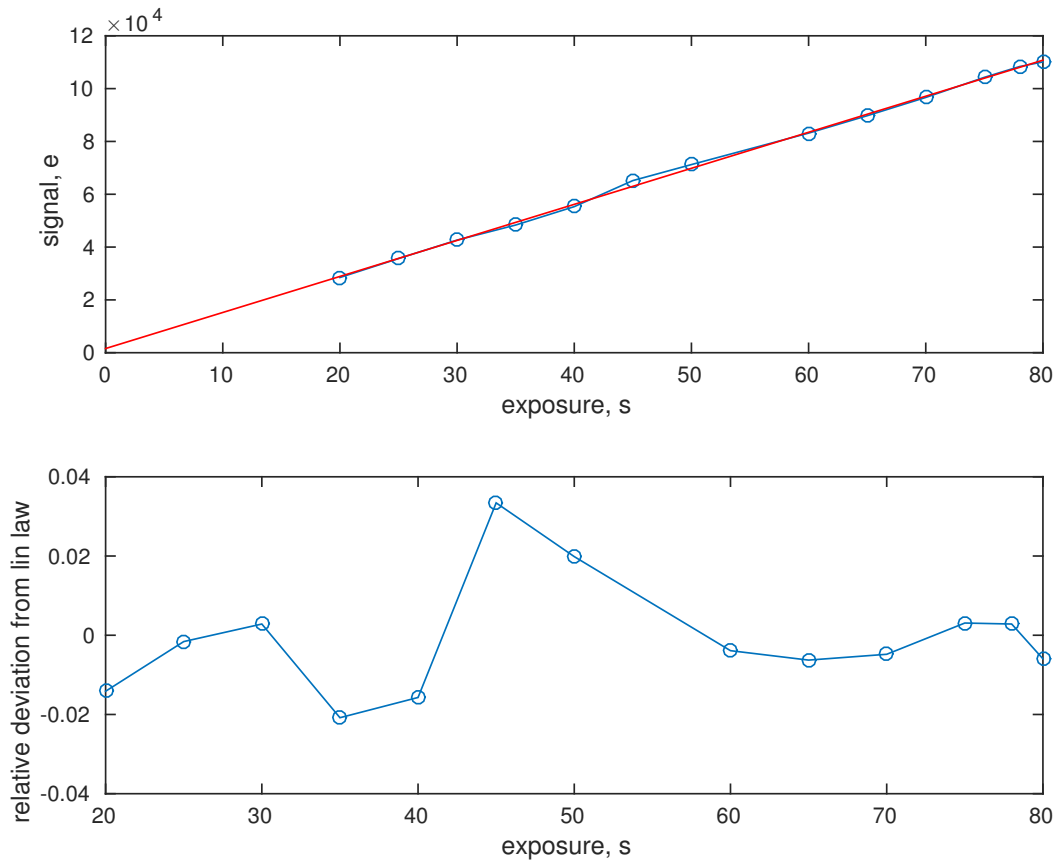


Рис. 1: Response non-linearity test. Details see in the text.

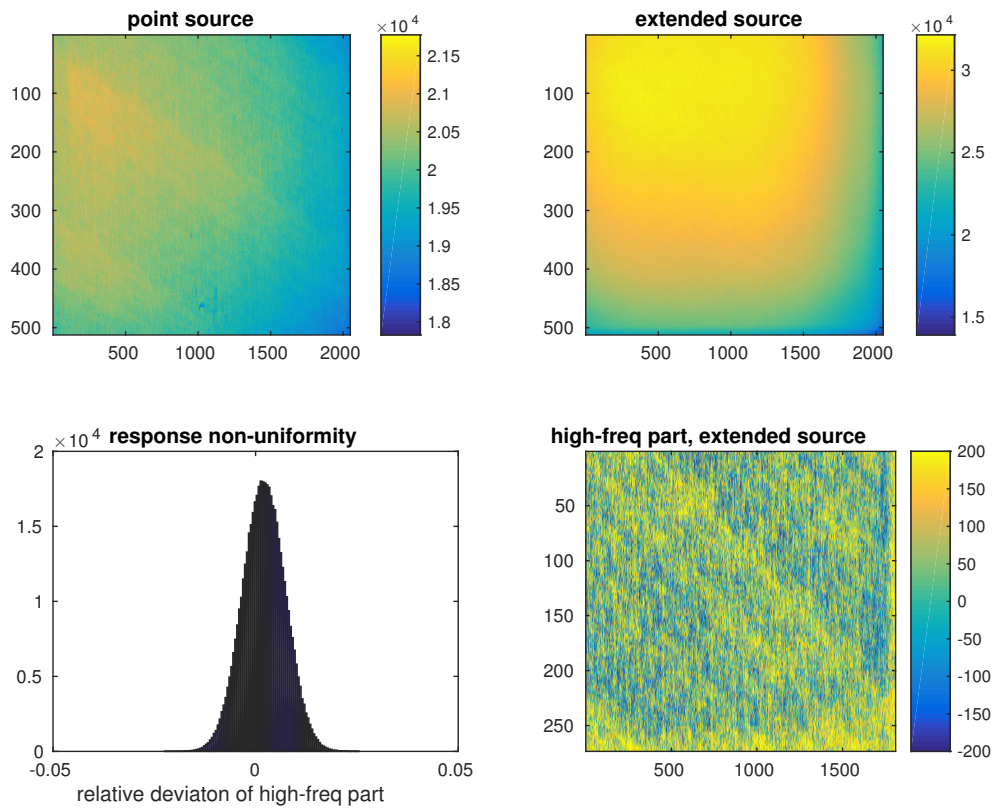


Рис. 2: FLAT images taken with red LED. Top left: traces of dust particles on the window, Top right: extended source, only dust on detector could be seen but is seemingly absent. Bottom right: Extended source, filtered for low-frequency variations. Bottom left: histogram of bottom right image.

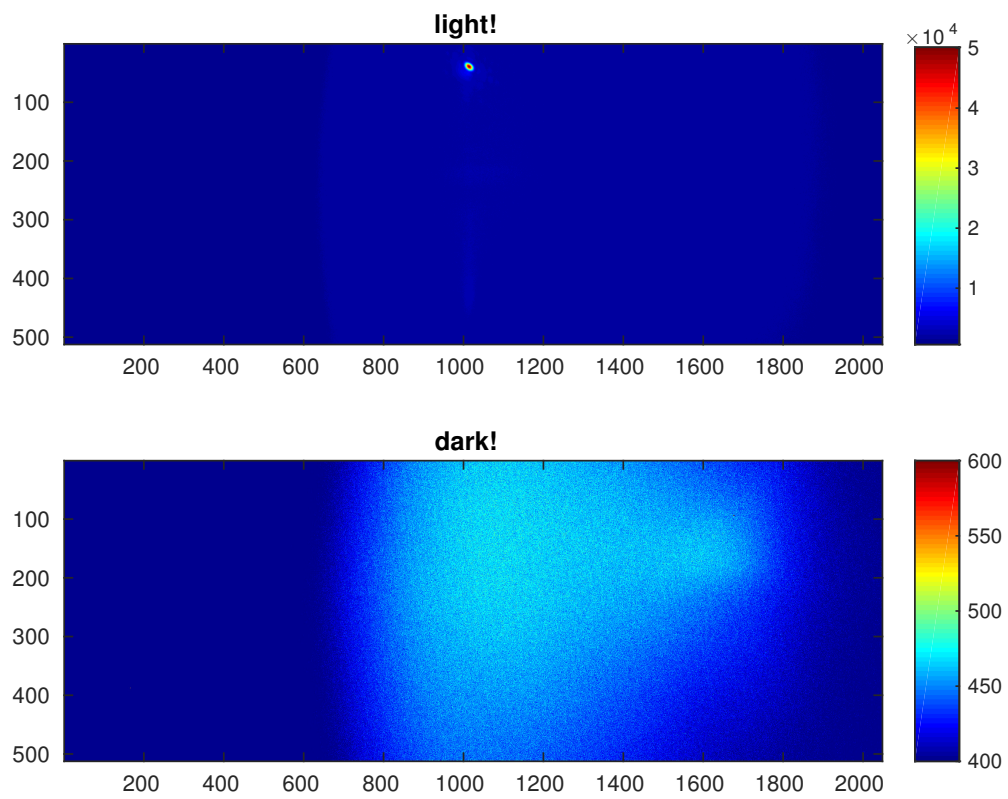


Рис. 3: Persistence test. Top: bright source (about half a well depth), exp=10s, Bottom: same exptime, CCD covered.

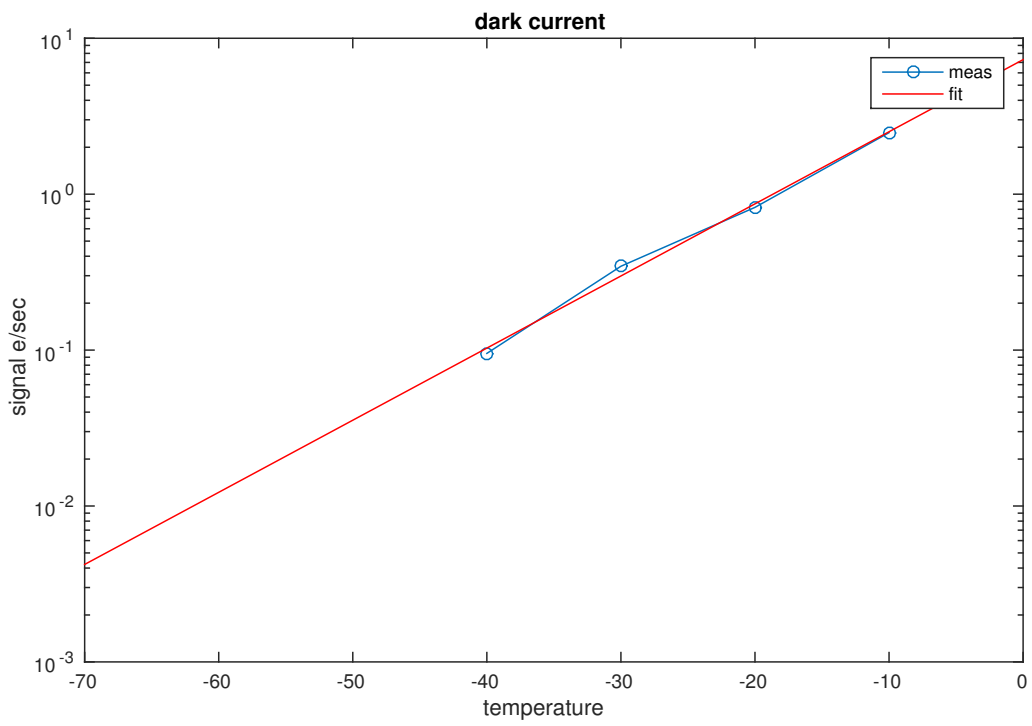


Рис. 4: Dark current test. Dependence of signal on temperature.