

# Приемочные испытания ПЗС-камеры Andor Newton 940P-BU

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

November 23, 2017

## Summary

The CCD Camera Andor Newton 940P-BU was tested at Sternberg institute of Lomonosov Moscow State University on the subject of general functionality and basic system parameters checking. Read noise of 3.1e at the 50kHz rate and in the high-sensitivity mode is established (measured gain is 1.0 e/ADU). Flat images pattern (in green light) is homogeneous, without black pixels or any other features, with a slight surface structure pattern present, the global PRNU is within 1% RMS. The full well depth is about 75ke. 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.

## Проведение измерений

ПЗС-Камера Andor Newton-940P-BU приобретена ГАИШ МГУ по гранту РФФ N17-12-01241 (руководитель А.М. Черепашук). ПЗС-головка DU 940P-BU s/n CCD-21061 содержит детектор E2V CCD42-10 s/n 14292-18-06. Камера испытывалась в оптической лаборатории ГАИШ (“чистая комната”) 16-17 и 22 ноября 2017г. 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 зеленый светодиод с питанием от лабораторного стабилизированного источника тока, находящийся фронтально, примерно в 1м от ПЗС-камеры. Дополнительного затемнения не использовалось, камера испытывалась при выключенном свете в лаборатории, возможны спорадические утечки света. Использовалось быстрое чтение, т.к. встроенного затвора в камере нет.

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. Плюс-минус все нормально, совпадает с табличными данными. Однако установлено, что шум считывания зависит от установок предусиления. 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 3.3 e. В реальности измерены для preamp 1: 4.1 e, preamp 2: 3.5 e, preamp 3: 3.06 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 0.4% наи-

Таблица 1: Определение шума считывания DU940P-BU

File	min	lbound	ubound	max	RON []	gain [e]	RON [e]
50kHz_preamp1_HS.fits	-7	-4	4	7	1.00	4.1	4.1
50kHz_preamp1_HC.fits	-6	-3	3	23	0.80	18.6	14.88
50kHz_preamp2_HS.fits	-591	-6	6	11	1.61	2.2	3.542
50kHz_preamp2_HC.fits	-144	-3	5	8	1.11	9.5	10.545
50kHz_preamp4_HS.fits	-21	-13	11	21	3.06	1.0	<b>3.06</b>
50kHz_preamp4_HC.fits	-13	-8	7	232	1.96	4.6	9.016
1MHz_preamp1_HS.fits	-17	-9	9	17	2.36	4.3	10.148
1MHz_preamp1_HC.fits	-17	-9	7	14	2.15	19.1	41.065
1MHz_preamp2_HS.fits	-26	-14	14	24	3.56	2.2	7.832
1MHz_preamp2_HC.fits	-22	-11	13	23	3.07	9.4	28.858
1MHz_preamp4_HS.fits	-46	-27	25	44	6.70	1.0	6.7
1MHz_preamp4_HC.fits	-41	-22	20	38	5.50	4.7	25.85
3MHz_preamp1_HS.fits	-28	-15	14	27	3.70	4.0	14.8
3MHz_preamp1_HC.fits	-25	-14	13	25	3.50	18.7	65.45
3MHz_preamp2_HS.fits	-38	-19	22	40	5.32	2.1	11.172
3MHz_preamp2_HC.fits	-37	-18	18	32	4.64	9.4	43.616
3MHz_preamp4_HS.fits	-68	-36	36	64	9.35	1.0	9.35
3MHz_preamp4_HC.fits	-335	-33	30	56	8.16	4.7	38.352

больших 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 экспозициях
2. Разность, определяем дисперсию по области 100 на 100 с началом при 1000, 200.
3. Среднее, вычитаем BIAS, определяем средний сигнал по той же области.
4. Зависимость дисперсии от среднего.
5.  $G = 2/b$ , где b – наклон зависимости.

Результаты:

50kHz\_preamp2\_HS Gain: 1.97+/-0.06 e  
1MHz\_preamp1\_HS Gain: 3.87+/-0.08 e  
1MHz\_preamp4\_HS Gain: 1.00+/-0.03 e  
3MHz\_preamp2\_HC Gain: 8.54+/-0.18 e

В последнем случае при экспозиции 16 сек значительная нелинейность, эти данные отброшены

**Нелинейность** исследовали путем считывания области размером 100x100 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  $\pm 0.5\%$ . Сделали два захода. Отклонение воспроизвелось более-менее хорошо. Обработка первой серии эксперимента выявила, что в измерениях не дошли-таки до ожидаемого уровня нелинейности (см. рисунки 1), поэтому

второй эксперимент был повторен с более продолжительной серией для достижения предела емкости потенциальной ямы пикселей детектора (нижняя пара графиков).

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 (рис. 3) от среднего уровня FLAT (за вычетом низкочастотной составляющей путем гауссовой фильтрации с стандартным отклонением в 40 пикселей) нормальна, с среднеквадратическим отклонением в 0.9 %.

Далее на рис. 4 дано изображение с источником и без него для анализа **персистенции**. В начале в течение 120 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.

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 функциональна, для спектроскопии протяженных объектов с низкой дисперсией пригодна полностью. 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  $+15^\circ$ ).

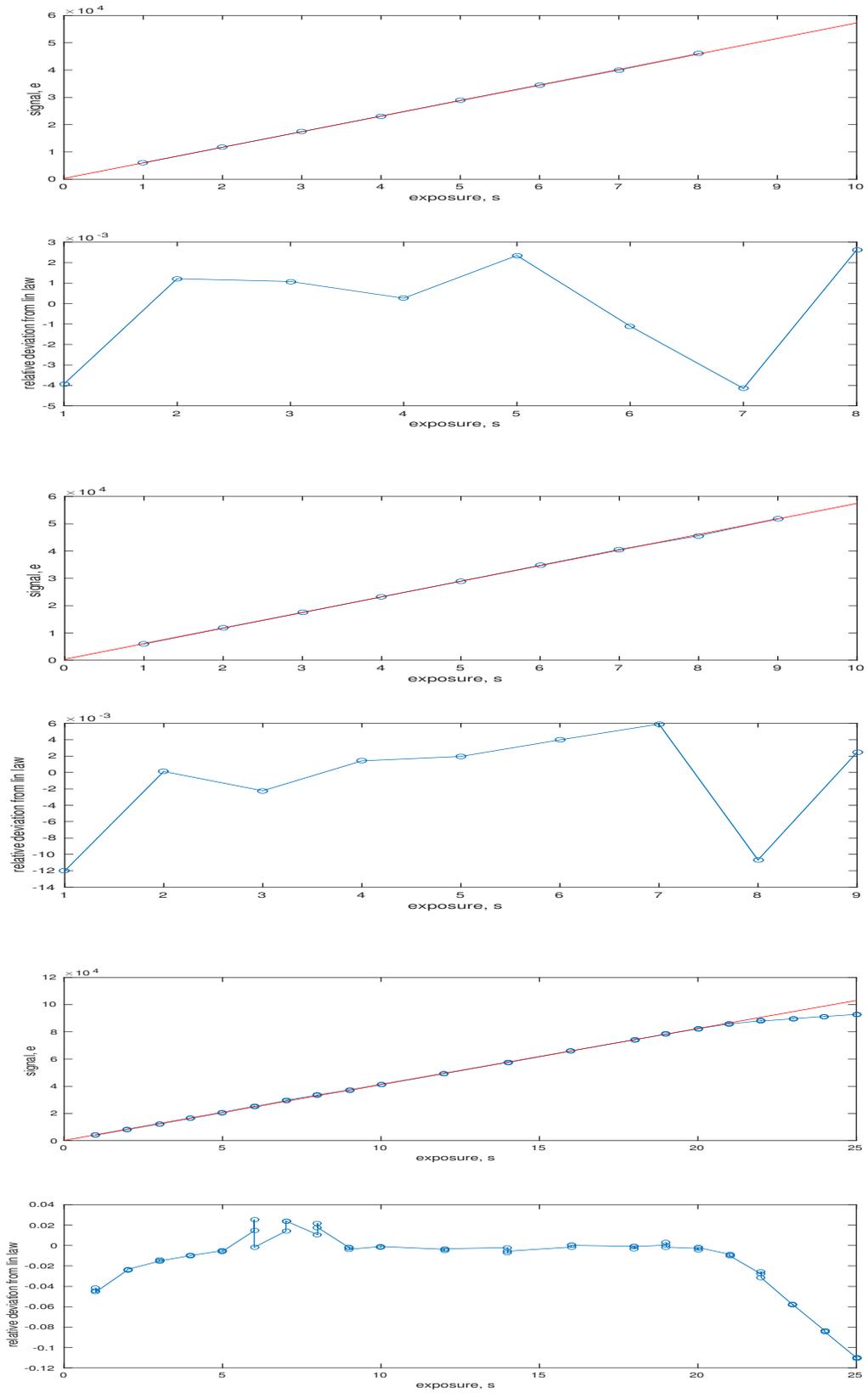


Рис. 1: Response non-linearity test. Details see in the text.

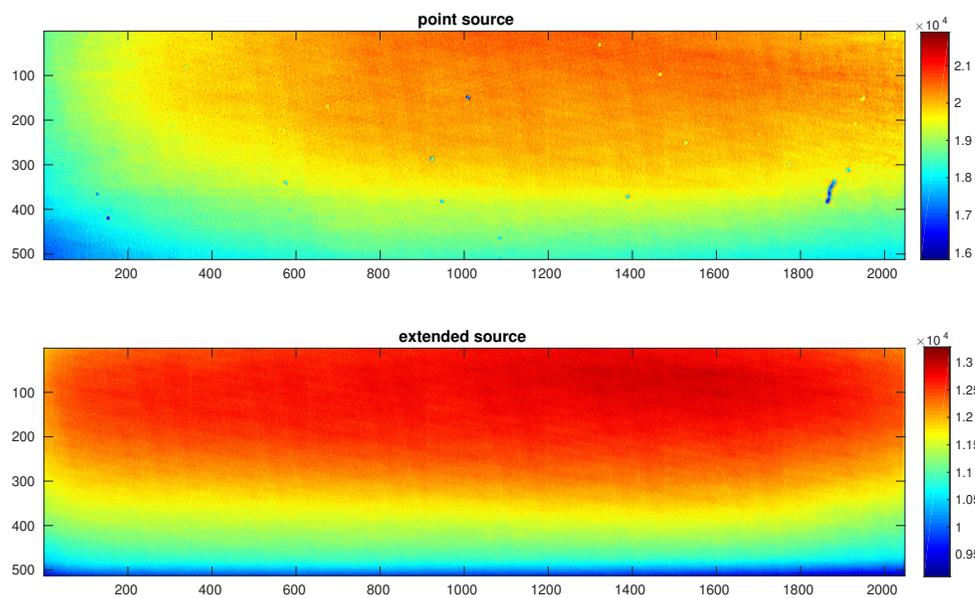


Рис. 2: FLAT images taken with green LED. Top: traces of dust particles on the window, Bottom: extended source, only dust on detector could be seen but is seemingly absent.

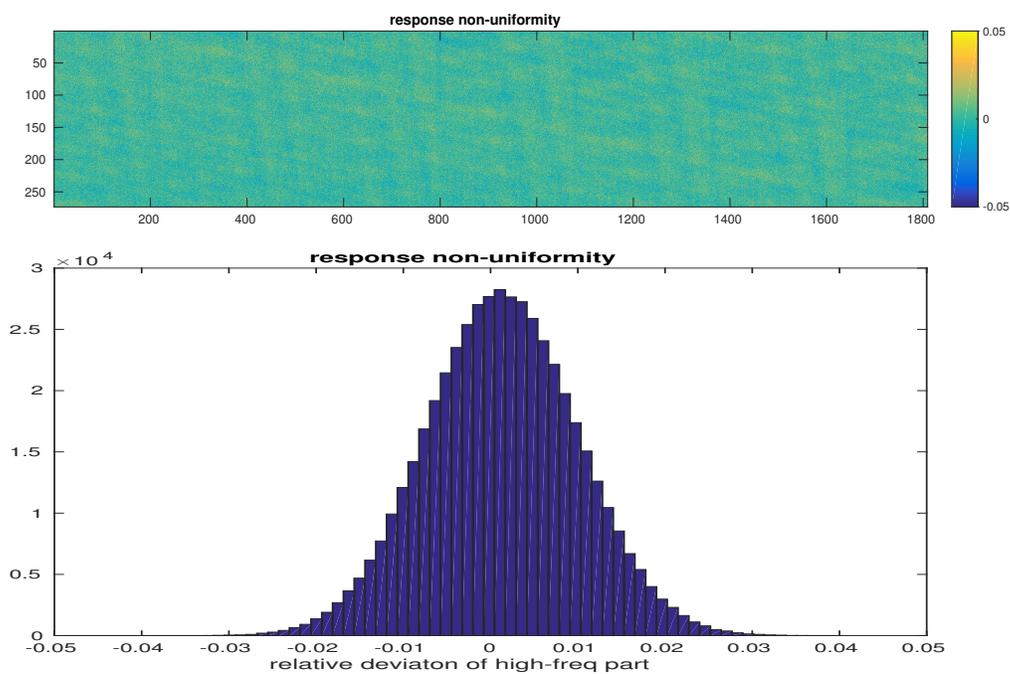


Рис. 3: Top: FLAT image spatially filtered with  $\sigma = 40$ pix. Bottom: histogram of the central area (relative sensitivities).

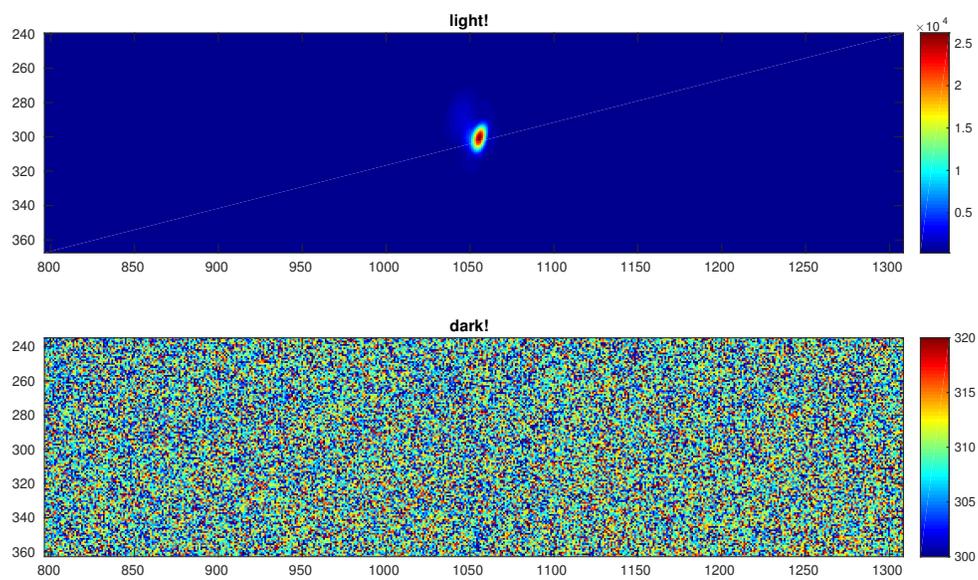


Рис. 4: Persistence test. Top: bright source (about half a well depth), exp=10s, Bottom: same exptime, CCD covered.