

Определение углового масштаба и ориентации детектора спекл-поляриметра session5C, 8 января – ?? 2015

Б.С. Сафонов, А.В. Додин, О.В. Возякова

29 февраля 2016 г.

1 Введение

Для определения углового масштаба и ориентации камеры спекл-поляриметра мы наблюдали несколько двойных звезд с разделением 3 – 5'' на спекл-поляриметре и на ПЗС-матрице NBI 2k2k в близкие даты. Параметры двойных и даты их наблюдений приведены в таблице 1.

Таблица 1: Параметры двойных, приведенные в каталоге WDS и даты (YYMMDD) наблюдений на спекл-поляриметре в сессию 5C и на NBI 2k2k. Курсивом обозначены спектральные классы, оцененные грубо по спектральному классу главного компонента и разности блеска.

звезда	данные WDS								SPP	NBI 2k2k
	дата	разд.	P.A.	mag1	mag2	Sp1	Sp2	дата	дата	
WDS02292+5352	2009	4.9	36	8.91	9.58	G0	<i>G5</i>	160116	160214	
WDS05499+3147	2012	3.7	62	7.24	8.23	A3	<i>A8</i>	160115	160213	
WDS11024+8313	2011	4.5	25	8.93	9.96	F8	<i>G5</i>	160111	160213	
WDS23256+3326	2012	3.8	234	9.64	10.80	O	<i>O</i>	160115	160214	

Наблюдения на спекл-поляриметре производились в полосе V. Для каждой звезды мы получали серию длиной 2000-3000 кадров с экспозицией 0.1 с. Компенсатор дисперсии во время сессии 5C был снят, в связи с этим измерения могут быть отягощены хроматической рефракцией. Особенно это касается серии для звезды WDS23256+3326, которая была получена вовсе без фильтра и временно исключается из рассмотрения (ее надо переснять).

При обработке мы вычитали из кадров BIAS, а затем суммировали их, центрируя их на положение максимума. В полученном изображении мы аппроксимировали слабое изображение ярким, сдвигая его на нецелое число пикселей и умножая на некоторый постоянный коэффициент. Таким образом мы получали разделение ρ_{det} (колонка 3 табл. 2) и позиционный угол двойной θ_{det} в системе отсчета детектора. Соответственно, разделение измерялось в пикселях, а позиционный угол отсчитывался против часовой стрелки от положительного направления оси OX. Эта процедура выполнялась для левого и правого лучей поляриметра по отдельности.

Чтобы перевести позиционный угол в экваториальную систему отсчета мы пользовались следующей формулой:

$$\theta_{\text{sky}} = -\theta_{\text{det}} + \psi - h + 180, \quad (1)$$

где ψ — параллактический угол, отсчитываемый от направления на полюс к направлению на зенит против часовой стрелки, h — высота светила. Эти две величины изменяются на протяжении серии, но не так уж быстро, мы взяли их средние. Минус перед θ_{det} стоит из-за того, что в сессию 5C наблюдения выполнялись в фокусе Нэсмита, после отражения от зеркала МЗ, следовательно, изображение было зеркально отражено. Формула (1) записана в предположении, что колонки детектора ориентированы строго горизонтально. В действительности это не так, есть дополнительный поправочный угол, который мы и будем определять. Результирующие позиционные углы даны в колонке 4 таблицы 2.

ПЗС NBI 2k2k — это штатный инструмент 2.5 м телескопа, установленный в фокусе Кассегрена. ПЗС освещается пучком непосредственно от телескопа, прошедшим через один из фильтров *urgiz* или *UBVRI*, доступны также узкополосные интерференционные фильтры, центрированные на 500.7 нм и др. Мы провели измерения двойных, перечисленных в таблице 1, в даты, указанные в той же таблице. Времени, прошедшего с наблюдений на СПП недостаточно, чтобы столь широкие пары заметно сдвинулись. Наблюдения производились с фильтром *V*.

Кадры были редуцированы за *BIAS* и *FLAT*. По имеющимся на кадрах звездам поля — от 10 шт вычислялось преобразование из координат кадра в координаты *J2000*. Затем координаты компонент двойной оценивались в системе координат кадра и с использованием известного закона преобразования трансформировались в *J2000*. Результаты приведены в колонках 5 и 6 табл. 2. Они неплохо согласуются с числами, приведенными в *WDS* (см. табл. 2).

Таблица 2: Параметры двойных, оцененные по наблюдениям на спекл-поляриметре в сессию 5С и на *NBI 2k2k*.

звезда	луч	спекл-поляриметр		<i>NBI 2k2k</i>		масшт. mas/пкс	$\Delta\theta$ °
		ρ пкс	θ °	ρ "	θ °		
WDS02292+5352	L	229.9 ± 0.1	34.4 ± 0.1	4.688 ± 0.003	35.71 ± 0.01	20.39	1.3
	R	233.9 ± 0.1	35.0 ± 0.1	4.688 ± 0.003	35.71 ± 0.01	20.04	0.7
WDS05499+3147	L	183.5 ± 0.1	61.1 ± 0.1	3.72 ± 0.01	62.0 ± 0.5	20.27	0.9
	R	184.7 ± 0.1	61.5 ± 0.1	3.72 ± 0.01	62.0 ± 0.5	20.14	0.5
WDS11024+8313	L	226.4 ± 0.1	24.3 ± 0.1	4.518 ± 0.003	24.94 ± 0.06	19.96	0.6
	R	222.4 ± 0.1	23.7 ± 0.1	4.518 ± 0.003	24.94 ± 0.06	20.31	1.2
WDS23256+3326	L	183.1 ± 0.1	232.8 ± 0.1	3.76 ± 0.03	233.88 ± 0.02	20.53	1.1
	R	181.6 ± 0.1	233.4 ± 0.1	3.76 ± 0.03	233.88 ± 0.02	20.70	0.5

Для оценки возможного влияния хроматической рефракции на измерения мы вычислили ожидаемый эффективный спектр для нескольких типичных спектральных классов звезд с учетом поглощения в атмосфере, пропуская зеркал, фильтров и кривой квантовой эффективности детектора. Затем мы рассчитали эффективную длину волны и соответствующее ей смещение, вызванное рефракцией, результат приведен в таблице 3. Сопоставление этой таблицы и таблицы 1 показывает что для всех рассмотренных звезд максимальный эффект хроматической рефракции < 5 mas при зенитных расстояниях на которых выполнялись измерения: $z < 45^\circ$. Чтобы убедиться в этом нами дополнительно были выполнены наблюдения с фильтром 500.7, для которого ожидаемая хроматическая рефракция пренебрежимо мала. Сравнение измерений в двух фильтрах *V* и 500.7 подтвердило предположение о то, что хроматическая рефракция вплоть до зенитных расстояний 45° не влияет на измерения.

Для расчета масштаба и поправки угла мы взяли результаты для первых трех звезд. Средний масштаб оказался равен 20.19 mas/пкс, среднеквадратическое отклонение 0.16 mas/пкс, что в относительной мере составляет 0.8%. Временно принимаем, что угловой масштаб известен с точностью в два раза лучшей, т.е. он 20.19 ± 0.08 mas/пкс. Заметим, что расчетный угловой масштаб составляет 20.627 mas/пкс [1], что на 2.2% больше, чем измеренная величина. Данное отклонение находится в пределах допусков на эффективные фокусные расстояния склеек *Edmund Optics*, применяемых в качестве перебрасывающей оптики [1].

Аналогично, поправка угла составила $\Delta\theta = 0.9 \pm 0.2^\circ$. Формула перевода позиционного угла в экваториальную систему отсчета, которой предполагается пользоваться далее:

$$\theta_{\text{sky}} = -\theta_{\text{det}} + \psi - h + 180 + \Delta\theta. \quad (2)$$

Список литературы

- [1] Сафонов, Б., Лысенко, П., Шатский, Н., Турченко, М., and Рыбаковский, В., “Спекл-поляриметр 2.5-м телескопа: устройство и юстировка,” (Dec. 2015).

Таблица 3: Эффективная рефракция в секундах дуги при наблюдении звезд различных спектральных классов с учетом поглощения в атмосфере, пропускающей зеркала, фильтров и кривой квантовой эффективности детектора.

Sp	зенитное расстояние, °			
	10	15	30	60
B0V	10.109	15.362	33.101	99.304
B5V	10.109	15.361	33.099	99.296
A0V	10.108	15.360	33.097	99.290
A5V	10.107	15.359	33.095	99.285
F0V	10.106	15.358	33.091	99.274
F5V	10.106	15.357	33.089	99.267
G0V	10.105	15.356	33.087	99.261
G5V	10.104	15.355	33.085	99.256
K0III	10.103	15.353	33.080	99.241
K5III	10.100	15.348	33.071	99.212
M2V	10.098	15.346	33.065	99.195