

УДК 520.2/.8

Спекл-интерферометрическая камера телескопа АЗТ-8 Астрономической обсерватории Харьковского университета

В. Д. Бахтин, В. Г. Вакулик, А. П. Железняк, В. В. Коничек,
И. Е. Синельников, С. А. Степанов

Описана спекл-камера Астрономической обсерватории Харьковского университета на базе ЭОП УМ-92, применяемая для наблюдения двойных звезд. Поле зрения камеры 30". Предельная регистрируемая звездная величина 6^m. Продемонстрирована возможность проведения высокоточных измерений двойных звезд с угловым разделением до 30" методом спекл-интерферометрии.

SPECKLE-INTERFEROMETRY ON THE AZT-8 TELESCOPE AT THE ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF THE KHARKOV UNIVERSITY, by Bakhtin V. D., Vakulik V. G., Zheleznyak A. P., Konichek V. V., Sinel'nikov I. E., Stepanov S. A.—The speckle camera based on the image intensifier UM-92 is described. It is applied for observations of binary stars. The field of view is 30", limiting stellar magnitude is 6^m. The possibility of high-precision speckle interferometric measurements of binary stars with separations up to 30" is demonstrated.

В последнее десятилетие эффективным способом исследования астрономических объектов с дифракционным разрешением стал метод спекл-интерферометрии, предложенный в 1970 г. Лабейри [9]. Он основан на проведении статистического анализа тонкой структуры изображений астрономических объектов при наблюдениях на средних и больших телескопах сквозь турбулентную атмосферу. Метод подробно изложен в многочисленной литературе [5, 7, 8].

Исторически сложилось так, что основной целью спекл-интерферометрии стало измерение звездных диаметров, обнаружение и измерение предельно тесных двойных звезд в интервале угловых разделений от 0.025 до 3". Ограничения снизу определяются дифракционным разрешением крупнейших телескопов, а пары с разделением более 3" не измерялись. Отчасти это было вызвано малыми размерами рабочего поля применяемых детекторов. Вторая причина — отсутствие серьезных исследований угловых размеров области, в пределах которой применим метод спекл-интерферометрии. При использовании в литературе термина «область изопланатичности» (по оценкам, 2 — 3") подразумевалась 100 %-ная корреляция между изображениями компонентов двойной звезды, что ни в коей мере не могло определять область применимости метода, так как измерения расстояний с высоким пространственным разрешением можно проводить и при меньших уровнях корреляции.

Для определения угловых размеров области, в которой применим метод спекл-интерферометрии, в Астрономической обсерватории ХГУ разработана спекл-камера и проведены наблюдения широких двойных звезд. При создании спекл-камеры учитывались обязательные условия: 1) наблюдения должны проводиться в узких спектральных интервалах для получения высокого контраста спекл-изображений; 2) экспозиции должны быть короткими, не превышающими характерного «времени жизни» спеклов 10 — 20 мс; 3) масштаб спекл-изображений необходимо выбирать так, чтобы разрешающая способность применяемого детектора позволяла реализовать дифракционное разрешение данного телескопа; 4) для проведения статистического анализа необходимо получать серии в 10² — 10⁴ спекл-изображений в зависимости от яркости объекта.

При соблюдении этих условий даже на высокочувствительной фотоэмульсии можно зарегистрировать спекл-изображения только самых

ярких звезд. Значительный выигрыш по чувствительности можно получить, применяя электронно-оптический преобразователь (ЭОП) в качестве усилителя яркости.

Спекл-камера Астрономической обсерватории ХГУ, установленная на 70-см телескопе АЗТ-8, создана на базе трехкамерного ЭОП УМ-92 (рис. 1, б). Электронное изображение фокусируется короткими магнитными катушками, электронно-оптическое увеличение равно примерно 1, разрешающая способность 25 лин/мм. Конструкция блоков питания позволяет работать в одном из шести режимов с общим ускоряющим напряжением от 21 до 36 кВ, коэффициент усиления с учетом потерь

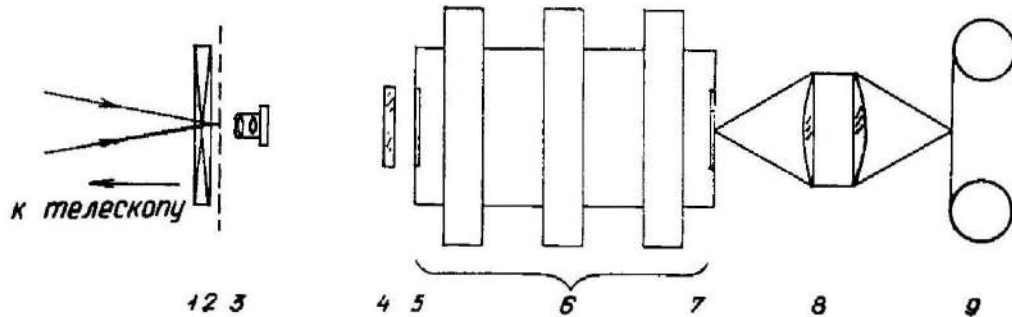


Рис. 1. Оптическая схема спекл-камеры АО ХГУ: 1 — обтюратор; 2 — фокальная плоскость телескопа; 3 — микрообъектив; 4 — светофильтр; 5 — входной фотокатод; 6 — ЭОП УМ-92; 7 — выходной экран; 8 — оптика переброса; 9 — киноплёнка

в перебрасывающей оптике — примерно 300. Входной фотокатод (5) диаметром 40 мм — многощелочной, диапазон спектральной чувствительности 400—850 нм. Выходной люминесцентный экран (7) — синего свечения. Колба ЭОП герметизирована в оргстеклянной капсуле силиконовой резиной.

Для согласования масштаба спекл-камеры в касегреновском фокусе телескопа ($F \approx 11$ м) с разрешением ЭОП перед фотокатодом установлен микрообъектив (3), обеспечивающий эквивалентное относительное отверстие 1:110. Оптическое изображение с выходного экрана ЭОП перебрасывается на киноплёнку (9) объективом «Селена-1» (8) (светосила 1.25). Регистрация проводится на 35-мм аэрофотоплёнку Изопанхром тип 22 (чувствительность 1100 ед. ГОСТ) с помощью кинокамеры «Конвас-Автомат» со скоростями от 4 до 32 кадров в секунду (формат кадра 16×22 мм, кассеты ёмкостью 60 м). В фокальной плоскости телескопа (2) установлен обтюратор (1), обеспечивающий экспозиции от 1 до 30 мс. Синхронизация обтюратора с кинокамерой осуществляется сельсинами СС 405.

Для выделения узких спектральных интервалов применяются светофильтры (4): интерференционные с эффективной длиной волны 550, 600 и 660 нм, полушириной 40 нм и пропусканием в максимуме 75—80 % и стеклянные СС-8, ЗС-1, КС-13 и КС-15.

Наблюдения проводились в мае — декабре 1984 г. Атмосферные условия при наблюдениях — средние ($\sigma = 1 - 2''$), регистрируемая предельная звездная величина 6^m . Отобраны двойные звезды с различным угловым разделением и компонентами примерно равного блеска: ϵ Ari ($1.5''$), α Psc ($1.7''$), α Gem ($2.3''$), ϵ^2 Lyr ($2.3''$), ϵ^1 Lyr ($2.7''$), δ Ser ($4''$), 95 Her ($6''$), γ Ari ($8''$), ζ Cnc ($8''$), 100 Her ($14''$), θ Ser ($22''$), ψ^1 Psc ($30''$). Спекл-изображения ϵ^2 Lyr, 95 Her и 100 Her приведены на рис. 2.

Статистическая обработка диапозитивных копий серий спекл-изображений из 100 — 200 кадров проводилась на когерентно-оптической установке АО ХГУ [3] по ранее разработанной методике [6]. Спектры мощности содержат информацию на пространственных частотах до 0.8 — 0.9 дифракционной. Модуляция в спектрах мощности изображе-

ний двойных звезд (рис. 3, 4) прослеживается до самых высоких частот даже у звезд с угловыми разделениями до $30''$. Глубина модуляции в спектре мощности изображений звезды ψ^1 Psc составляет 10 % на частоте 0.1 и снижается до 5—6 % на частотах 0.8—0.9 дифракцион-

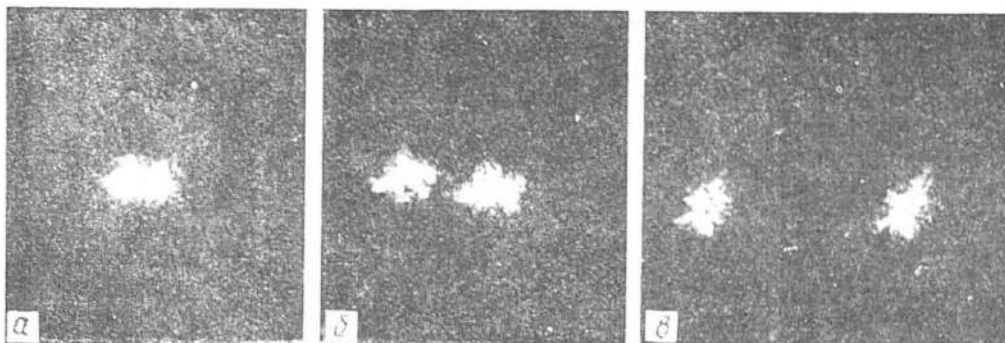


Рис. 2. Спекл-изображения двойных звезд: а — ϵ^2 Lyr; б — 95 Her; в — 100 Her

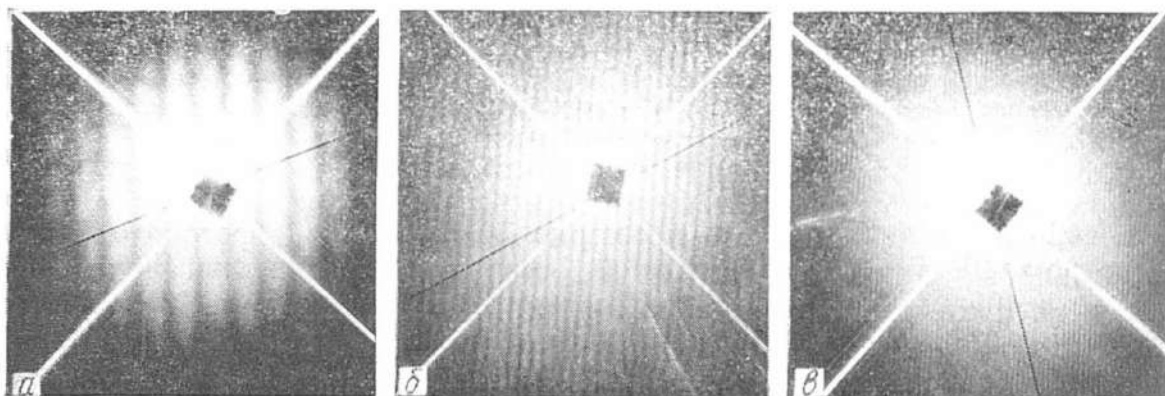


Рис. 3. Спектры мощности спекл-изображений двойных звезд: а — ϵ^2 Lyr; б — 95 Her; в — 100 Her

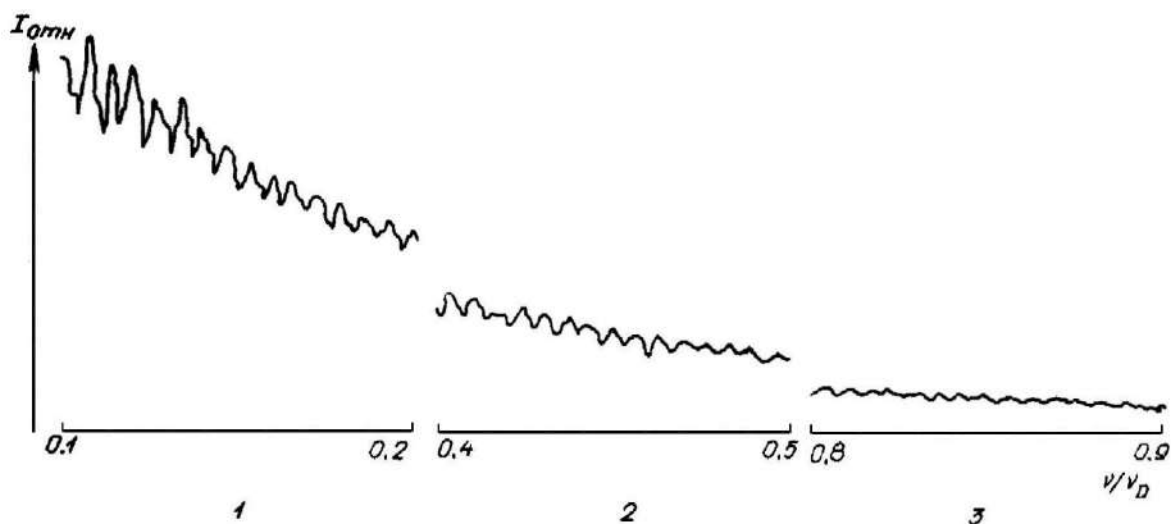


Рис. 4. Фотометрический разрез спектра мощности спекл-изображений двойной звезды ψ^1 Psc. На участках 2 и 3 масштаб увеличен соответственно в 2 и 5 раз

ной. Измерения спектров мощности на измерительном микроскопе УИМ-21 продемонстрировали возможность определения расстояний между компонентами с точностью $0.01''$ при соответствующей точности измерения эквивалентного фокуса телескопа.

Проведенные исследования показывают, что метод спекл-интерферометрии можно успешно применять при изучении двойных звезд с разделениями по крайней мере до $30''$. При использовании больших теле-

скопов метод может оказаться полезным при изучении таких интересных объектов, как системы разлетающихся звезд типа Трапеции Ориона, двойные звезды с предполагаемыми планетными возмущениями, двойные звезды с медленным орбитальным движением. Характерные разделения для них составляют $10 - 60''$, а предполагаемые эффекты — $0.002 - 0.01''$ в год [1, 2, 4].

1. Александров Ю. В., Захожай В. А. Проблемы поиска внесолнечных планет в Галактике // Астрон. вестн.—1983.—17, № 3.— С. 131—144.
2. Амбарцумян В. А. Кратные системы типа Трапеции // Сообщ. Бюрак. обсерватории.—1954.— № 15.— С. 3—35.
3. Дудинов В. Н., Цветкова В. С., Кришталь В. А. и др. Когерентно-оптический вычислитель Харьковского университета // Вестн. Харьков. ун-та. Физика Луны и планет. Фундаментальная астрометрия.—1977.— № 160.— С. 65—76.
4. Шахт Н. А. Исследования звезд с невидимыми спутниками на основе фотографических наблюдений // Сообщ. Спец. астрофиз. обсерватории АН СССР.—1985.—45.— С. 15—19.
5. Dainty J. C. The transfer function, signal-to-noise ratio and limiting magnitude in stellar speckle interferometry // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1974.—169, N 3.— P. 631—641.
6. Dudinov V. N., Konichek V. V., Kuz'menkov S. G. et al. Speckle interferometry with the BTA telescope // Proc. I. A. U. Colloq. N 67, Zelenchukskaya, 8—10 Sept. 1981 / Ed. C. M. Humphries.— Dordrecht: Reidel, 1982.— P. 191—198.
7. High angular resolution stellar interferometry // Proc. I. A. U. Colloq. N 50, Maryland, 30 Aug.—1 Sept. 1978 / Ed. J. Davis, W. J. Tango.— Chatterton Astron. Dept.; Sydney, 1979.—512 p
8. Korff D. Analysis of a method for obtaining near-diffraction-limited information in the presence of atmospheric turbulence // J. Opt. Soc. Amer.—1973.—63, N 8.— P. 971—980.
9. Labeyrie A. Attainment of diffraction limited resolution in large telescopes by Fourier analysing speckle patterns in star images // Astron. and Astrophys.—1970.—6, N 1.— P. 85—87.

Астрон. обсерватория
Харьков. ун-та им. А. М. Горького

Поступила в редакцию 03.06.86,
после доработки 10.12.86

Научные конференции

КОЛЛОКВИУМ МАС № 103 «СИМБИОТИЧЕСКИЕ ЗВЕЗДЫ»

Коллоквиум состоится 18—21 августа 1987 г. в Торунь (Польша). Научная программа: физика феномена симбиотических звезд (наблюдения, свойства холодных компонентов, их окрестности и ветры, ионизационные модели, аккреционные процессы, термоядерные процессы); физика отдельных звезд (Z And, CI Cyg, AG Dra, CH Cyg, R Aqr, RX Pup, AG Peg, симбиотические новые); симбиотические звезды и звездная эволюция.