

КИНЕМАТИКА

И ФИЗИКА

НЕБЕСНЫХ

ТЕЛ

ПРИЛОЖЕНИЕ

№ 1, 1999

спостереження в 4–5 разів; автоматично та оперативно змінювати режими роботи вузлів телескопа в залежності від стану апаратури та зовнішніх умов. Розроблені автоматичні реєструючі пристрої, методика спостережень короткими смугами та схема побудови системи програмного керування показали свою доцільність, зручність, надійність та продуктивність при регулярних спостереженнях в 1996–1998 рр. каталогу слабких зірок в площадках навколо позагалактичних радіоджерел.

1. Ковальчук А. Н., Пинигин Г. И., Процюк Ю. И., Шульга А. В. // Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики: Тр. конф., 23-27 сент., 1996 г. — СПб: ИТА РАН, 1996.—С. 91—96.
2. Процюк Ю. И., Ковальчук А. Н., Шульга А. В. // Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики»: Тр. конф. 23-27 сент. 1996 г. — СПб: ИТА РАН, 1996.—С. 97—101.
3. Процюк Ю. И. Система програмного керування для автоматичного меридіанного круга з ПЗЗ реєструючими пристроями // Дослідження характеристик тіл Сонячної системи ПЗЗ-методами, 22-23 червня 1999 р. — Миколаїв, 1999.
4. Шульга А. В. Визначення положень зірок в ділянках навколо позагалактичних радіоджерел, отриманих із спостережень на автоматичному аксіальному крузі Миколаївської обсерваторії // Кинематика и физика небес. тел. Приложение.—1999.— 15, приложение. — Київ, 1999.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПЗЗ-МІКРОМЕТР В АСТРОНОМІЇ

О. М. Ковальчук

© 1999

Миколаївська астрономічна обсерваторія

Інтенсивний розвиток електронної і обчислювальної техніки в останні роки, а також розробка нових високоякісних приймачів зображення, таких як ПЗЗ-матриці, корінним чином змінили ситуацію в практичній астрономії. Значно зросли якість і кількість отримуваної із спостережень інформації, а також з'явилася можливість на телескопах з досить скромною вхідною апертурою виконувати масові спостереження слабких небесних об'єктів при одночасному зменшенні похибок при визначенні координат і зоряних величин.

В Миколаївській астрономічній обсерваторії роботи з розробки та впровадження в спостереження приймачів зображення на основі ПЗЗ-матриць проводяться з 1993 р. Протягом зазначеного часу було виготовлено кілька екземплярів ПЗЗ-мікрометрів для оснащення Миколаївського АМК. Їхні характеристики та результати спостережень опубліковані в [1–6]. Також останнім часом інтенсивно провадилась розробка мікрометра нового покоління, який міг би забезпечити вирішення широкого спектру задач практичної астрономії, а саме високоточні визначення положень небесних світил та визначення фотометричних характеристик. Причому мікрометр має можливість реєстрації як нерухомих, так і рухомих зображень, і може бути встановлений на телескопі практично будь-якого типу.

Основне призначення мікрометра — це визначення зоряних величин в фотометричній системі *UBVR* і координат симетричних та несиметричних об'єктів в прямокутній системі координат, що задається напрямками вздовж стовбців та рядків матриці.

Основні характеристики ПЗЗ-мікрометра:

Матриця	ISD017A
Гранична зоряна величина ($F = 2500$ мм, $D = 150$ мм)	16.5 ^m
Похибка при визначенні координат	0.02 пкл
Похибка при визначенні інструментальної зоряної величини	0.02 ^m
Експозиція в режимі синхронного накопичення, с	103/cos δ
Експозиція в кадровому режимі	1 мс — 30 хв
Температура кристала ПЗЗ	-60 °C
Час зміни оптичних фільтрів	< 15 с
Кількість оптичних фільтрів	5
Час зчитування кадра	22 с

Мікрометр має кілька режимів роботи.

1. *Кадровий режим.* В цьому режимі на протязі встановленого програмою часу виконується накопичення зарядових пакетів з подальшим швидким зчитуванням інформації. Діапазон можливих експозицій лежить в межах від десятків мілісекунд до десятків хвилин і обмежений лише величиною фонового і темного сигналу. Зазначений режим використовується для спостереження нерухомих та малорухомих об'єктів, а також для відліку інструментальних світлових міток, що контролюють стабільність системи інструмента в процесі спостережень.

2. *Режим накопичення з синхронним переносом зарядових пакетів.* В цьому режимі накопичення виконується одночасно з переносом заряду. Причому швидкість переносу зарядових пакетів вздовж стовбців матриці дорівнює швидкості руху зображення об'єкта, що спостерігається в площині матриці. Режим використовується для реєстрації рухомих зображень і є основним при спостереженнях на АМК. В зазначеному режимі кутовий розмір отриманого зображення по схилу визначається лінійним розміром ПЗЗ-матриці, а по прямому піднесенню встановлюється програмно і обмежений лише тривалістю ночі, тобто природними умовами астрономічних спостережень.

Мікрометр складається з оптико-механічного вузла та ПЗЗ-камери. Оптико-механічний вузол мікрометра призначений для конструктивного розміщення ПЗЗ-камери та блоку оптичних фільтрів і забезпечує виконання юстувальних операцій по трьох просторових координатах. Також за допомогою юстувальних механізмів виконується встановлення необхідної орієнтації системи координат, пов'язаної із ПЗЗ-матрицею, по відношенню до небесної системи координат.

Юстувальний механізм забезпечує регулювання по фокусу ± 10 мм з дискретністю 0.01 мм, юстування ПЗЗ-камери в площині, перпендикулярній до осі обертання телескопа ± 5 мм з дискретністю 0.01 мм, по нахилу до напрямку руху зображень $\pm 5^\circ$ з кроком $1'$. Пристрій силової фіксації не змінює положення ПЗЗ-камери з точністю до інтервалу дискретизації. Для візуального контролю при виконанні юстувальних операцій оптико-механічний блок оснащено візуальним мікроскопом.

Функціональний склад ПЗЗ-камери пояснює рис. 1.

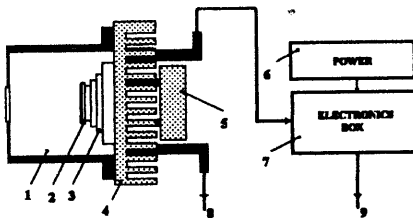


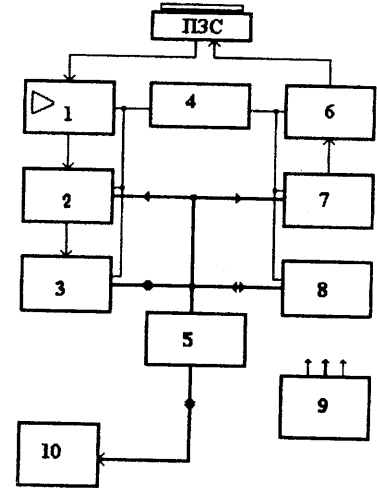
Рис. 1. 1 — вакуумна камера, 2 — ПЗЗ-матриця, 3 — батарея охолоджувача, 4 — радіатор охолоджувача, 5 — вентилятор, 6 — джерело живлення електроніки і охолоджувача, 7 — електронні схеми, 8 — шланг вакуумної системи, 9 — лінія зв'язку з ЕОМ

Мікрометр оснащено 2-фазною матрицею з віртуальною фазою ISD017A 1024×1160 пкл виробництва во. Електрон-Оптронік м. Санкт-Петербург; її основні характеристики приведені нижче.

Число елементів (Н × V)	1040 × 1160
Організація приладу	SFF
Розмір пікселя, мкм	16×16
Фоточутлива площа, мм	16.6×18.6
Заряд насичення, тис. ел.	130
Шум зчитування однокаскадного виходу, ел.	2
Темновий сигнал — 40 С (ел./пкл/с)	2
Коефіцієнт перетворення вихідного вузла, мкВ/ел.	3.5
Неоднорідність чутливості, %	3
Середньовибіркова неоднорідність чутливості	1
Квантова ефективність, %	
250 нм	12
400 нм	25
750 нм	60
1100 нм	25
1250 нм	12
Неефективність переносу заряду	$< 10^{-5}$

Вакуумна камера призначена для конструктивного розміщення ПЗЗ-матриці, охолоджувача та деталей кріплення камери до труби телескопа. Розміщення матриці разом з охолоджувачем у вакуумі знімає проблеми, пов'язані із конденсацією водяного пару на поверхні матриці та деталях охолоджувача при глибокому охолодженні. Таке конструктивне рішення також підвищує ККД батареї охолоджувача за рахунок виключення механізму переносу тепла молекулами газу. Власне батарея охолоджувача побудована з використанням напівпровідникових термоелементів Пельтьє ТЕМО-9, ТЕМО-10 та ТЕМО-7 і складається з трьох чи чотирьох каскадів в залежності від потреби. Для відводу тепла від батареї служить радіатор з примусовим повітряним обдувом. Максимальний градієнт температури, досягнутий за допомогою 4-каскадної батареї, становить 90°C при потужності споживання не більше 50 Вт. Зарубіжні ПЗЗ-камери, як правило, оснащені охолоджувачами з градієнтом температур $30\text{—}40^\circ$, що обмежує можливості їхнього використання в астрономії. Більш глибоке охолодження матриці знижує темновий сигнал та власні шуми, пов'язані з термогенерацією електронів, та розширює динамічний діапазон, що в свою чергу дозволяє значно розширити діапазон експозицій при астрономічних спостереженнях та покращує якість сигналу ПЗЗ-матриці.

Рис. 2. 1 — Попередній підсилювач сигналу з ПЗЗ-матриці, 2 — аналоговий процесор, 3 — аналогово-цифровий перетворювач, 4 — термостатоване джерело опорних сигналів, 5 — інтерфейс зв'язку з ПЕОМ, 6 — модуль управління ПЗЗ-матрицею, 7 — синтезатор управляючих сигналів, 8 — модуль управління оптичними фільтрами, 9 — джерело живлення, 10 — управляючий комп'ютер



Склад електроніки ПЗЗ-мікрометра пояснює блок-схема рис. 2. Попередній підсилювач відеосигналу побудований у вигляді диференціального підсилювача з коефіцієнтом підсилення по напрузі 10 і малим рівнем власних шумів.

Аналоговий процесор призначений для обробки сигналу з ПЗЗ-матриці спрямованої на зменшення шумів та оптимізації параметрів сигналу перед аналогово-цифровим перетворенням. До складу аналогового процесора (рис. 3) входить схема подвійної корельованої вибірки (1, S1, S2), масштабний підсилювач 2 з програмно керованим коефіцієнтом підсилення, програмно керована схема компенсації постійної складової сигналу 3, 4, схема обробки сигналів від датчиків температури 5, комутатор аналогових сигналів 6 та цифро-аналогові перетворювачі 7.

Призначення схеми подвійної корельованої вибірки — зменшення шумової складової сигналу з ПЗЗ-матриці та фіксація амплітуди на час аналогово-цифрового перетворення. Наступна операція — підсилення сигналу до необхідної амплітуди та компенсація постійної складової. Ці операції виконуються програмно в залежності від програми та умов спостережень. Для постійного контролю температури матриці, термостата, та навколишнього середовища мікрометр обладнано датчиками температури та електронною схемою обробки сигналів від датчиків. Електричні сигнали від схеми вимірювання температури через аналоговий комутатор поступають на АЦП і далі в цифровому вигляді до управляючої ЕОМ.

Аналогово-цифровий перетворювач виконано на основі БІС 1108ПВ2, що задовольняє вимоги щодо якості та швидкості перетворення аналогового сигналу в цифровий 12-бітний код. Джерело опорних сигналів призначене для формування опорних напруг та генерації опорного синхросигналу. Для виключення впливу зовнішніх умов на характеристики опорних сигналів електронні схеми джерела розміщено в термостаті з внутрішньою температурою 40°C. Схема регулювання температури термостата конструктивно розміщена на тій же платі, що і джерело опорних сигналів.

Інтерфейс зв'язку з ЕОМ призначений для передачі цифрових даних в обох напрямках і має в своєму складі вставку в РС (ISA), з'єднувальний кабель довжиною 15 м та інтерфейсну плату, що розміщена безпосередньо в електронному блоці ПЗЗ-мікрометра. Передача даних виконується за допомогою 8-бітного паралельного коду з швидкістю до 1 Мбайт/с.

Модуль управління ПЗЗ-матрицею служить для формування напруг необхідних для живлення ПЗЗ-матриці та підсилення управляючих сигналів з амплітудою TTL-рівнів до рівня вказаного в паспорті на ПЗЗ-матрицю. Також до складу модуля управління входять вузли оперативних регулювань всіх напруг для налагодження оптимального режиму роботи ПЗЗ-матриці.

Синтезатор управляючих сигналів — це один з найбільш складних і відповідальних модулів серед всього комплексу електронних засобів мікрометра. Він призначений для формування управляючих синхросигналів, що забезпечують функціонування решти модулів у вибраному режимі спостережень. Модуль побудований на основі двох програмно керованих БІС, котрі під впливом управляючої програми генерують всі необхідні синхросигнали з потрібними часовими характеристиками.

Модуль управління оптичними фільтрами призначений для автоматичної зміни кольорових оптичних фільтрів в залежності від програми спостережень. До складу його входить крокуючий двигун ШД300/300 та електронна схема керування, яка конструктивно змонтована в єдиному блоці електроніки мікрометра. Зміна фільтрів виконується під впливом команд управляючої програми.

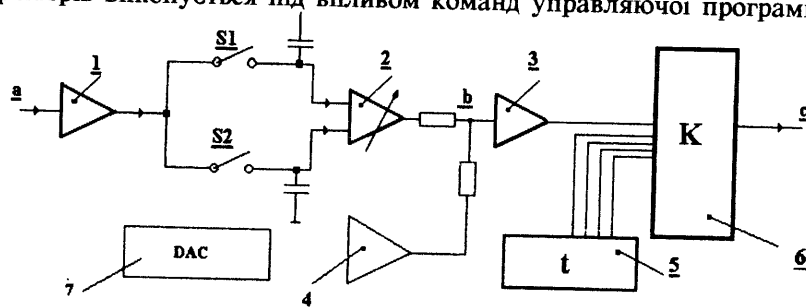


Рис. 3. Аналоговий процесор

Джерело живлення призначене для формування напруг живлення електроніки мікрометра і охолоджувача матриці і побудоване на інтегральних стабілізаторах напруги серії 78.

Як було зазначено вище, практично всі функціональні модулі ПЗЗ- мікрометра мають програмний доступ, що дає можливість повністю автоматизувати процес управління ПЗЗ-матрицею та окремими електронними модулями. Таким чином, функції управління мікрометром, аналіз та оптимізація сигналу з ПЗЗ-матриці виконуються автоматично без втручання спостерігача. Окремі вузли мікрометра оснащено електронними засобами діагностики, що дозволяє постійно контролювати стабільність роботи електроніки та своєчасно видавати попередження спостерігачеві при виникненні аварійних ситуацій. При виготовленні деталей мікрометра вжито необхідні заходи щодо їхнього захисту від впливу навколишнього середовища.

Зараз мікрометр проходить лабораторні тестування і найближчим часом його буде встановлено на одному з інструментів Миколаївської обсерваторії для проведення регулярних спостережень.

1. Kovalchuk A. N., Pinigin G. I., Protsyuk Y. I., Shulga A. V., Gumerov R. I. Recent advances with the Mykolayiv CCD axial meridian circle // *Ground-based Astronomy in Asia // Nat. Astr. Obs., Japan.*—1996.
2. Ковальчук А. Н., Пинигин Г. И., Процюк Ю. И., Шульга А. В. ПЗС-Аксиальный меридианный круг НАО // *Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики.* — С. Петербург, 1996.
3. Ковальчук А. Н., Процюк Ю. И., Шульга А. В. Система программного управления и обработки информации автоматического АМК НАО // *Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики.* — С. Петербург, 1996.
4. Kovalchuk A., Pinigin G., Protsyuk Yu., Shulga A. V. First steps to re-observation of the hipparcos/tycho stars by ground-based automatic AMCs *Proceedings of the ESA Symposium Hipparcos-Venice 97.*
5. Kovalchuk A., Protsyuk Yu., Shulga A. CCD micrometer of the Mykolayiv Axial meridian circle // *Astron. and Astrophys. Transactions* 1997.—13.—P. 23—28.
6. Pinigin G., Shulga A., Fedorov P., A. Kovalchuk, Mazhaev A., Petrov A. The Axial meridian circle of the Nikolaev astronomical observatory // *Astron. and Astrophysical Transactions.*—1995.

ДОСВІД ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ЗОРЯНИХ ПОЛІВ У ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ MIDAS/ROMAFOT

В. М. Андрук, В. Г. Парусімов, Т. Б. Дудник

© 1999

Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України
03680, МСП, Київ-127, Голосіїв

З метою фотометричного забезпечення програми МЕГА провадяться дослідження з цифрової обробки зображень зоряних полів в програмному фотометричному пакеті MIDAS/ROMAFOT. Зображення, які оброблялися, були отримані за допомогою ПЗЗ-спостережень, фотометрування астронегативів та фотоплівок. Приводяться таблиці похибок координат та зоряних величин.

ОПЫТ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗВЕЗДНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MIDAS/ROMAFOT, Андрук В. Н., Парусимов В. Г., Дудник Т. Б. — С целью фотометрического обеспечения программы МЕГА проводятся исследования по цифровой обработке изображений звездных полей в программном фотометрическом пакете MIDAS/ROMAFOT. Обработываемые изображения были получены с помощью ПЗС-наблюдений, фотометрирования астронегативов и фотоплёнок. Приводятся таблицы ошибок координат и звездных величин.

THE EXPERIENCE OF DIGITAL PROCESSING OF STELLAR FIELDS' IMAGES IN THE MIDAS/ROMAFOT SOFTWARE, by Andruk V. N., Parusimov V. G., Dudnik T. B. — The researches of digital processing of stellar fields are developing in the MIDAS/ROMAFOT crowded field photometry software with the purpose of photometric providing of MEGA programm. The processed images are received with CCD observing, photometry of astronegatives and photofilms. The tables of rms errors of received star coordinates and magnitudes are shown.

З 1998 року розпочався новий етап робіт з практичної реалізації фотометричної частини програми комплексного дослідження головного меридіонального перерізу Галактики (МЕГА) [3]. Для цього етапу основною метою є створення каталогів положень та зоряних величин в системі *UBVR* Джонсона на основі цифрової обробки зображень зоряних полів [1]. Матеріал отримується або фотометруванням фотографічних платівок на автоматичному цифровому двокоординатному мікрофотометрі (АЦМФ-ХУ) [2], або методами ПЗЗ-спостережень. Обробка зображень зоряних полів виконується за допомогою програмного фотометричного пакета MIDAS/ROMAFOT [4, 6]. На його основі створено комплекс