

Клименко Н.Ю. Позиционно чувствительные фотодатчики для атомно-силовой микроскопии [Электронний ресурс] / О.В. Немченко, Н.Ю. Клименко // Науково-дослідна робота молодих учених: стан, проблеми : зб. наук. праць. . – Режим доступа : URL: :<http://upr.1september.ua>.

#### ПОЗИЦИОННО ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ФОТОДАТЧИКИ ДЛЯ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Н. Клименко

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Немченко А.В.

*Кафедра физики и методики ее обучения*

*Херсонский государственный университет*

*e.mail: nicol-333@yandex.ua*

**Аннотация:** В данной статье были исследованы чувствительные элементы CD-приводов и спаренные фототранзисторы от “шариковых” компьютерных мышей с целью дальнейшего их применения в качестве позиционно-чувствительного фотодатчика (ПЧФД) в атомно-силовом микроскопе.

**Ключевые слова:** атомно-силовая микроскопия, фотодатчик.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) является одним из методов сканирующей зондовой микроскопии, который позволяет получать уникальную информацию о строении поверхности на микро – и наномасштабном уровне [1]. Привлекательной особенностью АСМ, по сравнению с туннельным микроскопом, является возможность работать с непроводящими объектами, хотя и ценой меньшей разрешающей способности. Поэтому, наряду с разработкой собственного туннельного микроскопа, нами проводится и изучение возможности создания атомно – силовой измерительной ячейки.

Принцип работы атомно-силового микроскопа основан на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом (Рис. 1). Зонд представляет собой острое, закрепленное на гибкой балке – кантилевере. При уменьшении расстояния между зондом и образцом начинают действовать Ван-дер-Ваальсовские силы притяжения и отталкивания, что приводит к изгибу кантилевера.

Рис. 1 Упрощенная схема атомно – силового микроскопа [2]

При сканировании рельефного образца, в разных точках его поверхности прогиб кантилевера будет изменяться. Для отслеживания этих деформаций применяют оптические методы.

Луч лазера отражается от верхней зеркальной поверхности кантилевера и попадает на позиционно чувствительный фотодатчик. Изгиб кантилевера приводит к смещению отраженного луча, вызывая изменение фототоков отдельных секторов фотодатчика, что позволяет организовать обратную связь, и поддерживать изгиб кантилевера постоянным. Для этого, на исполнительный пьезоэлемент (ИЭ) подается сравнительно высокое напряжение, корректирующее высоту зонда над образцом. Одновременно, это напряжение, несущее информацию о рельефе образца, регистрируется компьютерной программой и используется для создания 2-мерного изображения исследуемой поверхности.

Ключевым элементом атомно – силовой измерительной ячейки является позиционно-чувствительный фотодатчик (ПЧФД) способный отслеживать координаты проектируемого на его поверхность светового пятна [3].

В процессе поиска подходящих датчиков нами были изучены чувствительные элементы CD-приводов и спаренные фототранзисторы от “шариковых” компьютерных мышей.

Типичный датчик из CD-приводов [4] состоит из шести отдельных фотодатчиков. Его центральная зона, состоящая из 4 элементов А, В, С, D, напоминает требуемое нам устройство ПЧФД.

В результате разборки нескольких неисправных CD приводов было получено 4 фотодатчиков 3 различных типов. К сожалению, точную марку этих микросхем установить не удалось, из-за отсутствия надписей на них.

Для детального изучения структуры, все датчики были рассмотрены под металлографическим микроскопом МИМ-8 и сфотографированы, с меньшим увеличением, с помощью бинокулярного микроскопа МБС-2, с окулярной цифровой видеокамерой. Полученные снимки приведены на рис.2.

Рис.2. Фотодатчики от CD приводов. Ширина каждого снимка 2,5мм.

Анализ снимков показал, что из-за малых размеров этих датчиков будет трудно сформировать на них световое пятно нужного размера.

Для дальнейших экспериментов были выбраны широко доступные фотодатчики из компьютерных мышей. По внутреннему устройству – это спаренные фототранзисторы соединенные внутри корпуса коллекторами [5].

Для освещения заданных участков фотодатчиков и измерения дифференциальных фототоков, был использован металлографический микроскоп МИМ -8. Осветительная система микроскопа выполнена на лампе накаливания, спектр которой содержит не только видимое, но и инфракрасное излучение, к которому наиболее чувствительны кремниевые фотоприборы. Диаметр светового пятна зависит от фокусного расстояния объектива микроскопа. Наблюдая в окуляр, можно достичь точной фокусировки луча, определить, куда именно попадает свет, оценить диаметр пятна по эталонному микрометру.

Перемещение подопытного фотодатчика относительно светового луча осуществлялось микрометрическими винтами столика микроскопа. Поскольку собственные шкалы столика имеют цену деления 1мм, для точного определения смещений столик был снабжен дополнительным индикатором часового типа, с ценой деления 0,01 мм . На рис.3, показан микроскоп, дооборудованный для проведения опытов.

Рис. 3 Установка индикатора на предметный столик микроскопа МИМ-8

Для определения реакции фотодатчиков на освещение использовались два метода. Для первичной оценки, измерялся сопротивление датчика с помощью мультиметра ВР-11 в режиме цифрового омметра. Сканирование датчика лучом света осуществлялось в двух взаимно перпендикулярных

направлениях, вдоль и поперек чувствительных элементов. Результаты продольного сканирования показаны на рис.4.



Рис. 4 Сопротивление фототранзисторов при сканировании вдоль полосок

Как видим, при равномерном освещении обеих полосок сразу, их сопротивление примерно одинаково и практически не зависит от положения светового пятна.

Результаты сканирования поперек полосок показаны на рис.5

Рис. 5 Сопротивление фототранзисторов при сканировании поперек полосок

Как видно из рис.7, при поперечном сканировании, сопротивления фототранзисторов заметно изменяются. Минимальное сопротивление каждого из фототранзисторов достигался при различных координатах светового пятна, отличающихся на 0,5 мм. Это обстоятельство позволило оценить расстояние между чувствительными элементами, невидимыми сквозь темный, но прозрачный в инфракрасном диапазоне, пластик корпуса прибора.

На следующем этапе, измерения проводили с помощью дифференциального усилителя, показанного на рис.6.



Рис.6. Схема дифференциального усилителя фототоков.

Выходное напряжение усилителя пропорционально разности фототоков транзисторов. Результаты сканирования показаны на рис. 7.

Рис.7. Сканирование поперек полосок, с дифференциальным усилителем.

Как видим из рис.7, характеристика датчика имеет характерную S-образную форму. Центральная часть графика вполне пригодна для отслеживания координаты светового пятна в АСМ.

Ряд 1 показывает зависимость напряжения от координаты при фокусном расстоянии объектива 6,2 мм и диаметре пятна 0,45 мм, ряд 2 показывает аналогичную зависимость при фокусном расстоянии равной 13,9 мм и диаметре пятна 0,94 мм. Диаметры пятен измерялись по эталонному микрометрическому объекту.

При большем диаметре светового пятна крутизна графика, на рабочем участке составляет 15,6 В/мм. При меньшем диаметре пятна, крутизна графика оказалась меньше, около 4,4 В/мм. Результаты этих опытов показывают, что не имеет смысла стремиться создать сверхмалое световое пятно, так как при этом мы проигрываем в общей чувствительности датчика.

#### Литература:

1. Многопараметрическая атомно- силовая микроскопия в физико-химических исследованиях микро- и нанообъектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.phyche.ac.ru/files/Molchanov.pdf>
2. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии [Текст]: учебное пособие / В.Л. Миронов. – М.: Техносфера, 2004. – 110 с.
3. Сканирующий зондовый микроскоп с оптическим видеомикроскопом [руководство пользователя]. – Долгопрудный: 2011. – 141с.
4. Авраменко Ю.Ф. CD-проигрыватели. Схемотехника[Текст]/ Ю.Ф. Авраменко. – К.: «МК-Пресс»,2006. – 352 с.
5. Фототранзистор[Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.chipdip.ru/product/l-610mp4bt-bd/>

#### POSITION SENSITIVE DETECTORS FOR ATOMIC FORCE MICROSCOPY

N. Klymenko

*Chair of Physics and Methodics of its Education*

*Kherson State University*

*e.mail: nicol-333@yandex.ua*

**Annotation:** In this article, the sensors of CD-drive and coupled phototransistors from the mechanical computer mouse were studied with a view to their future use as a position sensitive detector (PSD) in atomic force microscope.

**Keywords:** atomic force microscopy, AFM, photo-detectors, PSD.