

## Способ считывания цифровой информации в зондовом запоминающем устройстве

*Р. В. Латшин*  
(НИИ Физических проблем)

В последние годы сформировалось новое перспективное направление в технике - зондовые запоминающие устройства<sup>1</sup> (ЗЗУ). Прародителями ЗЗУ являются сканирующий туннельный (СТМ) и атомно-силовой микроскопы. Предполагается, что ЗЗУ благодаря потенциально высоким характеристикам, связанным в первую очередь с огромной плотностью записи информации, должны составить конкуренцию известным устройствам хранения данных.

Одной из проблем, возникающих при считывании в ЗЗУ большой емкости, является проблема удержания зонда чтения/записи на информационной дорожке.<sup>1,2</sup> Дело в том, что при большой плотности записи информации характерное расстояние между соседними битами и их собственные размеры уменьшаются настолько, что на работу устройства начинают влиять многочисленные дестабилизирующие факторы (внутренние и внешние вибрации, дрейфы, шумы, дефекты носителя), нарушающие правильное позиционирование зонда, и приводящие к ошибкам считывания и записи.

Стандартными приемами, направленными на подавление нестабильностей, являются: ужесточение допусков на механические части устройства и/или введение активных замкнутых следящих систем.<sup>1,2</sup> Оба пути сопряжены с техническими трудностями, поскольку, в первом случае, предъявляются жесткие требования к механообработке, юстировке, в конструкцию включаются дополнительные элементы, компенсирующие погрешности и износ устройства во время эксплуатации. Во втором, в систему встраиваются, как минимум, три высокочувствительных датчика положения (два, обеспечивающих позиционирование в латеральной плоскости, и один - в вертикальной), три манипулятора, а также управляющая электроника.

Основная цель данной работы заключается в демонстрации принципиальной возможности стабилизации положения зонда запоминающего устройства на дорожке бит атомарных размеров. Особенность метода состоит в том, что считывание удается выполнить посредством только одного датчика и одной следящей системы в вертикальной плоскости.

В общем случае для реализации предлагаемого способа считывания<sup>3</sup> устройство должно обладать зондом чтения/записи, иметь позиционер, способный осуществлять сканирование поверхности носителя информации, а цифровые данные должны располагаться на носителе таким образом, чтобы образовывать некоторую систему информационных дорожек. Таким образом, в зависимости от свойств запоминающей среды и требуемого разрешения в качестве основы ЗЗУ может быть использована одна из разновидностей сканирующего зондового микроскопа.

Элементы рельефа, называемые далее элементами памяти, интерпрети-

руются как биты хранимой в ЗЗУ цифровой информации. В качестве элементов памяти могут выступать, как изменения рельефа типа "холм", так и - типа "яма". Основная идея способа считывания состоит в локальном сканировании и распознавании<sup>4</sup> элементов памяти на поверхности носителя с последующей привязкой к ним зонда устройства с целью удержания его на информационной дорожке. Фактически, способ представляет собой цифровую следящую систему в латеральной плоскости, реализованную программно.

Данный способ трэкинга был успешно реализован и опробован при работе с предельно различимыми СТМ структурными элементами поверхности - атомами. В частности, на поверхности высоко ориентированного пиролитического графита (0001) было выполнено перемещение по атомам углерода на расстояние чуть более микрона вдоль одного из кристаллографических направлений, симулирующее собой считывание с информационной дорожки. Скорость считывания составила 31 атом/с.

Главный недостаток предлагаемого способа - низкая скорость считывания/записи, объясняемая необходимостью выполнения локального сканирования и распознавания. Оценки показывают, что увеличение быстродействия микроскопа в несколько десятков раз вместе с использованием современных средств вычислений позволяет довести скорость считывания до 1 кбит/с, что для данного класса устройств уже можно считать вполне приемлемой величиной.

В работе показано, что если в качестве элементов памяти используются атомы, то наиболее эффективно разработанный метод может быть реализован на кристаллических поверхностях, изначально имеющих строго упорядоченную систему "информационных дорожек". Небольшие по размеру кластеры из атомов, различного рода цепочки молекул, последовательности из пор и т. п., самоорганизованные в упорядоченные поверхностные структуры, также могут быть считаны предлагаемым методом.

Способ может найти применение на начальном этапе проектирования ЗЗУ для натурального моделирования и идентификации процесса считывания/записи, исследования механизмов записи, нахождения разброса размеров элементов памяти и их положений на дорожке, анализа дефектов дорожки, определения латеральной ориентации, локального тренда и взаимного положения дорожек и т. п.

---

<sup>1</sup>H. J. Mamin, B. D. Terris, L. S. Fan, S. Hoen, R. C. Barrett, D. Rugar, High-density data storage using proximal probe techniques, IBM J. Res. Develop. 39, 681 (1995).

<sup>2</sup>B. W. Chui, H. J. Mamin, B. D. Terris, D. Rugar, T. W. Kenny, Sidewall-implanted dual-axis piezoresistive cantilever for AFM data storage readback and tracking, IEEE Proceedings of the Eleventh Annual International Workshop on Micro Electro Mechanical Systems, 12 (1998).

<sup>3</sup>Р. В. Лапшин, Способ считывания цифровой информации в зондовом запоминающем устройстве, Заявка на патент РФ № 98119766 (1998).

<sup>4</sup>R. V. Lapshin, Automatic lateral calibration of tunneling microscope scanners, Rev. Sci. Instrum. 69, 3268 (1998).