

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ СТМ-ЗОНДА ПРИ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТОДОМ ТРАВЛЕНИЯ

П.В. Гуляев, А.В. Тюриков, Т.Е. Шелковникова

Институт механики УрО РАН

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова
г. Ижевск

Работа посвящена методам построения системы позиционирования заготовки зонда сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) с инерционными пьезоэлектрическими приводами. Показано, что применение инерционных актюаторов позволяет расширить функциональные возможности технологического оборудования.

Ключевые слова: сканирующий туннельный микроскоп, актюатор, передача винт-гайка, система позиционирования, пьезоэлектрический привод.

В настоящее время одним из основных способов изготовления СТМ-зондов является перетравливание металлической заготовки, например вольфрамовой проволоки в пленке электролита (рисунок 1). Для позиционирования заготовок при таком способе изготовления в зоне обработки, как правило, используются механические системы на основе винтовой подачи с ручным управлением. Достоинствами таких систем являются невысокая цена и высокая надежность. Недостатком является низкая точность, которая в совокупности с отсутствием средств автоматизации перемещений существенно ограничивает возможности технологических установок. В связи с этим актуальным является разработка решений, обеспечивающих управляемость величиной и плавностью перемещений заготовки зонда.

Обеспечить такие характеристики могут пьезоэлектрические актюаторы, устанавливаемые непосредственно на винт действующей системы позиционирования заготовки. В качестве актюаторов могут применяться инерционные пьезоэлектрические приводы [1-3], имеющие относительную простоту конструкции и высокую точность перемещения.

Для использования возможностей инерционных приводов механическая подача должна быть лишена люфтов, для устранения которых могут использоваться винтовые или плоские пружины. В системе позиционирования, представленной на рисунке 2а, плоская пружина 1 установлена между парой винт-гайка 2, закрепленной на основании 3. Заготовка 4, устанавливаемая на пружине 1,

подается в область 5 обработки с помощью винта или актюатора 6, устанавливаемого на винт.

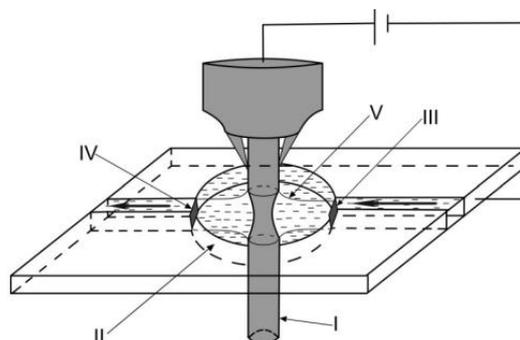


Рисунок 1. Схема обработки вольфрамовой заготовки в пленке электролита:

I – заготовка; II – отверстие в пластине с каналами для притока и стока электролита; III, IV – области притока и стока электролита; V – мениск, образованный смачиванием заготовки электролитом

Достоинство применения плоской пружины заключается в создании сухого трения между торцом винта и поверхностью пружины, необходимого для устойчивой работы инерциоидна [4-6]. Инерциоидный привод 6 (рис.2б) в простейшем случае состоит из основания 7 (с магнитом для крепления к винту 4), рамы 8, двух пьезоэлементов 9 и инерционных элементов 10. Пьезоэлементы изготовлены из звуковых мембранных пьезоизлучателей и крепятся к раме винтами через отверстия в мембране, что упрощает сборку-

разборку актюатора и обеспечивает возможность изменения положения пьезоэлементов. В качестве основных инерционных элементов используются неодимовые магниты, что позволяет оперативно нарастить инерционную массу за счет добавления дополнительных грузов.

Привод имеет два рабочих положения пьезоэлементов. В первом положении (рис. 2б) пьезоэлементы направлены в сторону от основания, а актюатор в целом характеризуется большей нагрузочной способностью.

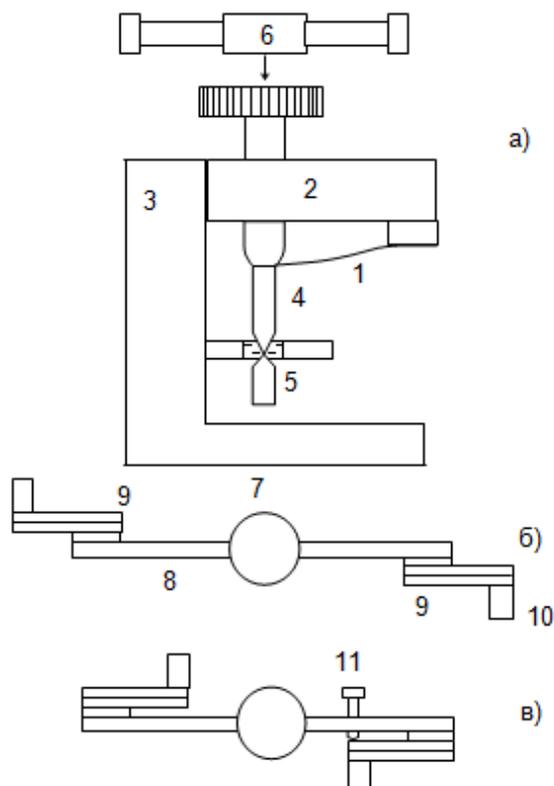


Рисунок 2 – Устройство перемещения заготовки СТМ-зонда: а – схема; б, в – конструкция актюатора

Второе положение (рисунок 2в) пьезоэлементов используется при меньшей нагрузке или при необходимости получить высокоточные перемещения. В качестве основных инерционных элементов используются неодимовые магниты, что позволяет оперативно нарастить массу за счет добавления дополнительных навесных грузов.

Для исследования процесса позиционирования заготовки инерцидным приводом использовался датчик ускорения MMA6261Q, который размещался на раме актюатора. На рисунке 3 представлены графики ускорения на протяжении серии из 10 управляющих им-

пульсов для разных положений пьезоэлементов. Из рисунка 3 видно, что при свернутых пьезоэлементах сигнал с датчика имеет менее стабильную форму. Это может проявиться в неравномерности шаговых перемещений, либо в затрудненности пуска привода. Для устранения этого недостатка может использоваться вспомогательный винт 11 (рисунок 2в) Винт 11 увеличивает деформацию пьезоэлемента за счет взаимодействия с магнитом 10, что позволяет преодолевать силу трения в винтовой передаче.

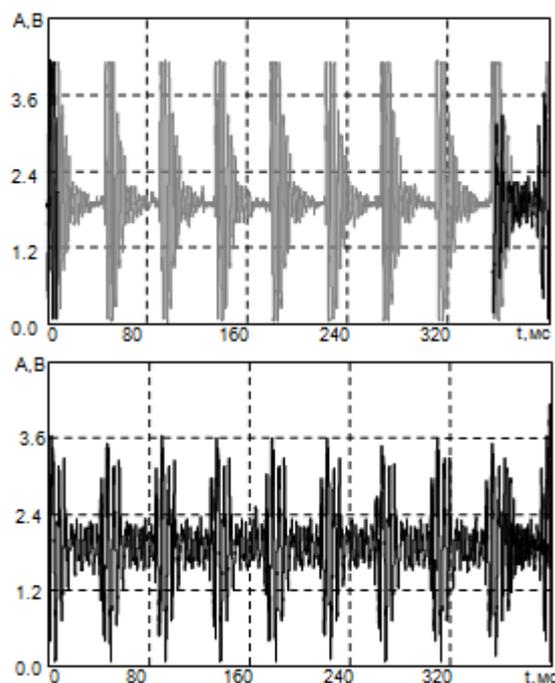


Рисунок 3 – Сигнал с датчика ускорения при развернутых (вверху) и свернутых (внизу) пьезоэлементах

Характер влияния винта на перемещение магнита (инерционного элемента привода) показан на рисунке 4.

Если взаимодействие винта и магнита происходит во время фронта, то увеличивается деформация пьезоэлемента в конечной части фронта сигнала (рисунок 4а). Если взаимодействие винта и магнита происходит во время среза, то увеличивается размах переходного процесса (рисунок 4б). Тип этого взаимодействия зависит от полярности управляющего сигнала. В целом влияние электромагнитной системы винт-магнит заключается в более равномерной траектории пуска и перемещения заготовки.

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ СТМ-ЗОНДА ПРИ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТОДОМ ТРАВЛЕНИЯ

На рисунке 5 представлен внешний вид актюатора и установки для изготовления СТМ-зондов.

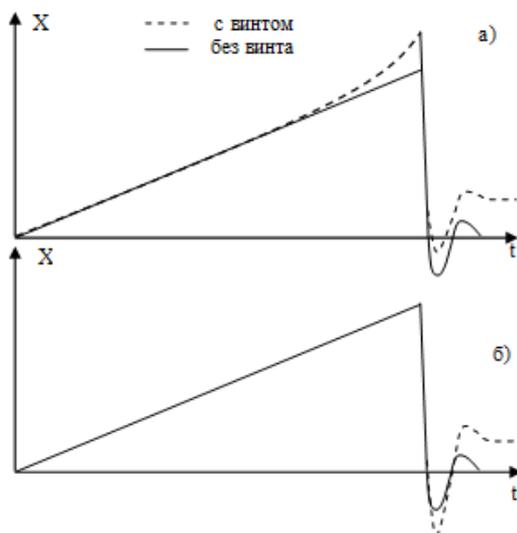


Рисунок 4 – Влияние взаимодействия винт-магнит на перемещение инерционного элемента: а – взаимодействие во конце формирования фронта; б – взаимодействие после формирования среза

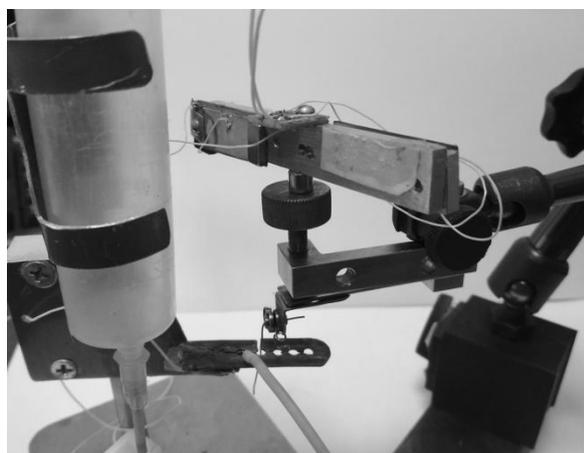


Рисунок 5 – Внешний вид актюатора и установки для изготовления зондов

Таким образом, за счет применения представленного актюатора установка для изготовления зондов может осуществлять шаговое перемещение заготовки с точностью от единиц миллиметров при ручном управлении и до долей микрометра при автоматизированном управлении инерционным приводом. Кроме того, применение инерционного

привода в качестве актюатора подачи позволяет получить ряд дополнительных преимуществ. Установка зонда непосредственно на винт подачи дает возможность реализовать вращательно-поступательную траекторию движения заготовки в зоне обработки для нивелирования изменений температуры и концентрации электролита в зоне обработки. Также инерционные приводы имеют, помимо шагового, асинхронный режим перемещений [7], позволяющий более полно контролировать степень погружения заготовки зонда в электролит и создавать многоступенчатые иглы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В.А., Голубок А.О., Котов В.В. и др. Инерционный двигатель: пат. Рос. Федерация: 2297072 / В.А. Быков, А.О. Голубок, В.В. Котов [и др.]; заявл. 08.11.2005; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 10.
2. Gulyaev P.V. A low-voltage inertial piezoelectric drive of rotationally forward type // Russian Electrical Engineering. 2014. Т. 85. № 7. С. 429-433.
3. Гуляев П.В. Высокоточный инерционный пьезоэлектрический привод вращательно-поступательного типа // Электротехника. 2010. №10.- С. 8-11.
4. Гуляев П.В. Особенности применения схем замещения при проектировании инерционных пьезоэлектрических приводов. // Электротехника. 2011. № 10. С. 8-13.
5. Гуляев П.В., Шелковников Е.Ю., Тюриков А.В. Влияние нагрузки на переходные процессы в инерционных пьезоэлектрических приводах вращательно-поступательного типа // Ползуновский вестник. 2013. № 2. С. 102-105.
6. Гуляев П.В., Шелковников Ю.К., Тюриков А.В. Дополнительные элементы управления инерционными пьезоэлектрическими приводами наноперемещений // Ползуновский вестник. 2014. № 2. С. 223-226.
7. Гуляев П.В., Шелковников Е.Ю., Тюриков А.В. Асинхронный режим работы инерционного пьезоэлектрического привода // Ползуновский вестник. 2011. № 3-1. С. 86-88.

Гуляев Павел Валентинович – к.т.н., с.н.с. ИМ УрО РАН, тел.: 8(3412)214583 доб. 210, e-mail: lucac@e-izhevsk.ru, Тюриков Александр Валерьевич, – к.ф.-м.н., с.н.с. ИМ УрО РАН, e-mail: iit@udman.ru, Шелковникова Татьяна Евгеньевна – магистрант ИжГТУ, e-mail: tanya301195@gmail.com.