

01, январь 2016

УДК 543.271, 533.5.08

Пневмогидропривод с электрореологическим управлением

Пашовкин Д.А., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

Антонова М.В., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Научный руководитель: Михайлов В.П., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

mikhailov@bmstu.ru

Важным средством повышения качества и эффективности производства изделий электронной техники является внедрение прогрессивных технологических методов, которые позволяют решать принципиально новые задачи или обеспечивают более высокий уровень решения задач производства. Особенно актуален поиск альтернативных методов обработки в производстве продукции массового выпуска, таких, как приборы электронной техники. Одним из видов такой обработки является электронная литография с непрерывным перемещением координатного стола с полупроводниковой подложкой, при котором происходит непрерывное экспонирование поверхности подложки электронным пучком. При этом необходимо обеспечить очень высокую равномерность перемещения каретки координатного стола, поскольку любое отклонение от номинальной скорости приводит к возникновению погрешностей экспонирования подложки при формировании на ней топологического рисунка.

Одной из трудоемких операций в изготовлении приборов является разделение полупроводниковой пластины диаметром 80-200 мм на отдельные элементы круглой формы 1-3 мм. Существуют несколько методов резки пластин. Скайбирование, резка алмазными, металлическими и проволокой применимы только для резки пластин в форме многоугольника[2]. Метод ультразвуковой резки позволяет получить кристаллы нужной формы, но он не используется из-за сложной настройки оборудования и низкого выхода

годных кристаллов. Метод химического травления так же позволяет получить кристалл цилиндрической формы, но этот метод дорогой и неэкологичный. Метод лазерной резки даёт высокое качество поверхности и нужную форму кристалла. Но этот метод является дорогим, и из-за невозможности параллельной обработки нескольких пластин, долгим. Метод пескоструйной резки позволяет относительно дешево изготавливать кремниевые кристаллы с большим процентом выхода годных. Поэтому самым производительным и точным является метод струйно-абразивной обработки. Метод заключается в удалении материала заготовки при ударе абразивных частиц о ее поверхность. При этом для обработки используется смесь абразивного порошка и сжатого воздуха, который придает частицам необходимую для съема материала кинетическую энергию. Однако при данном виде обработки большое значение имеет равномерность перемещения пластины или сопел, из которых подается абразивно-воздушная смесь (в зависимости от типа установки струйно-абразивной обработки). Неравномерность перемещения приведет к большому различию во времени нахождения под струей абразива разных частей пластины и, соответственно к существенной неравномерности обработки. Установлено, что для обеспечения равномерности и качества обработки необходима регулировка скорости перемещения обрабатываемых сопел 0.05...0.3 м/сек.

Для обеспечения заданного закона перемещения предлагается использовать пневматический привод с электроореологическим (ЭР) регулятором скорости.

Как правило, в гидравлических системах с высокой точностью позиционирования используются сервоприводы или пропорциональные клапаны. В обычных гидравлических клапанах расход жидкости регулируется с помощью золотника. В ЭР - клапанах расход жидкости регулируется с помощью изменения вязкости электроореологической жидкости. Это происходит благодаря приложению электрического поля к ЭР – жидкости. [3]

Электроореологическим эффектом называется обратимое изменение вязко-упруго-пластичных свойств ЭРЖ (суспензий) при наложении внешнего электрического поля. [1]. ЭР жидкость (ЭРЖ) - это взвесь микрометровых (1-100 мкм) электропроводящих частиц в непроводящей электричество органической жидкости.(20-30% частиц в ЭРЖ). Электроореологический эффект является обратимым и обладает очень высоким быстродействием (несколько миллисекунд).[3]

Для создания ЭРЖ, проявляющей заметный ЭР эффект, необходимо третье вещество – активатор, адсорбирующийся на поверхности твердых частиц. Самым распространенным активатором является вода, обладающая хорошими сорбционными

свойствами. Активатор (диполи молекул воды) определяет электрические свойства поверхности частиц, зависящие от внешнего электрического поля. Вязкость ЭРЖ без приложения внешнего электрического поля составляет 0,2-0,3 Па/с при температуре 25 °С. При воздействии электрического поля напряженностью $E=3 \cdot 10^6 \div 5 \cdot 10^6$ В/м предел текучести структуры, образованной частицами ЭРЖ, τ_0 будет составлять от 3 до 5 кПа, и его величина ограничивается напряжением поля, соответствующем электрическому пробоя в жидкости. Рабочая температура для ЭРЖ зависит от типа поляризационного механизма, используемого для активации жидкости. ЭРЖ, поляризуемые механизмом ионной проводимости, обычно работают при температурах от 10 °С до 90 °С; для остальных ЭРЖ имеет место более широкий диапазон температур: от -25 °С до +125 °С.

К ЭРЖ предъявляется требование стабильности свойств – отсутствия расслоения фаз и изменения свойств дисперсной системы во времени. Это требование удовлетворяется введением четвертого компонента – поверхностно-активного вещества (обычно используется олеиновая кислота). Дисперсионными средами могут служить неполярные и слабополярные органические жидкости с достаточно высоким электрическим сопротивлением (порядка 1010 Ом·см).

При определении влияния напряженности электрического поля E на механическое поведение суспензии фиксируются остальные параметры: состав суспензии, скорость сдвига, температура. Эффективная вязкость суспензии увеличивается с повышением напряженности поля, которое может быть как постоянным, так и переменным. Было установлено, что электрореологический эффект не проявляется заметно вплоть до некоторой пороговой напряженности электрического поля. Величина ее зависит от состава суспензии и температуры. После достижения пороговой напряженности эффективная вязкость растет приблизительно в параболической зависимости от напряженности поля, но не бесконечно, а до насыщения, т.е. до такого уровня, когда эффективная вязкость перестает зависеть от напряженности поля. Такое состояние, однако, не всегда может быть достигнуто до пробоя. Насыщение наступает быстрее при высоких скоростях сдвига и высоких концентрациях дисперсной фазы.

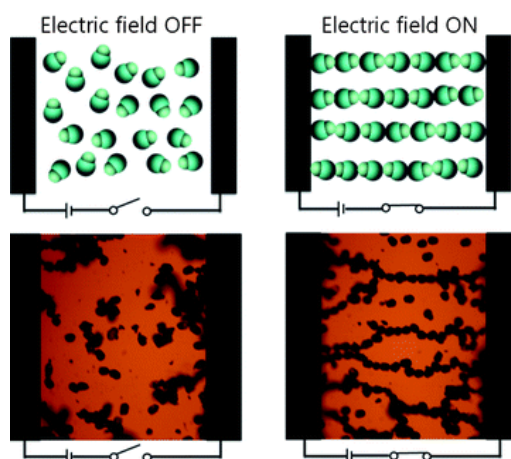


Рис. 1. Электрореологический эффект

Привод состоит из пневмоцилиндра и гидроцилиндра с общим штоком. При подаче сжатого воздуха в полость пневмоцилиндра возникает усилие, которое передаётся на поршень гидроцилиндра. Поршень гидроцилиндра выталкивает ЭР – жидкость из одной полости в другую через ЭР – дроссель. При достижении конечного положения срабатывает концевой выключатель, который передаёт электрический сигнал на блок управления(11). Блок управления подаёт сигнал на пневмораспределитель(14), и переключает его в другое положение. Воздух поступает в другую полость пневмоцилиндра и привод совершает возвратное движение до достижения концевой переключателя. Перемещая концевые выключатель можно регулировать амплитуду перемещения привода, а с регулятором давления(15) можно выставлять необходимое для работы привода давление сжатого воздуха. При работе привода ЭР-жидкость переливается из одной полости гидроцилиндра в другую через ЭР- дроссель. Дроссель представляет собой цилиндрический конденсатор и его работа основана на электрореологическом эффекте.

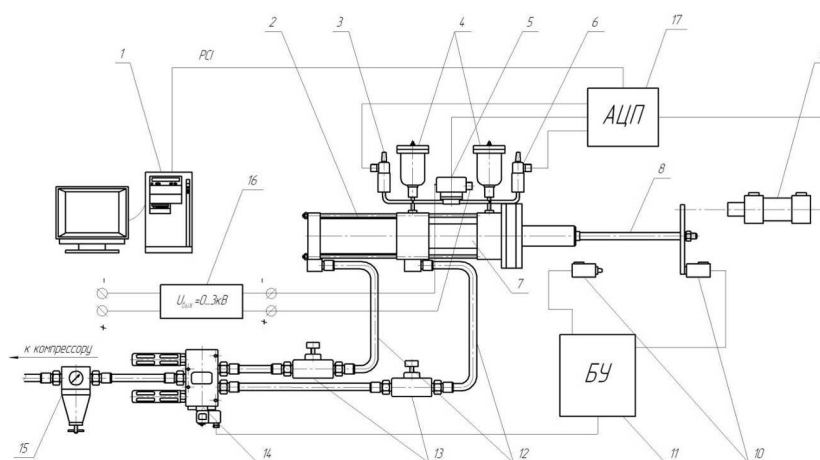


Рис. 2. Схема пневмогидравлического привода с ЭР регулятором скорости штока

На рис. 2. представлена схема привода: 1 - компьютер; 2 - пневмоцилиндр; 3,6 - датчики давления; 4 - емкости с ЭР жидкостью; 5 - ЭР дроссель с датчиком температуры; 7 - гидроцилиндр; 8 - шток; 9 - датчик положения; 10 - конечные выключатели; 11 - блок управления; 12 - пневмотрубопровод; 13 - вентили; 14 - пневмораспределитель; 15 - газовый редуктор; 16 - DC-DC преобразователь; 17 - аналогово-цифровой преобразователь.

Подавая напряжение (0-3 кВ) на электрод ЭР-дросселя, можно управлять потоком течения ЭР-жидкости через кольцевой зазор дросселя. Следствием изменения потока ЭР-жидкости является изменение скорости движения штока гидропривода. Таким образом, варьируя напряжением на электроде дросселя, можно добиться необходимой скорости движения и плавности хода рабочего штока.

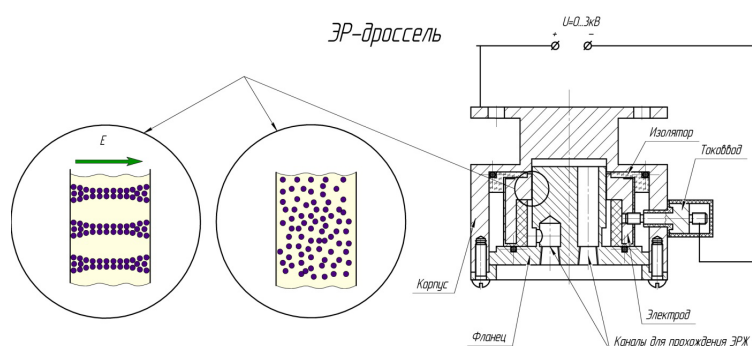


Рис. 3. ЭР дроссель

Экспериментальные исследования проводились на стенде пневмогидравлического привода с ЭР регулированием скорости перемещения штока. Для определения изменения скорости штока (8) за счет управляющей программы на персональном компьютере (1) (рис. 2) фиксировалось и записывалось в файл его положение при разных значениях давления в ПЦ, которое менялось при помощи газового редуктора (15). Измерение положения штока (8) производилось ультразвуковым датчиком положения (9) (рис. 2)

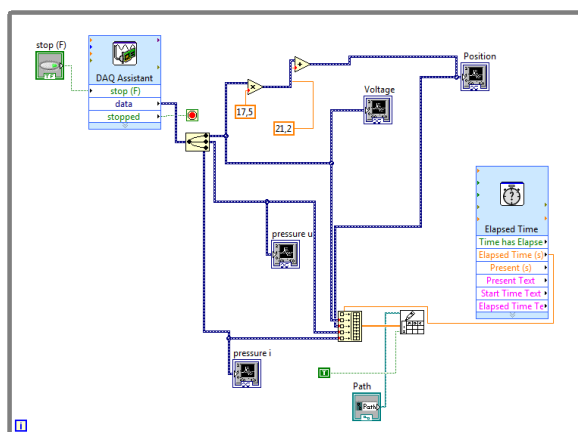


Рис. 4. Управляющая программа в среде LabView

В результате получены экспериментальные зависимости положения и скорости перемещения штока без управляющего напряжения и без ЭРЖ (рис. 5а), без подачи управляющего напряжения и с ЭРЖ (рис. 5б), а также с ЭРЖ при подаче управляющего напряжения 280 В на ЭРД (рис. 5в).

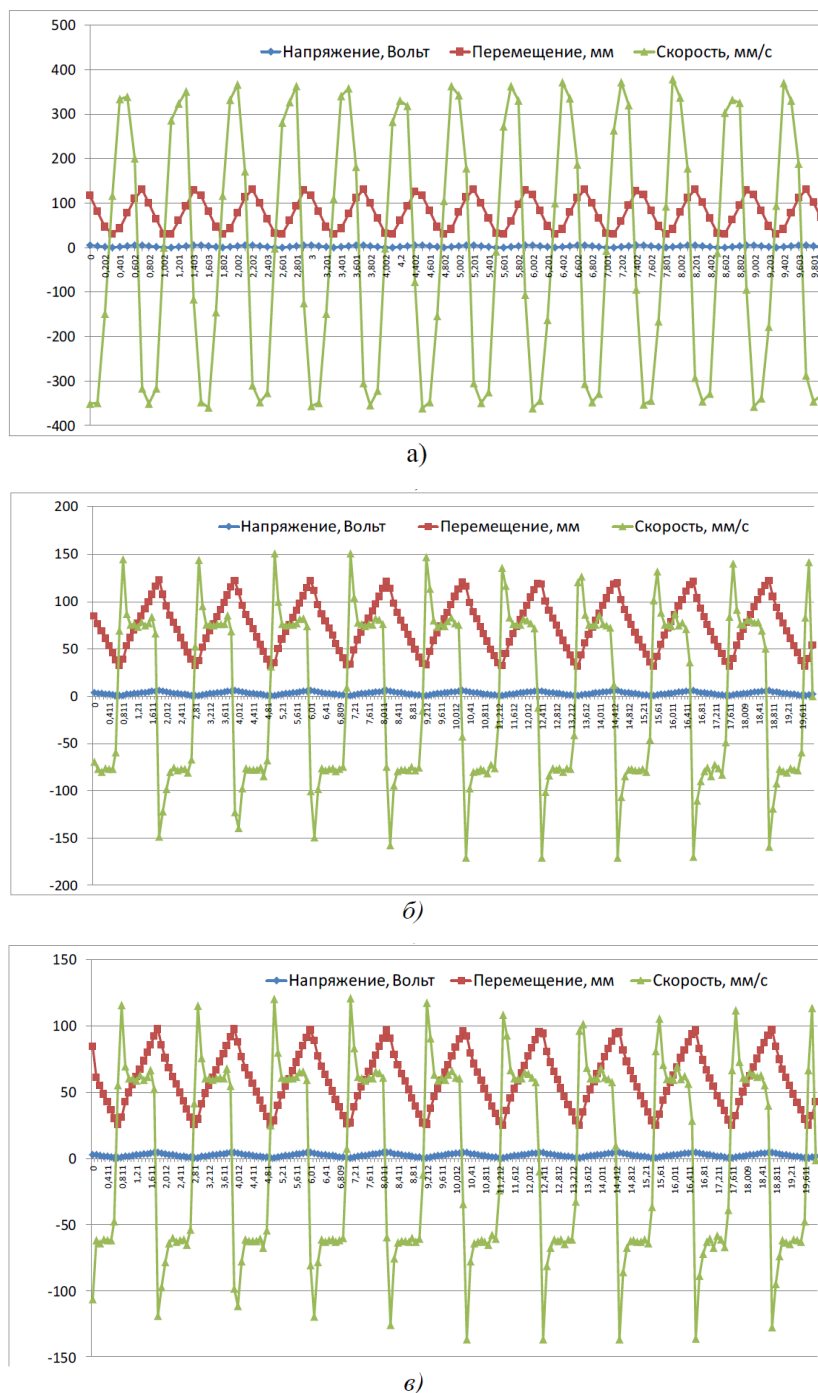


Рис. 5. Результаты экспериментов: а) без управляющего напряжения и без ЭРЖ; б) без подачи управляющего напряжения и с ЭРЖ; в) с ЭРЖ при подаче управляющего напряжения 280 В на ЭРД

ЭР – жидкость обладает высоким потенциальными возможностями применения в таких управляемых устройствах, как пневмогидравлический привод с электрореологическим управлением. Также применение таких устройств для резки полупроводниковых пластин на кристаллы актуально для электронной промышленности. Проведенные измерения дают понять, что при подаче управляющего напряжения в 280 В происходит изменение скорости движения штока на 20%.

Список литературы

- [1] Шульман З.П. Электрореологический эффект. Минск: Наука и техника, 1972. 172 с.
- [2] Пичугин И.Г., Таиров Ю.Н. Технология полупроводниковых приборов. М: Высшая школа, 1984. 288 с.
- [3] Kamelreiter M., Kemmetmüller W., Kugi A. Digital control of electrorheological valves // Proceedings of the 5th IFAC Symposium on Mechatronics Systems. 2010. Vol. 1. P. 640–645.