

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО ЗАКОНА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАКУУМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ

Николаев Михаил Анатольевич

Магистр 2 года,

кафедра «Электронное Машиностроение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: В.П. Михайлов,

доктор технических наук, профессор кафедры «Электронное машиностроение»

Введение

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 100-200 мм на отдельные элементы круглой формы 1-3 мм (далее, кристаллов). Одним из методов разделения пластин является алмазное скрайбирование. Согласно этому способу, полупроводниковой пластине, закрепленной в поворотном устройстве, сообщают линейное перемещение относительно вращающейся оправки с алмазными дисками, закрепленной в шпинделе отрезного станка. При резке последовательным поворотом пластины на фиксированный угол получают контур кристаллов с линейной огранкой при заданном размере. Очевидно, что производительность инструмента невысока и существенно зависит от стойкости алмазных дисков, точности настройки прецизионного оборудования, а также, таким методом тяжело получить элементы, например, круглой формы, что требуется в ряде изделий [2].

Более перспективным является метод резки пластин из неметаллических материалов с помощью лазера. Метод отличается большими технологическими возможностями. Однако имеет место ряд трудно решаемых проблем. При такой обработке пластины имеют неудовлетворительную шероховатость поверхности среза и ограничение глубины обработки. Применительно к кремниевым пластинам [2] для разделения на отдельные элементы до последнего времени использовалось химическое травление пластины через маскирующее покрытие. В качестве маскирующего покрытия, как правило, используются драгоценные металлы, обладающие высокой стойкостью к кислотным растворителям. Альтернативный метод струйно-абразивной резки пластины через маскирующее покрытие (дисков термопластичного полимера) показал себя эффективным для решения поставленной задачи резки пластин. 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 необходимо регулировка скорости перемещения обрабатывающих сопел 0.05...0.3 м/сек.

Для обеспечения заданного закона перемещения механизмов авторами предлагается применить пневматический привод сопел с электрореологическим (ЭР) регулятором скорости [3].

Электрореологические жидкости (ЭРЖ)

ЭР жидкость (ЭРЖ) – это взвесь микрометровых ($1 \div 100$ мкм) электропроводящих частиц в непроводящей электричество органической жидкости. (20-30% частиц в ЭРЖ).

При воздействии на ЭРЖ внешним электрическим полем происходит изменение ее реологических свойств (вязкости, упругости и пластичности), которое носит название ЭР эффекта [1] (рис. 1)

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 пробое 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.

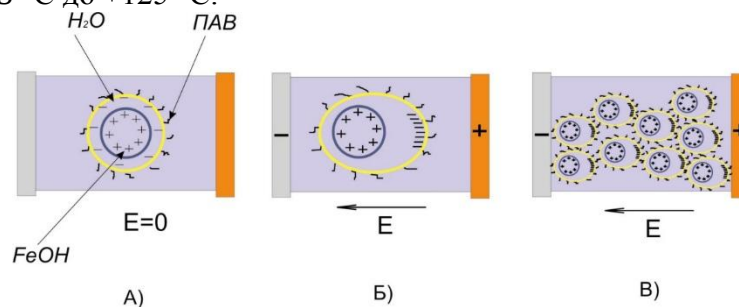


Рис. 1. Электрореологический эффект:

А) ЭРЖ без приложения внешнего электрического поля, Б) приложение внешнего электрического поля к ЭРЖ, В) дальнейшее увеличение напряженности поля

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 10^{10} Ом · см).

Электрореологическим эффектом называется быстрое обратимое изменение вязко-упруго-пластичных свойств ЭРЖ (суспензий) в сильных электрических полях.

Можно объяснить электрореологический эффект поляризуемостью частиц дисперсной фазы, которая связана с возникновением дипольного момента у частиц при адсорбции на их поверхности полярного вещества – активатора.

Можно также провести аналогию между действием магнитного поля на магнитные частицы и электрического поля на частицы, легко поляризуемые или обладающие жестким дипольным моментом.

В слабоконцентрированных суспензиях поле вызывает только ориентацию частиц, при больших концентрациях – ориентацию и агрегирование, т.е. выстраивание цепочек частиц вдоль линий поля и перемещение частиц в сторону наибольшей напряженности поля. (рис. 2)

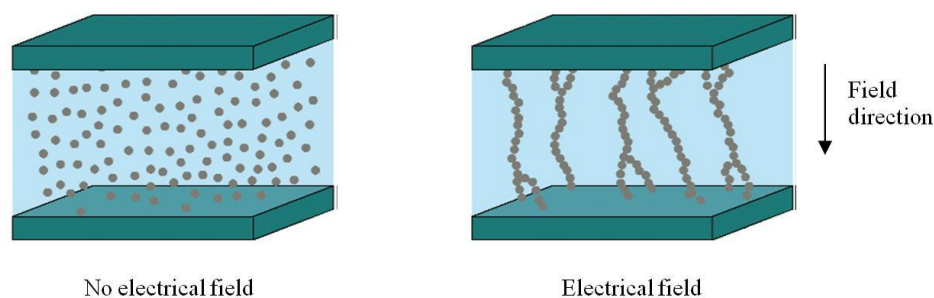


Рис. 2. Электрореологический эффект

Пневматический привод с ЭР регулятором скорости

Основными элементами привода (рис. 3 и 4) являются пневматический (2) и гидравлический (7) цилиндры, соединенные между собой общим штоком (8). Движение штока пневматического цилиндра (ПЦ) совместно с гидравлическим цилиндром (ГЦ) осуществляется за счет подачи сжатого воздуха от компрессора через пневматический распределитель (14) в камеры ПЦ поочередно. Схема управления движением ПЦ позволяет осуществлять возвратно-поступательное движение штока, как в ручном, так и в автоматическом режиме. Камеры ГЦ заполнены ЭР жидкостью через емкости (4) и соединены между собой через ЭР дроссель (ЭРД) (5). Общий шток ПЦ и ГЦ соединен с ультразвуковым датчиком положения (9). Давление в паре ГЦ регистрируется аналоговыми датчиками давления (3) и (6).

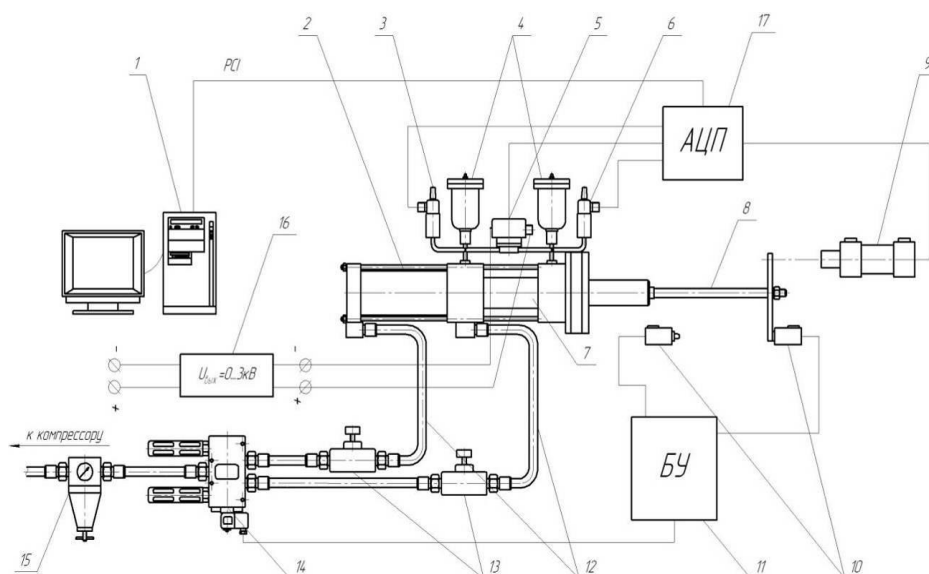


Рис. 3. Схема пневмогидравлического привода с ЭР регулятором скорости: 1- компьютер; 2- пневмоцилиндр; 3,6- датчики давления; 4- емкости с ЭР жидкостью; 5- ЭР дроссель с датчиком

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.

При движении штока происходит перетекание ЭР жидкости из одной полости ГЦ в другую через ЭРД. При достижении конечного выключателя (10) происходит изменение направления движения штока за счет сигнала с блока управления (11). При подаче управляющего напряжения на электроды ЭРД происходит структурирование ЭР жидкости и изменение скорости движения штока. При этом измеряются, для каждого значения управляющего напряжения, скорость движения штока V и разность давлений ΔP на рабочем цилиндрическом зазоре дросселя. Показания датчиков через аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) (17) регистрируется на персональном компьютере (1).

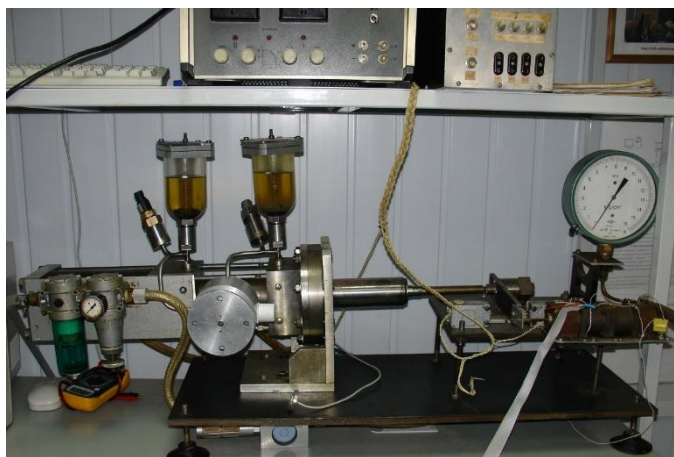


Рис. 4. Пневмогидравлический привод с ЭР-регулятором скорости штока

В данном приводе применен ЭРД с кольцевым рабочим зазором (рис. 4). Данный зазор (ширина зазора 0,25 мм на сторону) образован электродом и фланцем (рис. 4). При подаче разности потенциалов $U=0-3$ кВ между фланцем и электродом через токоввод, на протекающую в рабочем зазоре жидкость начинает действовать внешнее электрическое поле и за счет ЭР эффекта [1] происходит изменение реологических свойств ЭРЖ в зазоре. При этом происходит изменение условий течения ЭРЖ, а соответственно и скорости штока. Высокое быстродействие этих процессов позволяет производить регулировку скорости штока с высокой точностью.

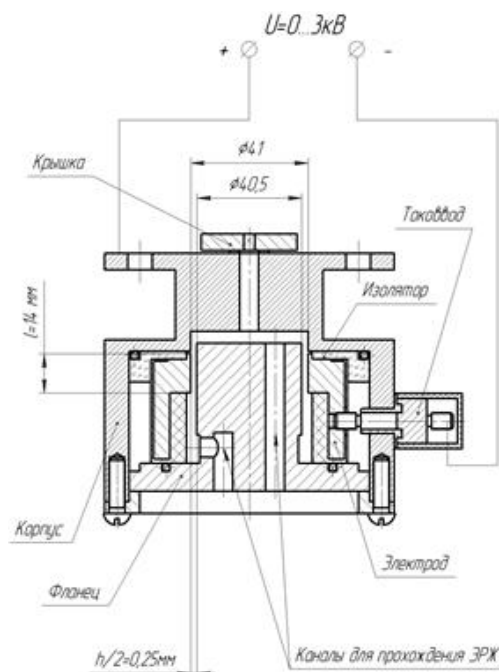


Рис. 5. Схема ЭР дросселя

Экспериментальные исследования скорости штока привода

Экспериментальные исследования проводились на стенде пневмогидравлического привода с ЭР регулированием скорости перемещения штока (рис. 1 и 2)

Для определения изменения скорости штока (8) за счет управляющей программы на персональном компьютере (1) (рис. 6) 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. 1)

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)

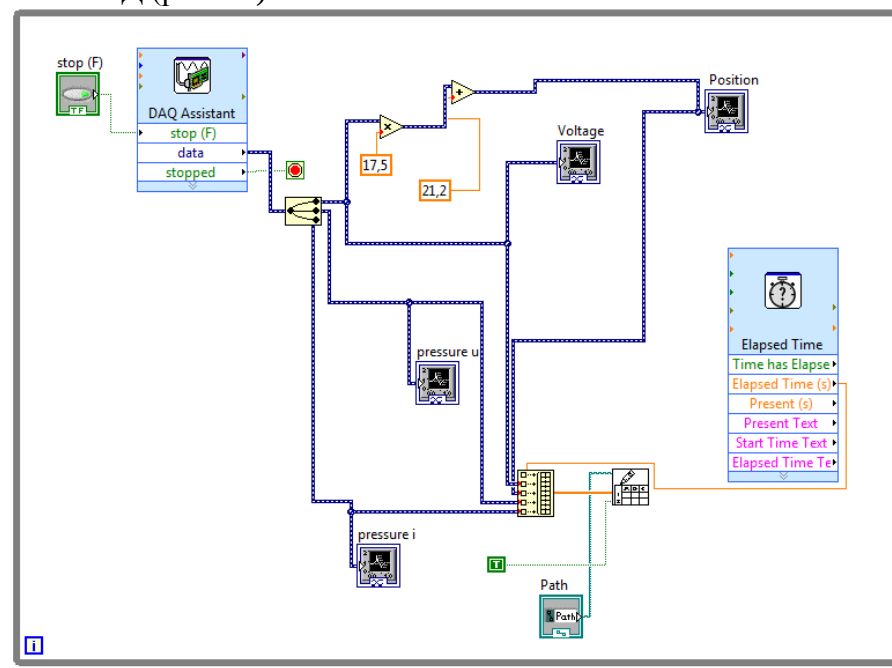
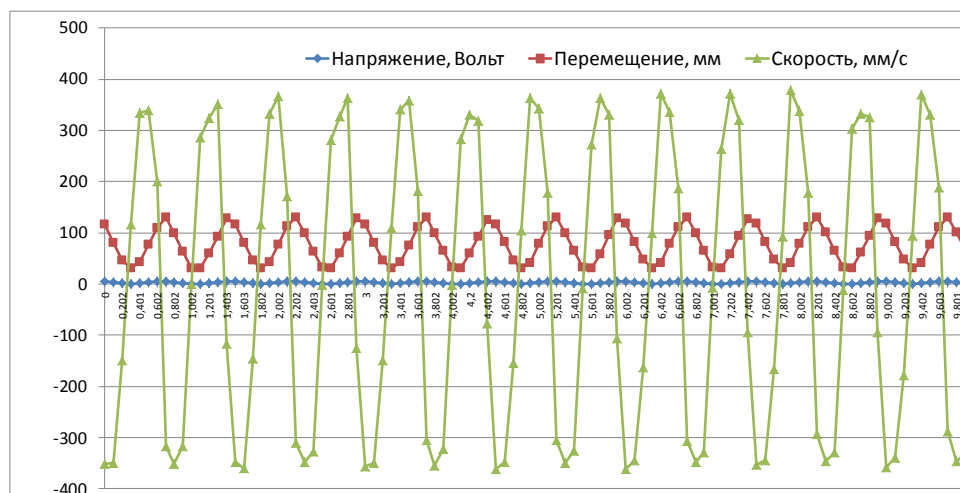
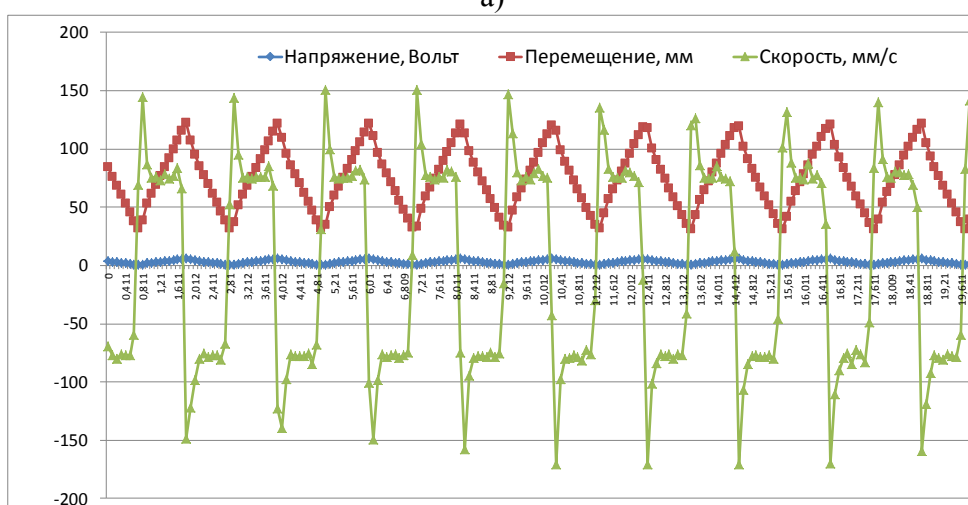


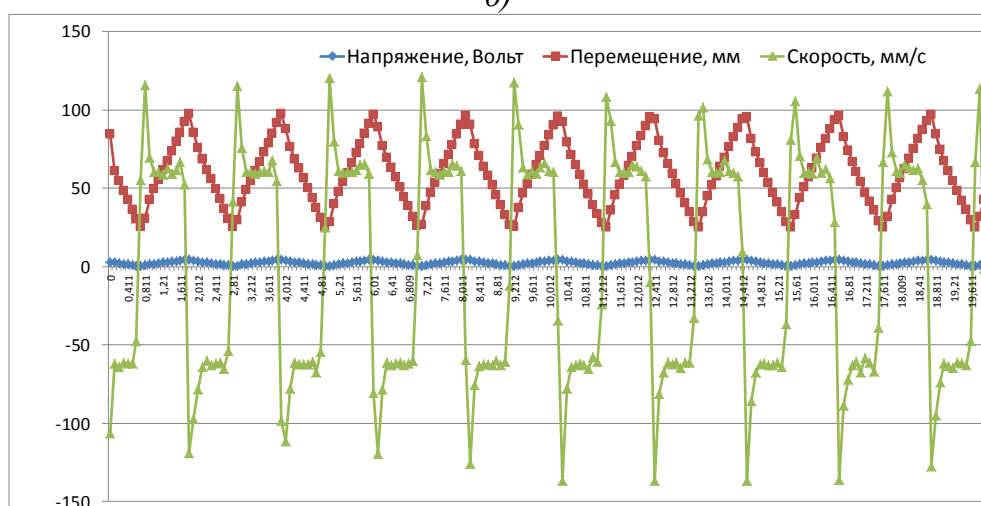
Рис. 6. Управляющая программа в среде LabView



а)



б)



в)

Рис. 5. Результаты экспериментов

Заключение

В работе приведены результаты исследовательских экспериментов, показывающих потенциал электроореологически управляемых устройств, в частности пневмогидравлического привода с электроореологическим управлением. Также приводится

обоснование актуальности применения таких устройств для резки полупроводниковых пластин на кристаллы для нужд электронной промышленности.

Проведенные измерения дают понять, что при подаче управляющего напряжения в 280 В происходит изменение скорости движения штока на 20%.

Литература

1. *З.П.Шульман и др.*, Электрореологический эффект – Минск: Наука и техника, 1972. – 172 с.
2. *И.Г. Пичугин*. Технология полупроводниковых приборов / И.Г. Пичугин, Ю.Н. Таиров. – Москва: Высшая школа, 1984. – 288 с.
3. Механика и физика точных вакуумных механизмов: Моногр., В 2 т. / А.Т. Александрова, Н.С. Вагин, Н.В. Василенко и др.; Под ред. Е.А. Деулина. – М.: НПК “Интелвак”; Вакууммаш, 2002. – Т.2. – 152 с.