

СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПРЕЦИЗИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Карпович С. Е., Zubov Г. А., Войтов А. Ю.

Кафедра высшей математики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: mmts@bsuir.by

В работе проанализированы новые тенденции построения современных систем перемещений для прецизионного оборудования нано- и микроэлектроники, предназначенных для создания систем позиционирования, выполнения технологических и измерительных операций, а также представленные в работе подходы могут быть использованы при создании современных обрабатывающих центров и автоматических линий машиностроительного профиля. Они позволяют, в настоящее время, разрешить большинство из проблем, присущих традиционной и широко используемой компоновке на сложившейся элементной базе.

Анализ технологического оборудования производства изделий электронной техники: оптико-механического для генерирования изображений, проекционного совмещения и экспонирования полупроводниковых пластин, контроля изображений; сборочного, включая установки зондового контроля пластин, разделения пластин на кристаллы, посадки кристаллов, монтажа проволочных выводов и других, показывает, что основными узлами, в значительной степени определяющими его производительность, точность, динамику являются устройства координатных перемещений, которые представляют собой автономные механо-аппаратно-программные мехатронные комплексы, предназначенные для осуществления рабочих, установочных и юстировочных перемещений кристаллов, полупроводниковых пластин, инструментов и элементов проекционной оптической системы.

Переход на меньшую топологическую норму, увеличение диаметра кремниевых пластин требует серьезной технологической подготовки производства не только у основных производителей изделий микроэлектроники на финишной стадии, но и у поставщиков материалов и компонентов. Изготовление кремниевых пластин с требуемой плоскостностью при увеличенных габаритных размерах представляет серьезную проблему. Нужно более точно выдерживать толщину пленки фоторезиста при покрытии кремниевой пластины, более точно дозировать и имплантировать легирующие примеси, более точно выполнять совмещение изображений элементов топологии фотошаблонов различных слоев при мультиплицировании топологии кристалла СБИС по кремниевой пластине, более точно позиционировать зонды на уменьшенные контактные площадки интегральной схемы при межоперационном зондовом контроле, более точно позиционировать режущий инструмент на большей протяженности трассы реза при сокращении расстояния между трассами и, наконец, все уз-

лы оборудования должны поддерживать субмикронное разрешение и повторяемость всех технологических процессов, обеспечивающих приемлемый выход годных кристаллов с одной кремниевой пластины.

Применение механизмов параллельной кинематики в качестве исполнительных устройств систем пространственных перемещений широкого назначения, включая системы координатных совмещений прецизионного оборудования микро- и нанoeлектроники, системы позиционирования, технологических и измерительных операций в трехмерном пространстве современных обрабатывающих центров и автоматических линий машиностроительного профиля, позволяет в настоящее время разрешить большинство из проблем, присущих традиционной и широко используемой компоновке и элементной базе робототехнических комплексов в составе станков и промышленных роботов.

Сравнительный анализ многокоординатных систем перемещений на линейных шаговых двигателях и систем перемещений, конфигурируемых из предложенных механизмов параллельной кинематики, управляемых поворотными, сегментными, линейными и планарными приводами прямого действия, показал, что дальнейшее повышение в 2...3 раза показателей назначения, таких как точность и быстродействие в новом поколении оборудования, возможно только путем внедрения систем перемещений на механизмах параллельной кинематики, в которых прямое электромагнитное преобразование движения реализуется через параллельные механические структуры.

Наибольший эффект в прецизионном оборудовании дают механизмы параллельной кинематики при использовании в качестве привода синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов. При этом необходимо отметить, что механизмы параллельной кинематики до шести степеней свободы включительно выгля-

дятся наиболее приемлемыми с точки зрения построения на их основе перспективных координатных систем, способных реализовывать практически весь спектр требуемых движений инструмента и заготовки в трехмерном пространстве. Но, несмотря на все преимущества и свойства таких механизмов, приходится констатировать, что в настоящее время их применение в автоматическом оборудовании и робототехнике пока ограничено из-за сложности управления параллельными механизмами и недостаточной проработанности алгоритмов и методик, которые позволяли бы получать как оптимальные варианты конструкций, так и наиболее подходящие для выбранной конструкции алгоритмы автоматического управления приводами.

Представленные в докладе подходы, математические модели, алгоритмы и программы компьютерного моделирования кинематики и динамики исполнительных механизмов параллельной кинематики с шестью степенями свободы на поворотных, сегментных и планарных шаговых двигателях направлены на оптимизацию структурно-кинематических схем систем перемещений, построенных на этой элементной базе, а также должны обеспечить разработку быстрых алгоритмов регулирования и управления системами приводов или многокоординатными двигателями для реализации требуемых траекторных задач с заданными характеристиками точности и быстродействия. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение решения прямой и обратной задач кинематики разработанных базовых механизмов могут быть рекомендованы для компьютерного формирования рабочей области, калибровки возможных траекторий по кинематическим, динамическим и точностным показателям, необходимым для обеспечения условий реализации соответствующих технологических операций в технологическом оборудовании.

В работе предложена имитационная модель динамики в виде модульного описания механической структуры с возможностью автоматического импортирования структурно-параметрического представления механизмов из современных САПР (CAD-систем), таких как Pro/ENGINEER, SolidWorks и др. в среду MATLAB/Simulink, позволяющая автоматизировать решение прямой и обратной задач динамики с интерактивной визуализацией результатов.

Исполнительные механизмы параллельной кинематики на поворотных и планарных шаговых двигателях могут быть рекомендованы для использования в качестве технологических и транспортных систем при разработке и создании автоматических линий по производству прецизионных деталей и изделий в приборостроении, а также в производстве изделий общемашиностроительного назначения. Системы перемещений на кольцевом сегментном многокоординатном приводе рекомендуется использовать в оптико-механическом оборудовании микроэлектроники при создании адаптивных проекционных систем с программной коррекцией положения оптических элементов в процессе сборки и эксплуатации. Это, в первую очередь, оборудование с проекционными системами нанометрового разрешения, в которых важнейшими являются точность позиционирования элементов и стабильность поддержания геометрических параметров в процессе эксплуатации.

1. Карпович, С.Е. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования : моногр. / С.Е. Карпович [и др.] ; под. ред. д-ра техн. наук, проф. С.Е. Карповича. – Минск : Бестпринт, 2013. – 208с.
2. Моделирование механизмов параллельной кинематики в среде MATLAB/Simulink : моногр. / С.Е. Карпович [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2013. – 153 с.
3. Аваков, С.М. Математическая модель исследования колебательного движения каретки координатного стола / С.М. Аваков, В.В. Жарский, С.Е. Карпович // Инженерный вестник. – 2006. – № 1(21)/5. – С. 40–45.
4. Дайняк, И.В. Построение уравнений движения для многокоординатных систем автоматизированного оборудования / И.В. Дайняк // Машиностроение : сб. науч. тр. – Вып. 18 – Минск : Технопринт, 2002. – С. 290–293.
5. Синхронный стержневой мотор: пат. 4760 Респ. Беларусь, С1 / В.В. Жарский, В.И. Лозовский, А.И. Михалев, Н.К. Трусов; заявитель В.В. Жарский. – № а 20000146; заявл. 16.02.2000; опубл. 30.12.2002 // Офиц. бюллетень / Нац. центр. интеллект. собственности. – 2002. – № 4 – С. 174.
6. Управление электромеханическим приводом прямого действия на основе методов голономных автоматических систем / В.В. Жарский [и др.]. // Современные средства связи : материалы 12-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, Респ. Беларусь, 2007 г. – Минск : ВГКС, 2007. – С. 100–101.
7. Wicker, J. Modeling of small fluctuations in a conservative link: Dynamic behaviour of spatial linkages / J. Wicker // Trans. of the ASME, B., 1979. – Vol. 9. –Nr. 1. – P. 266–267.