

помещённого в частично ионизованную плазму. Двойные слои были непосредственно измерены при помощи электростатических зондов. В работе [6] рассмотрена задача моделирования формирования двойного электрического слоя в диоде, заполненном гелиевой или аргоновой плазмой низкой плотности. Представленные результаты указывают на возможность возбуждения взрывной электронной эмиссии на катоде при относительно низких ускоряющих напряжениях и сравнительно невысоких плотностях наполняющей диод гелиевой или аргоновой плазмы.

Для сильноточных диодов за счет проникновения электрического поля в плазму происходит ускорение плазменных электронов и ионов, которые движутся в противоположных направлениях. Ионы достаточно быстро уходят к катоду и в результате плотность плазмы вблизи катода понижается. Под действием перепада давления возникает адиабатический поток ионов, который и формирует профиль плотности плазмы на переднем фронте проникновения поля. При этом одновременно происходит перераспределение потенциала в диоде. Все электрическое поле концентрируется в прикатодном двойном слое, размеры которого значительно меньше диодного промежутка. Результатом этого является резкое повышение напряженности электрического поля на катоде (обычно выше 100 кВ/см), достаточное для возбуждения электронной взрывной эмиссии с катода. Для повышения эффективности генерации заряженных частиц в электродных структурах источников ионов в работе [7] исследуется применение контрагирования разряда отверстием в промежуточном электроде. Это позволяет разделить область интенсивной генерации плазмы с более высоким давлением и область формирования эмиссионной поверхности с низким давлением. Двойной электрический слой, образующийся в такой электродной структуре, создает ускоренные в противоположные стороны потоки электронов и ионов, показана схема источника ионов с разделением разряда на три части, сообщающиеся между собой через контрагирующие отверстия с образованием двойных электрических слоёв в каждом из них, что позволило при том же токе разряда удвоить ток эмиссии ионов.

Заключение. Таким образом, использование возникающих двойных электростатических слоёв в некоторых типах разрядов при генерации эмитирующей плазмы является перспективным направлением совершенствования и разработки новых более эффективных конструкций плазменных источников заряженных частиц.

1. Оке Е. М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 216 с.
2. Физика и технология плазменных эмиссионных систем / под общ. ред. В. Т. Барченко. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 286 с.
3. Альтеркоп, Б.А. Двойной заряженный слой на границе между стенкой и симметричной плазмой / Б.А. Альтеркоп, И.Д. Дубинова, А.Е. Дубинов // ЖТФ. – 2007. – Т. 77, вып. 7. – С. 63–69.
4. Мартенс, В.Я. Переходная область между неравновесной плазмой и отрицательным электродом / В.Я. Мартенс // ЖТФ. – 2002. – Т. 72, вып. 10. – С. 45–52.
5. Baalrud, S.D. Equilibrium states of anodic double layers / S. D. Baalrud, B. Longmier, and N. Hershkowitz // Plasma Sources Science Technology. – 2009. – № 18(3):035002.
6. Григорьев, В.П. Моделирование двойного электрического слоя в диоде, заполненном плазмой инертных газов / В.П. Григорьев, Е.С. Вагин, В.В. Офицеров // Изв. Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313, № 2. – С. 67–69.
7. Никитинский, В.А. Технологические источники ионов на основе контрагированных разрядов / В.А. Никитинский, Б.И. Журавлев // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – № 4. – С. 55–58.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ В РАБОТЕ ДЕМОНСТРАЦИОННО-УЧЕБНОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

*Д.В. Бирюкова, Л.В. Маркова, А.В. Шидловский
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

На сегодняшний день повсеместно наблюдается автоматизация процессов в различных сферах нашей жизни. Современные системы автоматизации многокомпонентны и многогранны, они включают в себя сенсоры, устройства ввода вывода, управляющие и исполнительные устройства, компьютеры, сервера и так далее. Важное место среди этих систем занимают робототехнические устройства, в которых выделяется отдельный класс устройств - роботы манипуляторы. Робот-манипулятор представляет собой высокопроизводительную автоматизированную систему, которая функционирует с помощью электронной платформы управления и программного обеспечения. В свою очередь, электронная платформа робота манипулятора неодно-

значна за счет спектра решаемых задач [1]. Целью исследования является анализ периферийных устройств, которые необходимы для качественной работы демонстрационно-учебного робота-манипулятора, а так же могут быть полезны при реализации специфичных задач.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили модели роботов - манипуляторов, одноплатный компьютер Raspberry Pi с возможностью подключения различных периферийных устройств и устройств ввода-вывода. При проведении исследований применялись методы компьютерного зрения и программирования.

Результаты и их обсуждения. Робот манипулятор в большинстве случаев представляет собой электромеханическую «руку», которая в свою очередь может иметь различное количество сочленений, для получения необходимой зоны досягаемости. Управление происходит посредством выполнения специальных программ на контроллере робота. Как правило, такие контроллеры имеют различные внешние интерфейсы, которые предоставляют право управления извне.

Под управлением роботом-манипулятором понимают выполнение программ, которые в свою очередь делят на статические и динамические. Статические программы являются жестко регламентированными, они выполняются вне зависимости от ситуации в рабочей области манипулятора и позволяют достичь качественного выполнения одной и той же операции. Динамические программы не имеют высокой повторяемости, так как они должны учитывать и реагировать на изменения в рабочей зоне в момент своего движения.

Разрабатываемый демонстрационно-учебный робот-манипулятор построен на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi, который работает на базе операционной системы Linux дистрибутива Raspbian. Управление движениями сочленений робота реализовано с помощью мето-операционной системы ROS, которая имеет большое количество инструментов для расширения управляющей системы [2].

Человек при выполнении любых действий всегда использует свои органы чувств, что делает возможным реагирование на непредвиденные состояния или частые изменения. Робот - манипулятор не имеет собственных органов чувств, поэтому в первоначальном виде он ограничен по спектру выполняемых задач. Решением данной проблемы является добавление внешней периферии, а именно устройств ввода вывода (датчиков) на сочленения робота и подключения их к управляющему контроллеру [3]. В первую очередь, чтобы избежать ненужных столкновений необходимо установить видеокamеры и тактильные датчики.

На базе Raspberry Pi, который является контроллером робота, уже присутствуют интерфейсы для подключения внешних видеокamер. Лучшим вариантом является подключение камер через специальный разъем CSI (Camera Serial Interface – последовательный интерфейс камеры), который имеет достаточную скорость для передачи видеоданных в форматах до 1080p при 30 кадрах в секунду или 720p при 60 к/сек и при этом не нагружает процессор (рис. 1) [4]. Для Raspberry Pi имеется большое количество камер, которые можно поделить на две группы: обычные и камеры «NoIR». Камеры «NoIR» называются так, потому что в них нет инфракрасного фильтра и они предназначены для использования с источниками инфракрасного света для получения фотографий и видео в полной темноте.



Рисунок 1 – Подключение модуля камеры к Raspberry Pi

Сегодня машинное зрение решает множество задач, которые полезно использовать при манипуляции движениями робота, к примеру: распознавание, обнаружение и идентификация объектов. Получение данных базируется на обработке и анализе в основном 2D изображений, а именно массива пикселей самого изображения. Для получения изображения с камеры Raspberry Pi в Robot

Operation System имеется пакет *raspicam_node* [4], который при вызове сервиса */raspicam_node/start_capture* начинает трансляцию в топик */raspicam_node/image_raw*. Полученное оттуда изображение и его анализ дают возможность корректировать движения робота - манипулятора.

Решение многих задач связанных с роботами-манипуляторами не обходится и без использования тактильных датчиков, которые позволяют определять прикосновения к предметам и измерять давление в местах контакта с датчиком.

Тактильных датчиков существует большое множество и практически все из них могут быть подключены к Raspberry Pi посредством использования пинов из 40 GPIO контактов [5]. Самым простым тактильным датчиком является концевой выключатель, который приводится в действие при достижении определенного положения, иначе говоря, является видом позиционного выключателя.

Датчики обычно размещаются на последнем звене робота- манипулятора, на котором установлен программируемый схват. Тактильные датчики могут служить для обнаружения предмета, построения карты высот рабочей области, измерения силы сжатия схвата, предотвращения повреждений предмета и т.п.

Заключение. В результате изучения специфики работы манипулятора и спектра решаемых им задач был проведен анализ необходимых периферийных устройств, которые позволят грамотно взаимодействовать с предметом манипулирования без лишних механических воздействий. Использование тактильных датчиков и видеокамер позволят также расширить область применения такого робота-манипулятора, делая его более универсальным.

1. Очувствленные роботы – роботы второго поколения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vremonta.ru/elektrika/datchiki-kak-organy-chuvstv-ispolzu> - Дата доступа: 15.01.2021.
2. Шидловский А.В. / Д.В. Бирюкова, А.В Шидловский // XIV Машеровские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 21 октября 2020 г. - Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2020. - С. 16-17. - Библиогр.: с. 17 (1 назв.)
3. Органы чувств робота [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000003/st016.shtml> - Дата доступа: 18.01.2021.
4. Практическое использование ROS на Raspberry Pi [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/388927/> - Дата доступа: 19.01.2021.
5. Raspberry Pi 3 – подключение датчиков и работа с ними [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://masterkit.ru/blog/articles/raspberry-pi-3-podklyuchaem-datchik-dht11-i-lcd-displej> - Дата доступа: 20.01.2021.

РЕГУЛЯРНАЯ СИСТЕМА РЕЗОНАНСНО ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

Ю.И. Бохан

Витебск, Витебский филиал УО «Белорусская государственная академия связи»

Резонансное туннелирование и эффект отрицательной дифференциальной проводимости в наноструктурах вызваны чисто квантовыми явлениями пространственного квантования, приводящего к возникновению резонансных энергетических уровней [1]. Как известно, отрицательная дифференциальная проводимость обеспечивает возможность генерации электромагнитного поля.

Генераторы на резонансно-туннельных диодах (РТД) занимают промежуточное положение между «классическими» генераторами и лазерами. В их основе лежит «квазирезонансное» взаимодействие электронов с электрическим полем. Имеется в виду, что излучательные переходы идут между состояниями вблизи одного резонансного уровня (а не между двумя уровнями, как в лазере). Следует отметить, что если частота поля ω мала по сравнению с шириной резонансного уровня γ , то применимо «квазиклассическое» описание. В противоположном пределе необходим только квантовомеханический подход.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время для детектирования слабых потоков электромагнитного излучения используются элементы, принцип работы которых основывается на возбуждении квантовых состояний в структурных элементах материалов. В тоже время, для детектирования электромагнитных полей радиочастотного диапазона используются макроскопические свойства материалов, которые изменяют свои параметры под воздействием внешнего