

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧЬЮ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА

Из всех альтернативных источников энергии наибольшее внимание, естественно, привлекает солнечный свет*. Как известно, использование даже одного процента падающей на доступную часть поверхности Земли этой "почти" дармовой энергии достаточно для удовлетворения потребностей человечества. Весьма интересное направление – применение солнечной энергии в технологических установках создания высококачественных полупроводниковых материалов, где основная задача состоит в поддержании высокоточного температурного режима. Предложенная еще в 70-х годах узбекскими физиками солнечная печь вызвала необходимость в разработке многопараметрической системы автоматического управления. Тогда эта задача была решена простыми средствами. Современные средства электронной и вычислительной техники открывают новые возможности в этой области.

А. Орлов

темы управления солнечной печью, предназначенная для одного гелиостата, приведена на рис.1. А таких гелиостатов может быть десятки или даже сотни.

Работа системы происходит следующим образом. Отраженная от нескольких плоских зеркал, каждое из которых управляется двухосной следящей системой, солнечная энергия направляется на концентратор, представляющий собой параболическое зеркало, в фокусе которого установлена печь. Слежение за солнцем производится с помощью двухкоординатных датчиков, установленных перед каждым плоским зеркалом.

В режиме юстировки системы управления каждое плоское зеркало с его автономной системой управления настраивается таким образом, чтобы добиться попадания максимального значения отраженной энергии на приемную площадку печи. Для этого используется механическая регулировка той части параболической поверхности концентратора, на которую направлен поток от данного гелиостата. Аналогичную процедуру автономно проходят все гелиостаты. Далее производится юстировка группами гелиостатов и всей их совокупностью. Эффективность юстировки оценивается по результатам анализа сигнала с фоточувствительного матричного датчика, принимающего информацию о распределении энергии на приемной площадке солнечной печи.

Использование солнечной печи в технологическом процессе создания высококачественных полупроводниковых материалов ставит перед специалистами по автоматическому управлению весьма непростые задачи: управление пространственным угловым положением отраженного солнечного потока и управление температурой на поверхности приемной площадки солнечной печи. При этом требуемая точность регулирования потока измеряется угловыми секундами, а температуры – долями градуса при номинальной температуре в печи 2000–2500°С. Предлагаемая автором функциональная схема сис-

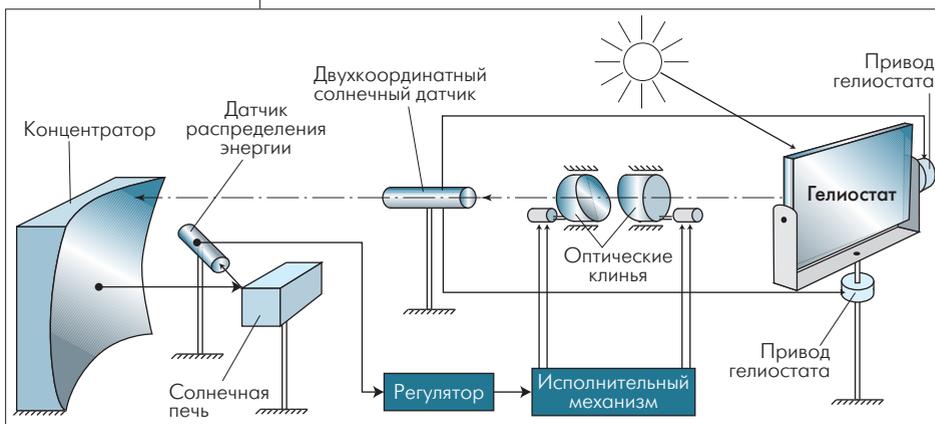


Рис. 1. Функциональная схема системы управления солнечной печью

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2000, №6, с.40–46.



Наиболее адекватная математическая модель сложения энергии имеет вид:

$$A_3 = F [B_3(x - \Delta_{x3})^2 + C_3(y - \Delta_{y3})^2] = \sum_{i=1}^N a_i \exp\{-[b_i(x - \Delta_{xi})^2 + c_i(y - \Delta_{yi})^2]\},$$

где A_3 – эквивалентная амплитуда распределения энергии, F – эквивалентная функция, B_3, C_3 – эквивалентные параметры крутизны распределения, Δ_{x3}, Δ_{y3} – эквивалентные сдвиги по координатам, a_i – амплитуда энергии от i -го гелиостата, b_i, c_i – параметры крутизны распределения энергии от i -го гелиостата, Δ_{xi}, Δ_{yi} – параметры сдвига по координатам, N – число гелиостатов.

На рис.2 приведен примерный вид реального распределения энергии при трех гелиостатах в сравнении с требуемым видом распределения. Размытие энергии происходит из-за наличия аберраций, неидеальности поверхности зеркал, вибраций, атмосферных возмущений. Чтобы максимально приблизить реальное распределение к требуемому, необходимо иметь возможность управлять распределением энергии от каждого гелиостата (т.е. параметрами $a_i, b_i, c_i, \Delta_{xi}, \Delta_{yi}$), а также эквивалентными параметрами суммарного распределения $A_3, B_3, C_3, \Delta_{x3}, \Delta_{y3}$.

Поскольку датчик энергии измеряет с каждого элемента фоточувствительной матрицы только амплитуду сигнала, необходимо определение вклада каждого гелиостата в измеренный сигнал. Для этого вводится так называемое “окрашивание” каждого элементарного сигнала путем принудительного отклонения потока солнечной энергии по координатам, то есть введение, например, синусоидальных колебаний в оптическую систему с помощью оптических клиньев. В результате сигнал с каждого элемента фоточувствительной матрицы будет иметь амплитудно-частотный спектр, состоящий из набора гармоник, каждая из которых присуща определенному гелиостату. Анализ совокупности амплитудно-частотных спектров по всем элементам матрицы позволяет определить распределение энергии, вносимой каждым гелиостатом, и выработать уп-

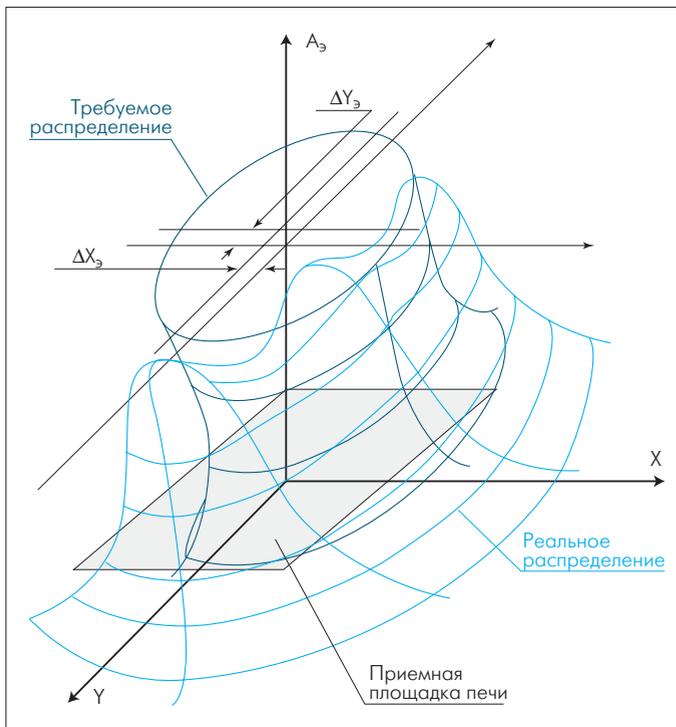


Рис.2. Вид распределения энергии при трех гелиостатах

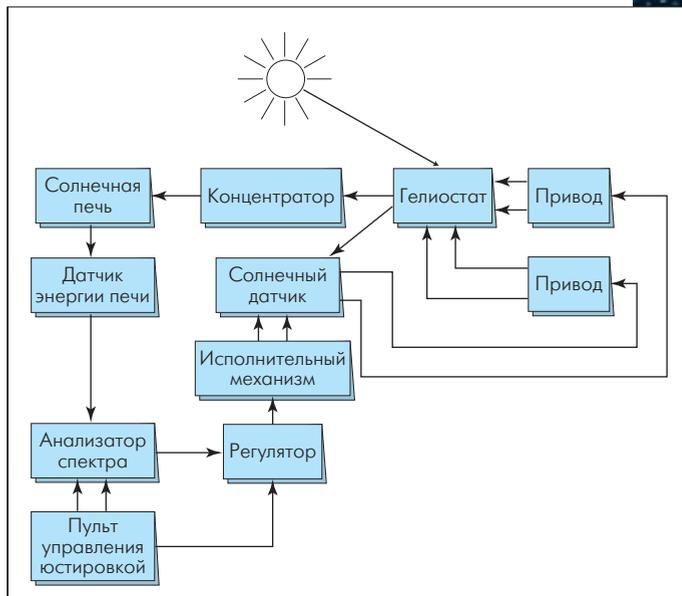


Рис.3. Функциональная схема системы управления с дополнительным контуром слежения

равляющее воздействие на его следящую систему, минимизирующее отклонение реального суммарного распределения энергии от требуемого.

В режиме автоматического управления в отличие от режима юстировки существенное значение приобретают скорость обработки сигналов с матрицы и учет динамики движения Солнца. Для повышения точности работы в этом режиме вводится дополнительный контур слежения (рис.3). При таком построении системы возможно расширить эквивалентное поле зрения солнечного датчика и снизить требования к точности его юстировки, поскольку сам процесс юстировки становится автоматическим. Кроме того, снижается влияние атмосферы и подвижек почвы. Важно также и то, что удается управлять амплитудно-частотными характеристиками системы управления каждого гелиостата.

Система автоматического управления солнечной печью, выполненная на современных средствах электронной и вычислительной техники, имеет следующие характеристики:

Число гелиостатов	..64
Площадь зеркала гелиостата	..50 м ²
Диаметр пятна на солнечной печи	..0,7 м
Точность регулирования температуры	..0,5–1,5°С
Поле зрения солнечного датчика	..2°
Поле зрения датчика энергии	..1°
Число элементов фоточувствительной матрицы	..64
Быстродействие системы регулирования температуры	..2 с

Важное значение имеют характеристики аналого-цифрового преобразователя сигнала с датчика энергии:

Число каналов	..64 (диф.)
Разрядность	..12 бит
Время преобразования	..1,7 мкс
Диапазон входного сигнала	..±(5–12) В

Характеристики АЦП реализованы на сигнальном процессоре фирмы Analog Devices, обеспечивающем обработку сигналов длительностью до 100 мс с каждого элемента фоточувствительной матрицы. Максимальная частота входного сигнала не более 300 кГц.

Функционально-программное обеспечение системы размещено на изделиях фирмы IBM: материнская плата ASUS CUW-B; процес-

сор Mendocino фирмы Intel Celeron с тактовой частотой 500 МГц. При использовании 1024-точечного преобразования Фурье обеспечивается время обработки сигнала с матрицы датчика энергии порядка 1,8 с при 10-мс выборке с каждого элемента. Сопоставляя это быстроедействие с угловой скоростью движения Солнца – порядка $4 \cdot 10^{-9}$ град/с, становится очевидно, что вносимая системная ошибка не превышает $0,01^\circ$ при угловом размере элемента матрицы $0,1^\circ$.

Расчетная амплитуда принудительного углового возмущения выбирается в пределах $0,05-0,15^\circ$ в зависимости от частоты этого возмущения. Выбор диапазона частот производится с учетом частотных свойств систем управления гелиостатом, числа гелиостатов, допустимых вибрационных перегрузок на зеркала и т.д. Для системы с 64 гелиостатами диапазон находится в пределах 300 Гц–15 кГц. Очевидно, что реализация такого диапазона весьма затруднительна из-за невысокого быстрогодействия (узкой полосы пропускания частот) системы управления гелиостатом. Снизить нижнюю границу и сузить диапазон частот можно только увеличив время накопления сигнала с каждого элемента матрицы. Но это вызовет рост времени обработки и, как следствие, приведет к снижению быстрогодействия контура регулирования температуры. Например, при длительности выборки 100 мс удастся сузить диапазон частот до 20–1300 Гц и при этом быстрогодействие снижается в 7–8 раз.

Таким образом, поиск оптимального соотношения между быстрым действием контура регулирования и диапазоном частот “распределения” при известных частотных свойствах системы управления гелиостатом – основная задача проектирования функционально-программного обеспечения системы управления солнечной печью.

Робот-радиомонтажник

Специалисты токийского университета электрокоммуникаций разработали робот для прецизионного поверхностного монтажа, содержащий механизм грубого и точного движения. Как известно, в последние годы в портативной электронной аппаратуре сильно возросла плотность монтажа. Чтобы при этом не снизилась долговечность аппаратуры диверсифицированных видов малых серий, необходимо было разработать гибкую монтажную систему, способную собирать ультраминиатюрные электронные устройства нестандартной формы и с высокой точностью устанавливать ИС с BGA-выводами на печатную плату.

Но установок точного позиционирования, применяемые для этих целей в полупроводниковой промышленности, недостаточно гибки и довольно дороги. Можно было бы использовать и робот типа SCARA, характеризующийся высокой производительностью и гибкостью, но обычный робот SCARA не отвечает требованиям высокого уровня точности монтажа, что заставляет комбинировать роботы, содержащие механизмы грубого и точного движения. Разработанный робот и сочетает в себе эти свойства. Его исполнительный орган – пьезоэлектрический элемент высокого разрешения и быстрогодействия. Он обеспечивает позиционирование в несколько нанометров, но имеет малый ход и потому не способен компенсировать ошибки робота типа SCARA. Поэтому был разработан механизм расширенного перемещения, содержащий шарнир дуговой формы и шарнир в виде пластинчатой пружины. Испытания показали, что ход по оси X равен 140 мкм, по оси Y – 145 мкм, что в восемь с лишним раз превосходит предыдущие значения. Кроме того, повторяемость имеет погрешность для X-перемещения 0,18 мкм и для Y-перемещения – 0,19 мкм, что вполне удовлетворительно. Минимальный шаг позиционирования нового робота 0,3 мкм, масса – всего 1,6 кг.

JETRO, june 2000, p.13,15

Робот-гуманоид

На фирме Japan Science and Technology разработан робот с высокими параметрами, который может при разговоре людей дифференцировать говорящего. Робот оборудован камерой на ПЗС, служащей ему “глазами”, высококачественным микрофоном в качестве “уха” и микропроцессором, выполняющим, естественно, роль “мозга”. Интегрируя звук и изображение, микропроцессор способен дифференцировать различные ситуации и выносить собственное суждение.

При разговоре нескольких людей друг с другом он может выделить какую-то особую персону и повернуть к нему “шею” и “лицо”.

Опытный образец робота выполнен без “рук” и “ног”, содержит только торс округлой формы, обладающий высокой подвижностью. Группа разработчиков планирует оснастить робота “руками” и “ногами” и приблизить его форму к человеческой фигуре.

JETRO, june 2000, p.15

Самый маленький в мире мини-робот Может развернуться на десятицентовике и припарковаться на пятицентовике

Объемом в 1/4 кубического дюйма (около 4 см³) и массой менее унции (28 г), разработанный в отделении энергетики Национальной Сандийской лаборатории мини-робот, очевидно, самое миниатюрное автономное свободно перемещающееся устройство такого типа. Ход у робота гусеничный, питается он от трех батареек, обычно используемых в часах, и содержит ПЗУ емкостью 8 Кбит, процессор, датчик температуры и два двигателя, приводящие в движение колеса.

По мнению разработчиков, – это робот будущего, способный выполнять разнообразные сложные задания, которые сегодня требуют применения значительно более крупных устройств. Он сможет находить и обезвреживать противопехотные мины, обнаруживать химическое или биологическое оружие, проходить через трубы или рыскать вокруг зданий. Роботы смогут работать совместно, передавать информацию центральному пульту и друг другу.

Мини-робот уже прошел испытания на передвижение среди десяти- и пятицентовиков. Скорость его при этом была равна примерно 50 мм/с.

Разработка предшествующего варианта мини-робота (4,0x1,9x1,7 мм) заняла около трех лет. Уменьшить его объем почти в три раза удалось в первую очередь благодаря применению имеющихся на рынке негерметизированных электронных компонентов, которые монтировались на стеклянную подложку многокристального модуля. Сборка проводилась специалистами Исследовательского отделения сложных полупроводниковых соединений Сандийской лаборатории. Уменьшение размеров достигнуто и за счет формирования тела робота с помощью так называемого стереолитографического метода, заключающегося в последовательном нанесении тонких слоев полимера, каждый из которых отверждается под воздействием лазерного излучения. Получаемый при этом материал легкий, прочен и может принимать самые сложные формы. В теле робота созданы полости под батарейки, стеклянную подложку с электронными компонентами, мини-двигатели, переключатели и другие детали. Пока габариты робота зависят от размеров трех батареек. Их размеры и срок службы – основные проблемы, препятствующие дальнейшей миниатюризации робота.

В ближайшем будущем разработчики планируют обеспечить робота либо ИК-, либо ВЧ-средствами двухсторонней связи, миниатюрными видеокамерами, микрофонами и микродатчиками химических элементов.

www.sandia.gov/media/NewsRel/NR2001/minirobot.htm



Стандарты систем управления предприятием

Основные механизмы управления промышленным предприятием – планирование и оптимальное управление производственным процессом, и производственные системы по многим параметрам значительно более жесткие, чем, например, финансово-управленческие. Эффект от внедрения производственных систем чувствуется на верхних эшелонах управления предприятием, где видна картина взаимосвязи всей его работы.

На сегодняшний день существует четыре свода рекомендаций по управлению предприятием. Они представляют собой описание самых общих правил, которым необходимо следовать при планировании и контроле различных стадий производственного процесса, а именно в оценке потребности в сырье и закупках, загрузки производственных мощностей, распределения ресурсов и т.д.

Исходным стандартом, появившимся в 70-е годы, был стандарт MRP (Material Requirements Planning), который определял только планирование материальных ресурсов для производства. Этот стандарт затем был расширен до MRP-II (Manufacturing Resource Planning), включающего в планирование все ресурсы, необходимые для производства, в том числе и оборудование. Дальнейшим развитием явился стандарт ERP (Enterprise Resource Planning), который уже объединил все ресурсы, необходимые для работы предприятия, включив планирование заказов, финансов и т.д. Современные системы управления предприятиями должны отвечать рекомендациям этого стандарта. Наконец, последний по времени стандарт CSRP (Customer Synchronized Resource Planning) охватывает также взаимодействие с заказчиками – оформление наряда-заказа, синхронизацию с заказчиком мероприятий и т.д. Этот стандарт отражает весь цикл производства – от проектирования до послепродажного сервисного обслуживания изделия.

www.interface.ru/mrp/igor.htm