



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
С. В. Алексеев (Черниговский ГТУ)

12 октября 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Сварка в твердой фазе монокристаллического кремния с боросиликатным стеклом». Диссертационная работа посвящена разработке методики определения оптимального времени сварки в твердой фазе в электростатическом поле монокристаллического кремния с боросиликатным стеклом и усовершенствованию технологии сварки многослойных узлов типа кремний–стекло–кремний.

Установлено, что степень формирования сварного соединения определяется значением плотности тока сварки в начальный момент приложения электрического сварочного напряжения — пиковым значением плотности тока сварки. Показано, что пиковое значение тока сварки определяется величиной площади фактического контакта соединяемых поверхностей и величиной отношения номинальной площади контакта деталей к суммарному периметру боковых поверхностей трубчатой стеклянной детали. При неизменном напряжении сварки пиковое значение плотности тока сварки и скорость формирования сварного соединения уменьшаются с увеличением указанного отношения.

Путем измерения сближения поверхностей во время сварки установлено, что формирование физического контакта осуществляется в начальный момент приложения электрического сварочного напряжения. Установлено, что величина электростатических сил сжатия определяется напряженностью электрического поля в воздушном зазоре между контактируемыми поверхностями, которая, в свою очередь, определяется отношением падения сварочного напряжения на контактом сопротивлении к величине воздушного зазора.

Выявлено, что время сварки кремния со стеклом зависит от объема микропустот, который устанавливается в контактной зоне материалов под воздействием электростатических сил сжатия, и от начального значения плотности тока сварки в момент приложения электрического сварочного напряжения. В общем случае при увеличении шероховатости поверхностей в пределах от 14 ($R_z = 0,025$ мкм) до 13 класса ($R_z = 0,1$ мкм) чистоты поверхностей достижение заданной прочности сварных соединений осуществляется путем выдержки свариваемого узла под электрическим напряжением на протяжении большего времени.

Разработана новая методика определения времени сварки непосредственно в процессе сварки, которая позволяет обособленно выдерживать свариваемый узел под электрическим напряжением.

Снижение прочностных показателей стекла в узлах после сварки происходит вследствие образования в приповерхностной области, контактирующей с кремнием, слоя со структурными изменениями из-за миграции ионов натрия к катоду в процессе сварки. Прочностные показатели этого слоя снижаются с увеличением его толщины, которая при установленном времени сварки, необходимом для формирования сварного соединения по всей плоскости контакта деталей, возрастает с увеличением отношения номинальной площади контакта деталей к суммарному периметру боковых поверхностей трубчатой стеклянной детали или же с увеличением шероховатости контактируемых поверхностей. Уменьшение толщины приповерхностного слоя стекла со структурными изменениями происходит при использовании в процессе сварки максимально возможного уровня электрического сварочного напряжения, ограниченного напряжением перекрытия стекла.

Установлено, что отсутствие непроваров и прожогов в контактной зоне вследствие развития электроразрядных процессов в воздушном зазоре и обеспечение прочности стекла в соединении при испытании на одноосное растяжение не ниже 12 МПа обеспечивается при удельных плотностях тока сварки от 10 до 50 мкА/мм².

Анализ напряженного состояния в соединениях и механические испытания стекло-кремниевых узлов полупроводниковых датчиков давления показали, что кремниевая мембрана более устойчива к внешнему механическому воздействию с уменьшением отношения номинальной площади контакта поверхностей к суммарному периметру боковых поверхностей трубчатой стеклянной детали. Таким образом, установлено, что конструировать стекло-кремниевые узлы нужно так, чтобы указанное отношение имело минимальное значение.

На основании проведенных исследований разработана технология сварки в твердой фазе в электростатическом поле многослойных узлов полупроводниковых датчиков типа кремний–стекло–кремний в едином цикле сварки.

УДК 621.79(088.8)

ПАТЕНТЫ В ОБЛАСТИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА*

Способ дуговой сварки, отличающийся тем, что напряжение источника электрической энергии преобразуют на высокочастотном преобразователе в напряжение прямоугольной формы, представляющее собой разнополярные прямоугольные импульсы, следующие с частотой ультразвукового частотного диапазона, преобразуют полученное напряжение на высокочастотном импульсном трансформаторе с падающей вольт-амперной характеристикой и высокочастотном выпрямителе в сварочный ток, представляющий собой однополярные прямоугольные импульсы, следующие с частотой ультразвукового частотного диапазона, нарастание и спад которых сопровождается высокочастотной затухающей модуляцией, а модуляцию осуществляют за счет воздействия разнополярных прямоугольных импульсов на высокочастотный импульсный трансформатор, на резонансных частотах которого возбуждают высокочастотные затухающие колебания большой амплитуды. Патент РФ 2253551. А. Б. Леонтьев, В. Ф. Горячев [16].

Способ управления сварочным током при контактной точечной сварке переменным током, отличающийся тем, что пред-

варительно определяют контрольные точки сварочных токов в каждой фазе процесса точечной сварки, по которым рассчитывают регрессионные модели кривых амплитуды сварочных токов, затем, используя регрессионные модели кривых амплитуды сварочных токов, вычисляют значения углов проводимости тиристоров после чего записывают в модули управления сварочным током предварительно введенные в регулятор цикла сварки значения угла проводимости тиристоров, которые впоследствии используют при управлении сварочным током. Патент РФ 2253552. В. И. Панин, И. А. Андросов, С. А. Малолетков (ОАО «АВТОВАЗ») [16].

Устройство для диффузионной сварки слоистых конструкций, отличающееся тем, что рабочий контейнер состоит из корпуса с фланцами и крышек в виде гибких мембран, а сверху контейнера расположен верхний базовый элемент, установленный на компенсаторах, размещенных в рабочем контейнере по его периметру, высота которых рассчитывается исходя из следующего неравенства: $P + S < H < P + kd$, где H — высота компенсаторов, мм; P — наибольшая высота свариваемого пакета в сборе, мм; k — коэффициент, зависящий от материала мембраны и ее габаритных размеров; d — толщина мембраны рабочего контейнера, мм; S — максимальный прогиб верхнего базового элемента, мм. Патент РФ 2253553. М. Н. Шушпанов,

*Приведены сведения о патентах, опубликованных в бюллетене РФ «Изобретения. Полезные модели» за 2005 г. (в квадратных скобках указан номер бюллетеня).



А. Б. Коломенский (ОАО «Воронежское акционерное самолетостроительное общество») [16].

Способ диффузионной сварки деталей из металлов и сплавов, отличающийся тем, что промежуточный слой наносят толщиной, соответствующей количеству металла, способного в процессе сварки полностью продиффундировать в материал подложки с образованием монолита, а сварку проводят при температуре 0,9...0,95 температуры плавления наименее тугоплавкого из диффундирующих металлов. Патент РФ 2253554. В. Н. Семенов, С. С. Головченко, В. В. Дмитриев и др. [16].

Способ контроля качества сварных и паяных соединений разнородных материалов, отличающийся тем, что выступ выполняющий на одном из материалов, а примыкающую к нему зону припуска с частью соединения выполняют в виде кольца, ось которого совпадает с осью заготовки. Патент РФ 2253555. В. Н. Елкин, В. П. Гордо, Е. Ю. Ривкин (ФГУП «НИКИ энерготехники им. Н. А. Доллежалея») [16].

Сварочная проволока, отличающаяся тем, что сталь дополнительно содержит кальций при следующем соотношении компонентов, мас. %: 0,03...0,10 углерода; 0,05...0,60 кремния; 0,01...0,30 хрома; 0,50...1,40 марганца; 0,30...1,80 никеля; 0,001...0,35 молибдена; 0,01...0,10 ванадия; 0,01...0,05 алюминия; 0,001...0,005 кальция; 0,001...0,05 титана; 0,01...0,50 меди; 0,001...0,012 азота; 0,0005...0,008 мышьяка; 0,0005...0,015 серы; 0,001...0,015 фосфора; остальное железо. При этом содержание фосфора связано с суммарным содержанием марганца и никеля следующим соотношением: $P(2Ni + Mn) < 0,04$, где P, Ni и Mn — содержание соответствующих компонентов в мас. %. Патент РФ 2253556. В. С. Дуб, С. И. Марков, А. С. Лобода и др. (ЗАО НПО «Полиметалл») [16].

Покрывные для защиты поверхности свариваемого изделия от брызг расплавленного металла, отличающиеся тем, что в него введена слюда молотая при следующем содержании компонентов, мас. %: 28...30 мела; 5...6 слюды; остальное стекло жидкое. Патент РФ 2253537. А. К. Олейник [16].

Способ дуговой сварки алюминия и его сплавов неплавящимся электродом, отличающийся тем, что на дуговой промежуток периодически подают импульсы напряжения обратной полярности, причем напряжение импульсов составляет не менее 200 В, а их длительность τ_n выбирают из соотношения $\tau_n \geq [(60 - 0,05f)/f] \cdot 10^{-3}$, где f — частота импульсов. Патент РФ 2254214. В. И. Атаманюк, И. Е. Ляпин, А. В. Савинов и др. (Волгоградский ГТУ) [17].

Способ контактной точечной сварки сопротивлением металла, отличающийся тем, что предварительно задают свойства свариваемого металла — теплопроводность λ , объемную теплоемкость cV , удельное сопротивление ρ , предел прочности σ и параметры режима сварки рассчитывают с допуском $\pm 5\%$ решением системы уравнений

$$I_{св} = \sqrt{\frac{\lambda F}{cV\rho}}, \quad t = e^{m(s\sqrt{\sigma/F})^n} \frac{cV S^2}{\lambda}, \quad F = A + BS.$$

Патент РФ 2254215. А. С. Бабкин (Липецкий ГТУ) [17].

Способ контроля качества сварного соединения при электронно-лучевой сварке циркониевых сплавов, отличающийся тем, что в качестве материала деталей образцов используют различные сплавы, один из которых идентичен материалу изделий, а другой имеет близкие к первому теплофизические и химические свойства, любой из них содержит легкоплавкую легирующую добавку, скорость испарения которой выше, чем скорость испарения металла, составляющего основу сплава, и которая изменяет окраску поверхности сварного шва при взаимодействии с реактивом во время травления. Патент РФ 2254216. А. А. Градович, В. И. Васильков, Н. В. Онучин, А. А. Кислицкий (ОАО «Новосибирский завод химконцентратов») [17].

Теплоноситель для низкотемпературной пайки погружением, отличающийся тем, что в качестве активатора и одновременно

стабилизатора использован гидроксид щелочного или щелочноземельного металла или их смесь при следующем соотношении компонентов, мас. %: 10...25 гидроксида щелочного или щелочноземельного металла или их смеси; остальное — глицерин. Патент РФ 2254217. Н. П. Литвиненко, В. Ф. Шиханов (ФГУП «НПП «Исток») [17].

Порошковая проволока для износостойкой наплавки, отличающаяся тем, что шихта дополнительно содержит полевой шпат и гематит при следующем соотношении компонентов порошковой проволоки, мас. %: 1...3 ферротитана; 6...7 хрома металлического; 0,3...0,5 ферросилиция; 1,5...2,5 ферромарганца; 0,3...0,5 графита; 0,8...1,5 молибдена; 2,0...4,5 плавикового шпата; 0,3...1,5 полевого шпата; 0,3...1,0 гематита; остальное — стальная оболочка. Патент РФ 2254218. С. А. Шамин (ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод») [17].

Порошковая проволока для наплавки, отличающаяся тем, что никелевая оболочка и алюминий в шихте взяты в количестве 70...75 и 10...12 мас. % соответственно от массы порошковой проволоки, а шихта дополнительно содержит бор и циркон при следующем соотношении компонентов, мас. %: 1,5...2,5 циркония; 2,5...7,0 циркония; 12,5...16,0 вольфрама; 0,19...0,25 кремния; 1,5...2,5 фтористого кальция; 12,5...16,0 хрома; 4,0...10,0 молибдена; 3,5...4,5 ниобия; 0,2...0,3 титана; 2,5...7,0 тантала; 1,0...2,0 графита; 0,1...0,2 бора; 31,75...58,01 алюминия. Патент РФ 2254219. Г. Н. Стеклов, С. Н. Цурихин, В. И. Лысак, И. В. Зорин (Волгоградский ГТУ) [17].

Способ восстановления полукамер резиносмесителей, отличающийся тем, что для упрочнения при восстановлении полукамер резиносмесителей осуществляют проплавление металлической накладки на всю ее толщину кольцевыми или продольными швами с заданным шагом плазменной дугой и дополнительной дугой, горящей между расплавленным металлом и легирующей порошковой проволокой, которую подают позади плазменной дуги, при этом расстояние между дугами выбирают в пределах 0,4...0,6 от длины ванны расплавленного металла. Патент РФ 2254968. В. В. Драгаль, В. Я. Воронников, Ю. А. Артеменко, Н. М. Гайдаш [18].

Механизм импульсной подачи сварочной проволоки, отличающийся тем, что устройство возвратно-поступательного перемещения штока выполнено в виде пружины сжатия, установленной на одном конце штока, а на другом расположены ролики, взаимодействующие с дисковыми кулачком, имеющим привод вращения. Патент РФ 2254969. О. Г. Брунов, В. Т. Федько, А. В. Крюков и др. (Томский политехнический университет) [18].

Способ сборки стыкового соединения труб под сварку, отличающийся тем, что анализируют измеренные геометрические параметры, причем анализ выполняют в два этапа, на первом для множества возможных взаимных пространственных положений двух торцов труб на всем протяжении периметра предполагаемого стыка определяют величины параметров сборки торцов труб под сварку, а на втором этапе анализа из всех возможных взаимных пространственных положений двух торцов выбирают вариант их пространственного расположения относительно друг друга при последующей сборке, причем из всех возможных взаимных положений торцов выбирают такое положение, для которого величина целевой функции, в состав которой входят значения параметров сборки, определенные на первом этапе анализа, принимало бы экстремальное значение. Патент РФ 2254970. В. П. Сидоров, И. В. Смирнов (Головной Аттестационный центр по сварочному производству Средне-Волжского региона) [19].

Бессвинцовый припой, состоящий из 76...96 мас. % Sn, 0,2...0,5 мас. % Cu, 2,5...4,5 мас. % Ag, >0...12 мас. % In, 0,5...5,0 мас. % Bi и 0,01...2 мас. % Sb. Патент РФ 2254971. Э. Л. Меддл, Д. С. Уон, Ш. Гуо (Сингапур Асахи Кемикал энд Соулдер Индастриз ПТЭ, Лтд., Сингапур) [18].

Припой на основе никеля, отличающийся тем, что он дополнительно содержит алюминий, молибден, ниобий, кобальт, медь и титан при следующем соотношении компонентов, мас. %:



5,0...8,0 хрома; 0,06...0,18 железа; 0,2...0,35 бор; 2,0...3,0 кремния; 8,0...10,0 вольфрама; 0,05...0,2 углерода; 3,0...5,0 алюминия; 1,2...3,0 молибдена; 9,0...12,5 ниобия; 8,0...10,0 кобальта; 0,05...0,15 меди; 0,05...0,25 титана; остальное никель. Патент РФ 2254972. Е. Н. Каблов, В. И. Лукин, В. С. Рыльников и др. (ФГУП «ВИАМ») [18].

Покрытие электрода для сварки, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит волластонит, ферросиликомарганец и магнетит при следующем соотношении компонентов, мас. %: 37...39 ильменитового концентрата; 1,5...2,0 целлюлозы; 37...39 волластонита; 15,0...16,5 ферросиликомарганца; 5...9 магнетита. Патент РФ 2254973. Д. П. Чепрасов, С. В. Кравченко, В. П. Петров, А. А. Ананьин (Алтайский ГТУ им. И. И. Ползунова) [18].

Способ сборки сварных крупногабаритных толстолистовых ортогогранных плит из углеродистых, низколегированных сталей под автоматическую сварку, отличающийся тем, что прихватку сорнированных элементов осуществляют неплавящимся вольфрамовым электродом в смеси защитных газов 95...97 % + 3...5 % CO₂. Патент РФ 2254974. И. И. Муравьев, С. В. Гурьев [18].

Генератор постоянного тока, содержащий обмотку независимого возбуждения, питаемую от самостоятельного регулируемого источника, и серию обмотку, включенную последовательно с дугой, дополнительную обратную связь по току возбуждения генератора и установленный на выходе регулятора источника логический элемент «или», в него дополнительно введены конденсаторная батарея и коммутационный блок, имеющий три входа и два выхода, один из входов которого подключен к регулируемому источнику питания, другой — к конденсаторной батарее, а третий — к датчику обратной связи по напряжению на нагрузку, при этом обе обратные связи подключены к логическому элементу «или», а один из выходов коммутационного блока подключен к конденсаторной батарее, а другой выход снабжен выводами для подключения к независимой обмотке возбуждения. Патент РФ 2255844. А. А. Бабинцев, О. В. Петров, В. А. Кунцман и др. (Общевойсковая академия вооруженных сил РФ) [19].

Способ изготовления детали, включающий получение, по меньшей мере, на ее части покрытия путем электродуговой наплавки плавящимся электродом с образованием, по меньшей мере, одного слоя, механическую обработку и отпуск, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один слой образуют из предварительно заданных чередующихся, по меньшей мере, в одном направлении зон с различными коэффициентами линейного расширения входящих в него металлов, при этом, по меньшей мере, одна из зон слоя содержит металл, коэффициент линейного расширения которого меньше коэффициента линейного расширения основного металла детали. Патент РФ 2255845. А. А. Бабаев, Д. В. Езупов [19].

Устройство автоматической коррекции движения сварочной горелки, отличающееся тем, что в устройство дополнительно введены первый, второй, третий и четвертый датчики ультразвуковых колебаний, второй, третий и четвертый усилители амплитуды, первый, второй, третий и четвертый детекторы, второй, третий и четвертый фильтры низкой частоты, первый, второй, третий и четвертый триггеры, первый, второй, третий и четвертый интеграторы, первый, второй, третий дифференциальные усилители, второй, третий и четвертый блоки аналоговой памяти. Приведены и другие отличительные признаки. Патент 2255846. В. М. Панарин, Н. И. Воронцов, Э. В. Рощупкин и др. (Тульский госуниверситет) [19].

Сварочные клещи, отличающиеся тем, что они снабжены кронштейнами с закрепленными на них упорами, при этом кронштейны жестко установлены на электрододержателях с возможностью взаимодействия упомянутых упоров с рычагами сварочных клещей. Патент РФ 2255847. П. М. Ромашкин (ОАО «АВТОВАЗ») [19].

Способ изготовления двухслойных горячекатаных листов с плакирующим слоем из коррозионностойкой стали, отличающийся тем, что электрошлаковую наплавку ведут расходными электродами из коррозионностойкой стали, содержащей, мас. %: 0,02...0,12 углерода; 0,2...0,8 кремния; 1,3...2,5 марганца; не более 0,040 фосфора; не более 0,015 серы; 20...23 хрома; 10...14 никеля; не более 1,5 ниобия; не более 0,04 азота; остальное железо и неизбежные примеси. При этом минимально допустимое содержание ниобия определяют в зависимости от содержания углерода в соответствии с выражением (Nb) = 10(C), нагрев двухслойных заготовок под прокатку проводят ступенчато, в процессе прокатки проводят подстуживание раскатов, не деформируя металл, а прокатку заканчивают при температурах не ниже 960 °С. Патент РФ 2255848. А. В. Голованов, А. Б. Зимин, Н. Б. Скорохватов и др. (ОАО «Сверсталь») [19].

Способ получения композиционного материала алюминий-титан, отличающийся тем, что отношение удельной массы заряда взрывчатого вещества к удельной массе алюминиевого слоя равно 1,11...5,0, при этом используют заряд взрывчатого вещества со скоростью детонации, равной 2250...3300 м/с, после сварки пакет подвергают отжигу путем нагрева до температуры, превышающей температуру плавления алюминия в 1,06...1,14 раза, в течение 0,5...2 ч, с формированием при этом сплошной теплозащитной интерметаллидной прослойки, с последующим обжатием пакета стальными пуансонами на 20...50 % толщины алюминиевого слоя и одновременной его кристаллизацией. Патент РФ 2255849. Ю. П. Трыков, С. П. Писарев, Л. М. Гуревич и др. (Волгоградский ГТУ) [19].

Способ управления электрической дугой при термической обработке металла, отличающийся тем, что обдув дугового разряда осуществляют газовым потоком с высокой степенью турбулентности, для чего на вход газоподающего сопла инструмента для электротермической обработки материалов подают не менее двух спутных струй газа и обеспечивают им возможность взаимодествовать друг с другом. Патент РФ 2256538. В. А. Достовалов, Д. В. Достовалов, П. С. Гордиенко, В. Н. Левченко [20].

Приставка для наплавки отверстий малых диаметров, отличающаяся тем, что направляющий канал для прохождения ленты выполнен прямоугольной формы с профилированной рабочей поверхностью, а поверхность контакта поджимного устройства с лентой расположена выше уровня поверхности контакта токоподводящего мундштука с лентой без их непосредственного контакта, при этом ширина рабочей поверхности токоподводящего мундштука и поджимного устройства меньше ширины подаваемой ленты. Патент РФ 2256539. Ю. Н. Кручинин [20].

Устройство для сварки и резки металла, отличающееся тем, что оно снабжено плазменным резаком и блоком управления и защиты, включающим устройство ограничения тока холостого хода и устройство управления запуском, входы этого блока соединены с выходами выпрямительного блока, а каждый из выходов выполнен с возможностью подсоединения соответственно к держателю сварочного электрода, детали, обрабатываемой при сварке, плазменному резаку и детали, обрабатываемой при плазменной резке, вторичная обмотка снабжена подключенной к ней дополнительной обмоткой, расположенной на первичной обмотке, и ее выход подсоединен к соответствующему входу коммутатора, снабженного переключателем режимов «сварка-резка». Патент РФ 2256540. С. П. Пенкин, Л. Н. Кротова, В. Л. Кайзер, И. С. Пенкин [20].

Конструкция паяльного материала для бурового режущего инструмента, выполненная в форме прутка, содержащего композит из дробленых частиц твердого сплава в припое, служащем для связки упомянутых частиц, отличающаяся тем, что пруток выполнен в виде отдельных жестко соединенных между собой элементов упомянутого композита и сплава припоя, размещенных с чередованием. Патент РФ 2256541. О. В. Тихонов (ООО «Биттехника») [20].