



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B23B 39/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016152630, 30.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2016Дата регистрации:  
26.12.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2016

(45) Опубликовано: 26.12.2017 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Утенкова  
В.М. (каф. МТ-1)

(72) Автор(ы):

Утенков Владимир Михайлович (RU),  
Быков Павел Анатольевич (RU),  
Куц Михаил Сергеевич (RU),  
Чиркин Александр Вадимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский  
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 20100050832 A1, 04.03.2010. RU  
89441 U1, 10.12.2009. RU 137218 U1, 10.02.2014.

(54) Прецизионный станок для лезвийной и лазерной обработки деталей высокоточной микромеханики

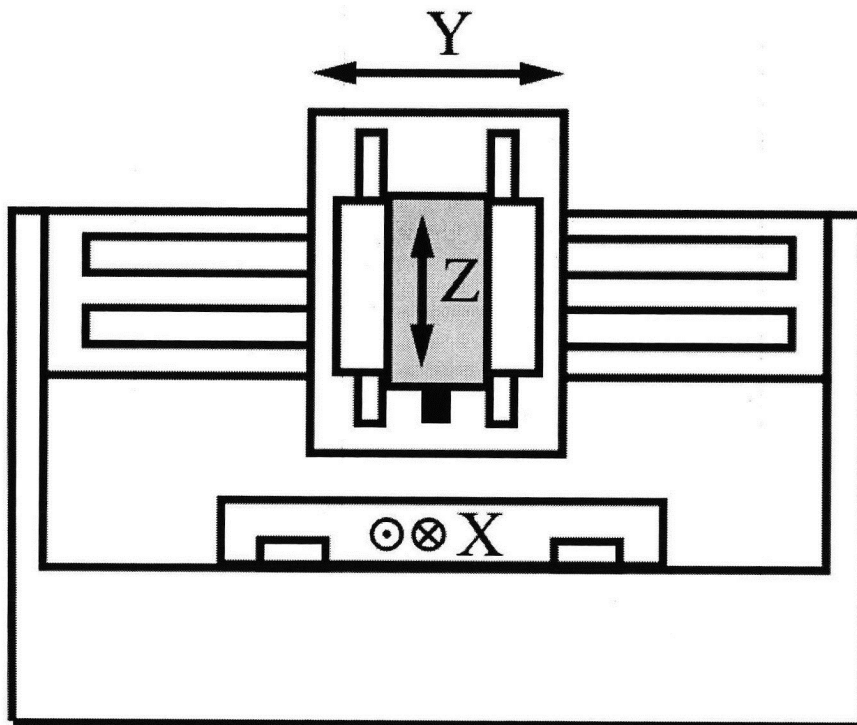
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области устройств прецизионной обработки деталей высокоточной микромеханики. Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в разработке компоновки прецизионного станка с числовым программным управлением (ЧПУ), являющегося модульным технологическим оборудованием, обладающего расширенными функциональными возможностями и технически достижимой высокой точностью позиционирования рабочих органов в субмикронном и нанодиапазоне, возможностью установки и взаимной замены аэростатических шпиндельных узлов с частотой вращения до 350000 об/мин механических режущих инструментов сверхмалого диаметра до 0,05 мм и лазерной режущей головки с пятном фокусировки 50 мкм, предназначенного для микрообработки широкой номенклатуры различных изделий из многослойных гетерогенных структур и деталей высокоточной

микромеханики, с возможностью обеспечения формирования в многослойных гетерогенных структурах высокоточных углублений шириной от 51 мкм, глубиной от 150 мкм, срочностью линейных размеров не более 5 мкм. Обрабатываемые материалы: алюминиевые сплавы, сталь, медные сплавы и многослойные гетерогенные структуры, такие как текстолит или композиционные материалы. Технический результат обеспечивается разработанным прецизионным станком для лезвийной и лазерной обработки деталей высокоточной микромеханики, который характеризуется структурной схемой станка с формулой XOYZCv и модульными сборками технологического оборудования: несущей системы станины, актуатором X, актуатором Y, актуатором Z, а также сменными рабочими органами для проведения обработки - высокоскоростным шпинделем на аэростатических подшипниках для лезвийного режущего инструмента малого

диаметра и лазерной головкой для лазерного микрорезания деталей. Станина выполнена сборной из гранитных плит, часть ее несущих деталей выполнена из синтетического кварца. Актуатор X собран из основания актуатора, плиты суппорта, линейного оптического энкодера, электродвигателя, направляющих. Актуатор Y состоит из аналогичных деталей актуатора X, за исключением плиты суппорта, которая имеет функцию крепления актуатора Z. Актуатор Z состоит из аналогичных деталей актуатора X за исключением размещения пневматических демпферов, позволяющих скомпенсировать вес установленного рабочего органа. В актуаторах для достижения высокой точности позиционирования использованы линейные синхронные безжелезные П-образные двигатели и оптические энкодеры. Крепление шпиндельного узла или лазерной головки на актуаторе Z предусмотрено с помощью системы крепления System 3R, позволяющей надежно и с высокой повторяемостью заменять при необходимости рабочий орган. В качестве дополнительной технологической оснастки для крепления заготовок изделий на станке предусмотрены взаимозаменяемые вакуумный стол при сквозной обработке плоских заготовок или магнитный стол для заготовок, имеющих малую толщину и жесткость из магнитных материалов. При этом высокоскоростной шпиндельный узел для микрообработки лезвийным режущим

инструментом обычно содержит корпус со встроенным двигателем, вал шпинделя на аэростатических подшипниках, систему охлаждения, механизм автоматической смены инструмента, а в качестве микромеханического лезвийного режущего инструмента могут быть использованы фрезы и сверла диаметром от 0,05 до 3 мм. При этом лазерная режущая головка для микрообработки имеет возможность получения пятна фокусировки 50 мкм и обычно содержит фокусирующую и защитную оптику в корпусе и систему подвода газов, причем в качестве источника лазерного излучения использован импульсный волоконный лазерный модуль с длиной волны 1064 нм, соединяющийся с лазерной режущей головкой посредством оптического волокна с оптическим выходом в виде коллиматора. Номенклатура изделий для микрообработки на станке представлена следующими видами изделий: микромембрана; фильтр; микроспираль; структурированная поверхность; сотовая структура; матрица; рефлектор; микропрессформа; прессформа для получения микроканальных структур; форсунка; микроимплантант; многослойная печатная плата, а обрабатываемыми материалами изделий при этом являются алюминиевые сплавы, сталь, медные сплавы, титановые сплавы и многослойные гетерогенные структуры, такие как текстолит или композиционные материалы. 1 з.п. ф-лы, 20 ил.



Фиг.1

Область техники

Полезная модель относится к области устройств прецизионной обработки деталей высокоточной микромеханики.

Уровень техники

5 Известен станок (инструмент) для прецизионной механообработки (патентная заявка Японии JP 2003251509 (A) TOOL FOR PRECISION MACHINING, MACHINING DEVICE, AND PRECISION MACHINING METHOD (МПК В23В 41/14; В23В 47/18; опубл. 2003-09-09), а именно для точного сверления отверстий малых диаметров при низких затратах путем подачи обрабатывающего инструмента, такого как сверло, с высокой точностью  
10 даже при использовании обрабатывающего устройства общего назначения.

Однако этот станок является специализированным для выполнения только операции сверления отверстий малых диаметров и не предназначен для обработки деталей высокоточной микромеханики большой номенклатуры.,

15 Известен ПРЕЦИЗИОННЫЙ СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК (патент РФ №59462 U1 (МПК В23В 39/00, Опубликовано: 27.12.2006), который может быть использован для сверления, шлифования, фрезерования заготовок из металла, всех видов пластмассы, а также дерева. Задачей было упрощение конструкции, создание удобного и безопасного в работе переносного многофункционального станка для выполнения различных операций: сверления сквозных и глухих отверстий в заготовках, шлифования,  
20 фрезерования с высокой точностью обработки различных материалов; обладающего удобством и безопасностью в работе, высокими эксплуатационными свойствами, небольшими габаритами и весом, используемого в автомастерских, а также в бытовых условиях.

Однако очевидно, что этот станок не может обеспечить обработку большой  
25 номенклатуры промышленных деталей высокоточной микромеханики.

Известен более близкий аналог к предлагаемой полезной модели - ПРЕЦИЗИОННЫЙ ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК (патент РФ №137218 U1 (МПК В23С 1/02, Опубликовано: 10.02.2014), относящийся к машинам для обработки материалов резанием. Техническим результатом является упрощение конструкции при  
30 одновременном достижении высоких динамических и точностных характеристик, за счет исключения различных траекторий движения заготовки при обработке различных участков контура, а также исключение дополнительных, переходных участков траектории движения заготовки при обработке фрезерованием различных участков контура детали, в том числе фасонного и прямолинейного; т.е. более плавное, без  
35 резкого изменения направления, движение заготовки. Прецизионный фрезерный обрабатывающий центр содержит вертикальные упоры основания, вертикальные упоры координаты V, удерживающую площадку, бочки, электродвигатели, электронный блок управления, ЭВМ, ходовые винты координаты X, Y, направляющие координаты X, Y, Z, разрезные гайки, рабочий стол, Т-образные пазы, прижимные элементы, муфты,  
40 пазы, пластины щита, переключку основания, башмаки, каретку, крышку каретки, крепеж для зажима, контроллер концевых выключателей, приемники и передатчики концевых выключателей, гибкий кабель-канал координаты X, Y, крепеж под кабель-канал. Основание состоит из двух вертикальных упоров основания прямоугольной или произвольной формы, на одном из вертикальных упоров основания, вертикальных  
45 упоров координаты Y и удерживающей площадке расположены отверстия, содержащие посадочные места для установки одного или двух разгрузочных подшипников, а также отверстия для установки бочек - полых цилиндрических деталей с фланцами для крепления и овальными вырезами посередине, для доступа к муфте, соединяющей вал

ходового винта с валом электродвигателя, к которым крепятся электродвигатели, подключаемые к электронному блоку управления и управляемые с ЭВМ.

Однако при большем совершенстве и актуальности данного станка, в нем не предусмотрены расширенные функциональные возможности для технически достижимой высокой точности позиционирования рабочих органов в субмикронном и нанодиапазоне, а также лезвийной обработки механическими режущими инструментами сверхмалого диаметра до 0,05 мм и лазерной обработки лазерной режущей головкой с пятном фокусировки 50 мкм для микрообработки широкой номенклатуры различных изделий из многослойных гетерогенных структур и деталей высокоточной микромеханики.

#### Раскрытие полезной модели

Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в разработке компоновки прецизионного станка с числовым программным управлением (ЧПУ), являющегося модульным технологическим оборудованием, обладающего расширенными функциональными возможностями и технически достижимой высокой точностью позиционирования рабочих органов в субмикронном и нанодиапазоне, возможностью установки и взаимной замены аэростатических шпиндельных узлов с частотой вращения до 350000 об/мин механических режущих инструментов сверхмалого диаметра до 0,05 мм и лазерной режущей головки с пятном фокусировки 50 мкм, предназначенного для микрообработки широкой номенклатуры различных изделий из многослойных гетерогенных структур и деталей высокоточной микромеханики, с возможностью обеспечения формирования в многослойных гетерогенных структурах высокоточных углублений шириной от 51 мкм, глубиной от 150 мкм, с, точностью линейных размеров не более 5 мкм. Обрабатываемые материалы: алюминиевые сплавы, сталь, медные сплавы и многослойные гетерогенные структуры, такие как текстолит или композиционные материалы.

Технический результат обеспечивается разработанным прецизионным станком для лезвийной и лазерной обработки деталей высокоточной микромеханики, который характеризуется структурной схемой станка с формулой XOYZCv и модульными сборками технологического оборудования: несущей системы станины, актуатором X, актуатором Y, актуатором Z, а также сменными рабочими органами для проведения обработки - высокоскоростным шпинделем на аэростатических подшипниках для лезвийного режущего инструмента малого диаметра и лазерной головкой для лазерного микрорезания деталей.

Станина выполнена сборной из гранитных плит, часть ее несущих деталей выполнена из синтетического гранита. Актуатор X собран из основания актуатора, плиты суппорта, линейного оптического энкодера, электродвигателя, направляющих. Актуатор Y состоит из аналогичных деталей актуатора X, за исключением плиты суппорта, которая имеет функцию крепления актуатора Z. Актуатор Z состоит из аналогичных деталей актуатора X за исключением размещения пневматических демпферов, позволяющих скомпенсировать вес установленного рабочего органа. В актуаторах для достижения высокой точности позиционирования использованы линейные синхронные безжелезные П-образные двигатели и оптические энкодеры. Крепление шпиндельного узла или лазерной головки на актуаторе Z предусмотрено с помощью системы крепления System 3R, позволяющей надежно и с высокой повторяемостью заменять при необходимости рабочий орган.

В качестве дополнительной технологической оснастки для крепления заготовок изделий на станке предусмотрены взаимозаменяемые вакуумный стол при несквозной



обработке плоских заготовок или магнитный стол для заготовок, имеющих малую толщину и жесткость из магнитных материалов.

При этом высокоскоростной шпиндельный узел для микрообработки лезвийным режущим инструментом обычно содержит корпус со встроенным двигателем, вал шпинделя на аэростатических подшипниках, систему охлаждения, механизм автоматической смены инструмента, а в качестве микромеханического лезвийного режущего инструмента могут быть использованы фрезы и сверла диаметром от 0,05 до 3 мм.

При этом лазерная режущая головка для микрообработки имеет возможность получения пятна фокусировки 50 мкм и обычно содержит фокусирующую и защитную оптику в корпусе и систему подвода газов, причем в качестве источника лазерного излучения использован импульсный волоконный лазерный модуль с длиной волны 1064 нм, соединяющийся с лазерной режущей головкой посредством оптического волокна с оптическим выходом в виде коллиматора.

Номенклатура изделий для микрообработки на станке представлена следующими видами изделий: микромембрана; фильтр; микроспираль; структурированная поверхность; сотовая структура; матрица; рефлектор; микропрессформа; прессформа для получения микроканальных структур; форсунка; микроимплантант; многослойная печатная плата, а обрабатываемыми материалами изделий при этом являются алюминиевые сплавы, сталь, медные сплавы, титановые сплавы и многослойные гетерогенные структуры, такие как текстолит или композиционные материалы.

Перечень фигур

Фиг. 1 Структурная схема прецизионного станка с формулой  $XOYZC_v$

Фиг. 2 Общий вид прецизионного станка

Фиг. 3 Фотография макетного образца прецизионного станка

Фиг. 4 Станина станка

Фиг. 5 Актуатор X

Фиг. 6 Фотография актуатора X в собранном виде

Фиг. 7 Актуатор Y

Фиг. 8 Фотография актуатора Y в собранном виде

Фиг. 9 Актуатор Z

Фиг. 10 Фотография актуатора Z в собранном виде

Фиг. 11 Модель вакуумного стола (без и с разрезом)

Фиг. 12 Модель магнитного стола (с крышкой и без крышки)

Фиг. 13 Микромембрана

Фиг. 14 Фильтр

Фиг. 15 Микроспираль

Фиг. 16 Структурированная поверхность

Фиг. 17 Сотовая структура

Фиг. 18 Рефлектор

Фиг. 19 Прессформа для изготовления микроканальной структуры

Фиг. 20 Микроимплантант

Осуществление полезной модели

Классическая компоновка  $XOYZC_v$  прецизионного станка (фиг. 1) технологична и проста в изготовлении (удобно изготавливать монолитную станину из синтегранита, а некоторые массивные монолитные части простой формы - из натурального гранита высокого качества). Общий вид прецизионного станка с компоновкой  $XOYZC_v$  и фотография макетного образца прецизионного станка представлены на фиг. 2 и 3.

Данная компоновка станка была синтезирована после анализа возможных компоновок прецизионного оборудования и аналогичных, уже выпускаемых станков. Портальная компоновка предпочтительна в плане достижения необходимой жесткости. При проведении испытаний проводится измерение точности позиционирования по ГОСТ Р 27843-2006, повторяемости и калибровка осей станка с помощью лазерного интерферометра.

На фотографии фиг. 3 представлен макетный образец прецизионного станка. На фотографии на модуле оси Z установлен шпиндель на аэростатических опорах со скоростью вращения до 120000 об/мин. Вес оси Z скомпенсирован пневматическими демпферами. Макетный образец установлен на массивную чугунную плиту, служащую фундаментом. На модуле по оси X установлена дополнительная виброизолирующая система.

Актуатор X (фиг. 5, 6) представляет собой сборку из основания актуатора, плиты суппорта, линейного оптического энкодера, двигателя, направляющих. Актуатор Y (фиг. 7, 8) представляет собой исполнение сборки актуатора X - он состоит из аналогичных деталей, за исключением плиты суппорта, которая имеет функцию крепления актуатора Z. Актуатор Z (фиг. 9, 10) представляет собой сборку исполнения сборки актуатора X, основное отличие заключается в размещении пневматических демпферов, позволяющих скомпенсировать вес установленного рабочего органа.

Станок работает при относительно невысоких нагрузках, но к его точности предъявляются значительные требования. В актуаторах для точности предусмотрена установка линейных синхронных безжелезных П-образных двигателей и оптических энкодеров. Исходя из оценки сил при обработке номенклатуры изделий, были выбраны линейные двигатели Kollmorgen с якорями IL12-75 для осей X и Y и якорь IL18-50, ввиду меньших поперечных габаритов, и магнитными дорогами MW075-0512 и MW050L-0512.

В качестве рабочего органа для производства обработки используется:

- высокоскоростной шпиндельный узел для микрообработки лезвийным режущим инструментом, который представляет собой корпус по встроенным двигателем, вал шпинделя на аэростатических подшипниках, систему охлаждения, механизм автоматической смены инструмента;

- лазерная режущая головка для микрообработки с возможностью получения пятна фокусировки 50 мкм, которая представляет собой фокусирующую и защитную оптику в корпусе и систему подвода газов.

Закрепление шпиндельного узла или лазерной головки осуществляется с помощью системы крепления System 3R, позволяющей надежно и с высокой повторяемостью заменять при необходимости рабочий орган.

В качестве сменной оснастки для закрепления заготовок экспериментальных образцов изделий из многослойных гетерогенных структур и деталей высокоточной микромеханики предусмотрены вакуумный стол (фиг. 11); магнитный стол (фиг. 12) и тиски (адаптер). Вакуумный стол применяют при несквозной обработке плоских заготовок, а магнитный стол - для заготовок, имеющих малую толщину и жесткость.

В плане функциональных схемных решений система ЧПУ приводами станка и режущего инструмента основана на базе контроллера реального времени cRIO 9066, соединенного единой шиной с модулями контроллеров серводвигателей осей X, Y, Z NI 9516 (производства компании National Instruments (США)). Для опроса концевых датчиков и формирование ряда дискретных сигналов, на эту шину установлен также модуль цифрового ввода-вывода NI 9401. Для опроса аналоговых измерительных преобразователей в системе виброизоляции, на шине присутствует модуль аналогового

ввода NI 9232. Для формирования аналоговых; сигналов управления шпинделем и другими рабочими органами на шину установлен модуль аналогового вывода NI 9260. Терминальная программа для работы оператора установлена на персональный компьютер, соединенный с контроллером реального времени по интерфейсу Ethernet.

5 Для управления линейными двигателями каждой из осей в конструкции присутствуют драйверы (цифровые сервоусилители). В схеме присутствует три контура обратной связи - по положению, по скорости и по току. Требуемая траектория перемещения по оси передается в блок ограничения положения, скорости и ускорения, который формирует данные о желаемом ускорении, максимальной скорости и пределах

10 положения. Пределы положения сравниваются с фактическим положением привода и в блоке формирования требуемой скорости рассчитывается заданная скорость привода с учетом направления, корректного разгона и торможения, а также выхода суппорта за пределы положения. Заданная скорость преобразуется в заданный ток привода в пропорционально-интегральном регуляторе, состоящем из элемента сравнения,

15 сравнивающего заданную и фактическую скорость, блока интегрирования, двух настраиваемых коэффициентов  $K_vp$  (пропорционального) и  $K_{vi}$  (интегрального) и сумматора. Полученный сигнал требуемого тока проходит через фильтр низкой частоты (т.к. система не может отработать очень быстрое изменение тока) и ограничитель, настроенный в соответствии с предельным током якоря двигателя. В результате работы

20 еще одного пропорционально-интегрального регулятора (с пропорциональным и интегральным коэффициентами  $K_{ip}$  и  $K_{ii}$  соответственно), сигнал преобразуется в требуемое напряжение на обмотках якоря. Блок формирования сигналов на обмотки и усиления обеспечивает оптимальное взаимоположение магнитного поля якоря относительно магнитов статора, и подачу на якорь требуемого напряжения. Сигнал о

25 фактическом положении и скорости перемещения привода каждого актуатора поступает с оптической линейки этого привода через интерполятор, позволяющий обеспечить работу независимой системы измерения в нанометровом диапазоне. Референтная точка привода находится на оптической линейке. Для предотвращения аварийных ситуаций в приводе каждого актуатора установлено два механических конечных выключателя,

30 информацию с которых обрабатывает модуль цифрового ввода-вывода NI 9401. Контроллер лазера управляется дискретным сигналом по восьмибитной шине, реализованной модулем цифрового ввода-вывода NI 9401.

Шпиндель управляется от преобразователя частоты, дискретные сигналы (включение-выключение) на который поступают с модуля цифрового ввода-вывода NI 9401, а

35 аналоговый сигнал (частота вращения) - с модуля аналогового вывода NI 9260. Встраиваемый асинхронный двигатель в шпинделе требует охлаждения. Система охлаждения шпинделя представлена водяной рубашкой, расход охлаждающей жидкости в которой регулируется помпой. Аэростатические подшипники в шпинделе требуют воздуха под давлением 6 атм., очищенного до наличия частиц размером менее 0,9 мкм.

40 Для этого воздух из компрессора проходит три фильтра - грубой, средней и тонкой очистки.

Для преобразования управляющей траекторий в управляющие программы для станка предусмотрено использование постпроцессора. Постпроцессор - это часть программного обеспечения САМ системы для программирования траекторий движения режущего

45 инструмента. Основная задача постпроцессора преобразовать нейтральные команды (CLDATA) перемещения и адаптировать их под систему ЧПУ станка, создать управляющую программу (УП). Под системой ЧПУ станка понимается компьютер, считывающий файл УП и управляющий станком. Для редактирования файла

постпроцессора используется специальное программное обеспечение. Каждая САМ-система имеет свой встроенный редактор постпроцессоров. САМ-система Delcam имеет встроенный редактор Delcam PostProcessor. Этот продукт позволяет открыть и редактировать, отлаживать постпроцессор, а также управляющие программы любой сложности для фрезерных станков с ЧПУ. Постпроцессор опирается на САМ-систему PowerMILL. Обработка исходной траектории осуществляется с помощью опционного файла - это своего рода описание конфигурации станка и системы ЧПУ, то есть файл конфигурации станка. В основном входными данными для постпроцессора является файл CLDATA. Обычно он автоматически подгружается из САМ системы. После считывания данных постпроцессор производит трансляцию и модифицирует данные в файл управляющей программы.

Конкретная номенклатура опытных изделий для микрообработки на разработанном прецизионном станке представлена двенадцатью типами изделий, а именно:

Микромембрана (фиг. 13); Фильтр (фиг. 14); Микроспираль (фиг. 15);

Структурированная поверхность (фиг. 16); Сотовая структура (фиг. 17); Матрица; Рефлектор (фиг. 18); Микропрессформа; Прессформа для изготовления микроканальной структуры (фиг. 19); Форсунка; Микроимплантант (фиг. 20); Многослойная печатная плата.

В таблице перечислены названия изделий из номенклатуры, инструменты для их микрообработки, материалы изделий и сменная оснастка для крепления заготовок изделий.

Таблица - Образцы изделий из гетерогенных структур и точной микромеханики

№	Название	Материал	Тип инструмента / обработки	Оснастка
1	Микромембрана	Сталь 20X13	Лазерная обработка	Магнитный стол
2	Фильтр	Сталь 40	Лазерная обработка	Магнитный стол
3	Микроспираль	Сталь 40	Лазерная обработка	Магнитный стол
4	Структурированная поверхность	Сталь 40	Лазерная обработка	Вакуумный стол
5	Сотовая структура	Латунь (мед- ный сплав) Л90	Концевая фреза Ø0,5 мм	Вакуумный стол
6	Матрица	Алюминиевый сплав Д16Т	Коническая фреза с Ø0,8 мм, R0,2 мм, угол 1°, концевая фреза с Ø0,4 мм, концевая фреза с Ø0,1 мм	Вакуумный стол
7	Рефлектор	Бронза (медный сплав) Бр05С25	Гравер твердосплавный V-образный с углом $\varphi=90^\circ$	Вакуумный стол
8	Микропрессформа	Алюминиевый сплав Д16Т	Гравер с Ø0,2 мм, угол 10°	Вакуумный стол
9	Прессформа для микроканальной структуры	Алюминиевый сплав Д16Т	Гравер с R0,1 мм, угол 10°	Вакуумный стол
10	Форсунка	Композитная многослойная сталь	Гравер с Ø0,2 мм, угол 18°, сверло Ø0,2 мм	Тиски
11	Микроимплантант	Титановый сплав ОТ4	Концевая фреза Ø0,4 мм	Тиски (адаптер)
12	Многослойная печатная плата	Многослойный текстолит МТВ-3	Лазерная обработка, сверло Ø0,15 мм	Тиски (адаптер)

Обобщая сведения таблицы, в качестве микромеханического лезвийного режущего инструмента могут быть использованы: концевые фрезы диаметром от 0,1 до 0,5 мм, конические фрезы диаметром от 0,2 до 0,8 мм, граверы малого диаметра с углов от 10° до 90°. Технически возможно применение фрез, граверов и сверл диаметром от 0,05 до 3 мм.

При выполнении операций обработки необходимо дождаться стабилизации температуры в зоне обработки, при необходимости включить систему активной компенсации вибраций и выбрать соответствующую обрабатывающую головку:

- в случае лезвийной обработки установить фрезу или сверло, включить шпиндель и дождаться его полной раскрутки (при высокоскоростной обработке полная раскрутка может занять продолжительное время);

- в случае лазерной обработки установить в программе необходимые параметры лазерной обработки.

Для контроля изготовленных деталей возможно применение видео-измерительных машин требуемой высокой точности измерений.

Предлагаемая полезная модель прецизионного станка разработана в ходе выполнения прикладных научных исследований (ПНИ) в рамках Соглашения о предоставлении

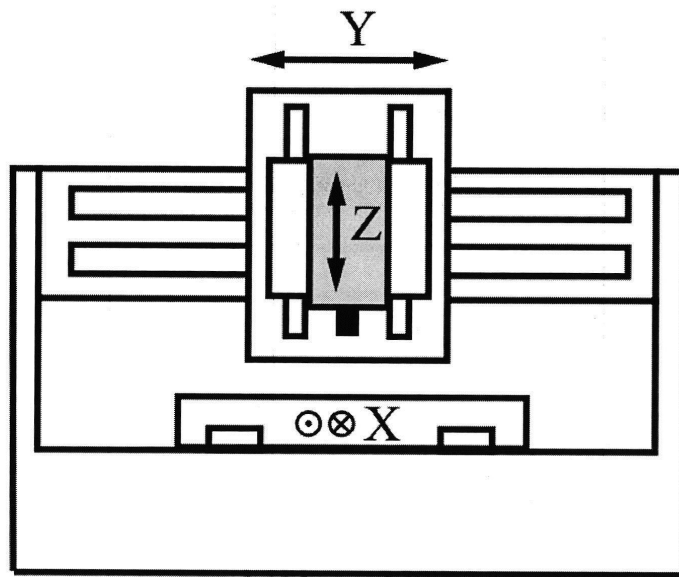
субсидии №14.577.21.0128 между Министерством образования и науки Российской Федерации и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

(57) Формула полезной модели

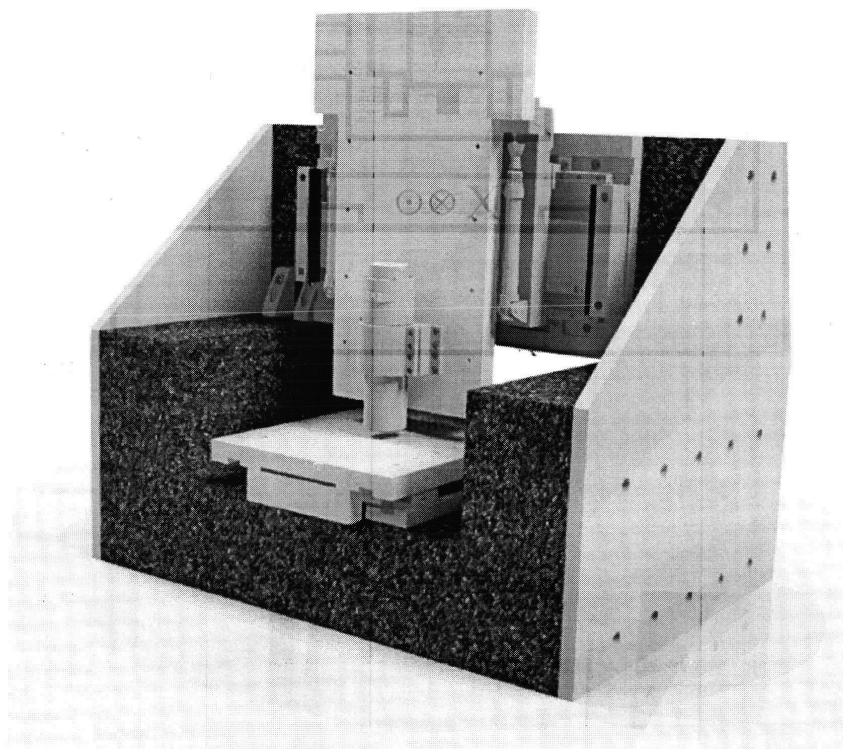
5 1. Прецизионный станок для обработки деталей высокоточной микромеханики, содержащий станину, актуаторы по осям X, Y и Z, рабочий орган для обработки и технологическую оснастку для крепления заготовок, отличающийся тем, что станина выполнена сборной из гранитных плит и несущих деталей из синтетического  
10 двигателя, основания, плиты и линейного оптического энкодера, причем на плите актуатора по оси X расположена технологическая оснастка для крепления заготовки, а актуатор по оси Z расположен на плите актуатора по оси Y и включает пневматические демпферы для компенсации веса рабочего органа.

15 2. Станок по п. 1, отличающийся тем, что он предназначен для микрообработки микромембран, фильтров, микроспиралей, структурированных поверхностей, сотовых структур, матриц, рефлекторов, микропрессформ, прессформ для получения микроканальных структур, форсунок, микроимплантантов и многослойных печатных плат из материалов, выбранных из группы, включающей алюминиевые сплавы, сталь, медные сплавы, титановые сплавы, многослойные гетерогенные структуры, такие как  
20 текстолит, и композиционные материалы.

1

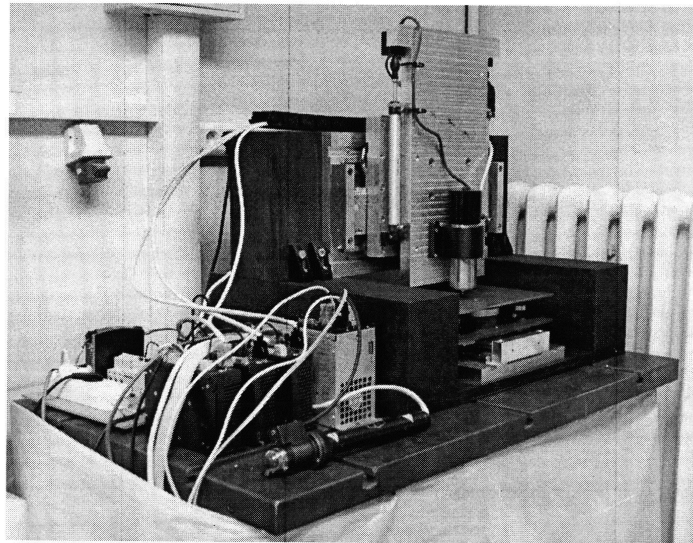


Фиг.1

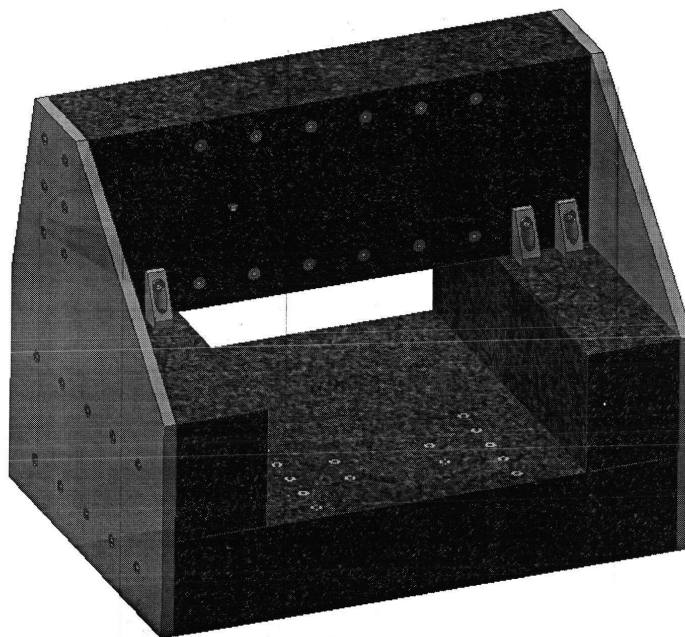


Фиг.2

2

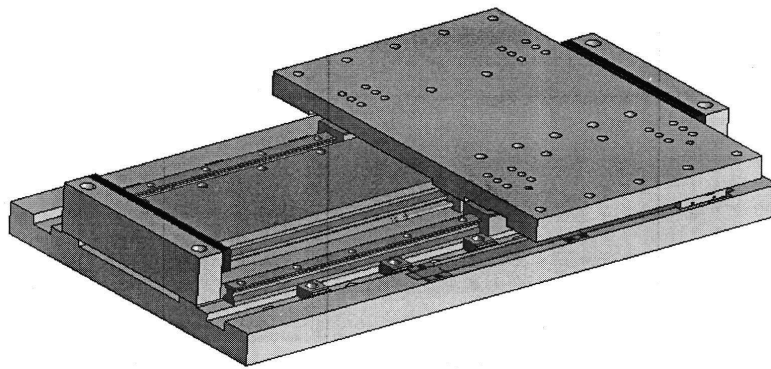


Фиг.3

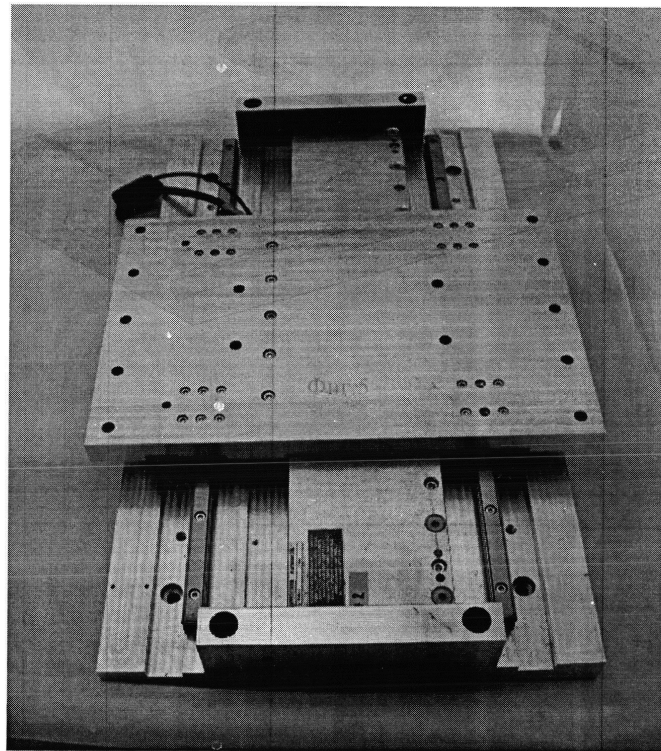


Фиг.4

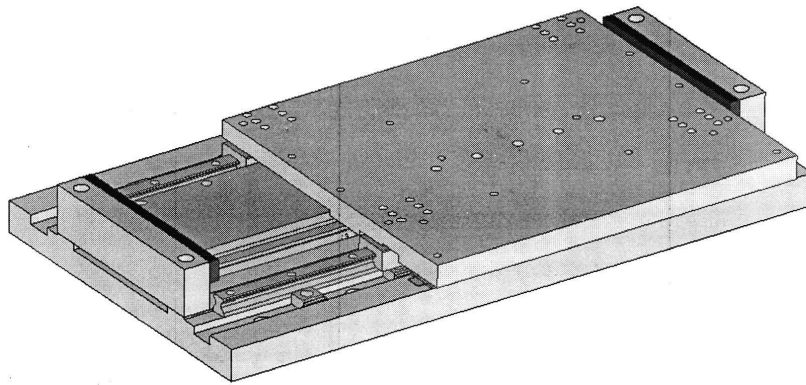




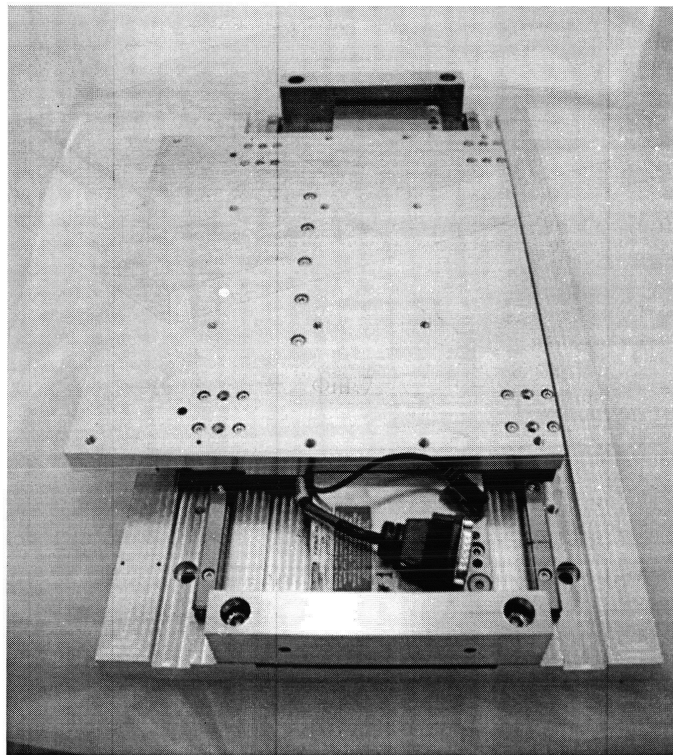
Фиг.5



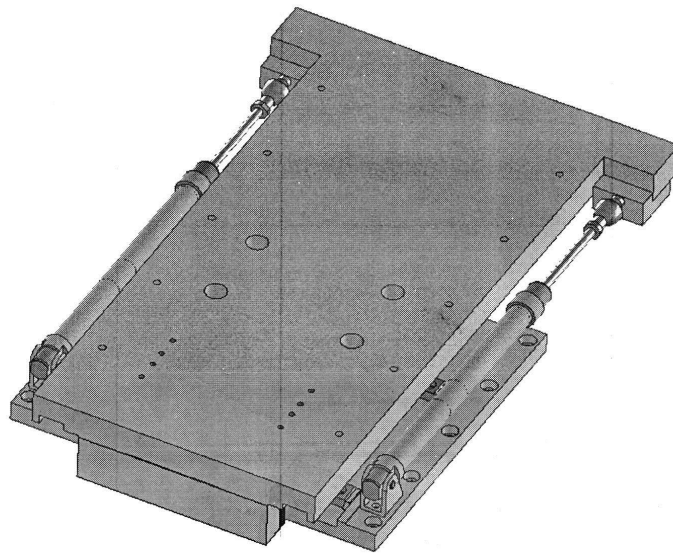
Фиг.6



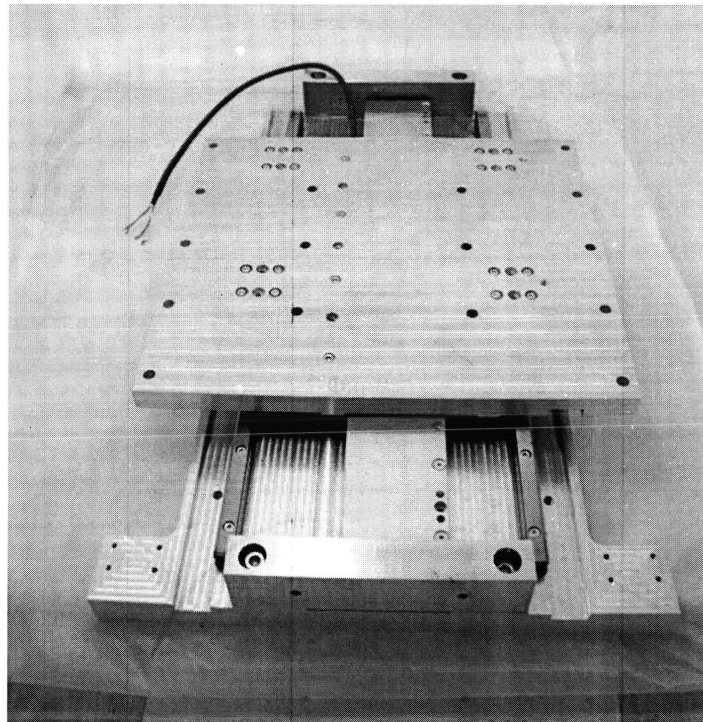
Фиг.7



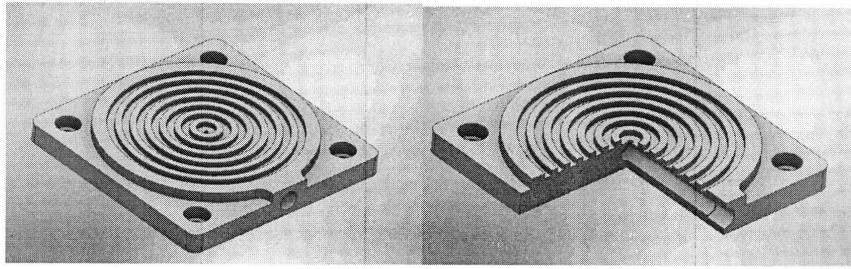
Фиг.8



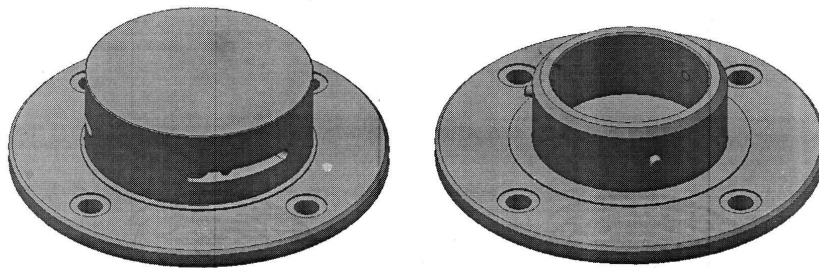
Фиг.9



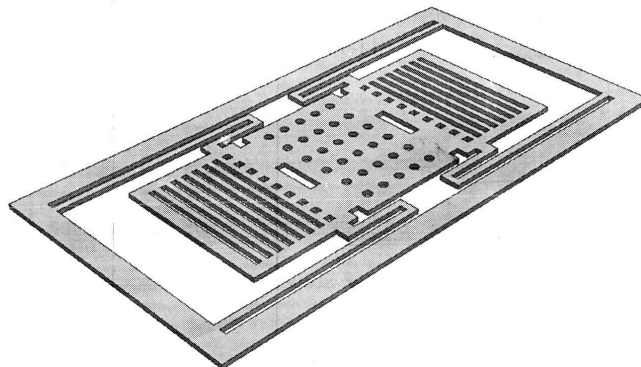
Фиг.10



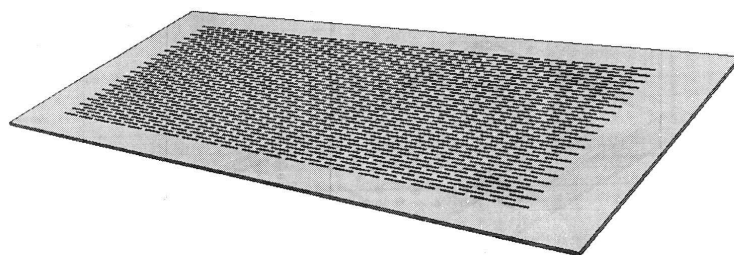
Фиг.11



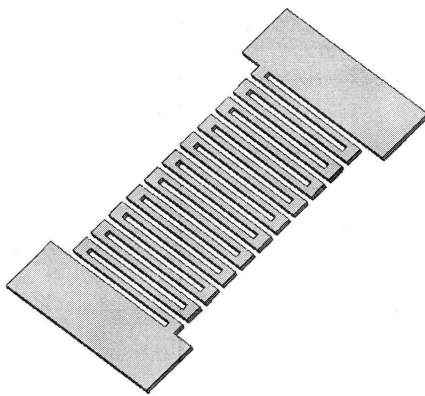
Фиг.12



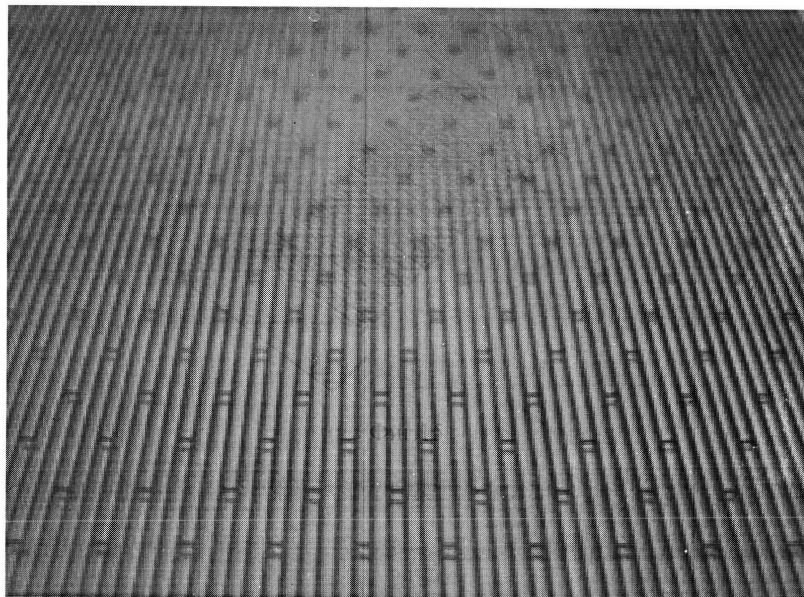
Фиг.13



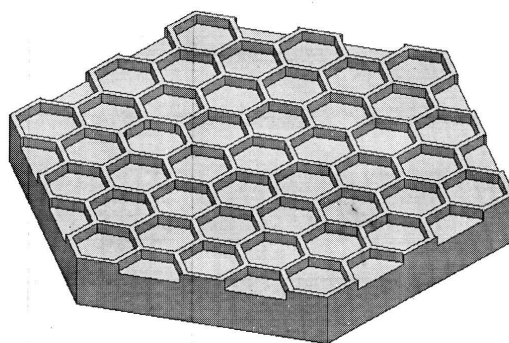
Фиг.14



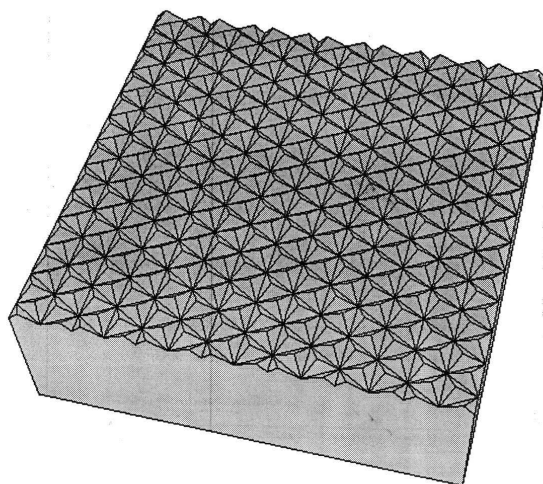
Фиг.15



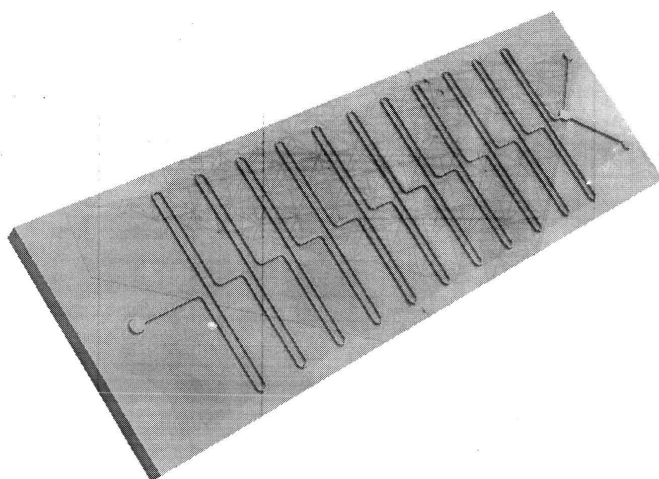
Фиг.16



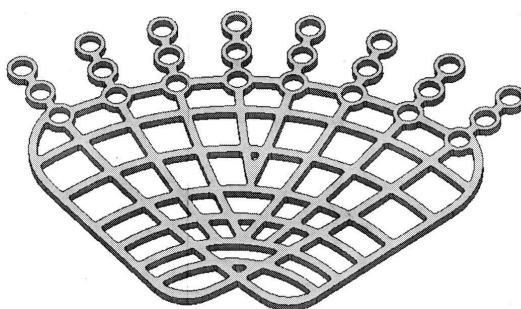
Фиг.17



Фиг.18



Фиг.19



Фиг.20