



Холдинговая компания АО «Станкопром»

**СТАНКОПРОМ**



**STANKOPROM**



Ассоциация  
«Станкоинструмент»

# ТЕХНОФОРУМ-2015

*Научно-техническая конференция «Перспективные технологии и разработки высокотехнологичного наукоемкого оборудования предприятиями станкоинструментальной отрасли, отвечающие задачам реализации ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса РФ на 2011-2020 г.г.».*

г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»

20 октября 2015 года



# ТЕХНОФОРУМ-2015

*Научно-техническая конференция «Перспективные технологии и разработки высокотехнологичного наукоемкого оборудования предприятиями станкоинструментальной отрасли, отвечающие задачам реализации ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса РФ на 2011-2020 г.г.»*

г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»

20 октября 2015 года

*Боровский Георгий Владиславович  
Генеральный директор ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»,  
Председатель Совета директоров  
Российской Ассоциации «Станкоинструмент»*

## Центр ультрапрецизионного станкостроения и уникальных технологий металлообработки



ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»  
научно-исследовательский инструментальный институт



Холдинговая компания АО «Станкопром»

СТАНКОПРОМ



STANKOPROM



# ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»

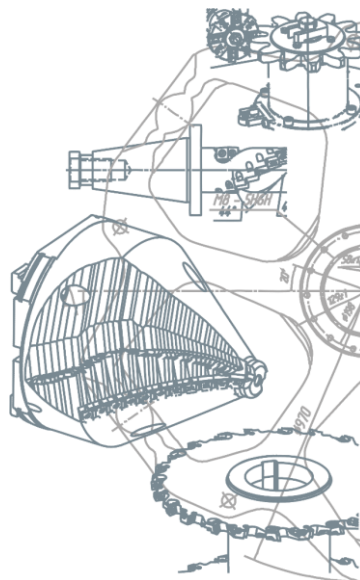
научно-исследовательский инструментальный институт



Всероссийский научно-исследовательский инструментальный институт основан в 1943 году.

ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» в настоящее время является отраслевым научно-исследовательским центром в области станкостроения и инструментального производства Холдинговой компании АО «Станкопром» Государственной корпорации «Ростех».

Располагая высококвалифицированными специалистами, собственной опытно-экспериментальной базой, институт выполняет комплексные научно-исследовательские, опытно-конструкторские и инновационно-технологические работы (НИОКТР) по созданию и внедрению эффективных технологий металлообработки и деревообработки, специального высокопроизводительного оборудования, режущего, вспомогательного, мерительного, слесарно-монтажного, абразивного и алмазного инструмента, оснастки, обеспечивает их оптимальную эксплуатацию и мониторинг.



# Основные направления деятельности и развития ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»



- проведение комплексных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и инновационно-технологических работ (НИОКТР=R&D&E) в области обрабатывающих технологий, автоматизированного оборудования и наукоёмкого инструмента, обеспечение их освоения и серийного выпуска российскими предприятиями станкоинструментальной промышленности;
- проведение технологического аудита предприятий, экспертиза проектов техперевооружения предприятий и предложений по закупкам оборудования, прежде всего, за счет средств госбюджета, обеспечивающих сокращение инвестиционных расходов, повышение качества проектов и результатов их реализации;
- создание инновационных технологий высокоточной обработки сложных деталей из металлических и композиционных материалов, разработка и реализация «под ключ» проектов технологического перевооружения предприятий, поставка, пуско-наладка и сервисное обслуживание в течение всего жизненного цикла завершённых экологически чистых технологических систем, обеспечивающих повышение производительности до 10 и более раз, сокращение энергопотребления и производственных площадей в 2-3 раза;
- разработка максимально детализированных технических заданий на специальное высокопроизводительное оборудование для гарантированного достижения показателей инновационных технологий при минимальной себестоимости, поиск потенциальных изготовителей такого оборудования, согласование и отработка ТЗ;
- создание комплексных отечественных инновационных технологических решений для ультрапрецизионной обработки алмазным точением, фрезерованием и шлифованием особо точных ответственных деталей из труднообрабатываемых материалов с точностью формы  $R-V < 100$  нм и оптическим качеством поверхности  $Ra \leq 5$  нм (разработка и изготовление ультрапрецизионных технологических модулей с ЧПУ, сверхвысокоточного контрольно-измерительного оборудования, специального инструмента из сверхтвёрдых материалов, специальной технологической оснастки);
- исследование процессов резания металлических и композиционных материалов с получением объективной информации для научно-обоснованной оптимизации параметров технологических процессов обработки деталей машин и характеристик необходимого оборудования;
- разработка конструкций, технологий изготовления и производство наукоёмких инструментов из наноструктурных, субмикронных и ультрадисперсных инструментальных материалов, в т.ч. со специальными покрытиями, для высокопроизводительной экологически чистой обработки;
- стандартизация и сертификация инструмента и инструментальных материалов, метрологическая и патентная экспертиза.



Созданное институтом новое оборудование позволяет оптимизировать параметры проектов технологического перевооружения и закупаемых станков, базируясь на объективных научно-обоснованных данных, полученных экспериментальным путем, с применением:

- многофункционального автоматизированного исследовательского комплекса, работающего с наноразмерной точностью и обладающего уникальными характеристиками и возможностями, разработанного и изготовленного совместно со швейцарской фирмой «Willemin Macodel»;
- многокоординатного шлифовально-заточного технологического модуля с ЧПУ, созданного по проекту «Разработка технологий и оборудования для производства широкой номенклатуры металлорежущего инструмента из наноструктурных твердых сплавов» (Государственный контракт № 10411.1003702.05.018 от 27.04.2010 г.).





# ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»

научно-исследовательский инструментальный институт



**Многофункциональный исследовательский комплекс по изучению процессов резания материалов и оптимизации проектов технологического перевооружения машиностроительных предприятий.**



**Многокоординатный шлифовально-заточный модуль с ЧПУ для оптимизации технологических процессов и производства широкой номенклатуры металлорежущего инструмента из наноструктурных твердых сплавов.**





В течение последних 5 лет **особое внимание** в институте уделяется новому научному направлению – ультрапрецизионной тематике (создание комплексных отечественных инновационных решений: разработка технологических процессов и изготовление ультрапрецизионных технологических модулей с ЧПУ, сверхвысокоточного контрольно-измерительного оборудования, специального инструмента из сверхтвердых материалов, специальной технологической оснастки для ультрапрецизионной обработки алмазным точением, фрезерованием и шлифованием особо точных ответственных деталей из труднообрабатываемых материалов с точностью формы  $P-V < 100$  нм и оптическим качеством поверхности  $Ra \leq 5$  нм).

Современная высокотехнологичная промышленность нуждается в технологиях, позволяющих обрабатывать хрупкие материалы, в число которых входят и кристаллы, с оптическим качеством поверхности. Зачастую показатели качества обработанных деталей на самом деле должны быть на порядок выше заявленных, однако отсутствие методов обработки и оборудования необходимого класса точности приводит к тому, что производитель вынужден довольствоваться той шероховатостью поверхности и точностью формы деталей, которые могут быть обеспечены традиционными методами обработки.



# Традиционная обработка хрупких материалов

## ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»



На данный момент хрупкие материалы обрабатываются при помощи шлифования и полирования. Этот трудоемкий процесс осуществляется в несколько стадий и может занимать от нескольких дней до нескольких недель.

Как правило, обработка ведется в следующей последовательности: поверхность обрабатываемой детали шлифуется абразивными кругами с постепенным снижением зернистости, а далее деталь добирается полированием в агрессивной среде.

Обработка поверхности детали совмещает в себе обработку связанным и свободным абразивом и имеет некоторые существенные недостатки:

- полировальник прижимается к обрабатываемой детали с определенным усилием, что приводит к выкалыванию частиц обрабатываемого материала и образованию трещин на обрабатываемой поверхности. Последующая обработка только увеличивает скорость распространения трещин и вызывает в итоге лавинообразное образование трещиноватого (поврежденного) слоя;
- из-за тесного взаимодействия абразивного и обрабатываемого материалов велика вероятность шаржирования обработанной поверхности, что приводит к визуальным дефектам. Эта проблема особо остро стоит для поверхностей оптических деталей;
- традиционная схема обработки, помимо низкой производительности, неспособна обеспечить шероховатость поверхности менее 20 нм и точность формы менее 200 нм. Эти максимально достижимые показатели качества поверхности идут вразрез с современными требованиями;
- традиционную схему трудно адаптировать для деталей произвольных (например, асферических) форм;
- применение химических сред при полировании деталей наносит вред окружающей среде и здоровью персонала.







## Новая технология обработки в квазипластичном режиме ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»



Заменой традиционного метода обработки может служить обработка в квазипластичном режиме. Основой этого метода является способность обрабатываемого материала при определенных условиях в зоне резания менять свои свойства.

Хрупкие материалы при специально созданном в зоне резания высоком контактом давлении ведут себя как пластичные и могут быть обработаны с показателями качества, которые сегодня достижимы только при обработке металлов и их сплавов.

Например, при обработке кварцевого стекла, кристаллов соли типа KDP (дигидрофосфат калия), германия резание в квазипластичном режиме позволяет достигнуть шероховатости поверхности не более 1 нм и точности формы не более 10 нм. Метод позволяет обрабатывать как плоские поверхности, так и поверхности произвольной (асферической) формы.

Квазипластичный режим резания обеспечивается целым рядом факторов. В их число помимо необходимой критической толщины срезаемой стружки, обеспечиваемой режимными параметрами процесса (подачей и глубиной резания) и геометрическими параметрами режущего инструмента, входят также технические характеристики оборудования.

Для реализации квазипластичного режима обработки необходим специальный алмазный монокристаллический инструмент и уникальное сверхжесткое ультраточное оборудование.





## **Основные преимущества обработки в квазипластичном режиме:**

- возможность обработки хрупких материалов (оптических стекол, германия, кристаллов KDP) с достижением значения шероховатости не более 1 нм и отклонения формы не более 10 нм;
- возможность обработки деталей любой произвольной формы, в том числе асферической;
- возможность минимизации трещиноватого слоя на обработанных поверхностях вплоть до полного его исключения (особо важно для деталей, используемых в электронной промышленности);
- процесс обработки в квазипластичном режиме значительно более производителен по сравнению с традиционной технологией обработки, поскольку требуемые показатели качества достигаются посредством только одного вида обработки, длительность операции зависит только от наследственных качеств заготовки;
- метод квазипластичной обработки является экологически чистым.





## **Основные принципы, реализуемые ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» при создании ультрапрецизионного оборудования:**

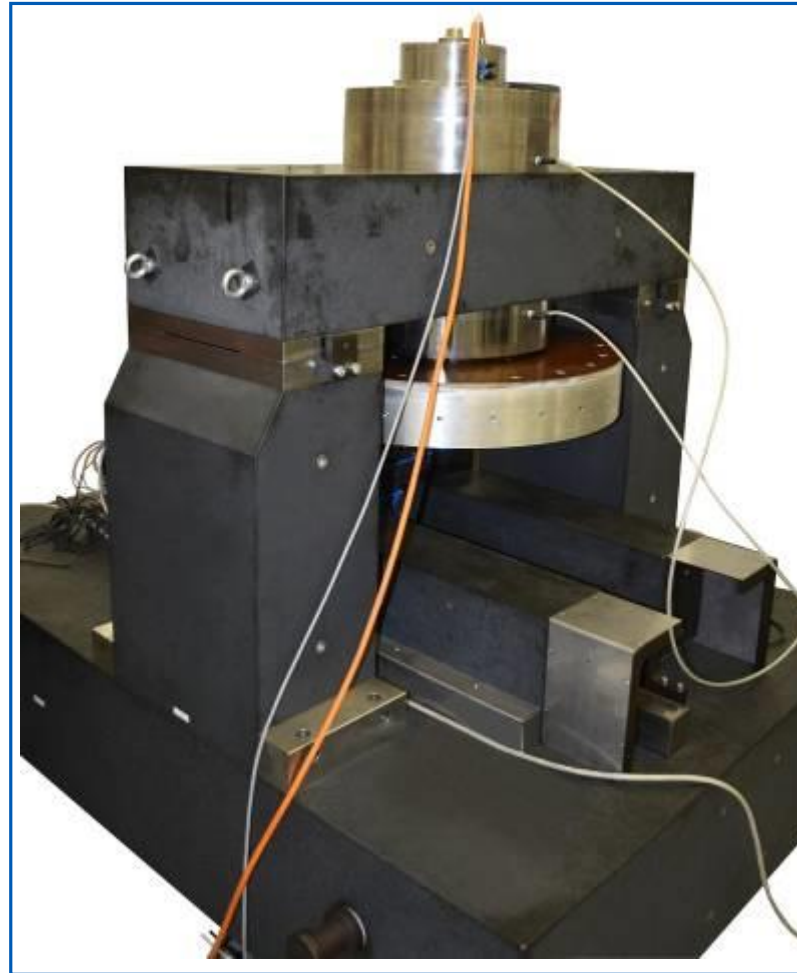
- использование аэростатических направляющих и опор с пористым дросселированием и вакуумным натягом;
- использование системы виброизоляции с собственной частотой колебаний не более 5 Гц;
- использование электроприводов прямого действия на базе встроенных маловиброактивных безжелезных двигателей в комплекте с датчиками обратной связи нанометрового разрешения.

Для обработки плоских поверхностей хрупких кристаллов группы KDP методом алмазного фрезерования сконструирован и изготовлен специальный ультрапрецизионный экспериментальный стенд, предназначенный для алмазного микрофрезерования кристаллов группы KDP с шероховатостью поверхности не более 10 нм и точностью поверхности не хуже 50 нм на обрабатываемой поверхности размерами 100x100 мм.





## Стенд для алмазного фрезерования кристаллов



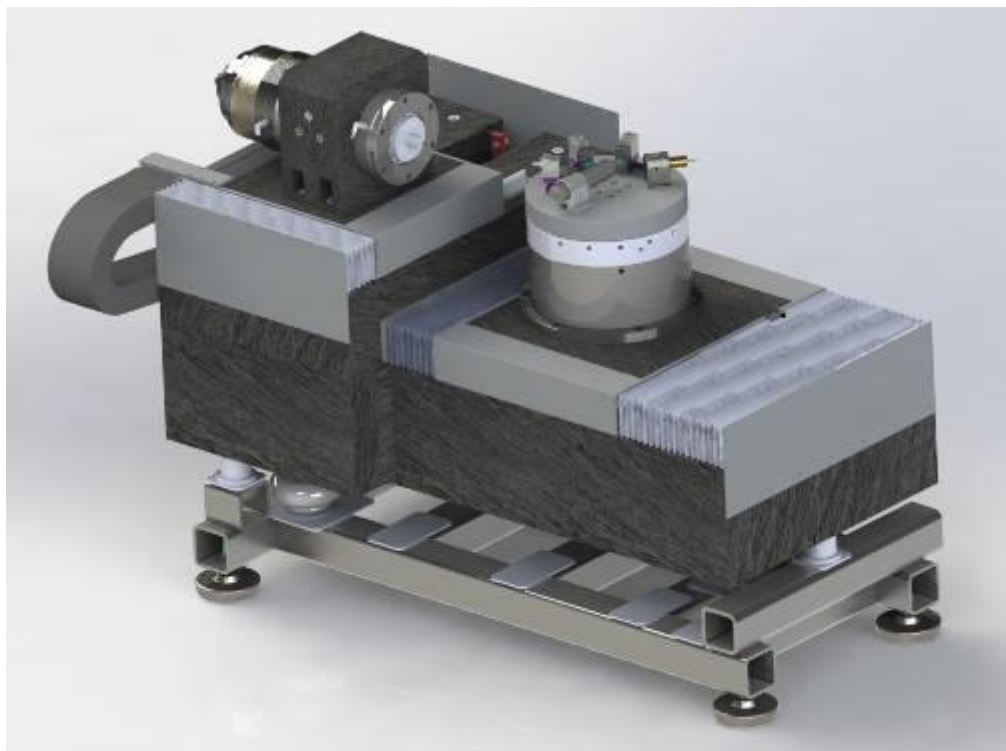


**Параметры ультрапрецизионного станда для плоского алмазного микрофрезерования кристаллов группы KDP:**

<b>№ п/п</b>	<b>Параметр</b>	<b>Значение параметра</b>
<b>1.</b>	<b>Габариты обрабатываемых изделий, мм</b>	<b>450 x 450</b>
<b>2.</b>	<b>Число координатных осей: Ось X – движение продольного суппорта; Ось C – движение шпиндельного узла</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Наибольшее перемещение продольного суппорта (передвижение заготовки), ось X, мм</b>	<b>800</b>
<b>4.</b>	<b>Диапазон частот вращения шпиндельного узла, об/мин.</b>	<b>20...600</b>
<b>5.</b>	<b>Рабочая подача продольного суппорта, мм/мин.</b>	<b>50...500</b>
<b>6.</b>	<b>Дискретность перемещения продольного суппорта, мкм</b>	<b>0,01</b>
<b>7.</b>	<b>Мощность электродвигателя шпинделя, кВт</b>	<b>0,7</b>



## Стенд для сверхточного алмазного точения сферических и асферических поверхностей



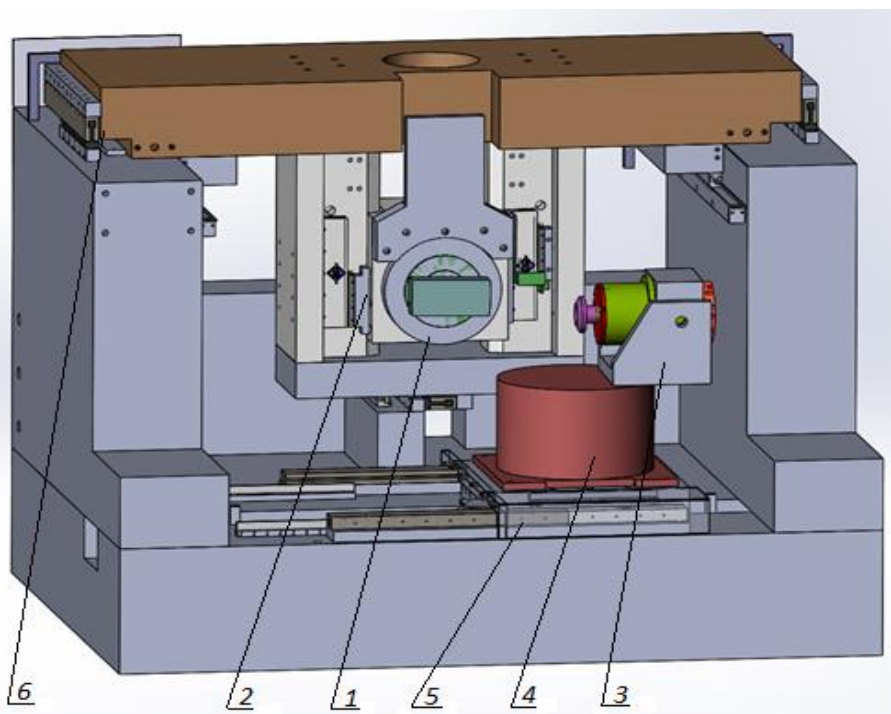
Стенд предназначен для ультрапрецизионной обработки широкого спектра различных материалов: кристаллы (кремний, германий, арсенид галлия, фториды магния и калия и т.д.), полимеры (поликарбонат, полистирол, акрил и т.д.), металлы (алюминий, серебро, золото, бериллий, медь, платина, свинец, магний, латунь, бронза, никель и т.д.).



**Параметры ультрапрецизионного станда для алмазного точения деталей  
сферической и асферической формы из хрупких материалов**

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1.	<b>Габариты обрабатываемых изделий:</b>	
	диаметр, мм	100
	длина, мм	100
2.	<b>Число координатных осей</b>	4
3.	<b>Наибольшее перемещение продольного суппорта, ось Z, мм</b>	200
4.	<b>Наибольшее перемещение поперечного суппорта, ось X, мм</b>	300
5.	<b>Диапазон частот вращения шпинделя главного движения, ось S, мин.<sup>-1</sup></b>	50...5000
6.	<b>Диапазон частот вращения привода главного движения, ось C, мин.<sup>-1</sup></b>	0...200
7.	<b>Диапазон частот вращения шпинделя фрезерно-шлифовальной головки, мин.<sup>-1</sup></b>	0...50000
8.	<b>Диапазон рабочих подач продольного суппорта, ось Z, мм/мин.</b>	0...200
9.	<b>Диапазон рабочих подач поперечного суппорта, ось X, мм/мин.</b>	0...200
10.	<b>Диапазон рабочих подач поворотного стола, ось B, мин.<sup>-1</sup></b>	0...10
11.	<b>Дискретность задания перемещения продольного суппорта, мкм</b>	0,001
12.	<b>Дискретность задания перемещения поперечного суппорта, мкм</b>	0,001
13.	<b>Дискретность задания перемещения поворотного стола, ось B, угловых с</b>	0,01

В рамках Соглашения №14.579.21.0042 от 25.08.2014 (уникальный идентификатор RFMEFI57914X0042) между ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» и Министерством образования и науки РФ по теме «Разработка технологии и оборудования наноразмерной обработки алмазным монокристаллическим и абразивным инструментом оптических материалов в режиме квазипластичного резания» разрабатывается экспериментальный образец специального ультрапрецизионного станда, позволяющего производить обработку алмазным шлифовальным и монокристаллическим лезвийным инструментом поверхностей различной, в том числе и произвольной формы, деталей из хрупких оптических материалов.



**Схема разрабатываемого сверхжесткого ультрапрецизионного экспериментального станда для алмазного точения и шлифования в квазипластичном режиме:**

- 1 – шпиндель заготовки;
- 2 – вертикальный суппорт;
- 3 – инструментальный шпиндель;
- 4 – поворотный стол;
- 5 – поперечный суппорт;
- 6 – продольный суппорт.





**Параметры ультрапрецизионного станда для наноразмерной обработки алмазным монокристаллическим и абразивным инструментом оптических материалов в режиме квазипластичного резания**

№ п/п	Параметр станка	Значение параметра
1.	<b>Габариты обрабатываемых изделий:</b>	
	длина, мм	210
	ширина, мм	150
	высота, мм	100
2.	Число координатных осей	5
3.	Наибольшее перемещение продольного суппорта, ось Z, мм	150
4.	Наибольшее перемещение поперечного суппорта, ось X, мм	250
4.	Наибольшее перемещение вертикального суппорта, ось X, мм	100
5.	Диапазон частот вращения шпинделя главного движения, ось S, мин. <sup>-1</sup>	50...3000
6.	Диапазон частот вращения шпинделя изделия, ось S1, мин. <sup>-1</sup>	1...1000
7.	Диапазон рабочих подач продольного суппорта, ось Z, мм/мин.	0...100
8.	Диапазон рабочих подач поперечного суппорта, ось X, мм/мин.	0...100
9.	Диапазон рабочих подач поворотного стола, ось B, мин. <sup>-1</sup>	0...10
10.	Дискретность задания перемещения продольного суппорта, мкм	0,0001
11.	Дискретность задания перемещения поперечного суппорта, мкм	0,0001
12.	Дискретность задания перемещения поворотного стола, ось B, угловых с	0,0001



Уникальные технологические компетенции получения особоответственных ультрапрецизионных деталей, в том числе с микроструктурами, из различных материалов, включая труднообрабатываемые, с шероховатостью поверхности менее 5 нм и точностью формы лучше 50 нм обеспечат следующие Российские технологические платформы:

- инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника - в части создания технологического оборудования, базовых и критических технологий производства элементов и узлов лазерно-оптической техники, лазерной обработки промышленных материалов, включая материалы судо- и авиастроения, атомной и космической техники, а также прецизионную обработку в микро- и наноэлектронике;
- управляемый термоядерный синтез - в части создания технологического оборудования, базовых и критических технологий для ультрапрецизионной обработки новых материалов - водорастворимых кристаллов большой апертуры группы KDP, DKDP, используемых для генерации фемтосекундных лазерных импульсов тераваттного уровня мощности;
- технологии мехатроники, встраиваемых систем управления, радиочастотной идентификации и роботостроение - в части создания оборудования, систем и технологий для микро- и нанообработки элементов микропроцессорной электроники, подложек кристаллов, сенсорных элементов, микророботов, исполнительных элементов и систем.





Создаваемое технологическое ультрапрецизионное оборудование по своим эксплуатационным, функциональным и точностным характеристикам соответствует лучшим мировым аналогам, выпускаемым такими лидерами мировой ультрапрецизионной станкостроительной промышленности, как «Moore nanotechnology systems» (США), «Precitech Ultra Precision» (США), «Kugler Precision» (Германия), «LT Ultra» (Германия), «Fanuc» (Япония), «Toshiba Machine Co, LTD» (Япония). Мировое производство ультрапрецизионных станков составляет несколько сот штук и растет на 20-30% ежегодно.

Уникальное отечественное оборудование и инновационные технологии обеспечат технологическую и информационную независимость от импортных поставок в таких отраслях, как атомная, оборонная, аэрокосмическая, приборостроительная, оптическая и электронная, а также при проведении фундаментальных исследований, имеющих стратегически важное значение.

Степень локализации разработки и изготовления этого оборудования в России составляет около 65 %.