



**Разработка изделий из нанокерамических  
и композитных материалов  
с применением методов формования сухих нанопорошков и  
спарк-плазменного спекания**

**Хасанов О.Л., профессор, д.т.н.,**

**Зав.кафедрой “Нanomатериалы и нанотехнологии”**

**Национального исследовательского Томского политехнического университета**

**Директор Нано-Центра ТПУ**

<http://portal.tpu.ru/departments/centre/nano>

[khasanov@tpu.ru](mailto:khasanov@tpu.ru)

## **Нано-Центр Национального исследовательского Томского политехнического университета имеет опыт проведения НИОКР в рамках**

- выполнения постановления Правительства РФ №218 (совместно с Холдингом ПАО «НЭВЗ-Союз»)
- ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации»
- ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2007-2013 и 2014-2020 годы
- Международного научно-технического центра (МНТЦ)
- договоров и контрактов с российскими и зарубежными заказчиками:
  - АО «Сибхимкомбинат» ГК Росатом;
  - ФИОП Роснано
  - Nissan Motor Co. (Япония)
  - Korea Electronics Co. (Южная Корея)
  - Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme –IKTS (Германия)
  - Чунцинский университет науки и искусств (Китай)
  - «Компания Bosch» (С.-Петербург)
  - и другие



***Опыт исследований ультрадисперсных (нано-) порошков и разработок объемных наноматериалов на их основе - более 30 лет (с 1981 года)***



**Основное направление исследований:  
разработка технологий изготовления изделий  
из функциональной и конструкционной керамики  
на основе нано- и микро-дисперсных порошков**

В Нано-Центре ТПУ  
разработаны **методы регулирования сил трения**  
и обеспечения **равномерного распределения плотности** при компактировании  
(прессовании, формовании) **сухих** нанопорошков  
*без применения пластификаторов и связок (примесных веществ)*

Методы основаны  
на применении **ультразвукового воздействия**  
в процессе прессования сухих нано- и полидисперсных порошков  
и на способах перераспределения сил трения  
при сухом прессовании **в пресс-формах специальной конструкции**  
**(«коллекторных» пресс-формах)**

*Khasanov O. Advances in Applied Ceramics,  
2008, V.107, No.3, p.135-141.*

*Khasanov O. Global Roadmap for Ceramics.  
Proc. 2nd Int. Congress on Ceramics ICC2, 2008, Italy, p.359-368.*

Методы применены для разработки изделий из многих типов функциональных, конструкционных керамических материалов и композитов:

ZrO <sub>2</sub> -Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nd:Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	Yb:(Lu <sub>x</sub> Y <sub>(1-x)</sub> O <sub>3</sub> )
Nd-Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> MgO <sub>4</sub>	Al/Mg-B <sub>4</sub> C-nanoW
(Ba,Sr)TiO <sub>3</sub>	Pb(Zr,Ti)O <sub>3</sub>	InSnO (ITO)
Ba-W-Ti-O	ZrB <sub>2</sub>	ZnO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>4</sub> C	SmFeN
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe	SiC	
AlN	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub> ;	Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8+y</sub> ; Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>8+y</sub>

.

# Патентование

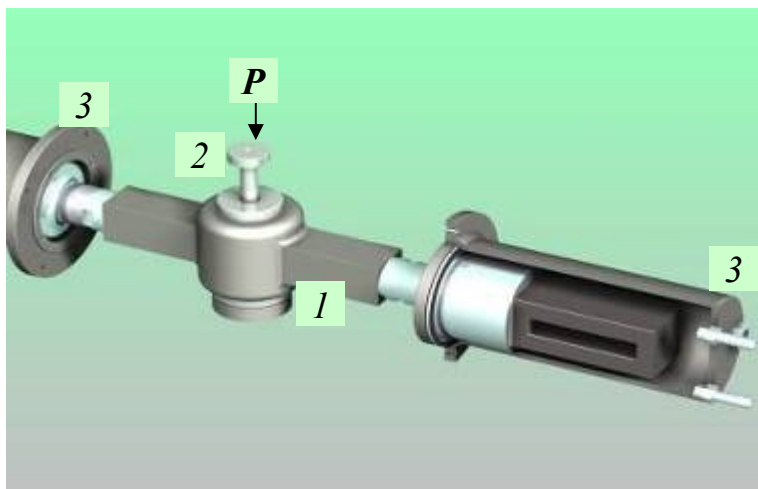
## «Способ прессования изделий из порошковых материалов и пресс-форма для его осуществления»

“Method for pressing articles from powder materials and a mold for carrying out said method”

- ✓ Патент РФ №2225280 (2004)
- ✓ Патент США № 6919041 (2005)
- ✓ Евразийский патент (Казахстан, Беларусь) № 005325 (2005)
- ✓ Патент Украины № 75885 (2006)
- ✓ Патент Южной Кореи № 10-0855047 (2008)
- ✓ Европатент (Германия, Италия, Франция) № 1459823 (2009)
- ✓ Патент Индии №258846 (2014)



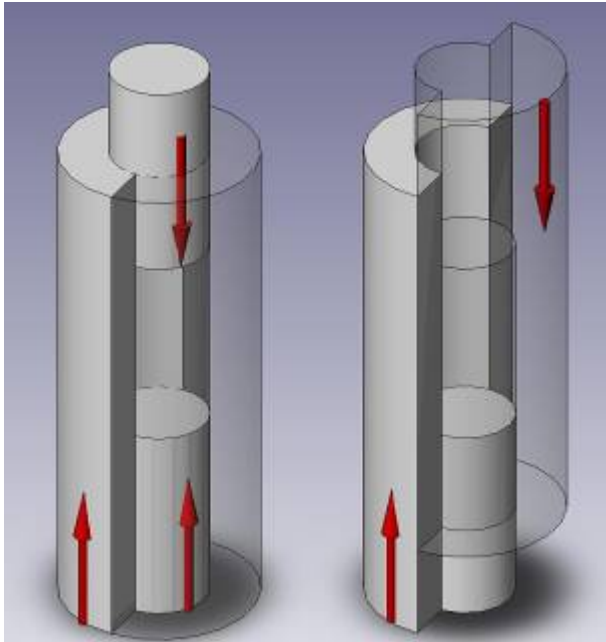
# Компактирование сухих нано- и полидисперсных порошков под действием ультразвука



Одновременно с давлением одноосного прессования  $P$  к матрице пресс-формы (1) перпендикулярно оси прессования пуансонов (2) от широкополосного УЗ-генератора через магнитострикционные преобразователи (3) подводятся УЗ-колебания с фиксированной частотой  $f$ , но с различной мощностью  $W$ , в течение времени  $t$

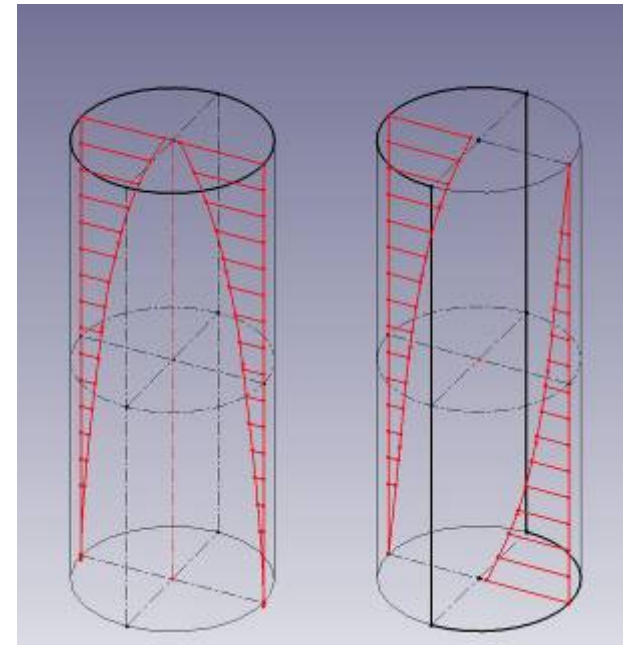
- ❖ Оптимизация режимов ( $P$ ;  $W$ ;  $t$ ) ⇒
  - равномерная упаковка частиц в объеме заданной формы ⇒
  - минимальные градиенты остаточных механических напряжений в прессовке ⇒
  - равномерная усадка при спекании без короблений и других дефектов
- ❖ УЗВ позволяет деагломерировать нанопорошок в процессе вибрационных соударений частиц ⇒
  - механоактивация в процессе прессования, непосредственно перед спеканием ⇒
  - понижение температуры спекания, уменьшение скорости роста зерен

## Компактирование сухих nano- и полидисперсных порошков коллекторным способом

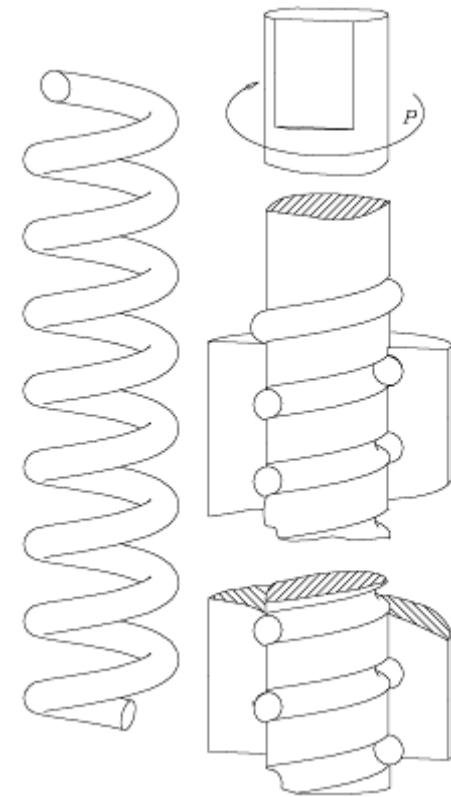
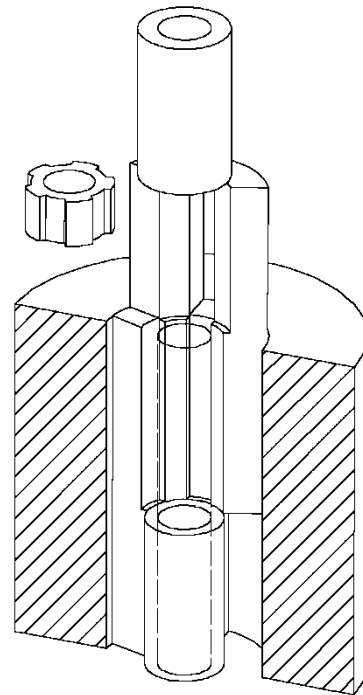
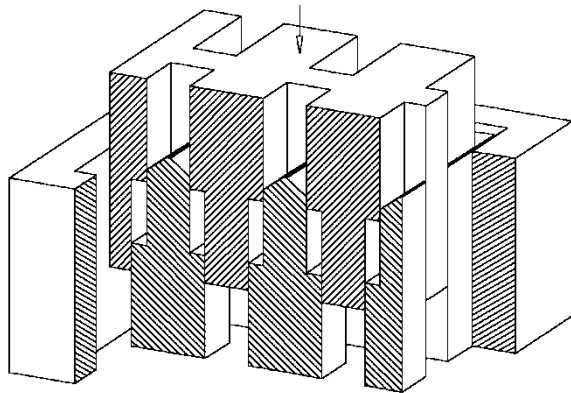
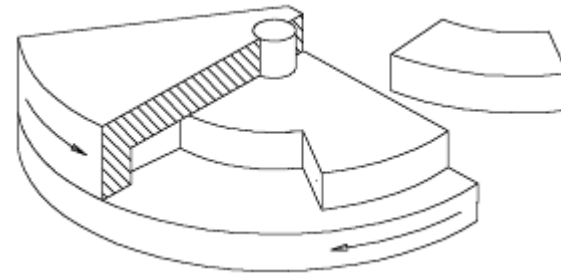
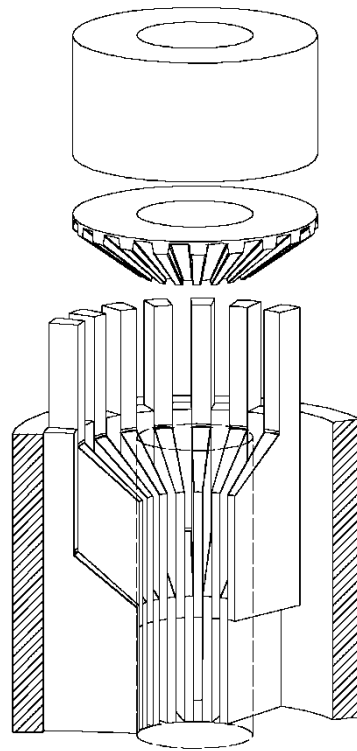
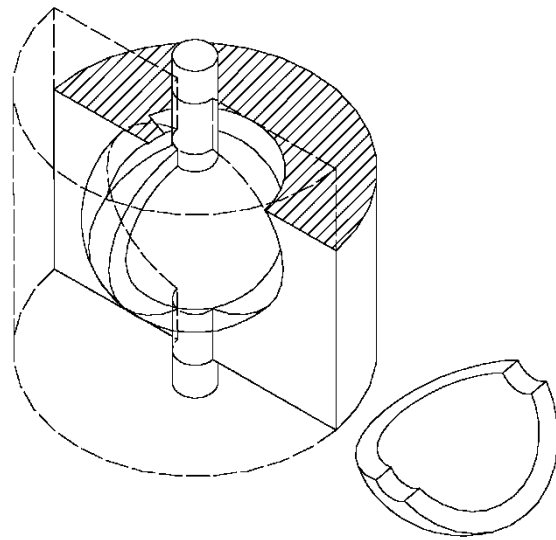


Силы пристенного трения перераспределяются так, чтобы средняя в любом горизонтальном сечении плотность оставалась одинаковой

*Эпюры сил пристенного трения и распределения плотности по высоте прессовки для обычного и коллекторного прессования*



# Некоторые конструкции коллекторных пресс-форм





## Примеры разработанных керамических изделий

- Совместно с Сибхимкомбинатом (СХК) Росатома - торцевые уплотнения гидронасосов автотракторных двигателей испытаны в **ОАО “Алтайский завод агрегатов”**. Износостойкость в 20 раз выше, чем стандартных металлографитовых уплотнений НАМИ ГСТАФ-40.
- Турбинки бензонасосов изготовлены для **ООО “Томск-АвтоЗИЛ”**.
- Износостойкие пластины из  $ZrO_2-Y_2O_3$  изготовлены для **ООО «Лотта-СПб»**
- Пьезокерамика ЦТС изготовлена для **Ульсанского университета фирмы Hyundai (Южная Корея)** в рамках международного проекта Миннауки РФ.
- Сегнетокерамические подложки для ИК-датчиков из НП  $Ba(Sr,Ca)TiO_3$  изготовлены по контракту с фирмой **Korea Electronics Co. (Южная Корея)**.
- Корпуса СВЧ-смесителей из НП  $Ba-W-Ti-O$  изготовлены по контракту с фирмой **(CIJ Co., Ю.Корея)**.
- Мишени для магнетронного распыления из  $ZrB_2$  – коллекторная пресс-форма разработана для **Сибхимкомбината Росатома**.
- Мишени для магнетронного распыления из  $ZnO$  – коллекторная пресс-форма разработана для **ОАО «ПОЛЕМА»**
- Фильтры, дорны, калибры, экструзионные матрицы из конструкционной циркониевой нанокерамики на основе НП  $ZrO_2-5\%Y_2O_3$  (YSZ) изготовлены для **ЗАО «Сибкабель»**



Торцевые уплотнения  
для автомобильных  
гидронасосов



Фильтра



Дорн



Калибр



Матрица



Турбинки  
бензонасосов

## Основные преимущества технологии

1. Прессование проводится при комнатной температуре, в обычных гидравлических прессах, поэтому **технология экономичнее**, чем методы формования из гранулятов со связками, шликерное литье, горячее прессование, изостатическое или газостатическое прессование, для которых требуется специальное сложное и более дорогостоящее оборудование
2. **Из технологии исключаются пластификаторы и связки** как потенциальные источники образования примесей и остаточной пористости в спеченных изделиях
3. Из технологии **исключаются стадии** приготовления смесей порошков с пластификаторами (шликерных составов) и их удаления (отжига) в процессе спекания; тем самым **сокращается длительность** всего технологического процесса и особенно длительность спекания, что способствует **сохранению наноструктуры**
4. **Уменьшение себестоимости** изделий
5. Возможность формования **изделий сложной формы из различных порошков** (керамических, композитных, металлических, сплавов)
6. Возможность изготовления деталей с **прецизионными допусками на размеры, без дополнительной механообработки**
7. **Высокая однородность и прочность** изделий

## **Разработки изделий из наноструктурной керамики и композитов, выполненные в Нано-Центре ТПУ**

### **1) Керамика, прозрачная в видимом и ИК-диапазонах.**

#### **Области применения:**

- прозрачная бронекерамика для автомобильных окон, иллюминаторов
- тела накачки из высокопрозрачной керамики для мощных твердотельных лазеров
- приборы ночного видения
- системы теплообмена, где требуется передача тепловой энергии излучением (ИК-прозрачные тепловые экраны и т.п.)
- сцинтилляторы в медицинских, промышленных томографах, досмотровых системах из прозрачной керамики (взамен дорогостоящих монокристалльных)

### **2) Бронекерамика (керамические бронезащитные элементы для бронепанелей, бронезащитных жилетов)**

### **3) Теплопроводная диэлектрическая керамика для электроники**

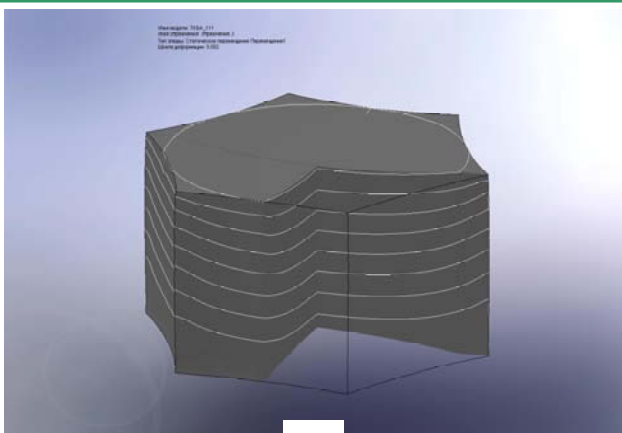
### **4) Легкие радиационно-защитные корпуса для бортовой электроники космических аппаратов; для радиационно-опасных производств**

### **5) Легкая магнитная керамика (для электромобилей, генераторов постоянного тока и др.)**

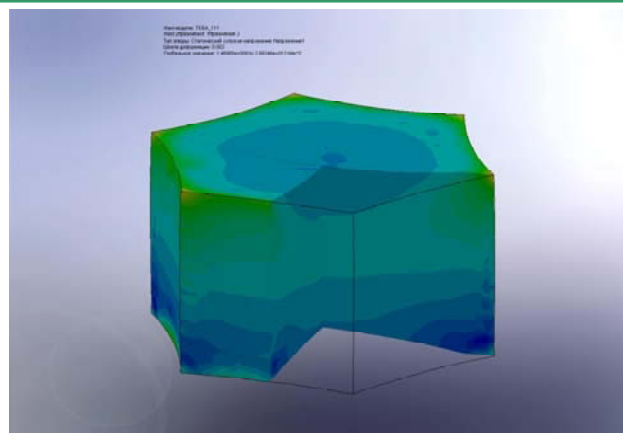
### **6) Высокотемпературная сверхпроводящая (ВТСП) керамика для датчиков магнитных полей (сквидов), накопителей энергии, систем магнитно-левитационного транспорта**

### **7) Пьезо-, сегнето-керамика (для пьезотехники, ИК-датчиков, и др.)**

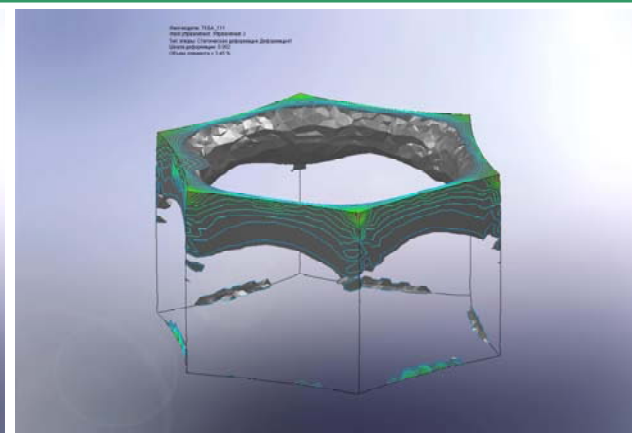
# Изготовление бронепластин заданной формы коллекторным способом



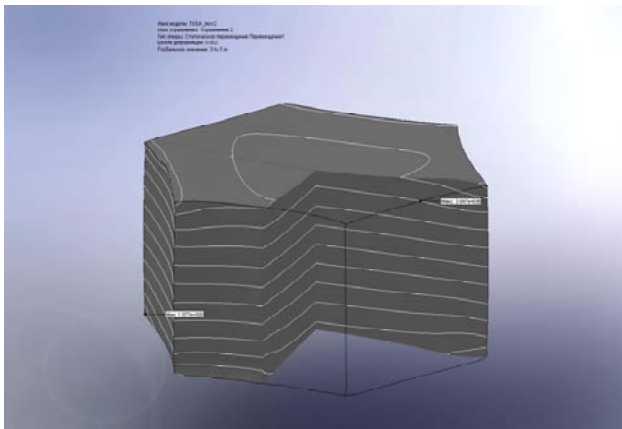
*a*



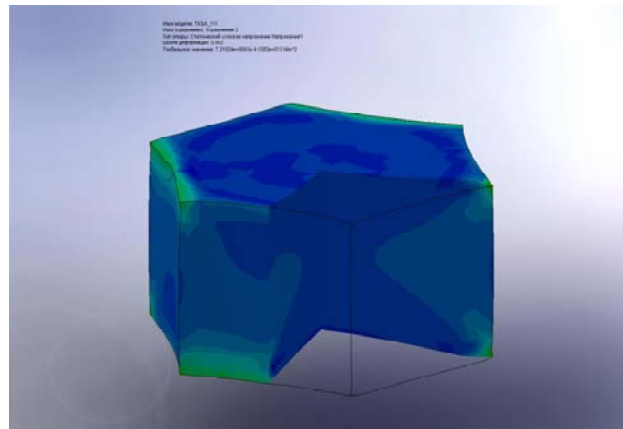
*b*



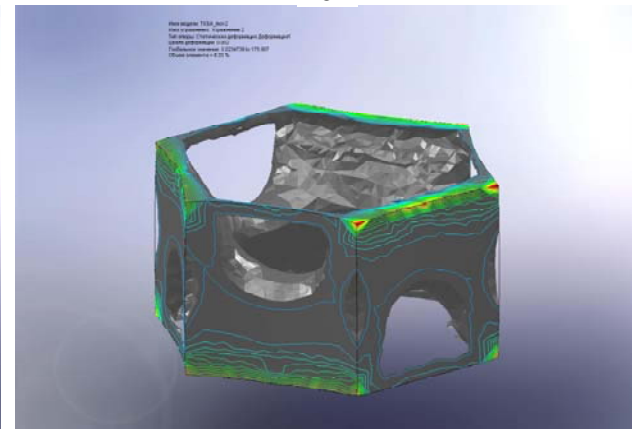
*c*



*d*



*e*



*f*

Слои деформации (*a, d*)

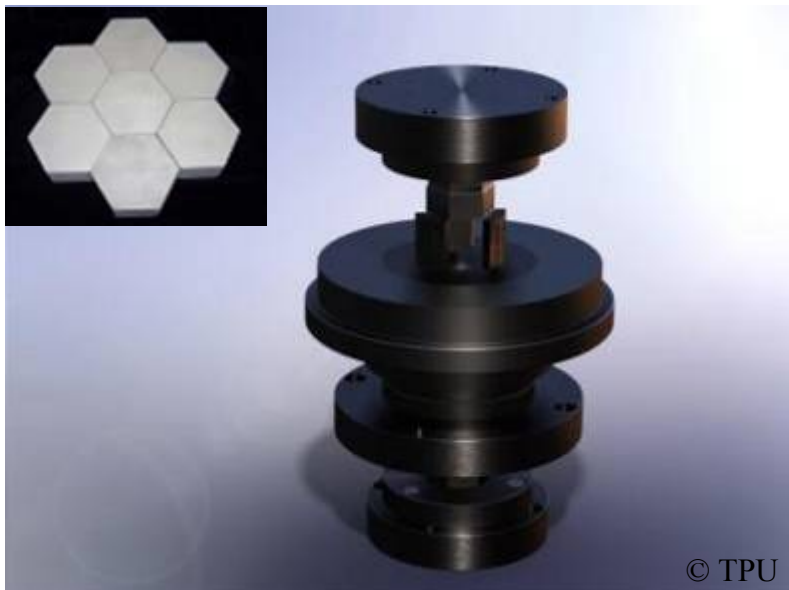
слои напряжения (*b, e*),

области одинаковой

деформации (*c, f*)

Формование шестигранной бронеплитки из сухого порошка карбида бора  $B_4C$  обычным одноосным статическим прессованием (*a, b, c*) и коллекторным способом (*d, e, f*)

Выполнен комплексный проект по Постановлению Правительства РФ №218  
«Создание промышленного производства изделий из функциональной и  
конструкционной нанокерамики для высокотехнологичных отраслей»



*Коллекторная пресс-форма для  
промышленного производства  
гексагональных пластин из бронекерамики*



*«Ультразвуковая» пресс-форма для  
промышленного производства кольцевых  
керамических изоляторов электронно-  
оптических преобразователей*

Разработана теплопроводная диэлектрическая керамика AlN с теплопроводностью 180 Вт/(м\*К)

Основные потребители керамики AlN - производители СВЧ устройств, мощных полупроводниковых приборов.

**Сравнение свойств образцов керамики В<sub>4</sub>С,  
изготовленных методом спарк-плазменного спекания (СПС) в ТПУ,  
с мировыми аналогами**

<b>Производитель</b>	<b><math>\rho_{\text{абс}}, \text{ г/см}^3</math></b>	<b><math>\rho_{\text{отн}}, \%</math></b>	<b>НV, ГПа</b>	<b><math>K_{Ic}, \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}</math></b>
<b>ТПУ</b>	<b>2,52</b>	<b>100</b>	<b>38,1</b>	<b>6,0</b>
Dynamic-Ceramic/CoorsTek	2,49	98,8	25,5	–
AZOmaterials	2,52	100	< 35	2,9-3,7
3M Technical Ceramics	>2,48	>98,4	26	5

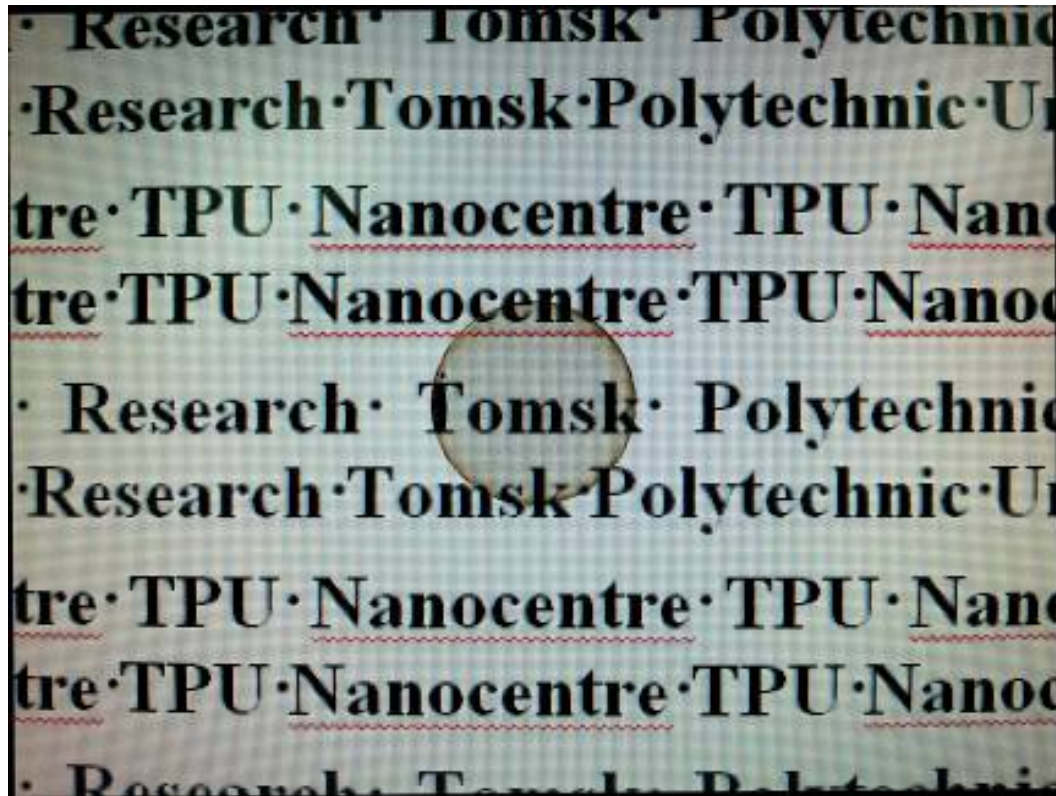
Достигнутые физико-механические свойства образцов (плотность  $\rho$ , микротвердость  $НV_{200}$ , ударная вязкость  $K_{Ic}$ ) превышают известные мировые аналоги

С целью создания отечественного промышленного производства высококачественных порошков карбида бора (в том числе нанопорошков) и керамики В<sub>4</sub>С, в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» выполнен проект *«Разработка технологии наноструктурированной керамики на основе карбида бора»*

**Свойства керамики SiC, спечённой методом СПС  
из микронных порошков с добавками фракций нанопорошка SiC**

содержание нанопорошка SiC, %	$T_{\text{SPS}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\rho, \%$	$H_v, \text{ GPa}$	$K_{\text{Ic}}, \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$
0	2150	90,0	25,8	6,2
0	2200	97,8	27,8	5,4
1	2200	98,3	30,4	5,2
5	2200	98,7	25,2	7,1
10	2200	98,7	29,8	5,2

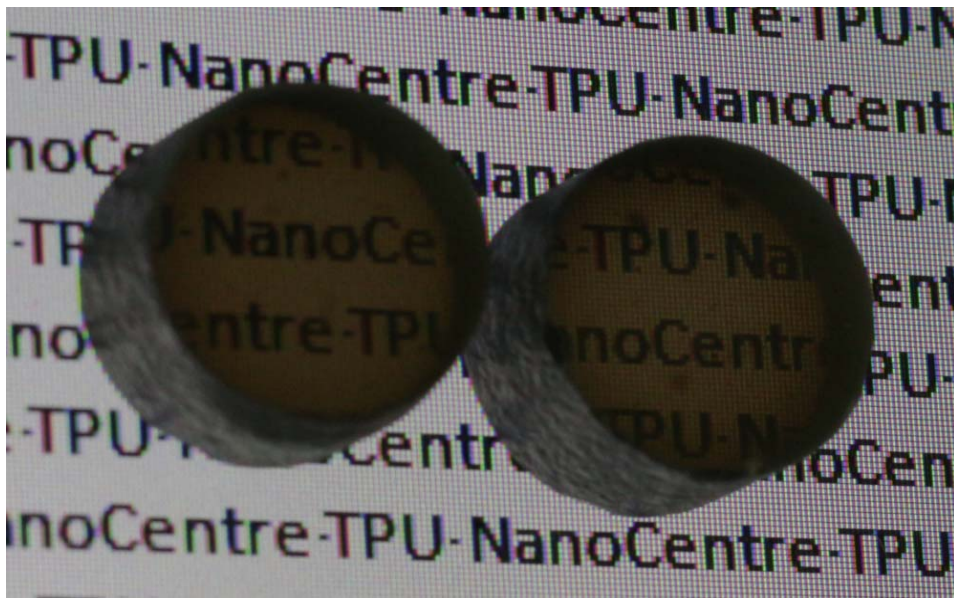




Оптически прозрачная керамика шпинели  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , изготовленная методом СПС  
(прозрачность 73% на длине волны 555 нм)

*Khasanov O.L. et al.*  
*Physica Status Solidi C*, 2013, №6, p.918–920





Толстые образцы прозрачной керамики  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  :

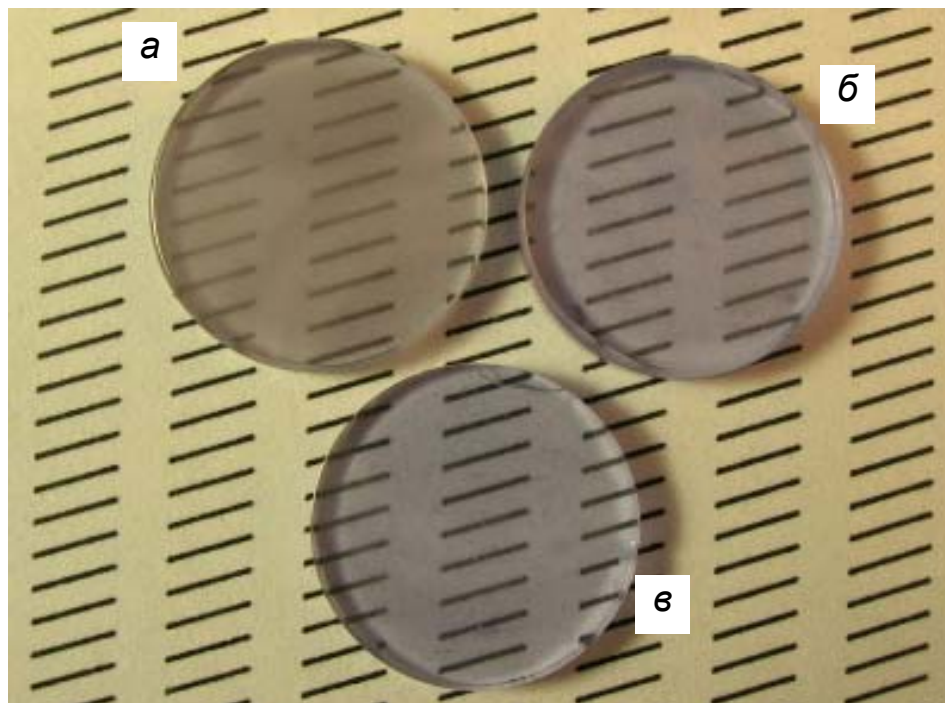
толщина  $h=7,25$  мм;  $\text{Ø}$  14,28 мм;  $h/\text{Ø} = 0.51$

$T_{\text{SPS}} = 1400^\circ\text{C}$ ;  $P_{\text{SPS}} = 60$  МПа;  $t_{\text{SPS}} = 10$  мин.

**Неравномерная усадка нанопорошка  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  при 13-кратной упрессовке в процессе СПС ограничивает спекание длинных/толстых изделий в обычных пресс-формах СПС.**

**Коллекторные пресс-формы позволяют решить проблему.**

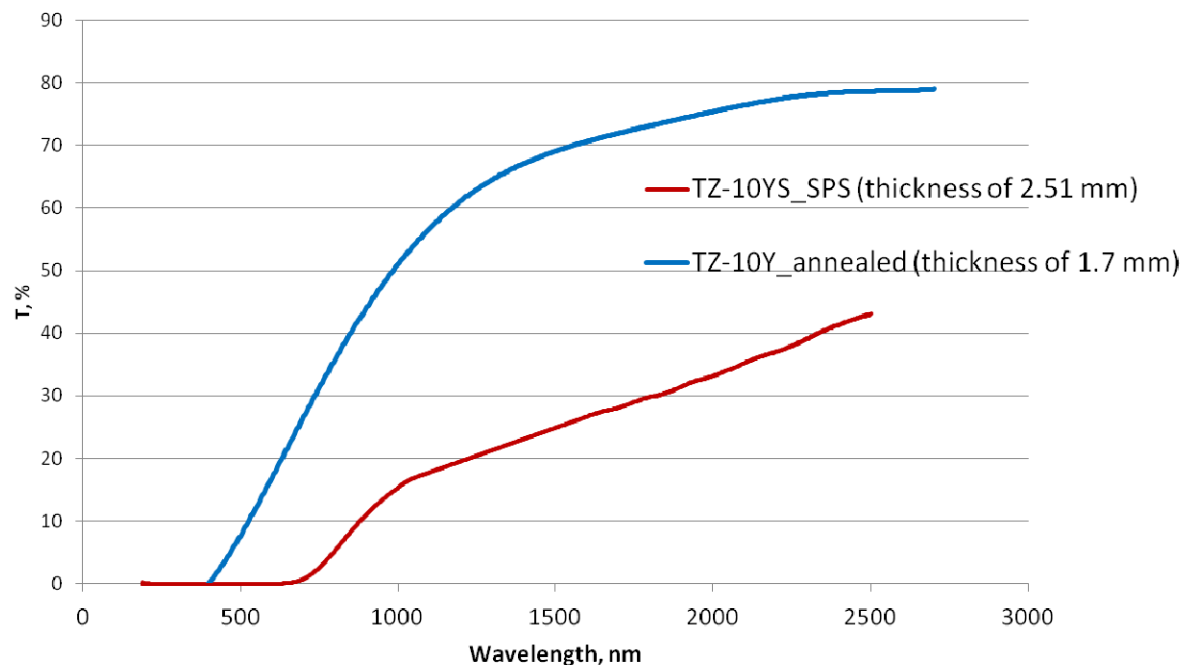
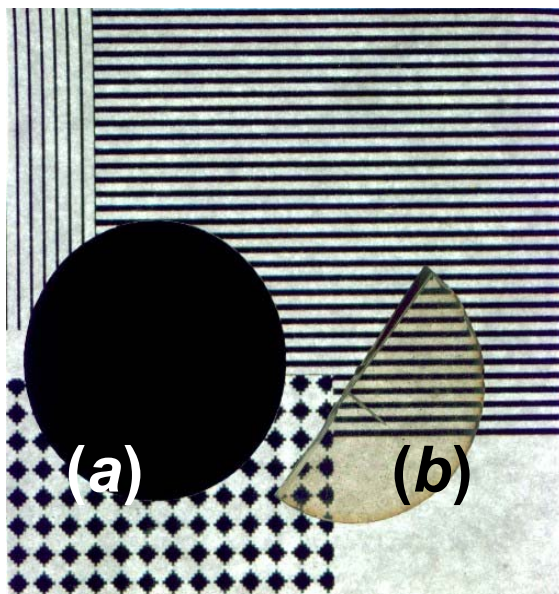
## Оптически прозрачная керамика для лазерных применений



Оптически прозрачная нанокерамика  $\text{Nd-Y}_2\text{O}_3$ , изготовленная ТПУ и ИЭФ УрО РАН:  
а – после обычного прессования НП; б, в - после **УЗ-прессования** НП  
Концентрация пор  $0,94 \cdot 10^{-2}\%$  (94 ppm). Плотность керамики 99,99906%  
Прозрачность в видимом диапазоне 50%

*Осипов В.В., Хасанов О.Л. И др.  
«Российские нанотехнологии», 2008, т.3,  
№7-8, с.98-104.*

# Разработка оптически прозрачной керамики из оксида циркония YSZ



Оптически прозрачная керамика  $ZrO_2-10\%Y_2O_3$  (из нанопорошка TZ-10YS, TOSOH),  
изготовленная методом СПС (1300°C / 72 МПа):

(a) - до отжига, прозрачная в ИК-диапазоне спектра (43%);

(b) - после отжига, прозрачная в видимом диапазоне спектра (50%) и в ИК-диапазоне (78%).

$$E = 170 \text{ ГПа}; HV_2 = 14 \text{ ГПа}; K_{Ic} = 2,23 \text{ МПа/м}^{1/2}; C_{it} = 1,5$$

## Потребности в оптически прозрачных керамических материалах

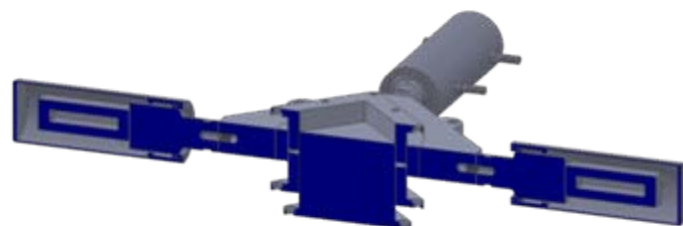
<i>Назначение</i>
Защитные окна, иллюминаторы (прозрачная броня; авиакосмическая техника; опасные производства)
Мощные твердотельные лазеры
Детекторы ПЭТ-сканеров (медицинская томография)
Детекторы для систем досмотра и в промышленной томографии
Детекторы для рентгенографии и физики высоких энергий
Детекторы для гамма-нейтронного каротажа (поиск и оценка запасов углеводородов)

## Легкие радиационно-защитные корпуса для бортовой электроники космических аппаратов; для радиационно-опасных производств

Оптимизированы составы и режимы СПС легких радиационно-защитных корпусов из металло-керамического композита (Al/Mg + В<sub>4</sub>С+ нанопорошок W)

Сконструирована УЗ-пресс-форма

для формования из порошка композитного состава защитных рамок заданной геометрии

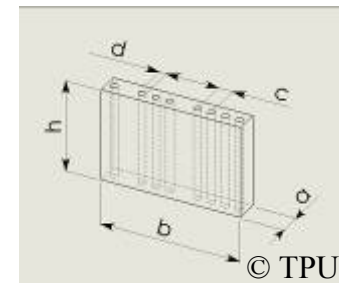


Упруглопластические свойства композита, спечённого методом СПС в различных режимах

$T_{SPS}, ^\circ C$	$t_{SPS}, \text{мин.}$	$\rho, \%$	Модуль упругости $E, \text{Н/мм}^2$	Ползучесть $C_{it}, \%$	Микротвердость HV
440	5	92.9	78680	1.67	279.5
490	5	97	78960	1.12	287.5
440	10	90.1	56295	1.53	148.3
490	10	<b>100</b>	<b>98620</b>	1.45	<b>419.9</b>

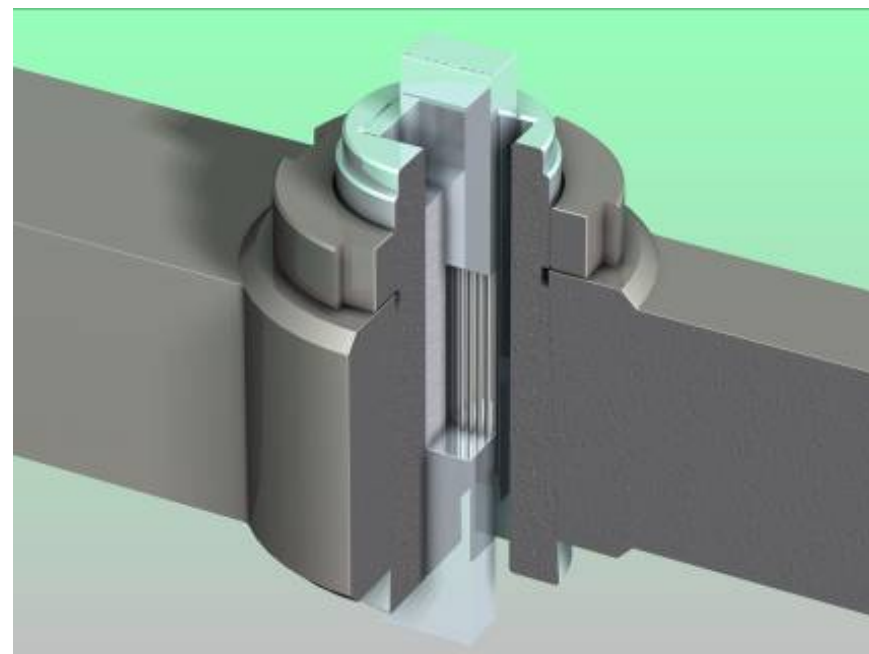
Разработаны технологии пьезокерамики  $\text{PbTiO}_3$  —  $\text{PbZrO}_3$ ,  
сегнетокерамики  $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.3}\text{Ca}_{0.1})\text{TiO}_3$ ,  
электрокерамики  $(\text{BaTi}_4\text{O}_9+\text{BaWO}_4)$

*Керамические корпуса СВЧ-смесителей  
для средств сотовой связи -  
по заказу CIJ Co. (Южная Корея)*



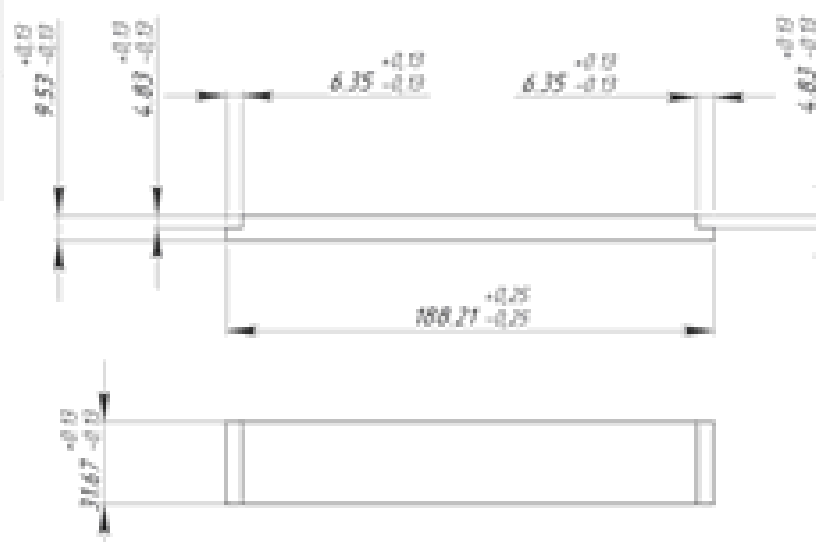
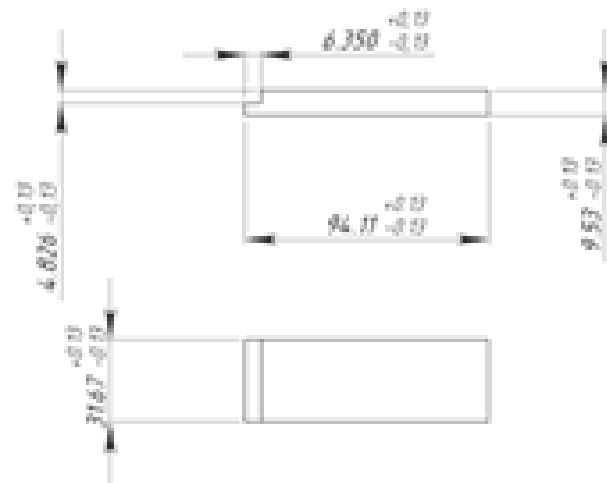
- $a \times b \times h = 1,85 \times 12,70 \times 8,35$  (мм)
- 8 отверстий диаметром 0,6 мм
- Допуски на типоразмеры и позиционирование отверстий  $\pm 5$  мкм

*Формование из сухого порошка  $(\text{BaTi}_4\text{O}_9+\text{BaWO}_4)$   
комбинированным способом:  
коллекторным + ультразвуковым*





# Мишени для магнетронного распыления из сухого порошка $ZrB_2$ , сформованные коллекторным способом



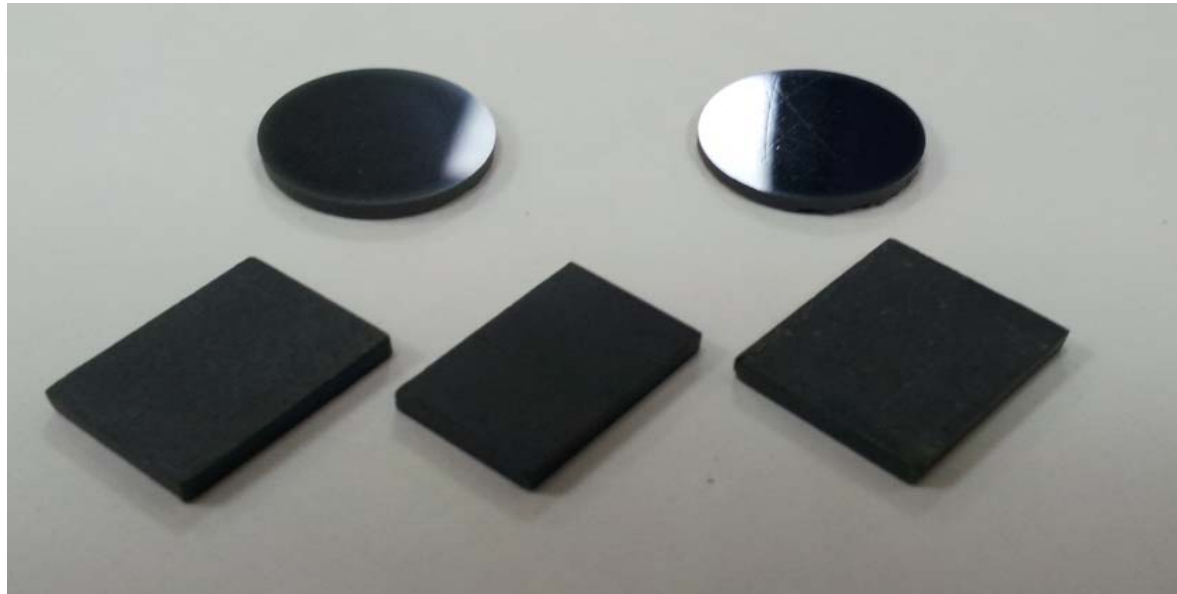
## Разработка легкой магнитной керамики $\text{SmFeN}$



Сконструирована и создана установка для прессования магнитных порошков с формированием текстуры (заданной ориентации частиц) под одновременным действием магнитного поля и УЗ-колебаний



Разработка полупроводящих керамик In-Sn-O (ITO), ZnO  
для напыления прозрачных интерактивных пленок на мониторы и экраны



<p><b>1. Синтез, аттестация нанопорошков</b></p>	<p><b>2. Компактирование НП</b></p>	<p><b>3. Аттестация прессовок</b></p>	<p><b>4. Спекание изделий</b></p>	<p><b>5. Тестирование изделий</b></p>
				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установка синтеза НП Nano Spray Dryer B-90 BUCHI</li> <li>• TEM JEM-2100F JEOL</li> <li>• SEM JSM-7500F JEOL</li> <li>• Лазерный анализатор SALD 7101 Shimadzu</li> <li>• РФА-РСТА XRD-7000S Shimadzu</li> <li>• БЭТ-анализатор Sorbi</li> <li>• Оптическая микроскопия (ММН-2)</li> </ul> <p>o SIAMS NanoPack o PDF-4 (база данных) o NEXSYS (анализ SEM, TEM, OM)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Коллекторные и УЗ-пресс-формы</li> <li>• Пресс WK 18,</li> <li>• Пресс 2430B</li> <li>• Компьютеризованная установка (Mitutoyo ID-F125/150; ДМ 5001EУ)</li> <li>• УЗ-генераторы УЗГ 6.3; УЗГ 3; ИЛ 10-5.0</li> <li>• УЗ-преобразователи ПМС-15</li> </ul> <p>o SIAMS NanoPack o Solid Works</p>	<p><b>Оборудование</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Поромер Poremaster 33</li> <li>• XRD-7000S</li> <li>• ММН-2;</li> <li>• JEM-2100F</li> <li>• JSM-7500F</li> <li>• АСМ Интегра-Аура</li> <li>• Плотномер Ultracycrometer 1000</li> </ul> <p><b>Программное Обеспечение</b></p> <p>o SIAMS NanoPack o PDF-4 (база данных) o NEXSYS (анализ SEM, TEM, AFM).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Spark Plasma Sintering 515S SPS SYNTEX</b></li> <li>• Высокотемпературный вакуумный дилатометр DIL 402 E/7/G-Py NETZSCH</li> <li>• Печь LAC</li> <li>• Печь НТК-18 Nabertherm</li> <li>• Печь Эмитрон</li> <li>• Тепловизор SDS HotFinder-DXT</li> </ul> <p>o SIAMS NanoSinter</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poremaster 33</li> <li>• Нанотвердомер DUN 211S Shimadzu</li> <li>• Микротвердомер ПМТ-3М</li> <li>• Испытательная установка ИП-500М</li> <li>• XRD-7000S;</li> <li>• ММН-2</li> <li>• JEM-2100F</li> <li>• JSM-7500F</li> <li>• ИНТЕГРА Аура</li> <li>• Ultracycrometer 1000</li> </ul> <p>o SIAMS o PDF-4 (база данных) o NEXSYS (анализ SEM, TEM, AFM)</p>

# Лабораторная технологическая линия Нано-Центра ТПУ

## Синтез, аттестация нанопорошков

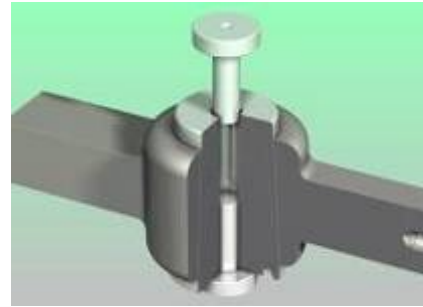


БЭТ-анализатор  
Sorbi



Установка синтеза НП  
распылением-сушкой  
Nano Spray Dryer B-90 Buchi

## Компактирование нанопорошков



Коллекторные и УЗ-пресс-формы  
Прессы WK 18, Д2430Б



УЗ-генератор ИЛ 100-6/10

## Аттестация прессовок



Зондовая нанолaborатория  
Ntegra-Aura (HT-MDT)

## Спекание нанокерамик методом СПС



Установка СПС  
SPS 515S (Sumitomo)

## Спекание в вакууме



Вакуумная печь НТК-18 (Nabertherm)

# Лабораторная технологическая линия Нано-Центра ТПУ

## Аттестация наноматериалов (нанопорошков, компактов, керамик, пленок и т.п.)



ПЭМ JEM 2100F JEOL  
с системой пробоподготовки Ion Slicer



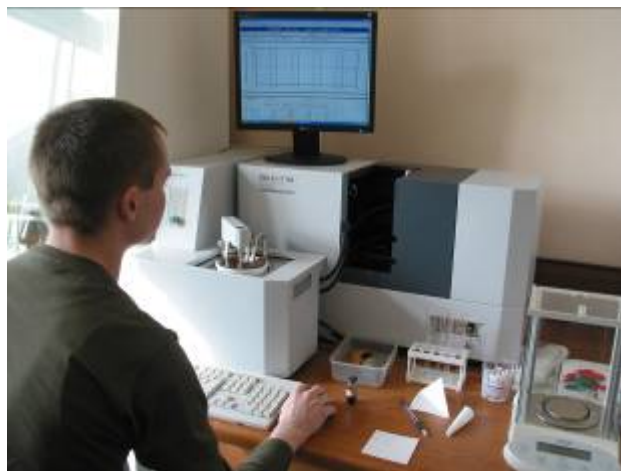
СЭМ JSM 7500F JEOL с  
микроанализатором EDS



Дифрактометр XRD-7000S Shimadzu с  
высокотемпературной приставкой 20...2200°C



Нанотвердомер DUH-211S Shimadzu



Лазерный анализатор  
SALD-7101 Shimadzu



Высокотемпературный вакуумный  
дилатометр DIL 402 E/7 NETZSCH  
(2200°C)



# Лабораторная технологическая линия Нано-Центра ТПУ

## Испытания и тестирование изделий



Испытательно-технологический комплекс для исследования свойств и производства изделий из порошковых материалов:  
**пресс ИП-500М-авто** с эталонным цифровым динамометром и устройством для испытания изгибной прочности материалов



**Нанопоромер**  
Poremaster 33 (Quantachrome, США),  
диапазон от 7 нм до 950 мкм



**Пикнометр**  
Ultrasonicmeter  
1000 (Quantachrome, США)

В рамках формирования ННС установлены серверное оборудование, система интерактивного доступа к пакету программ моделирования и анализа наноструктур SIAMS («SIAMS NanoPack»; «SIAMS-NanoSinter»)

Для моделирования и конструирования применяются пакеты программ:  
QForm 3D  
Solid Works  
NEXSYS (image analysis)  
PDF-4 (crystallographic database  
и др.





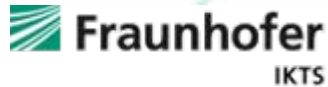
### ❖ Nissan Motor Co. (Japan)

- Agreement on Partnership



### ❖ University of Joseph Fourier - Université Grenoble Alpes (France)

- Agreement on Partnership
- UJF-TPU Double Degree Ph.D. Program
- UJF-TPU Double Degree Master Program “Master in Nanosciences, Nanotechnologies”



### ❖ Fraunhofer IKTS Dresden/Hermsdorf (Germany)

- NEPL-2011 – Jena- Hermsdorf, Fraunhofer IKTS
- Professional retraining Program



### ❖ Institute of Science and Technology of Ceramics (Italy)

- Agreement on Partnership 2007-2012;
- Agreement on Partnership 2012-2017



### ❖ San Diego State University (USA)

- Laboratory of Powder Technologies



### ❖ Chongqing University of Arts and Sciences (China)



# ICC6

6th International Congress on Ceramics  
*From Lab to Fab*

August 21–25, 2016 | Dresden, Germany | International Congress Center

# PROGRAM

[www.icc-6.com](http://www.icc-6.com)

Hosted by



Deutsche Keramische  
Gesellschaft e. V.



**Fraunhofer**  
IKTS



International Ceramic Federation

## O) Transparent and luminescent materials

### Symposium organizing committee

- Dr. Isabel Kinski (Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS, Germany)
- Dr. Romain Gaume (Townes Laser Institute, USA)
- Dr. Adrian Goldstein (Israel Ceramic and Silicate Institute, Israel)
- Prof. Oleg Khasanov (Tomsk Polytechnic University, Russia)
- Dr. Yvonne Menke (Schott AG, Germany)
- Dr. Koji Morita (National Institute of Materials Science NIMS, Japan)
- Dr. Madis Raukas (Osram Sylvania, USA)
- Dr. Yiquan Wu (Alfred University, USA)



## Scientific Topics

### Topic 1.

Innovative processing and synthesis

### Topic 2.

High temperature processes and advanced sintering

### Topic 3.

Ceramics and glasses for healthcare

### Topic 4.

Ceramics for energy production and storage

### Topic 5.

Advanced structural ceramics

### Topic 6.

Ceramics for electro-magnetic and optical applications

### Topic 7.

Innovative construction materials & cultural heritage

## TOPIC 1. Innovative processing and synthesis



*Chair*

**Jon Binner,**  
The University of  
Birmingham,  
United Kingdom



**Begonia Ferrari**

Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Spain



**Paolo Colombo**

Università di Padova.  
Italy



**Lennart Bergström**

Stockholm University.  
Sweden



**Carolina Tallon**

The University of Melbourne.  
Australia



**Oleg Khasanov**

National Research Tomsk  
Polytechnic University, Russia



**Mariarosa Raimondo**

Istituto di Scienza e Tecnologia dei  
Materiali Ceramici (ISTEC-CNR),  
Italy



# Выводы

1. Методы формования сухих порошков под **УЗ-воздействием** и **коллекторным способом** позволяют экономично изготавливать керамические изделия заданной формы, обеспечивают заданные типоразмеры, требуемые свойства.

2. Применение **коллекторного способа** в технологии **спарк-плазменного спекания** позволяет изготавливать наноструктурные керамические изделия различных форм с повышенными эксплуатационными свойствами.

3. Разработанные технологии изготовления бронеплиток, керамических изоляторов с применением методов **УЗ-** и **коллекторного** компактирования внедрены в промышленное производство.

*Благодарю за внимание*

[khasanov@tpu.ru](mailto:khasanov@tpu.ru)