Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Технологии формирования нанокомпозиционных покрытий

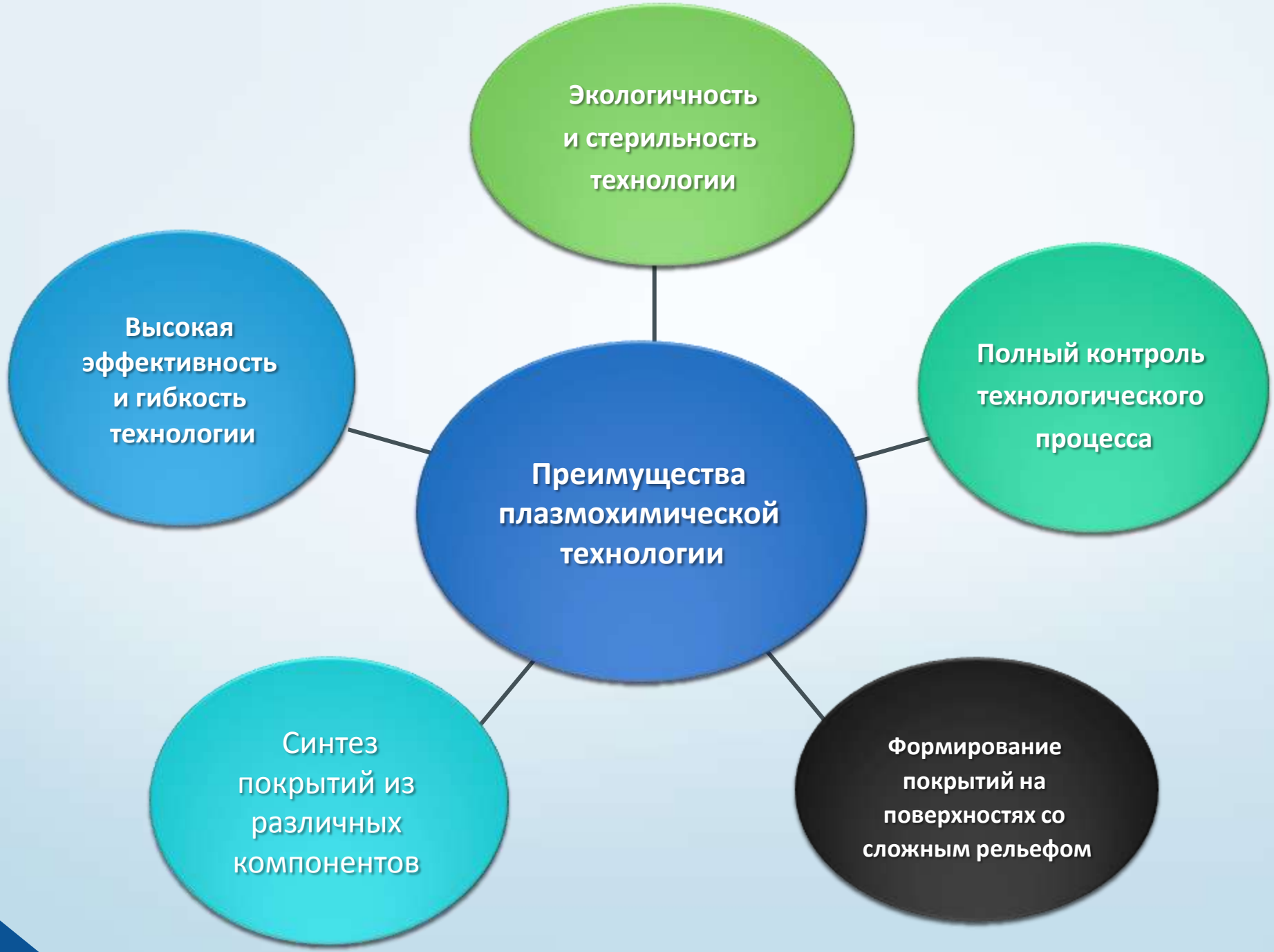
УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
лаборатория физикохимии микро- и наноразмерных систем

Докладчик:
Купо Александр Николаевич, к.т.н,
доцент кафедры общей физики

Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities

Physics

Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union


Экологичность и стерильность технологии
Высокая эффективность и гибкость технологии
Преимущества плазмохимической технологии
Полный контроль технологического процесса
Синтез покрытий из различных компонентов
Формирование покрытий на поверхностях со сложным рельефом

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

АНИТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Придание изделиям медицинского назначения (трубки, шланги, катетеры, имплантаты и др.) антибактериальных свойств для предотвращения возникновения местных и генерализованных инфекций

Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities

Physics

Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union

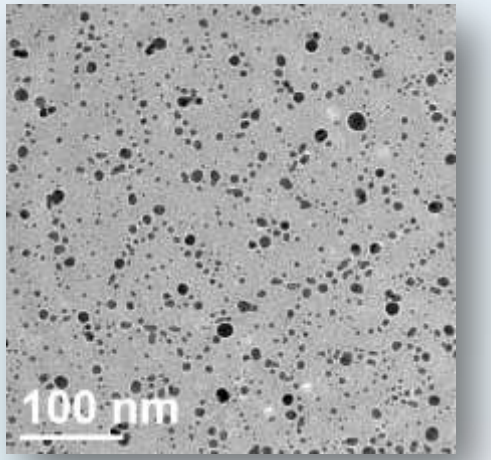
ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

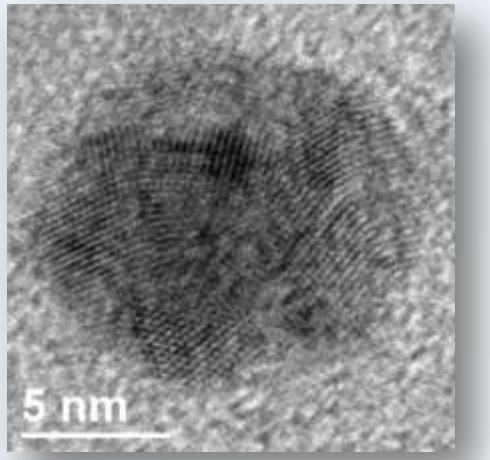
Способ заключается в электронно-лучевом воздействии в вакууме на механические смеси полимеров и органических/неорганических (металлсодержащих) соединений. В результате формируется композиционное полимерное покрытие с распределенными в его объеме наночастицами металла.

Способ эффективен для осаждения композиционных слоев на основе широкой номенклатуры полимеров: политетрафторэтилен (ПТФЭ), полиэтилен, полиуретан, полианилин, полиоксиметилен, полилактид и др.

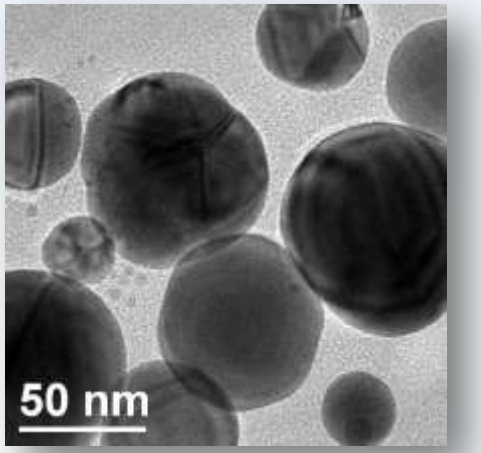
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ

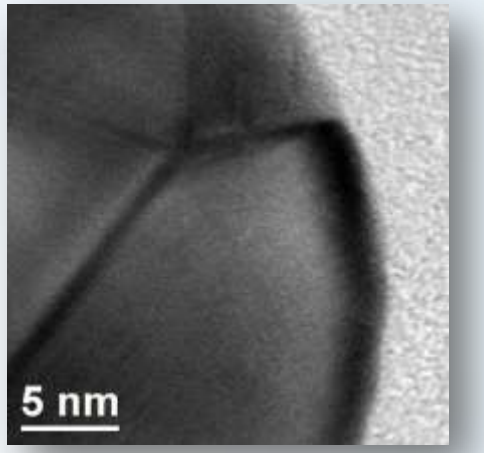
Композиционные полимерные покрытия на основе биодеструктируемого полимера полилактида, и термопластов (полиуретан, полиэтилен и др) и антибактериального вещества (антибактериальный химиопрепарат (ципрофлоксацин) , наночастицы серебра) обеспечивающие длительное во времени и контролируемое высвобождение лекарственного вещества.



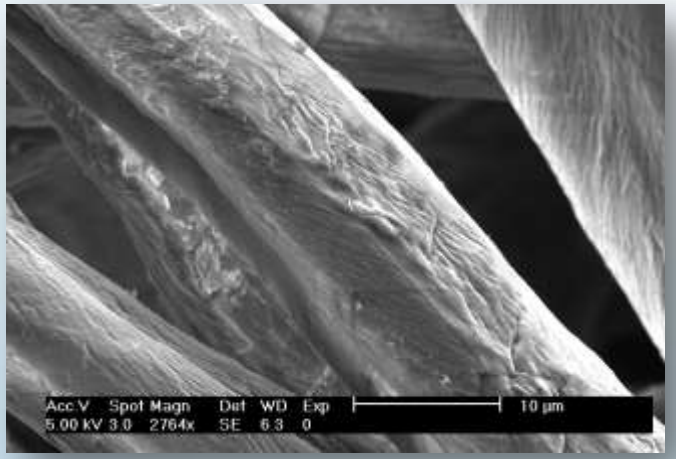


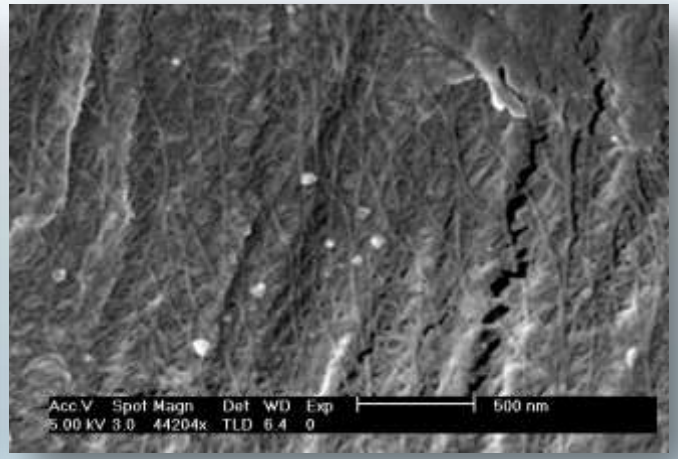
Результаты электронной просвечивающей микроскопии покрытия на основе полиуретана и Ag-nano



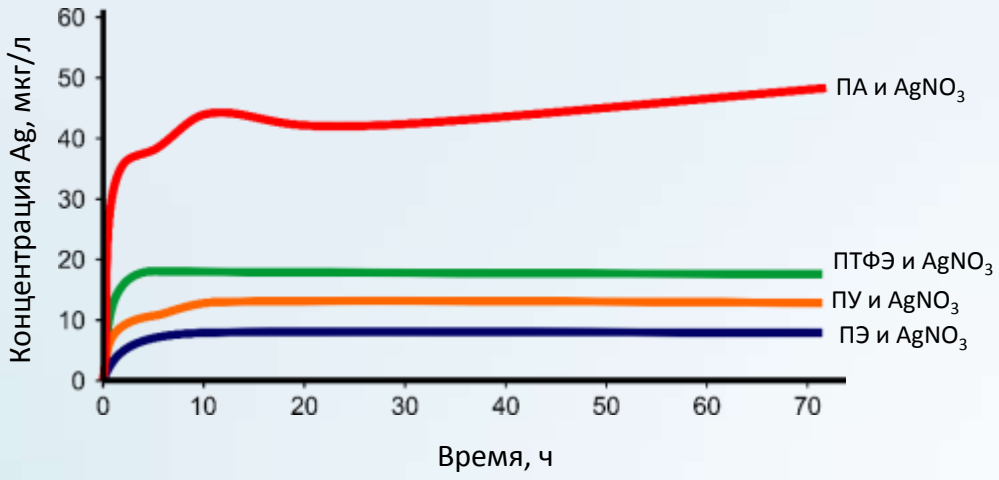


Результаты электронной просвечивающей микроскопии покрытия на основе L-полилактида и Ag-nano

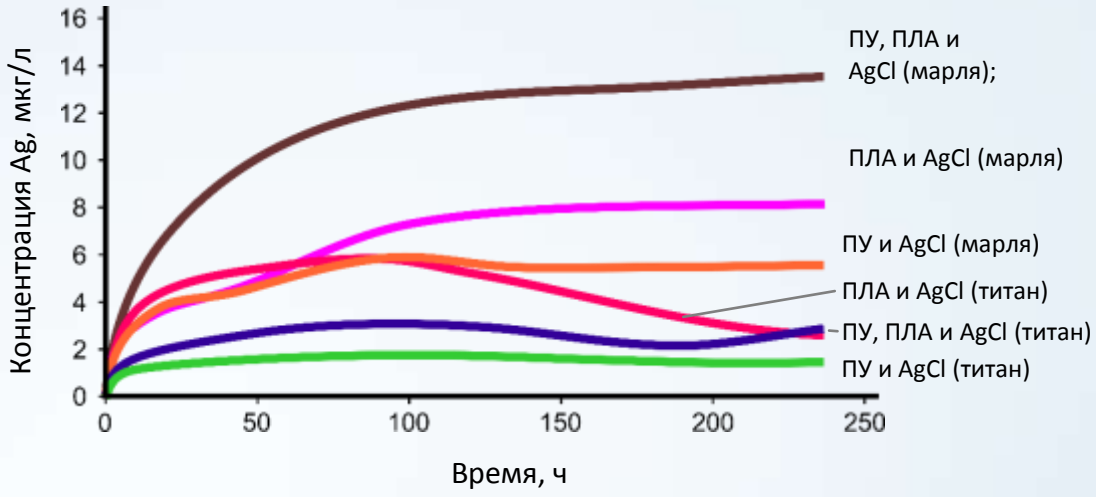




Результаты электронной просвечивающей микроскопии покрытия на основе ПТФЭ и Ag-nano на ткани



Кинетические зависимости вымывания серебра из марлевых образцов



Кинетические зависимости вымывания серебра из титановых и марлевых образцов

Технологические параметры антибактериальных покрытий

№ образца	Покрытие	Минимальная массовая концентрация наночастиц, $C_0 \times 10^{-4}$	Плотность наночастиц, $M^{-2} \times 10^{-11}$ *	Минимальное значение толщины покрытия d_0, нм
1	Пл – Ц	1,32	4,5	90
2	Пл – Ag	2,23	4,8	70
3	ПУ – Ц	1,30	4,5	90
4	ПУ – Ag	2,21	4,8	70
5	ПТФЭ – Ag	1,28	4,8	70
6	ПТФЭ – Ц	0,76	4,5	90

*При проведении расчета принималось, что d_6 = 700 нм

Покрытия на зубных протезах

Покрытия на имплантатах

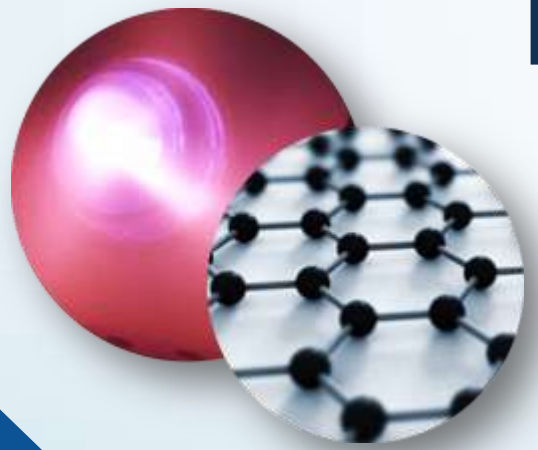
Покрытия на медицинском инструменте

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ:

- Возможность нанесения покрытия на внешнюю сторону изделия любой формы и на основе любого полимера;
- Возможность формирования покрытий с заданным распределением антибактериального вещества по толщине;
- Равномерное распределение лекарственного вещества в объеме полимерной композиции;
- Обеспечение высокой адгезии к поверхности медицинского изделия на основе высокомолекулярных соединений;
- Обеспечение стерильности при формировании покрытия;
- Возможность нанесения антибактериального покрытия на готовый имплантат.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА, МЕТАЛЛОВ И ИХ НИТРИДОВ



Технология и оборудование нанесения упрочняющих покрытий для применения на автомобильных, машино-станкостроительных заводах, заводах по производству сельскохозяйственной техники для повышения износостойкости, микротвердости и увеличения срока службы насосного и компрессорного оборудования, подшипников

Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities

Physics

Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union

ТЕХНОЛОГИЯ

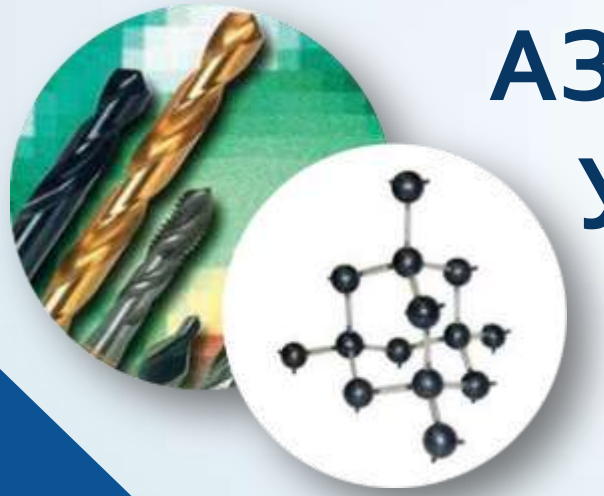
Нанесение углеродных слоёв с одновременным или последовательным комбинированием процесса ионно-плазменного азотирования для упрочнения деталей машин, инструмента, штамповой и литьевой оснастки, обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя, улучшающего поверхностные характеристики изделия (твердость, износостойкость). Технологическими факторами, влияющими на эффективность ионного азотирования, являются температура процесса, продолжительность насыщения, давление, состав и расход рабочей газовой смеси.

ПРЕИМУЩЕСТВО

- высокая поверхностная твердость азотированных деталей (значение твердости зависит от исходной твердости сплава, например для стали 12Х18Н10Т происходит увеличение микротвердости в 1.5 раза)
- отсутствие деформации деталей после обработки
- повышение предела выносливости с увеличением износостойкости обработанных деталей
- более низкая температура процесса, благодаря чему у обрабатываемых деталей отсутствуют структурные изменения (до 250 °С)
- возможность обработки глухих и сквозных отверстий
- сохранение твердости азотированного слоя после нагрева до 600 - 650 °С
- отсутствие загрязнения окружающей среды
- позволяет улучшить коррозионную стойкость обрабатываемых деталей

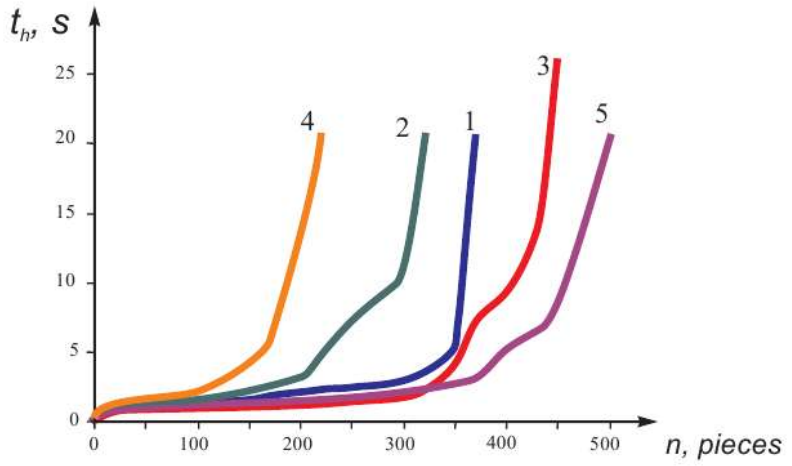
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

ЛЕГИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛАМИ И АЗОТОМ АЛМАЗОПОДОБНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ С КОМПЛЕКСОМ ВЫСОКИХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ



Углеродные покрытия, наносимые с использованием данной технологии, обладают рядом уникальных свойств: высокими твердостью и удельным электрическим сопротивлением; хорошей теплопроводностью; оптической прозрачностью в видимом и ИК-диапазонах; высокими триботехническими свойствами;
высокой стойкостью к агрессивным химическим средам

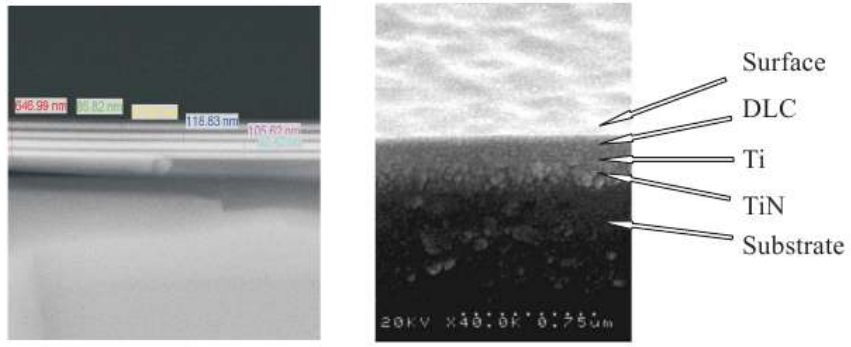
Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities
Physics
Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union



Hole drilling time ts as a function of number of drillings n, drill diameter d and number of layers

a — *d* = 0.8 mm; *1* — uncoated; *2* — TiN; *3* — DLC; *4* — (C+Ti); *5* — 4 layers (Ti—DLC)

Coating structure



TiN (Ti DLC) ,, Ti dark layer, DLC - light layer

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ разработанной технологии и покрытий обширна: повышение износостойкости и упрочнение режущего, металлообрабатывающего и деревообрабатывающего инструмента (фрезы, сверла, метчики, штампы), технологической оснастки (прессформы), деталей конвейеров, узлов трения и деталей машин, подвергающихся повышенным нагрузкам (подшипники, плунжерные пары), медицинского инструмента.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА разработанной технологии нанесения углеродных покрытий заключается в использовании комбинации технологий – ионно-плазменного азотирования и технологии нанесения композиционных покрытий на основе углерода, что обеспечивает высокую микротвердость, низкий коэффициент трения и химическую стойкость к воздействию агрессивных сред.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ углеродных покрытий, нанесенных на металлическую подложку:

показатели конструктивные –толщина до 1,5-2 мкм

высокая твердость до 24-80 ГПа

низкий коэффициент трения 0,2

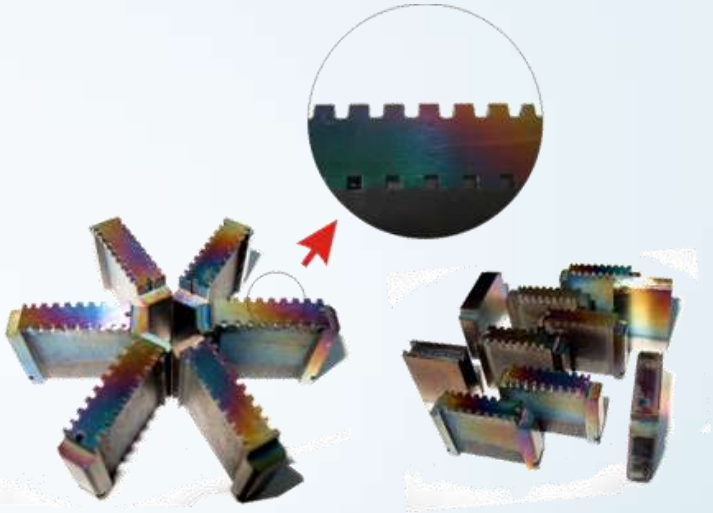
показатели надежности – покрытие не имеет отслоений после 10000 циклов истирания (наработка на отказ, ресурс, срок хранения и т.п.)

показатели безопасности – экологически безопасно

показатели стандартизации – используется стандартное оборудование, сырье, материалы

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРЕИМУЩЕСТВОМ разработки по сравнению аналогами являются:

- Высокая микротвердость покрытий
- Низкий коэффициент трения
- Экологичность процесса нанесения покрытия



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ использования данной разработки в промышленности заключается:

- в увеличении срока службы упрочненных деталей машин
- (узлов, инструмента) в 2-4 раза;
- снижении процента брака в процессе металлообработки (деревообработки) с использованием упрочненного инструмента;
- возможности автоматизации процессов металлообработки при использовании упрочненного инструмента.

Данная разработка патентоспособна: подана заявка на получение патента РБ на изобретение «Способ формирования углеродных покрытий в вакууме», получен патент РБ на полезную модель «Мелкоразмерный инструмент для обработки высокоточных металлических изделий».

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

МОДИФИКАЦИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРИДАНИЯ ИМ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Применяется в уплотнительных узлах гидро- пневмо-топливных систем автотракторной техники, станкостроении, устройствах автоматики, точной механики.

Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities

Physics

Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

- Высокие антифрикционные характеристики резинотехнических изделий достигаются путем осаждения тонкого (толщиной 0,1 - 2,0 мкм) композитного полимерного покрытия на основе фторуглеродного полимера на поверхность методами плазмохимии.
- Обработка проводится в активной газовой фазе, которая создается путём диспергирования исходного полимера в вакууме.
- Продолжительность технологического процесса составляет 50-60 мин и включает в себя следующие основные этапы:

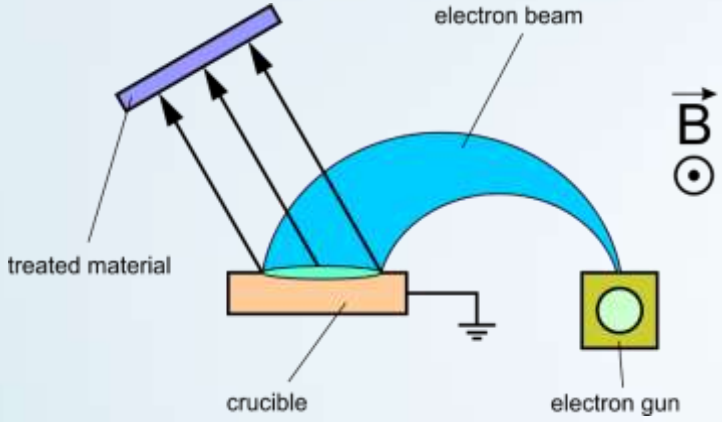
1. Размещение резинотехнических изделий в вакуумной камере

2. Создание низкого давления в камере (до 0,01 Па).

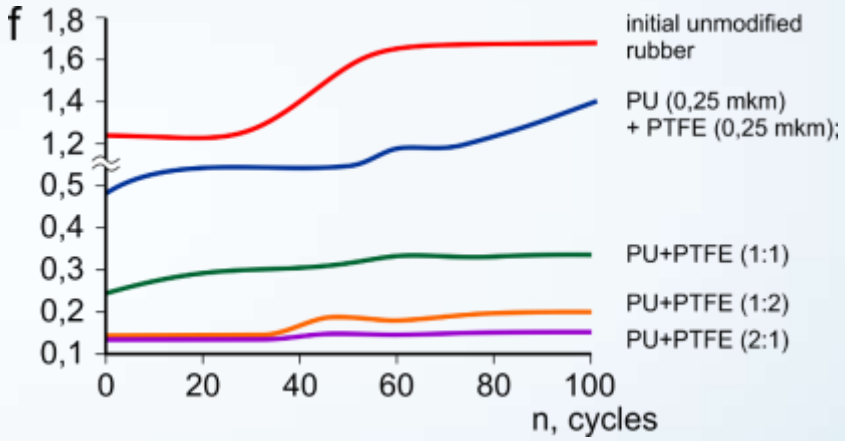
3. Создание активной газовой фазы в камере путём электронно-лучевого диспергирования исходной смеси материалов (полимеры, органические соединения) и поверхностной обработки в ней резинотехнических изделий, обеспечивая осаждение слоя толщиной 0,1-0,5 мкм на их поверхности.

4. Разгерметизация камеры и контроль качества изделий.

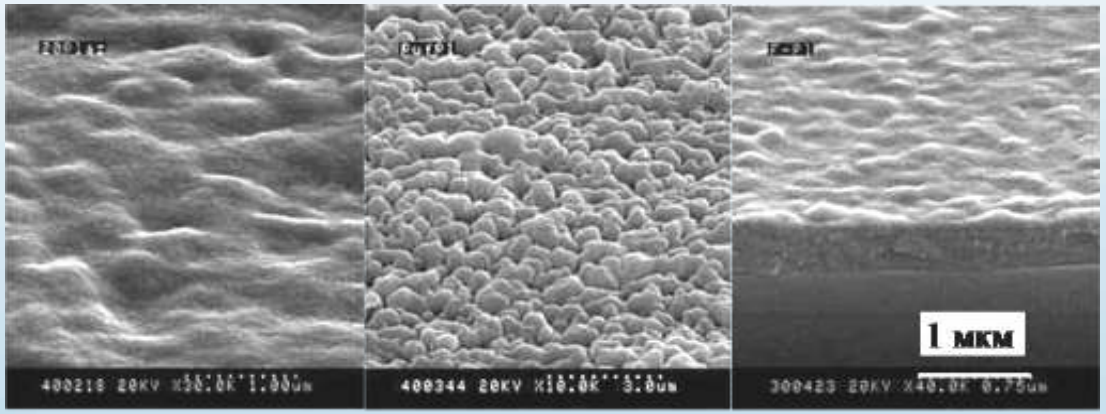
ПРОЦЕСС ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ И ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ



Scheme of the mechanical rubber products treatment



Friction coefficient variation during testing:1 – initial unmodified rubber; 2 – PU (0,25 mkm) + PTFE (0,25 mkm); 3 – PU+PTFE (1:1); 4 – PU+PTFE (1:2); 5 – PU+PTFE (2:1).



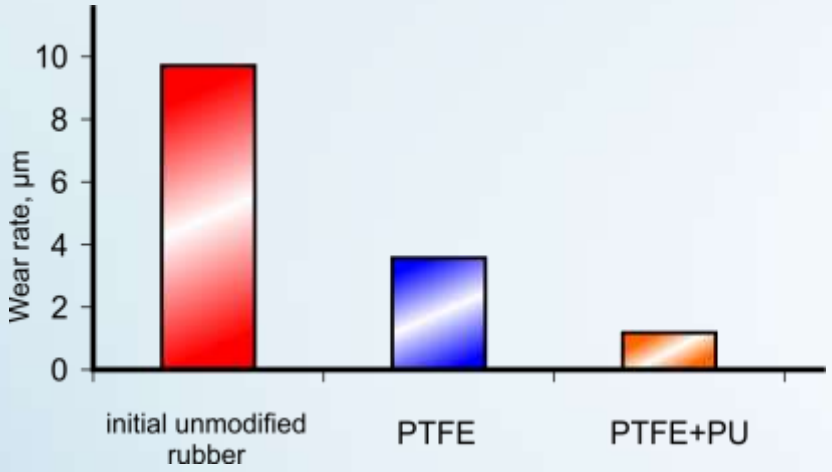
PU+PETF composite coating on the rubber surface under different processing modes: a - density of current category 2,5 А/м^2; b - 4 А/м^2; b - 7,5 А/м^2.

ОБОРУДОВАНИЕ И ИЗДЕЛИЯ

Modified rubbers

Установка для модификации каучуков
Вакуумная установка, содержащее источник электронов для создания активной газовой фазы и систему вращения резинотехнических изделий.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ



По сравнению с другими плазмохимическими методами предлагаемая технология обладает следующими преимуществами:

- Технологически простое решение.
- Позволяет получать изделия с более высокими эксплуатационными характеристиками (ресурс работы увеличивается до 6 раз).
- Использование химически агрессивных сред полностью исключается.
- Экологичность

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется в уплотнительных узлах гидро- пневмо- топливных систем автотракторной техники, станкостроении, устройствах автоматики, точной механики.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ

Нейтрализация ядовитых газов

Дезинфекция и очистка

Источники ультрафиолетового излучения

Стерилизация медицинского оборудования

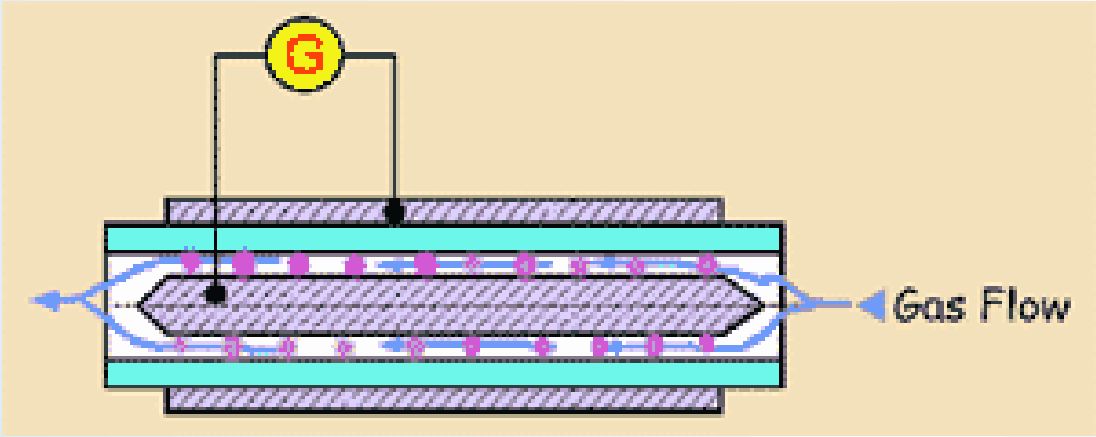
Поверхностная активация

Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities

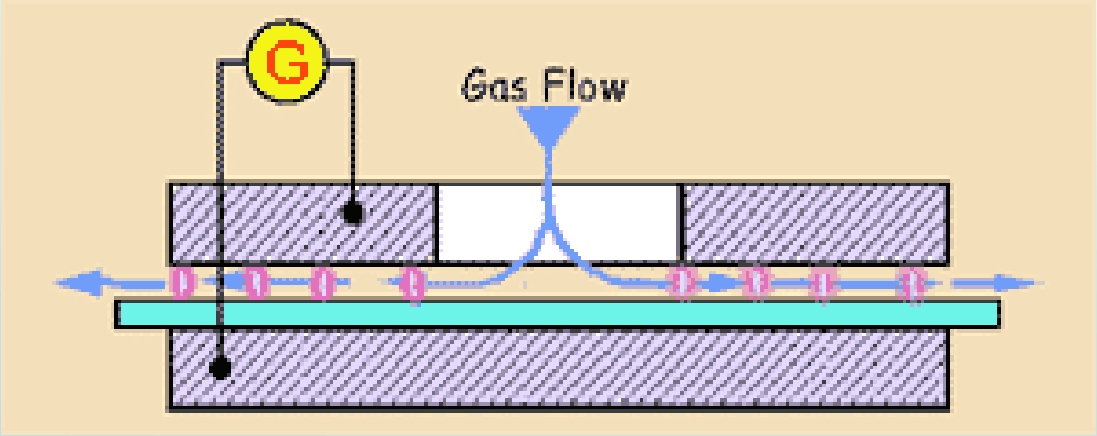
Physics

Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union

РАЗЛИЧНЫЕ СХЕМЫ СОЗДАНИЯ РАЗРЯДА

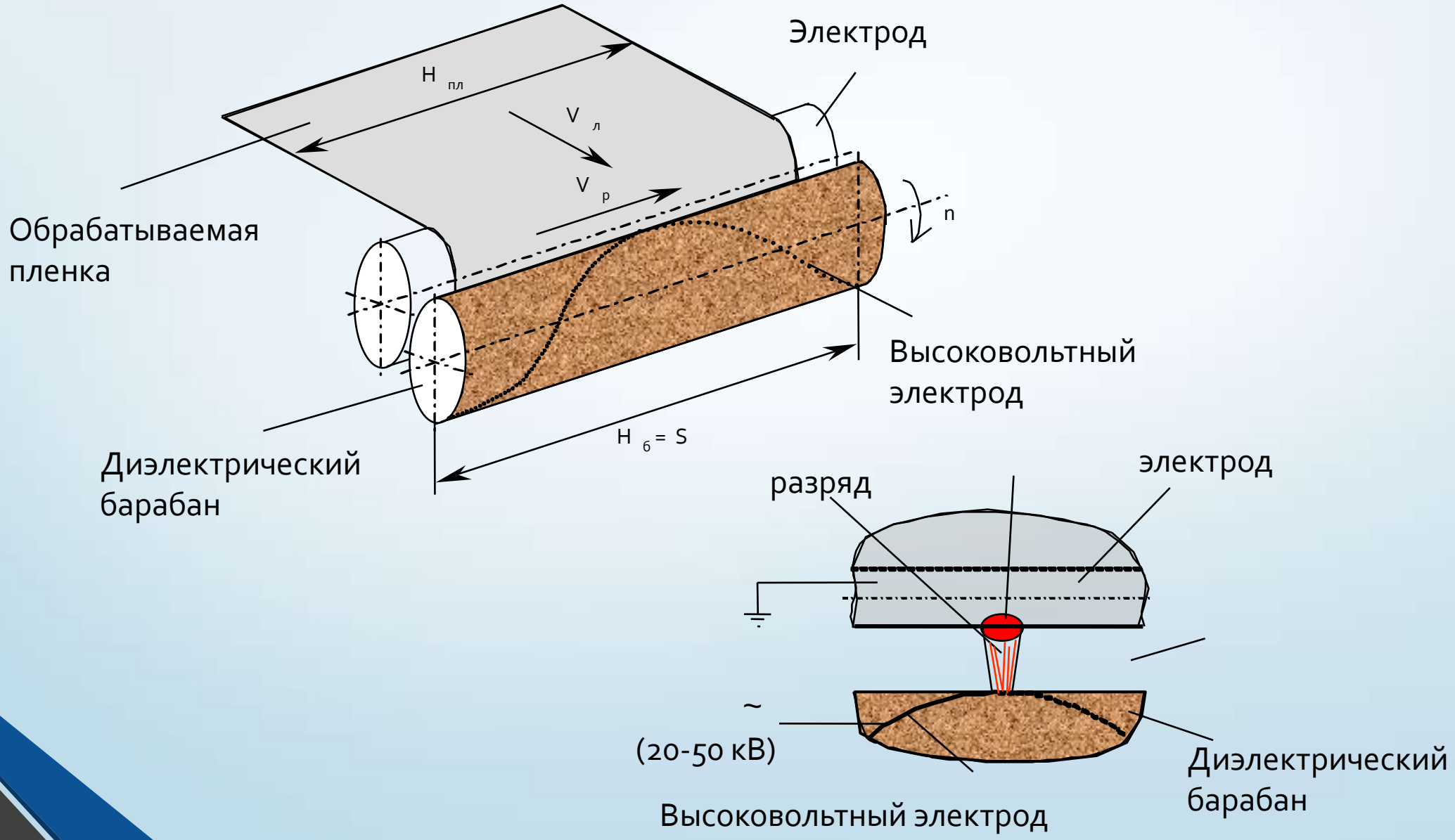


Для обработки цилиндрических образцов

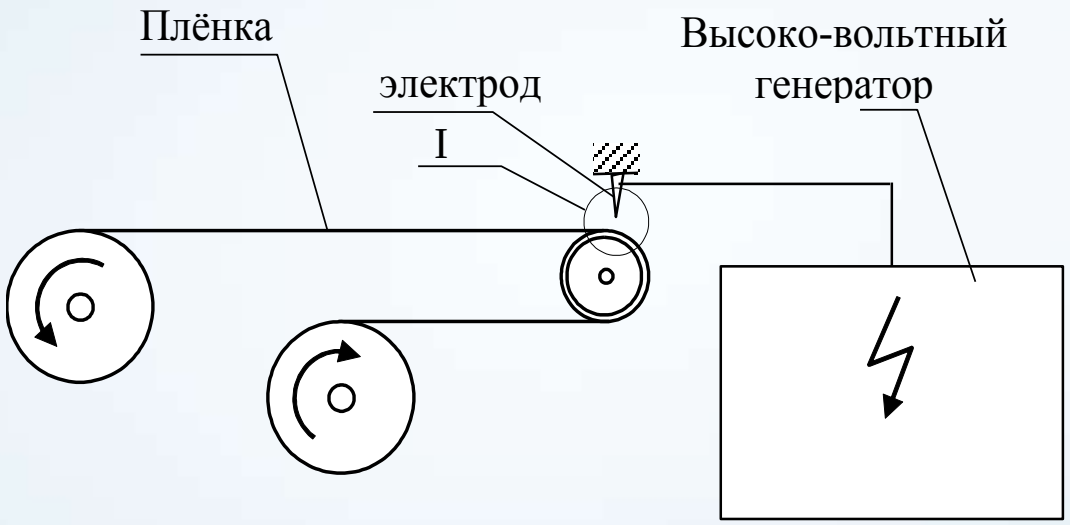


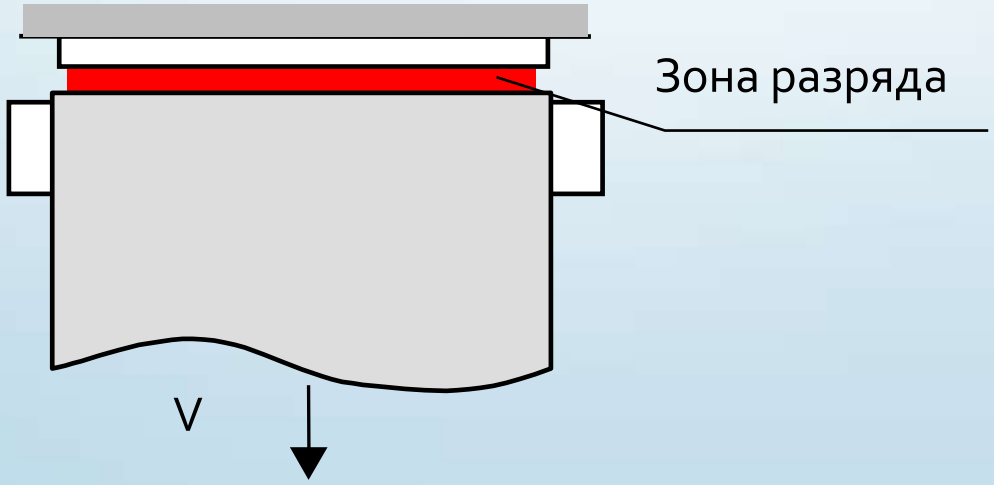
Для обработки листовых и рулонных образцов

СХЕМА ОБРАБОТКИ В БАРЬЕРНОМ РАЗЯДЕ

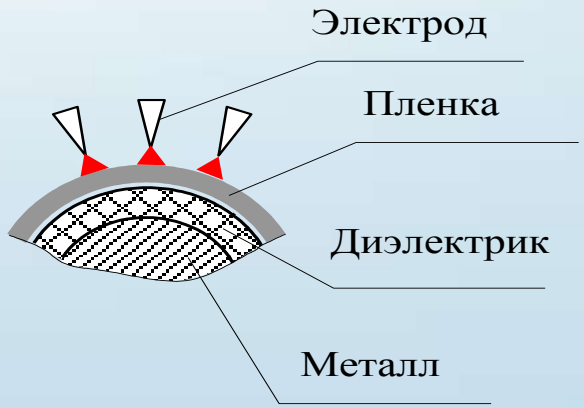


УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПЛЕНКИ В БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ





I-I



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИДЕНТИФИКАЦИИ ГАЗОВЫХ СРЕД

Прибор сорбционного анализа газов предназначен для качественного экспресс-опознавания наличия компонентов загрязнения воздуха. Основу прибора составляет массив масс-чувствительных сенсоров изготовленных из кварцевых резонаторов с сорбционно-селективными тонкими органическими покрытиями. При наличии соответствующих веществ в газе окружающем сенсоры они сорбируются их поверхностью, в результате изменяется резонансная частота сенсоров. Информация об изменении резонансных частот обрабатывается с помощью компьютера и сравнивается с сохраненными в базе данных значениями для различных газов.

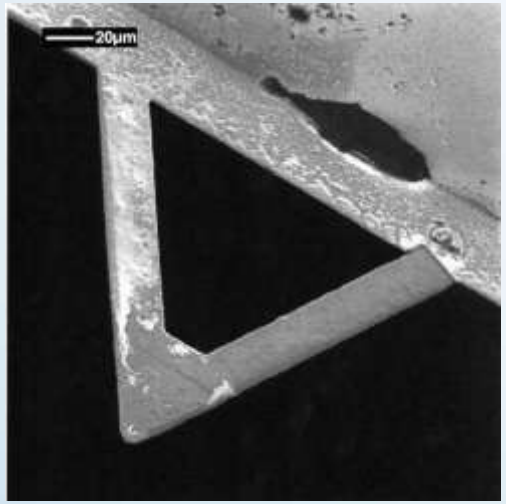
Improvement of master-level education in the field of physical sciences in Belarusian universities

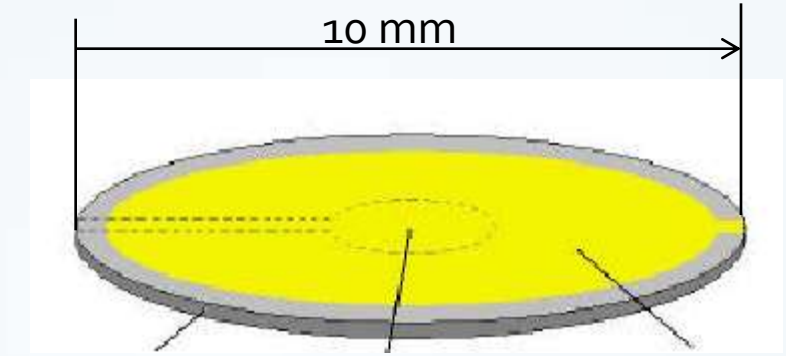
Physics

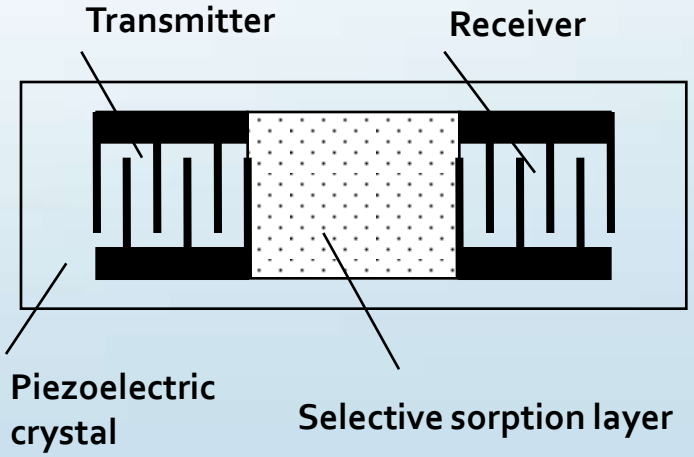
Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union

Масс-чувствительные сенсоры

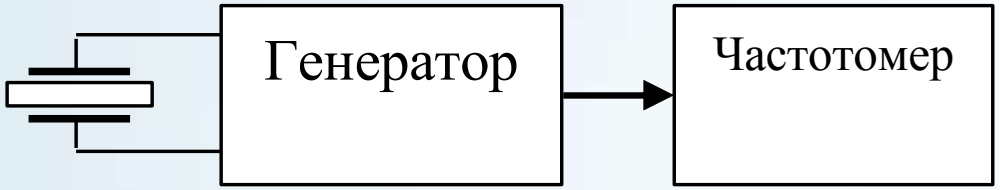
Microcantilever



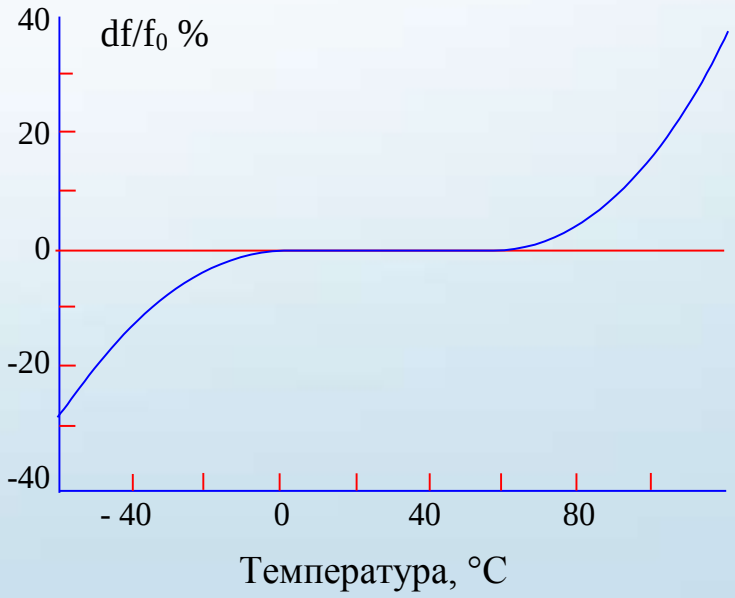




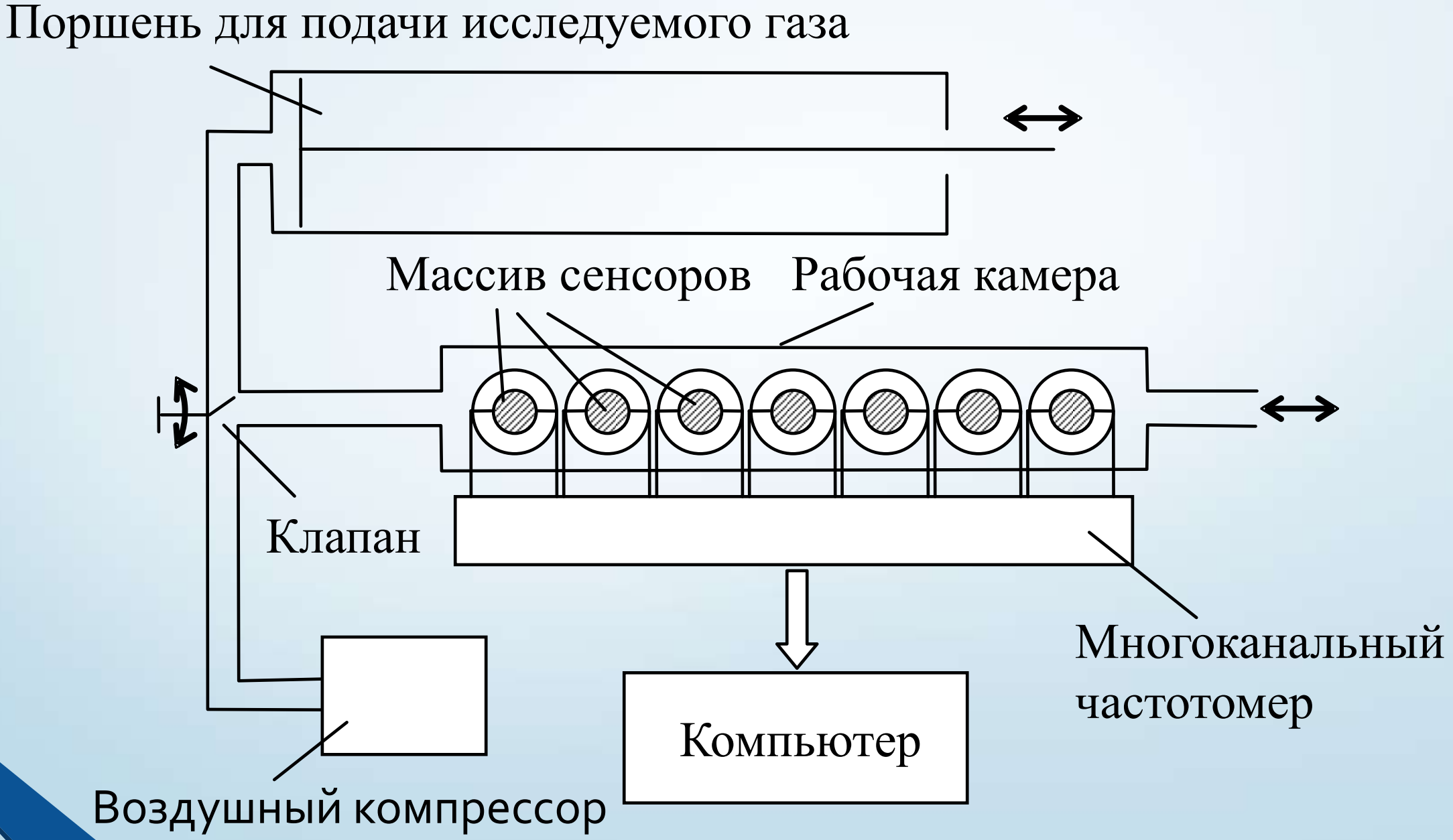
Принцип работы масс-чувствительных сенсоров



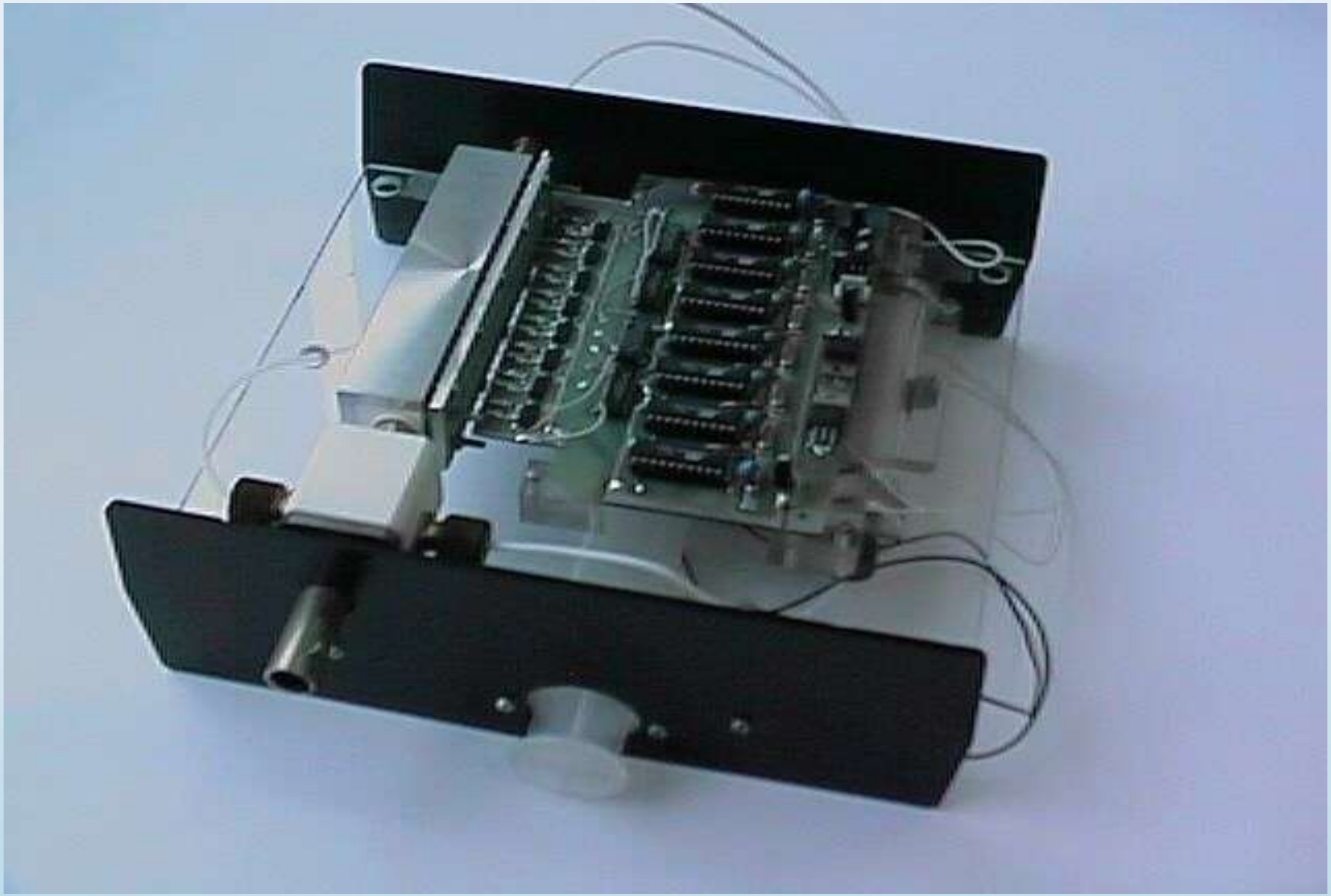
$$\Delta f = \frac{f_0^{\,2} \cdot \Delta m}{N \cdot \rho_q \cdot S} = \frac{f_0^{\,2} \cdot \Delta d \cdot \rho}{N \cdot \rho_q}$$



Мультисенсорный газовый анализатор



Мультисенсорный газовый анализатор



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. Число измерительных каналов – 8
2. Тип сенсорных элементов – кварцевые резонаторы частотой 6 - 12 МГц
3. Основная относительная погрешность измерения частоты – 0.01 %
4. Питание от сети переменного тока 220 В 50 Гц
5. Потребляемая мощность – не более 10 Вт.
6. Время непрерывной работы – 24 ч.
7. Габаритные размеры блока 300 х 200 х 75 мм.
8. Масса блока не более 500 г.

ПРЕИМУЩЕСТВА

Прибор позволяет одновременно регистрировать до 8 различных примесей в окружающем воздухе с высокой точностью 0,01 %. Благодаря съёмной конструкции элементов сенсоров, прибор может быть легко модифицирован для определения концентраций различных веществ и применим для широкого круга задач как на производстве и мониторинге окружающей среды, так и в научно-исследовательских целях.

Спасибо за внимание!