



# Современные плазменные технологии

*Андрей Владимирович Козырев, д.ф.-м.н., профессор,  
заведующий кафедрой физики плазмы Томского государственного университета,  
заведующий лабораторией Института сильноточной электроники СО РАН*

## **Плазма – это ионизованное состояние вещества**

Плазма – это ансамбль примерно равного количества положительно и отрицательно заряженных частиц

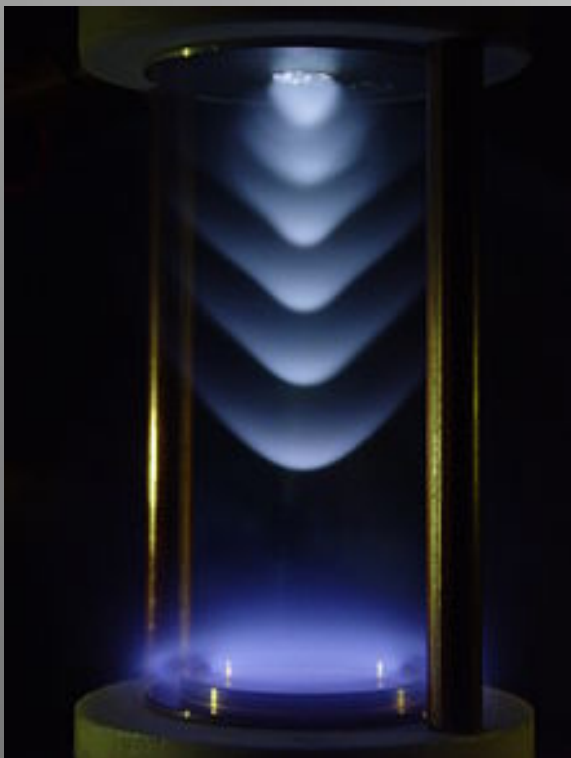
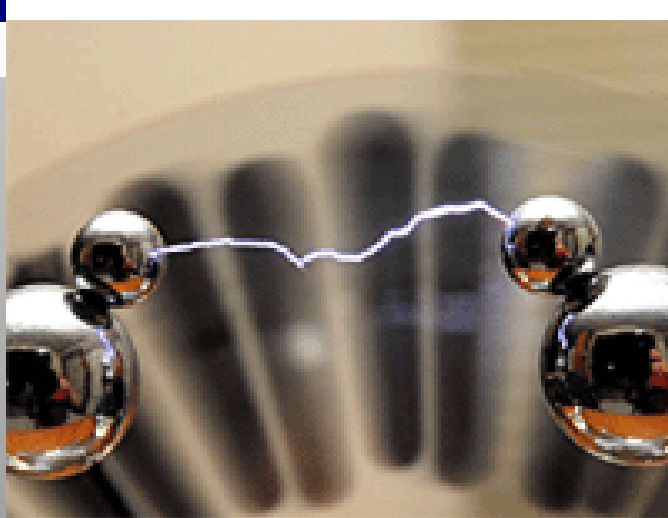
Плазма – это очень подвижная среда, взаимодействующая с внешними электрическими и магнитными полями

Плазма – это сплошная среда, движение которой способно генерировать собственные электрические и магнитные поля

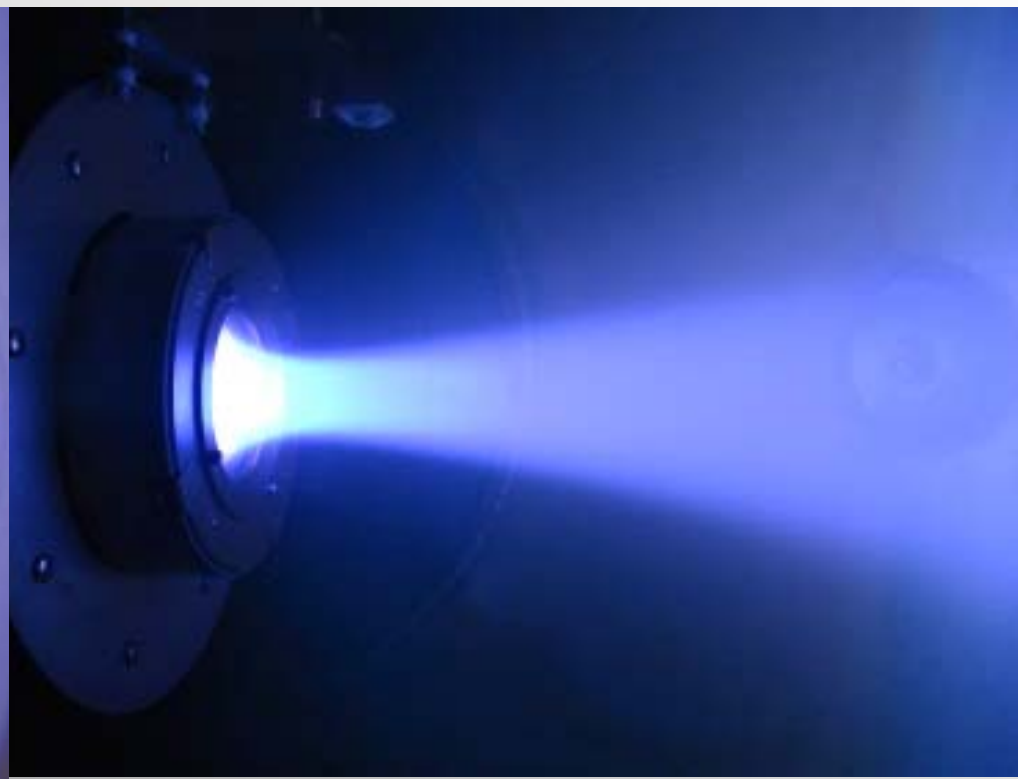
Плазма обладает специфическими свойствами, сильно отличающимися от свойств обычных газов и жидкостей

**Плазма – 4-ое состояние вещества**

**Самый распространенный способ создания плазмы в лаборатории – газовый разряд – явление протекания электрического тока через газ**

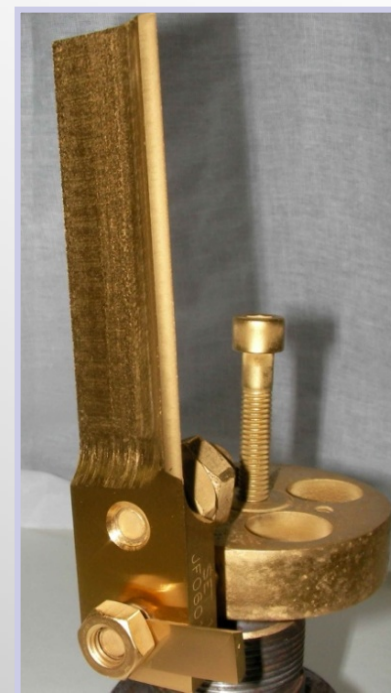
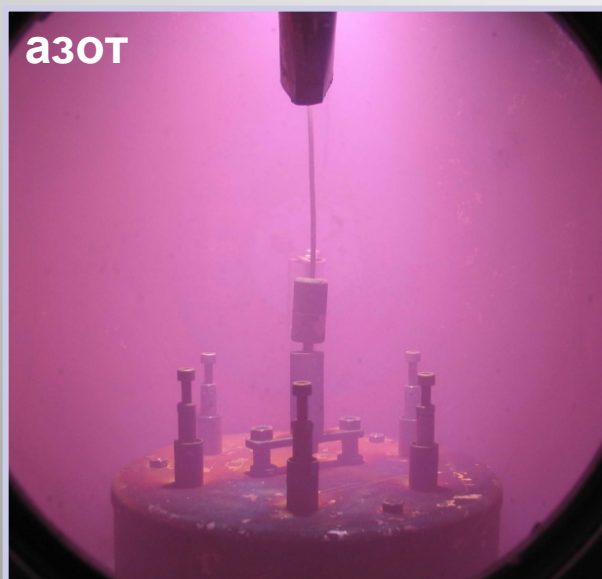
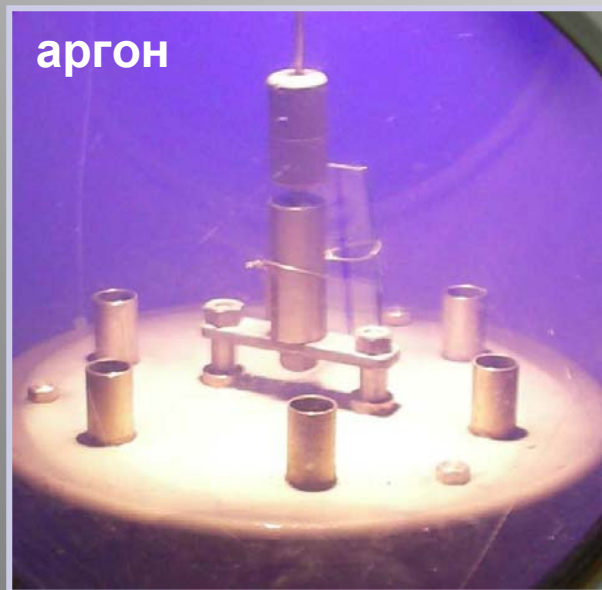


# Управление пространственным распределением и направлением потока плазмы магнитным полем



Объем плазмы - 1 м<sup>3</sup>

# Технологические процессы обработки изделий, реализуемые в едином вакуумном цикле



Очистка,  
активация  
поверхности,  
нагрев

Азотирование  
в плазме  
дугового  
разряда

Плазменно-  
ассистированное  
нанесение  
нанокompозитных  
покрытий



## **Автоматизированная установка (ИСЭ СО РАН) для азотирования в дуговом разряде низкого давления**

- ✓ **Время азотирования сокращено до 3 – 5 часов**
- ✓ **Энергозатраты уменьшены в 2 – 3 раза**
- ✓ **Из технологического процесса исключены аммиак или водородосодержащие газовые смеси**



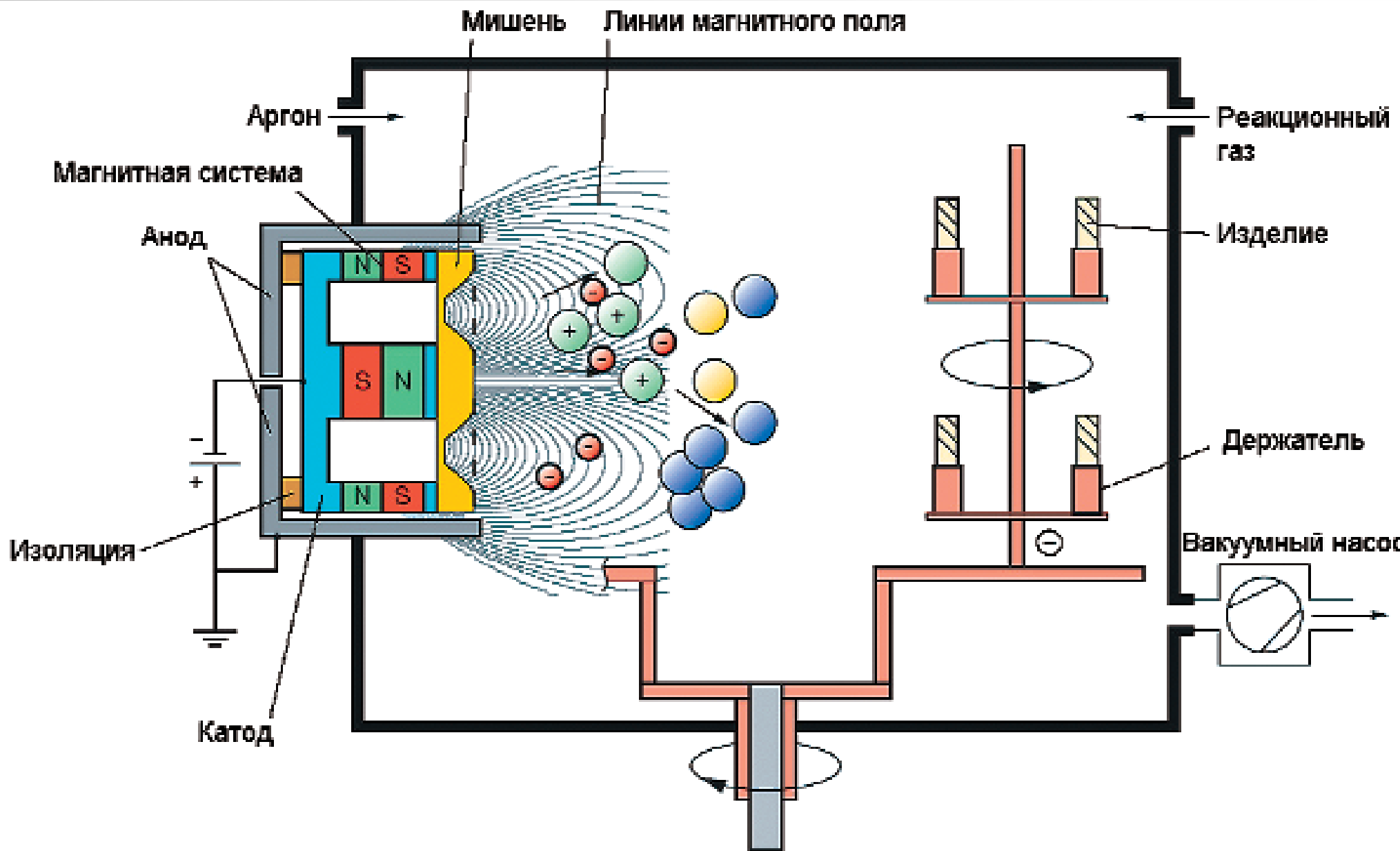
**Установка была внедрена на  
ООО «Томский инструментальный завод»**

# *Плазменные методы нанесения покрытий*

## **Функциональные покрытия материалов и изделий**

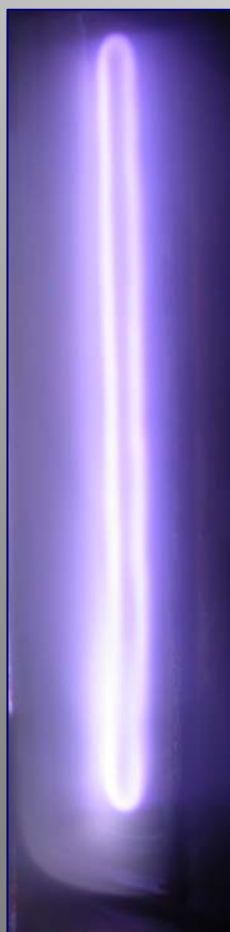
- декоративные (нанесение надписей и рисунков)
- защитные (защита от коррозии, антисептические)
- упрочняющие (формирование поверхностных сплавов)
- износостойкие (алмазоподобные, поверхности трения)
- электропроводящие (металлизация диэлектриков)
- водоотталкивающие (гидрофобные покрытия)
- теплосберегающие (ИК-отражающие)
- оптические (просветляющие, светоотражающие)

# Плазменные методы нанесения покрытий на основе магнетронного разряда





**Протяженные магнетроны с вращающимся цилиндрическим катодом длиной до 3 метров**



**Планарные протяженные магнетроны с прямоугольным катодом длиной до 1 метра**



**Планарные магнетроны с круглым катодом**



# Гидрофобные оксидные наноструктурированные покрытия



гидрофобное

обычное



Капли воды на поверхности модифицированного (слева) и обычного (справа) стекла



Капля воды на поверхности стекла с покрытием TiZnO

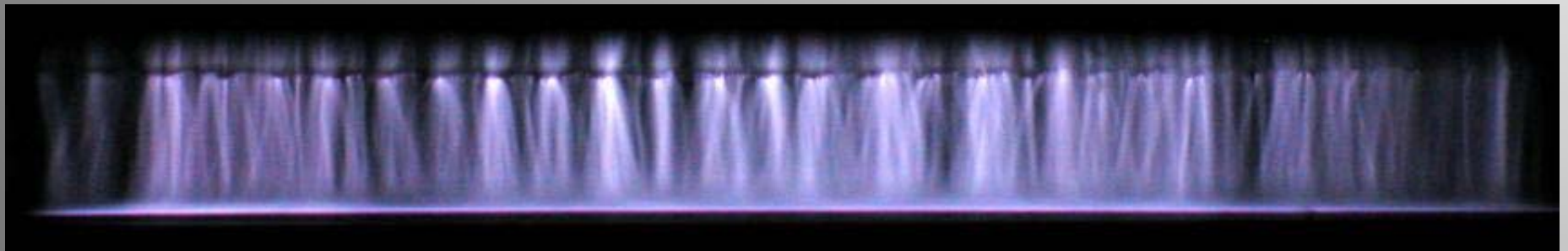
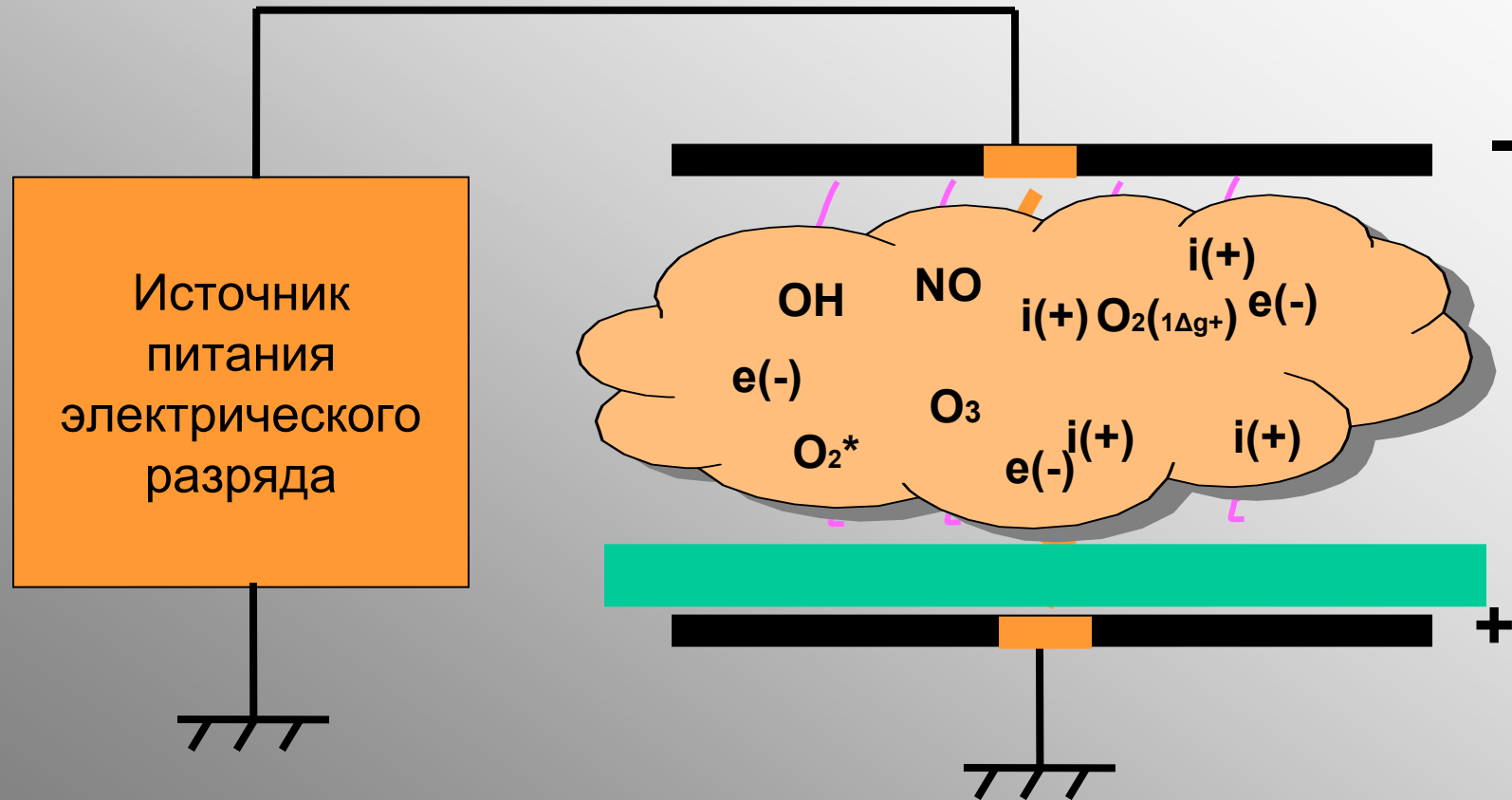
- ✓ УВЕЛИЧЕНИЕ УГЛА СМАЧИВАНИЯ ДО  $115^\circ$
- ✓ УМЕНЬШЕНИЕ УГЛА СКАТЫВАНИЯ ДО  $15^\circ$

## Само-очищающиеся покрытия для

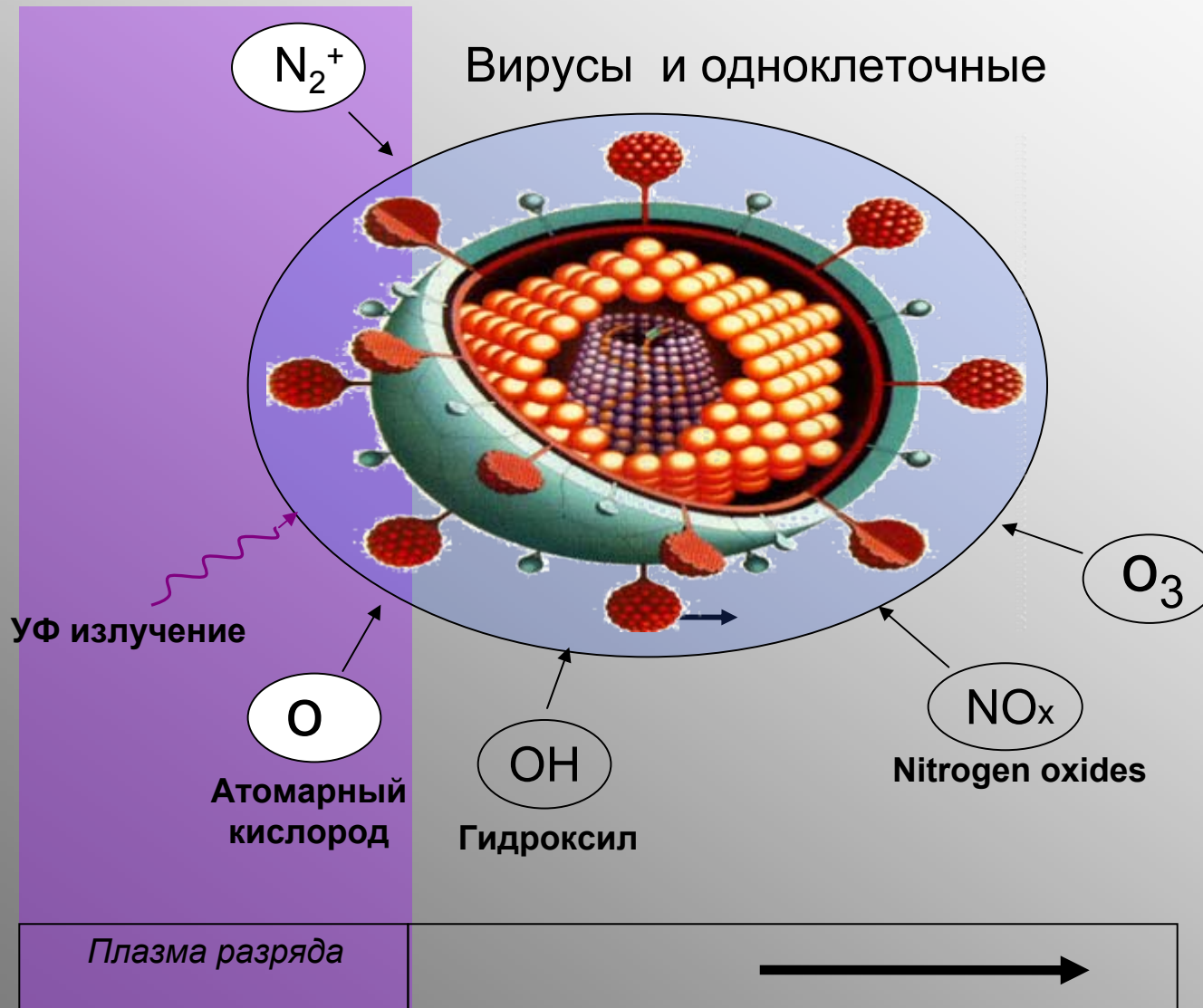
- зеркал, фар и стекол автомобилей
- архитектурного стекла
- элементов интерьера



# Плазма это химически активная среда



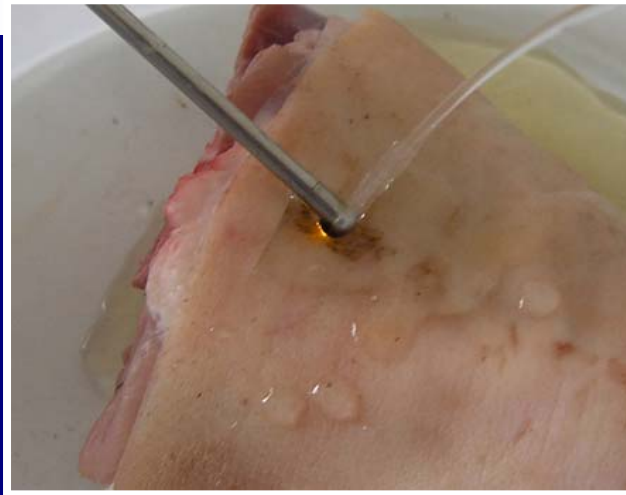
# Механизмы инактивации микроорганизмов





**Фундаментальное и клиническое обоснование применения  
в грудной и сердечно-сосудистой хирургии выполнено  
ИСЭ СО РАН совместно с НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН**

## **Плазменный скальпель для холодноплазменной стернотомии**



**Модельная эндоскопическая операция:  
резка мягких тканей и кости**

**Гемостаз при проведении стернотомии плазменным «скальпелем» достигает  
качеств, достаточных для уменьшения кровопотери в 10 – 15 раз по сравнению с  
механическим рассечением грудины.**

**Воздействие на рассекаемые костные ткани, создаваемое плазмой, оказывает  
асептический и антисептический эффект, что обеспечивает как профилактику  
инфицирования, так и антибактериальное действие в инфицированных тканях.**





Свежая  
новость из  
интернета:

«...Немецкие ученые из Фраунгоферовского института технологии поверхностей и тонких пленок разработали **«электрическую расческу»**, которая избавляет человека от головных вшей за один день, без вреда для здоровья. Об изобретении сообщает Popular Science.

Кончики этих зубчиков выступают в качестве электродов и излучают энергию вокруг себя. Поэтому ток, протекающий между электродами, расщепляет молекулы воздуха, превращая его из газа в холодную плазму.

В результате молекулы воздуха убивают вшей, при этом температура в волосах остается на обычном уровне»

# Основные области применения современных плазменных технологий

Машиностроение и обработка металлических изделий

Модификация поверхности твердых тел

Стерилизация инструмента, твердых и жидких поверхностей, порошков

Медицина (физиотерапия, фармакология, хирургия)

Деликатная обработка поверхностей (текстильная промышленность, археология, реставрация предметов искусства, биологическая активность поверхности)

Строительные материалы и изделия (керамика, полимеры, архитектурное стекло)

Технологии производства полупроводниковой электроники

Военные и аэрокосмические технологии