

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РОСТОВЫХ МИКРОПЛАТФОРМ НА ОСНОВЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА МИКРООРГАНИЗМОВ

Е. Е. Нестеров, Т. М. Зими́на



Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), ЦМИД

Цель работы

Формирование матриц пористых структур с заданной морфологией и топологией на основе анодного оксида алюминия (АОА) для создания ростовых платформ, интегрированных в лабораторию на чипе (ЛНЧ) для многоканального экспресс-микробиологического анализа.

Актуальность задачи

Нанопористые биосреды являются быстро развивающейся областью нанотехнологии с большим потенциалом развития и дальнейшего применения в областях медицинской диагностики инфекционных заболеваний, что является очень актуальным направлением, благодаря потенциалу миниатюризации, ускорения и повышения производительности анализа.

Постановка задачи

При разработке миниатюрных диагностических средств для микробиологического анализа (МДСМА) нового поколения одной из основных проблем является создание биосовместимых и пригодных для интегрирования структур с заданной морфологией для формирования ростовых платформ. Перспективным материалом, обладающим высокоаспектной пористой структурой, биосовместимостью, механической прочностью и низкой стоимостью представляется АОА. Нерешенными проблемами в данном направлении является недостаточная прочность и однородность пористых структур АОА, а также отсутствие технологии формирования ростовых платформ из АОА, интегрированных в аналитический чип в едином технологическом цикле. Для достижения этих целей в данной работе исследованы пути повышения гомогенности и прочности миниатюрных ростовых площадок, а также рассмотрены вопросы их формирования в едином технологическом цикле.

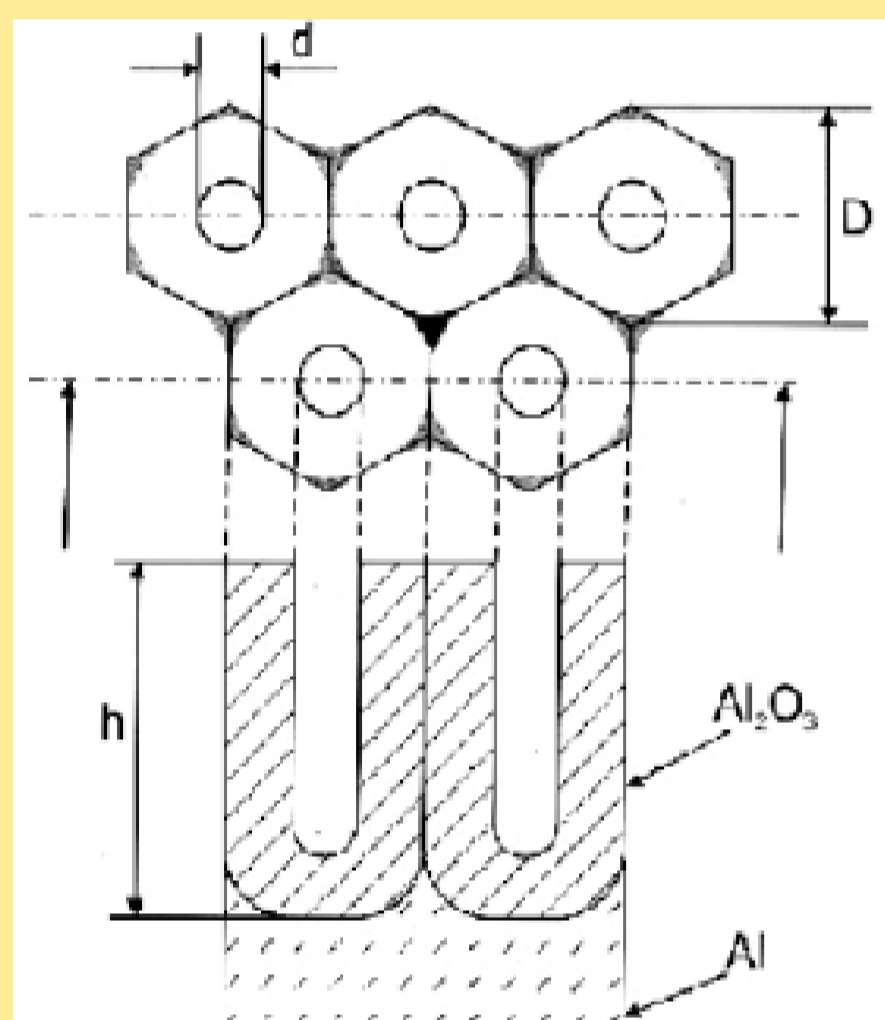
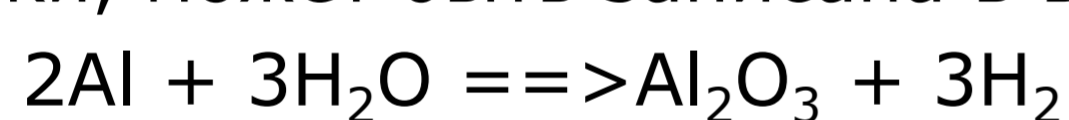


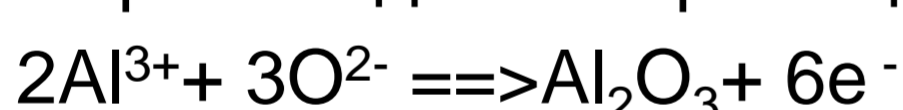
Рис. 1 Схематическое изображение фрагмента АОА пористого типа

Реакция анодирования

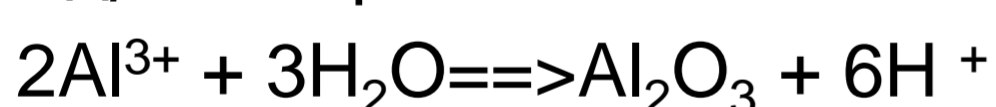
Полная реакция, имеющая место во время анодирования алюминиевой пленки, может быть записана в виде:



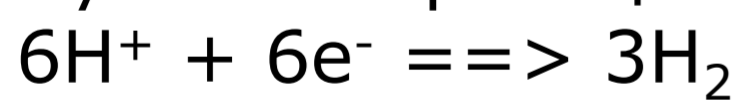
Она является суммарной для реакций на каждом электроде. Реакции на аноде происходят на границах раздела металл/оксид:



и оксид/электролит:



В результате реакции на катоде, происходит выделение водорода:



Анодирование, с образованием относительно толстой оксидной пленки, характерно для: Al, Ta, Nb, Ti, Zr. Оксиды перечисленных металлов проявляют асимметрию проводимости, т. е. обладают вентильными свойствами (образуются АОП с хорошими диэлектрическими свойствами: электрическое сопротивление $\geq 10^{14}$ Ом·м, электрическая прочность $\geq 10^8$ В·м⁻¹, ширина запрещенной зоны > 3 эВ).

Лабораторная установка для анодирования

Установка содержит источник тока (1), ванну для анодирования (2), амперметр (3), подключенный к ПК (4) для мониторинга результатов и сохранения полученных зависимостей. Отличительной особенностью является анодирование ростовых площадок, встроенных в сэндвич-структуру, которая далее используется для анализа. В качестве катода использовали графитовый картон (5), встроенный в сэндвич-структуру катода.

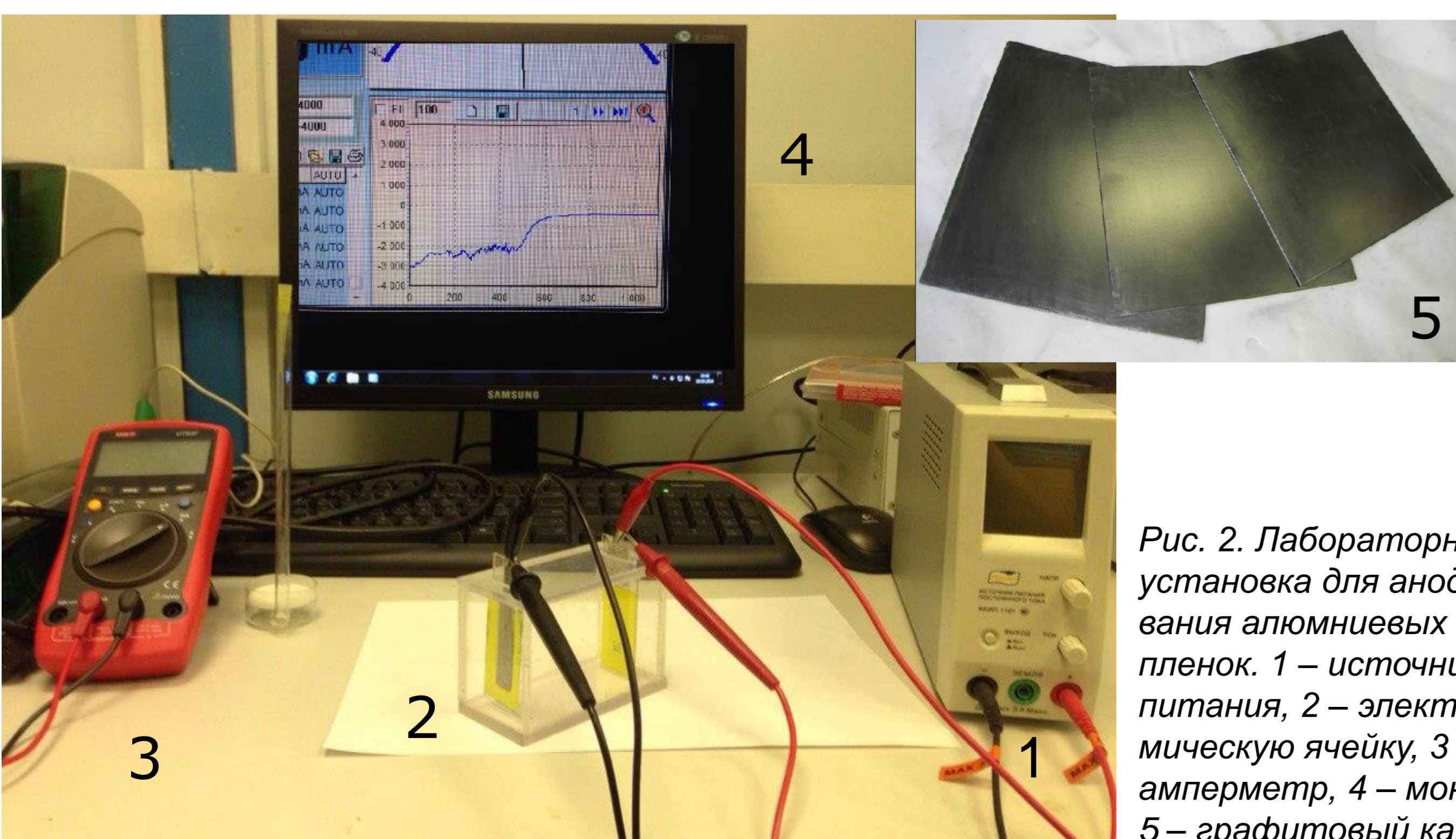


Рис. 2. Лабораторная установка для анодирования алюминиевых пленок. 1 – источник питания, 2 – электрохимическую ячейку, 3 – амперметр, 4 – монитор, 5 – графитовый картон.

Методика эксперимента

Реакцию анодирования проводили в специально сконструированном реакторе для работы с сэндвич-структурами на основе стеклянных подложек (рис. 3).

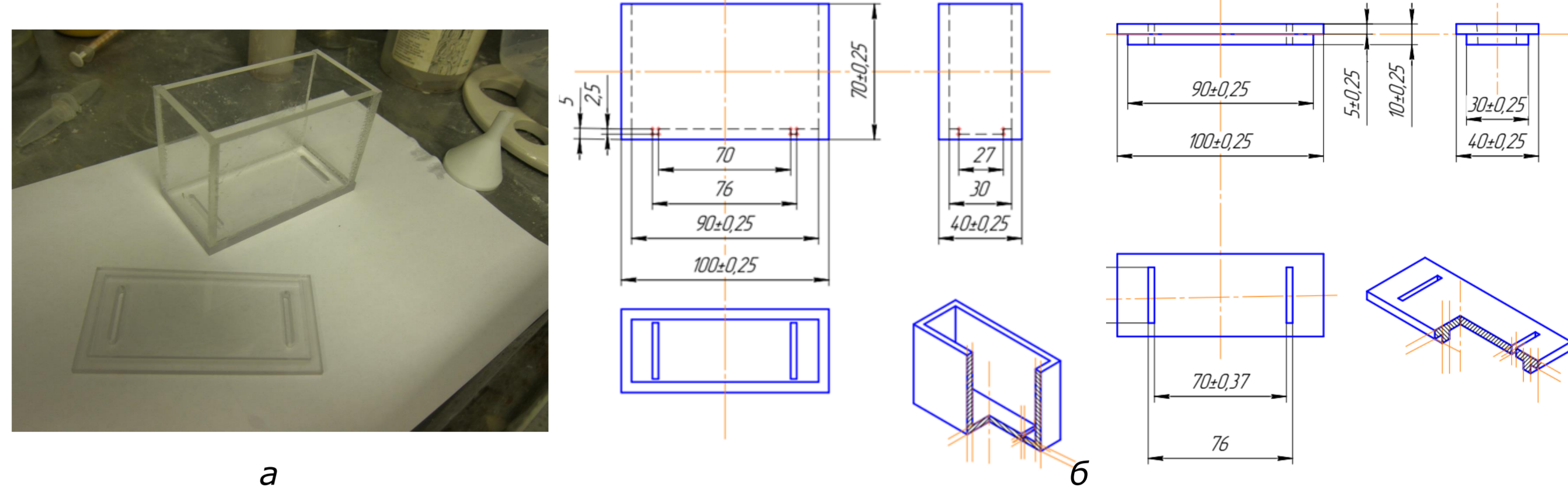


Рис. 3 Реактор для анодирования. Общий вид (а), пакет чертежей (б). Материал: полиметилметакрилат листовой, $d = 4$ мм. Сборка на клею ПММА/2,4-дихлорэтана, 1% w/v.

Фиксированное положение и расстояние между пластинами обеспечивает повторяемость и удобство анодирования. Прозрачные стенки позволяют наблюдать за ходом процесса. Исследовано влияние однородности плотности тока на качество изделий. Наблюдали, что равновысокая установка анода и катода позволяет повысить однородность АОА. Исследовали влияние «апертуры» катода. Показано, что при увеличении апертурного угла на величину более 20% появляются краевые эффекты (рис. 4), вплоть до сквозного протравливания фольги.

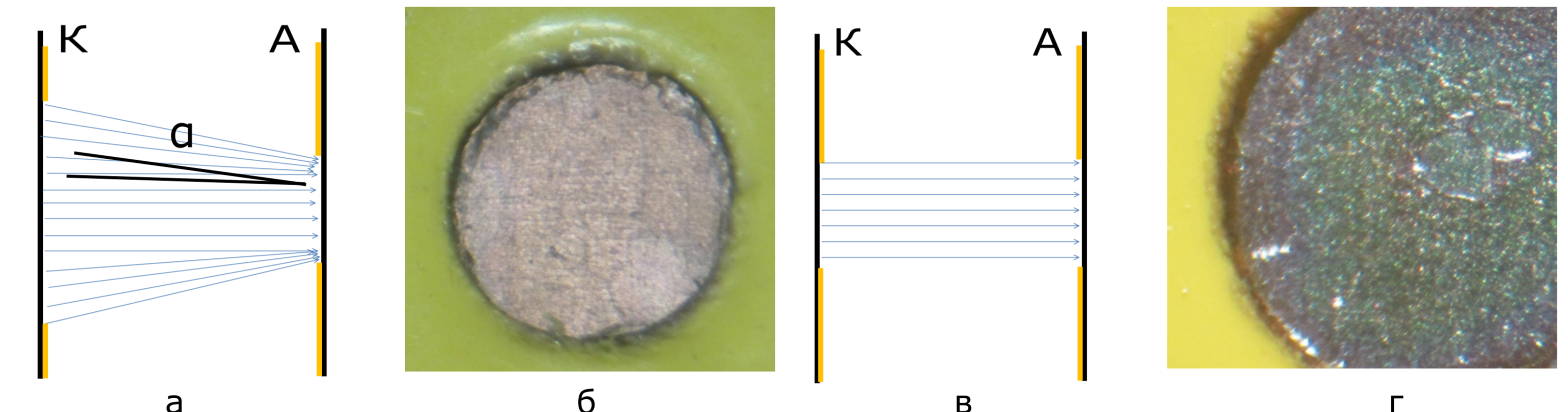


Рис. 4 Влияние распределения плотности тока на однородность АОА: а - неоднородное распределение силовых линий в апертуре катод-анод; б - фотография пластины АОА ($d=1$ мм) с краевыми эффектами; в, г - однородная плотность тока (в) и пластины АОА (г).

Подготовка поверхности алюминиевой фольги

Для повышения однородности АОА необходимо проводить механическую полировку поверхности перед анодированием (рис.5а). На исходной фольге (Фольгопрокатный завод, г. Санкт-Петербург (в наст. время закрыт)) видны линии прокатки (рис. 5б), которые могут играть роль механического фасетирования поверхности, приводящего к формированию искусственно направленных пор, ограничению их формы и размера. В работе исследовалась механическая полировка с использованием пасты ГОИ №2 (тонкая) с абразивной способностью до 1 мкм. Полученные результаты (рис. 5в) показали, что используемая полировка оказывает существенное влияние на качество поверхности.

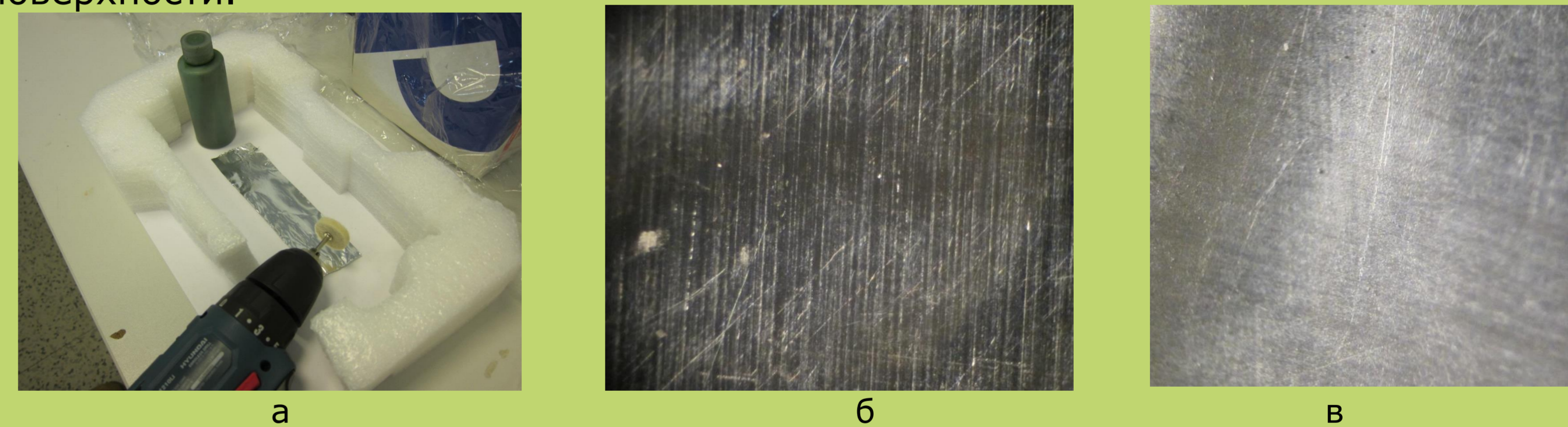


Рис. 5. Полировка фольги. а – процедура, б, в – микрофотография фольги при увеличении 100X, исходной (б) и после полировки (в).

Сэндвич-структуры с ростовыми площадками

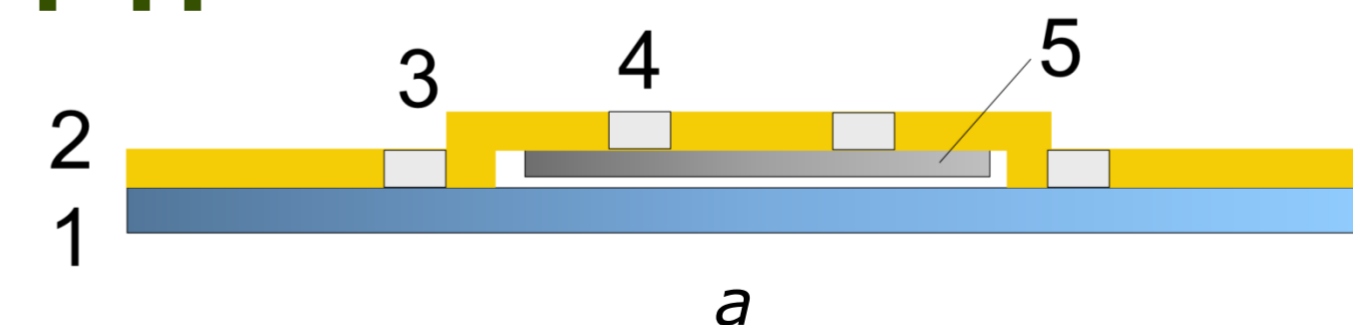
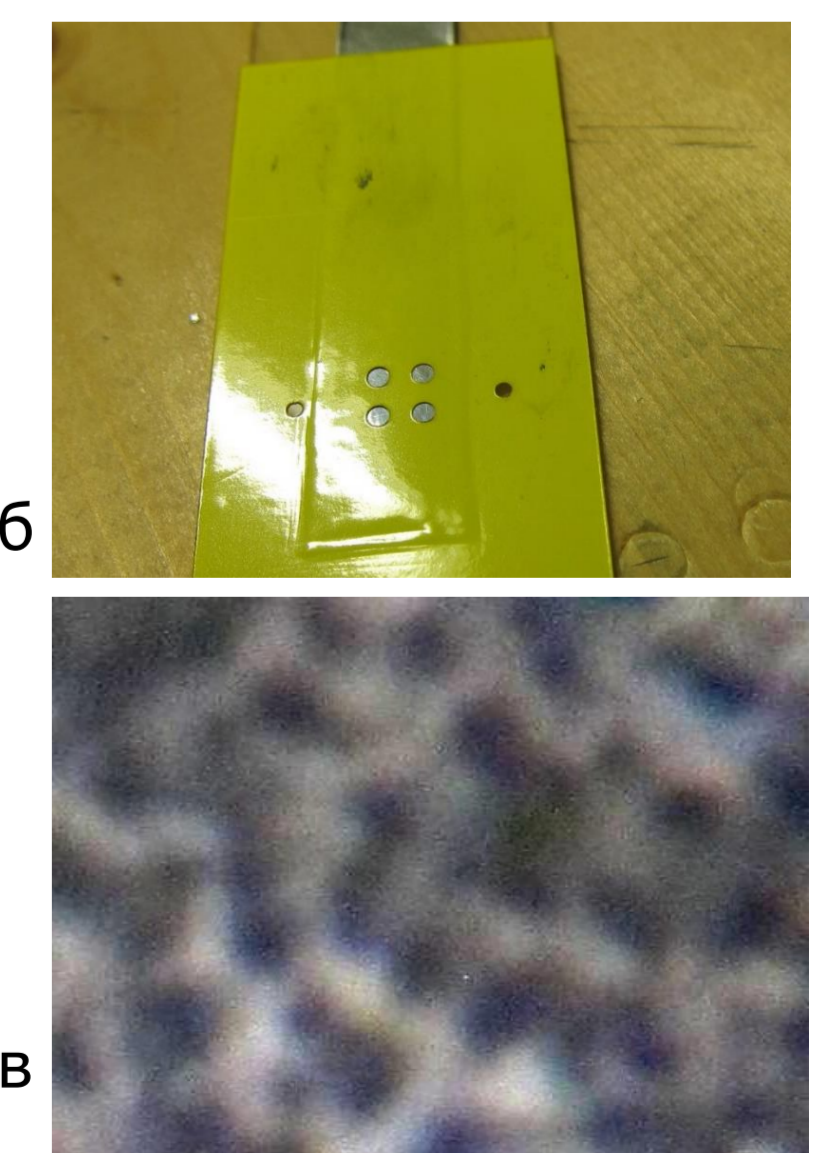


Рис. 6. Ростовые пластины из АОА на стеклянной подложке: а – сечение, б – общий вид, в – микрофотография при ув. 3 800 X. 1 – стекло 25 мм x 75 мм x 1,5 мм, 2 – полимерная пленка Ocasal 650, $d = 80$ мкм, 3 – технологическое отверстие и отверстие для подачи питательной среды, 4 – окно ростовой площадки, 5 – Al фольга.



Выводы

Разработан метод формирования матриц миниатюрных ростовых платформ на основе АОА на стеклянной подложке. Повышена однородность пластин, изделия можно получать в виде готовой для использования сборки в едином технологическом цикле.

Литература

1. Патент на изобретение № 2522005. Способ выращивания колоний микробных клеток и устройство для его осуществления. Заявл. 30.12.2011. Заявитель: Санкт-Петербург. гос. электротехн. ун-т. Авторы: Т.М. Зими́на, А.В.Соловьев, В.В.Лучинин, Е.Н.Соколова.
2. Т. М.Зими́на, В. В. Лучинин, Е. Н. Муратова и др. Принципы создания гибридных миниатюрных приборов для выращивания колоний микробных клеток на основе пористого анодного оксида алюминия. / НМСТ. 2013. № 12. С. 19-33.