

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Сотничука Степана Владимировича
на тему: «Электрохимическое формирование металлических нанонитей
для задач сверхпроводниковой микроэлектроники», представленной на
соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальностям 1.4.15 – Химия твердого тела и 1.4.6 – Электрохимия**

Работа Степана Владимировича могла бы защищаться по трем специальностям, включая физику твердого тела (пересечения которой с химией твердого тела все более многочисленны, как минимум в части дифракционных и микроскопических методов). По жанру – это фундаментальная работа, нацеленная на прецизионный мониторинг и контроль формирования композиционных структур с характерными размерами фрагментов в нанометровом диапазоне. Одновременно – это и прикладная работа в области высоких технологий для сверхпроводниковых устройств, пусть пока только лабораторных.

Электрохимическая часть работы в автореферате отчасти экранируется впечатляющими наглядными результатами аттестации структур и исследования слабой связи. Однако эта часть, о которой можно подробнее судить по публикациям, достойна отдельной высокой оценки. Прежде всего, реализовано электроосаждение металлов в надежных потенциостатических режимах, без всяких натяжек, связанных с омическим скачком потенциала – это гарантирует постоянство условий нуклеации и роста металла в порах независимо от того, как меняется в ходе роста ток. Затем, разработан режим последовательного осаждения двух металлов из индивидуальных электролитов, обеспечивающий неразмытые границы, то есть реализована давняя нанотехнологическая мечта, возникшая еще в эпоху разработки технологий сверхрешеток для магнитозаписи. Наконец, количественный кулонометрический контроль доведен до нанометрового уровня чувствительности.

Важнейшим результатом этих усилий является получение очень хорошо охарактеризованных (в том числе, в смысле размеров и ориентации зерен) одномерных объектов, представляющих интерес не только для целевых задач физики сверхпроводниковых гетероструктур, но и для широкого круга задач исследования размерно- и размерностно-зависимых электронных свойств металлов. Методы характеристики структур столь же прецизионны, как и методы их формирования, и выбраны в полном соответствии с вопросами, на которые требуется ответить.

В работе имеется также немало методических находок, связанных с извлечением проволок из матриц и с использованием литографии.

Мое замечание относится к электрохимической части работы по осаждению сегментированных проволок и непосредственно связано с рисунком 3 из статьи 1 (DOI: 10.1039/D4TC04751F). Во-первых, видно, что по мере роста нити квазистационарные токи осаждения золота повышаются. Полезно было бы выяснить, связано ли это с приближением фронта роста к верхней границе АОА, или с какими-то различиями в кинетике нуклеации/роста на поверхностях последовательно образуемых сегментов никеля. От ответа зависят перспективы формирования большого числа сегментов в одной нити. Во-вторых, полагаю, что точность кулонометрического контроля на начальных участках резкого спада тока ниже, чем на пологих участках, из-за вклада нестационарных токов заряжения. Их безусловно можно оценить и/или приближенно определить экспериментально. Полезно было бы понять до какой точности может потенциально быть доведен кулонометрический контроль. От ответа зависят перспективы формирования еще более тонких сегментов.

Указанное замечание безусловно никак не влияет на оценку результатов работы, но лишь уточняет одно из обстоятельств, которое потенциально можно использовать для дальнейшего развития методов формирования сегментов. Диссертация С.В. Сотничука отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальностям 1.4.15 – Химия твердого тела (по химическим наукам) и 1.4.6 – Электрохимия (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, и требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Сотничук Степан Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.15 – Химия твердого тела и 1.4.6 – Электрохимия.

Доктор химических наук,
приглашенный профессор университета Любляны
Цирлина Галина Александровна

27 мая 2025

тел.: +7(917)5233243, e-mail: tsir@elch.chem.msu.ru

Адрес места работы: 1000, Словения, г. Любляна, ул. Ямова, д. 39, Наноцентр.