



МИНИСТЕРСТВО  
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

УТВЕРЖДАЮ

БИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ (филиал) ФГБОУ ВО  
«Алтайский государственный  
технический университет  
им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ)  
ул. Имени Героя Советского Союза  
Трофимова, 27, г. Бийск, 659305  
тел.(3854 34-23-68), факс:(3854)43-53-00  
E-mail: info@bti.secna.ru  
<http://www.bti.secna.ru>

Директор БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова  
к.т.н., профессор

**М.А. Ленский**



02.05. 2017 г. № 40-406

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Воронина Антона Сергеевича  
«Формирование серебряных микросетчатых прозрачных проводящих  
покрытий при помощи самоорганизованных шаблонов  
и композиты на их основе»

Проблема создания проводящих прозрачных покрытий актуальна во всех областях гибкой и традиционной оптоэлектроники. Обеспечение низкого поверхностного сопротивления и одновременно высокой прозрачности представляет собой две противоречивые задачи.

Например, как отмечает автор, оксидные прозрачные проводящие покрытия (ППП), несмотря на низкое сопротивление, обладают низкой прозрачной прозрачностью для ИК лучей и неприменимы для гибкой электроники из-за хрупкости. Альтернативные ППП (углеродные нанотрубки, графен, металлические нано-проволоки и т.д.) частично применимы для гибкой электроники, но дороги в производстве и имеют высокое сопротивление.

В представленной диссертационной работе автор предлагает принципиально новый подход к получению ППП, который заключается в формировании микросеток из материалов с высокой проводимостью – серебра или меди.

Главное преимущество такого подхода – сетчатая структура ППП обеспечит его высокую прозрачность вне зависимости от проводящего материала. Это позволяет выбирать проводящий материал со сколь угодно низким удельным сопротивлением, невзирая на его оптические свойства.

В результате формирования такой структуры, автором было достигнуто поверхностное сопротивление менее 10 Ом/кв при прозрачности 90 % для любого проводящего материала. Всё это свидетельствует о научной новизне и практической значимости работы.

Кроме того, стоит отметить простоту предложенного способа формирования микросеток размером от 20...100 мкм на основе самоорганизованных шаблонов, получаемых при растрескивании пленки кремнезёма в ходе сушки.

Для управления характеристиками ППП автором исследовано влияние концентрации глицерина на размеры ячеек микросетки и толщины наносимого проводящего материала (серебра, меди) на поверхностное сопротивление.

Об адекватности полученных материалов свидетельствует использование высокоточного оборудования для оптического анализа ППП и нанесения покрытий, что также отмечено в автореферате.

Вместе с тем хотелось бы привести некоторые вопросы и замечания:

1. Неясно, в чем заключается энергетическая выгодность растрескивания пленок в результате золь-гель перехода. Автору следовало бы оценить энергию поверхностного натяжения до и после трещинообразования в порах геля.
2. Есть ли повторяемость статистических характеристик геометрии формируемых шаблонов при фиксированных режимах сушки и концентрации примеси глицерина?
3. Нет технико-экономического обоснования предлагаемой методики формирования прозрачных проводящих покрытий.

Несмотря на замечания, в целом считаю, что диссертационная работа Воронина А.С. является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям ВАК Министерства науки РФ, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Декан Инженерного спецфакультета,

доктор технических наук, профессор

Петров Евгений Анатольевич