



**Конкурс работ молодых ученых «Просто о сложном»
Научно-популярная статья призера III степени Низамеевой Гулии
Ривалевны (аспирантки 2 г/о, ФГБОУ ВО "КНИТУ", г. Казань)**

Любимые смартфоны и «индиево-оловянный монополист»¹

Смартфоны по праву можно назвать одним из самых революционных изобретений в истории человечества и сегодня они играют огромную роль в нашей жизни. Помните те дни, когда в продаже появились первые мобильные телефоны? Я не помню, так как была еще очень маленькой, но родители помнят. Они вспоминают, что это были большие устройства, которые считались чудом в мире технологий. Люди были рады тому, что больше не привязаны к своим стационарным телефонам. Теперь можно свободно говорить где угодно в течение хоть целого дня! Но возможности этих телефонов были ограничены обычными звонками и текстовыми сообщениями. Что же произошло далее? Достаточно скоро начинают интенсивно разрабатываться новые технологии, и на рынке появляются новые типы телефонов, которые отличаются от своих предшественников качественно лучшими характеристиками. И совсем скоро в продажу выходят наши любимые смартфоны, которые делают нас полностью зависимыми от них, причем в такой степени, что теперь без них трудно даже представить себе жизнь. Мы регулярно пользуемся смартфонами для того, чтобы зайти в Facebook, Instagram, почту, делаем видео-звонки и ищем в интернете все, что нужно! Хорошо, когда каждый день наполнен такими возможностями, не правда ли?

А теперь представьте свою жизнь без смартфона, планшета и любимых гаджетов. Сможете ли вы провести день без любимого смартфона? А неделю? А целый месяц? Сложно даже представить... Но такое может случиться в недалеком будущем! Чтобы понять, почему мы можем остаться без любимых гаджетов, необходимо немного углубиться в устройство сенсорных дисплеев.

Многие знают, что дисплей — самая важная часть любого смартфона. Именно через дисплей мы получаем доступ ко всем функциям мобильного гаджета: звонки, набор смс, выход в Интернет, просмотр фото и видео и так далее. Ведь даже если у смартфона мощная начинка и крутая камера, какой в этом смысл, если вы не сможете увидеть результат на экране? Но даже те, которые это знают, не задумываются об устройстве данной части телефона или планшета. Давайте немного разберем устройство дисплеев современных мобильных телефонов, смартфонов и планшетов.

Экраны смартфонов, а так же крупных устройств (мониторов, телевизоров и т.п.), за исключением небольших нюансов, устроены аналогично и представляют собой своеобразный «бутерброд»: сочетание слоев, каждый из которых выполняет определенную

¹ Научно-популярная статья основана на материалах публикаций:

1. Nizameev, I.R. Surfactant templated oriented 1-D nanoscale platinum and palladium systems on a modified silicon surface / I.R. Nizameev, A.J. Muscat, M.V. Motyakin, M.V. Grishin, L.Ya. Zakharova, G.R. Nizameeva, M.K. Kadirov // Nano-Structures & Nano-Objects. – 2019. – V.17. – P.1-6.
<https://arizona.pure.elsevier.com/en/publications/surfactant-templated-oriented-1-d-nanoscale-platinum-and-palladiu>
2. Nizameev, I.R. Transparent Conductive Layer Based on Oriented Platinum Networks / I. Nizameev, G. Nizameeva, M. Kadirov // Chemistry Select. – 2019. – V.4. – P.13564-13568.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/slct.201904293>
3. Nizameev, I.R. Optically transparent conductive layer based on oriented metal networks / I.R. Nizameev, G.R. Nizameeva, M.K. Kadirov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V.1409. – P.012038.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1410/1/012038>

функцию. Первый слой этого бутерброда - тачскрин или сенсорная панель. Второй слой это - матрица и последним слоем экрана является сложная лампа, которая является источником света для жидких кристаллов. Но сейчас уже с каждым годом все большую популярность приобретают экраны на светодиодах, которые не требуют источника света, так как светятся сами. Матрица дисплея изменяет количество света, проходящее через каждый пиксель от источника к тачскрину, иными словами, регулирует прозрачность пикселей. Первый слой, то есть тачскрин находится непосредственно под пальцами пользователя. Долгое время на рынке мобильных телефонов можно было встретить резистивные сенсорные панели. Они реагировали на силу нажатия. Учитывая, что сильное нажатие могло запросто повредить хрупкий тачскрин, резистивные экраны становились все менее популярны, и сейчас смартфоны с подобным типом сенсорной панели практически не выпускаются.

В настоящее время очень большую популярность приобрели емкостные тачскрины, которые выдерживают около 200 миллионов нажатий. Такие сенсорные экраны представляет собой стеклянную панель, покрытую прозрачным токопроводящим материалом. Этот материал играет огромную роль в работе дисплея, так как без этого покрытия экран просто не работает. И, к сожалению, не всякий материал может применяться в качестве такого покрытия, так как, покрытие данного рода должно сочетать такие свойства, как прозрачность в видимом диапазоне излучения, чтобы увидеть результат на экране и высокую проводимость для обеспечения быстрого реагирования на касания.

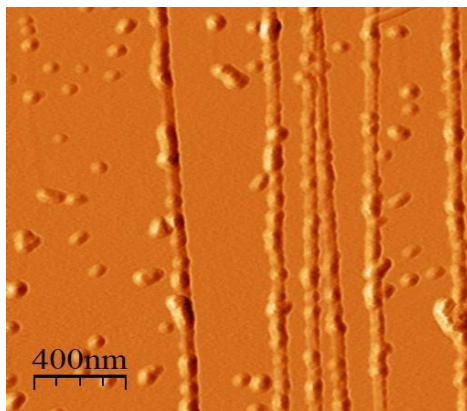
Мировым лидером в области прозрачных токопроводящих покрытий на сегодняшний день является оксид индия-олова (ITO). Жидкокристаллические экраны, сенсорные панели, органические светодиоды, солнечные батареи и множество других массовых продуктов современной электроники и оптоэлектроники попросту не появились бы в нашей жизни без тонкопленочных прозрачных проводников, которые изготавливаются из твердого раствора оксидов индия и олова (Indium Tin Oxide – ITO). Данный материал имеет малое сопротивление и высокую оптическую прозрачность, и используется в 90% случаев на рынке остекления. Это покрытие до сих пор вне конкуренции по совокупности высоких значений оптической прозрачности во всем видимом диапазоне спектра и электрической проводимости. Однако за последнее десятилетие цена на оксид индия-олова резко возросла. Это в свою очередь привело к повышению цен на сенсорные экраны, дисплеи и они стали главной статьей затрат (40% от общей стоимости) при изготовлении смартфонов и планшетов. Это, конечно же, в первую очередь связано с высокими затратами при производстве ITO. Нанесение ITO на поверхность стекла, как правило, производят методом магнетронного или реактивного магнитного распыления, который является очень трудоемким. К тому же, необходимость создания основного и вспомогательного магнитных полей, вакуумирование рабочей камеры, подача смеси инертных газов делают данный процесс очень дорогостоящим. Кроме того, осаждают ITO при высоких температурах, а это приводит к повреждению подложки, и не стоит забывать, что ITO получают из индия, а индий является редким металлом, запасы которого ограничены. И на сегодняшний день изготовление оптически прозрачных токопроводящих покрытий привело к практически полному истощению мировых запасов данного металла. Все эти недостатки: сложность высокотемпературной технологии получения пленок и дороговизна, ограниченные запасы основного сырья для получения ITO – являются главной причиной десятилетиями проводимых в научных лабораториях мира исследований по поиску новой и недорогой альтернативы.

В связи с этим предлагаю новый, перспективный материал, который может стать альтернативой существующему оксиду индия-олова. Данный материал разработан на основе металлических наносетей платины. На самом деле, использование металлических наносетей, например, наносетей серебра, для создания токопроводящих покрытий не новое направление. Встречается много работ, в которых предлагается решить возникшую проблему с использованием металлических нанопроводов. Но во всех предложенных методах эти нанопровода расположены на поверхности прозрачной подложки хаотично. А «фишка» данной работы заключается в использовании высокоориентированных параллельных нанопроводов платины вместо беспорядочно расположенных металлических наносетей. Ориентирование и получение системы параллельных металлических нанопроводов очень непростая задача. Но эта задача была решена. Методом химического осаждения с использованием мицеллярного шаблона поверхностно-активного вещества на поверхности стекла были получены ориентированные параллельные нанопровода платины, которые играют роль токопроводящего покрытия. Толщина данного покрытия до 100 нм. Высота проводов колеблется в пределах 5-10 нм. И самое интересное, период повторения и ширина проводов могут целенаправленно варьироваться. Период повторения может варьироваться в диапазоне 130-230 нм, а ширина – 50-150 нм.

После получения токопроводящего покрытия, были проведены ряд исследований. Морфология поверхности полученного покрытия была исследована методом атомно-силовой микроскопии. Микроскопические снимки показали, что полученное покрытие представляет собой ориентированную систему металлических нанопроводов. Методом рентгенофлуоресцентного анализа было доказано, что полученные на поверхности стекла нанопровода состоят из платины. Электрическое сопротивление полученного покрытия была исследована четырёхзондовым методом ван дер Пау. Исследования показали, что сопротивление разрабатываемого продукта до 1000 Ом. Оптическая прозрачность была исследована на спектрофотометре. Оказалось, что в видимом диапазоне спектра прозрачность покрытия в среднем 90%, в то время, как прозрачность ИТО 90-92%. Хочется отметить, что такая высокая оптическая проницаемость разработанного покрытия достигается за счет использования высокоориентированных систем металлических наносетей, которые приводят к резкому снижению количества используемой платины. Это в свою очередь ведет к значительному увеличению площади непокрытых участков на оптически прозрачной поверхности. В результате получается токопроводящее покрытие с высокой оптической прозрачностью. К тому же, снижение количества используемого металла приводит к уменьшению очень важного экономического показателя - себестоимости покрытия.

Полученные результаты показывают, что мы движемся в правильном направлении. Но можно ли подводить итоги и остановиться на достигнутом? Ответу немного романтично. Знаете, кто одним из первых в России поднялся на воздушном шаре? Дмитрий Иванович Менделеев. И когда он описывал свой полет, то говорил: «Шар поднимается, а горизонт уходит». Так и любой творческий человек (а я считаю, что наука это настоящее творчество): поднимается вверх, а горизонт уходит вдаль. И я считаю, несмотря на то, что некоторые вещи получаются не сразу и сопротивление разработанного покрытия намного больше, чем хотелось бы, это не повод опускать руки. Я уверена, что мы достигнем желаемого результата! Ведь мы Ученые- люди, которым на ладонь садятся звезды...

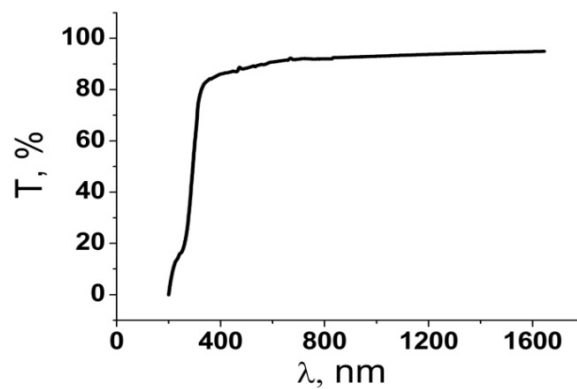
Иллюстрации



АСМ изображение участка разработанного покрытия



Схема осаждения нанопроводов платины



Оптическая прозрачность покрытия