

Работа опубликована в научном журнале *Vacuum*. На сегодняшний день водород является наиболее емким и экологически чистым химическим энергоносителем из всех существующих. Низкотемпературные топливные элементы с протонообменной мембраной – эффективные источники электроэнергии на водородном топливе. Но для практического использования водорода как источника энергии требуется существенно улучшить характеристики одного из основных компонентов топливных элементов — биполярных пластин. Материал биполярных пластин должен обладать малой плотностью и высокой механической прочностью, а также высокой коррозионной стойкостью.

Традиционно в качестве материала биполярных пластин используется графит из-за его высокой коррозионной стойкости, проводимости, низкого контактного сопротивления с другими углеродными материалами. Но пластины из этого материала имеют недостаточную механическую прочность и высокую стоимость. Металлические биполярные платы обладают высокой механической прочностью, однако, их использованию препятствует недостаточная коррозионная стойкость. Эта проблема решается нанесением на поверхность металлических биполярных плат покрытия из различных углеродных и неуглеродных материалов. Наиболее широко исследованы защитные покрытия для нержавеющей стали. Антикоррозионные покрытия для металлов имеют высокое контактное сопротивление (исключение составляют только покрытия из благородных металлов – золото, рутений и так далее).

Исследователи НЦМУ СПбПУ провели исследование возможности применить титан со специальными покрытиями в качестве материала для создания биполярных пластин. Титан обладает большей удельной прочностью и почти вдвое меньшей плотностью по сравнению с нержавеющей сталью, что позволяет снизить удельную массу топливного элемента и расширить возможные сферы применения. Однако титан не имеет достаточной устойчивости в коррозионных средах, особенно в присутствии водорода. Поэтому требуются специальные защитные покрытия, позволяющие преодолеть это ограничение. Покрытия, используемые в настоящее время, обладают не очень хорошей адгезией (способностью одного материала приклеиваться и удерживаться на поверхности другого) и быстро начинают отслаиваться, что приводит к коррозии пластин и снижению получаемого электрического тока.

Исследователи НЦМУ СПбПУ в специальных условиях пучком ускоренных ионов фуллерена (C<sub>60</sub>) создали на поверхности титанового сплава новые углеродные покрытия. Полученный уникальный углеродный нанокompозит содержит текстурированные нанокристаллы графита, разделенные твердой прослойкой аморфного алмазоподобного углерода. Титан покрытый таким нанокompозитом

демонстрирует высокую коррозионную стойкость и низкое контактное сопротивление, пригодное для применения в водородных топливных элементах. Контактное сопротивление образцов с нанокompозитным покрытием в значительной мере превышает установленный дорожными картами целевой показатель.

В тоже время величина получаемого коррозионного тока в 50 раз лучше целевого показателя, а полученный низкий коррозионный ток стабилен в течение длительного времени, что свидетельствует об эффективной защите титана покрытием от проникновения ионов из рабочего раствора. Низкое значение контактного сопротивления сохраняется и после коррозионных испытаний в агрессивных средах, моделирующих работу водородного топливного элемента. Кроме того, ученые выявили возможность управления свойствами получаемых углеродных пленок и формирования специальных покрытий.

«Полученные нами покрытия позволяют достичь требуемых величин целевых показателей, но и поддерживать их в течение длительного времени. Это позволит резко увеличить ресурс работы топливного элемента при его эксплуатации. Таким образом, титан со специальным покрытием может заменить нержавеющей сталь с золотым покрытием в качестве основы для биполярных пластин топливных элементов с протонообменной мембраной», – прокомментировал результаты исследования профессор Высшей инженерно-физической школы СПбПУ, главный научный сотрудник НИЛ «Нано- и микросистемной техники» НЦМУ СПбПУ Платон Карасев.

В ближайшем будущем группа исследователей планирует перейти к нанесению новых покрытий на макетные образцы и проверить работу моделей топливных элементов. В то же время специалисты считают перспективной деятельность, направленную на разработку специализированных источников ионов фуллерена, пригодных для обработки больших площадей, и создание соответствующей вакуумной установки.