

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРОННО-ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ^{*)}

Коваль Н.Н.

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Рассмотрены принципы работы и особенности конструкций нового электронно-ионно-плазменного оборудования, создаваемого на основе плазменных образований, генерируемых в больших вакуумных объёмах разрядами низкого давления [1].

Объёмная однородная плазма создаётся самостоятельными и несамостоятельными дуговыми и тлеющими разрядами при давлениях 0,01 – 1 Па с токами от единиц до сотен ампер, обеспечивая концентрацию $10^9 - 10^{11} \text{ см}^{-3}$ в объёмах до долей кубического метра. Помещённые в плазму материалы и изделий подвергаются бомбардировке ионами, извлечёнными из плазмы и ускоренными в пристеночном слое пространственного заряда, что приводит к модификации поверхности, улучшая её физико-химические и функциональные свойства [2].

Кроме того, рассмотрены электронно-пучковые энергокомплексы и установки, основанные на извлечении из объёмных плазменных образований и формировании электронных пучков большого ($1 - 1000 \text{ см}^2$) сечения.

В качестве примера приведено описание и основные характеристики комплексной электронно-ионно-плазменной установки “КОМПЛЕКС”, сочетающей в едином вакуумном цикле электродуговые устройства для очистки, активации поверхности материалов, плазменно-ассистированного напыления функционального слоя толщиной до нескольких микрометров с дальнейшим электронно-пучковым миксингом покрытия для получения высокоадгезионного упрочнённого слоя с улучшенными характеристиками. Реализованная технология позволяет в разы увеличить износостойкость поверхности материалов и изделий.

Приведены экспериментальные данные по исследованию модифицированных слоёв и покрытий на различных материалах инструментального и конструктивного назначения, демонстрирующие как изменение структурно-фазового состояния, так и улучшение эксплуатационных свойств материалов.

Другим примером разработанного и созданного электронно-пучкового оборудования является ускоритель электронов “ДУЭТ” на основе импульсно-периодического сеточного плазменного эмиттера с дуговым разрядом низкого давления. Созданный ускоритель обеспечивает выведенный в атмосферу электронный пучок сечением $15 \times 75 \text{ см}^2$ при энергии электронов до 200 кэВ и средней мощности несколько киловатт. Основной особенностью ускорителя является возможность независимой регулировки всех его основных параметров: тока, ускоряющего напряжения, длительности импульсов и частоты их следования в достаточно широком диапазоне, что делает его удобным для проведения экспериментов по радиационному воздействию на материалы и изделия, плазмохимии, а также поиску оптимальных режимов при разработке технологических процессов.

Разработанное и созданное оборудование, а также реализованные с его использованием процессы имеют хорошие перспективы внедрения на реальном производстве.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-10015-П).

Литература

- [1]. Эмиссионная электроника / Коваль Н.Н., Окс Е.М., Протасов Ю.С., Семашко Н.Н. Под ред. Протасова Ю.С. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 596 с.
- [2]. Современные тенденции модифицирования структуры и свойств материалов / под общ. ред. Н.Н. Ковалья и В.Е. Громова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2015. – 380 с.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)