УДК 537.525

DOI: 10.17223/00213411/62/11/123

Т.М. ВАСИЛЬЕВА, М.Н. ВАСИЛЬЕВ, В.В. ГАРАЕВА, И.С. ЗЛОБИН, ЗАУ ЙЕ МЫИНТ,
КХИН МАУНГ ХТАУ, ХТЕТ ВЭЙ ЯН ЧЖО, ХТЕТ КО КО ЗАУ

ГИБРИДНАЯ ПЛАЗМА – ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ

Рассматриваются различные схемные и конструкторские решения генераторов низкотемпературной гибридной плазмы, возбуждаемой при одновременном воздействии на плазмообразующую среду электронного пучка с энергией электронов до 50 кэВ и ВЧ-разряда с частотой 13.56 МГц. Описан плазмохимический реактор на основе генераторов гибридной плазмы, приводятся результаты спектроскопических исследований его реакционного объема. Реактор был применен для получения биосовместимых тонких пленок хитозана. Установлено, что обработка пленок хитозана гибридной плазмой кислорода улучшает их гидрофильные свойства и более эффективна по сравнению с обработкой пленок и в газоразрядной, и в электронно-пучковой плазме по отдельности. На культуре *Escherichia coli* показано эффективное бактерицидное действие гибридной плазмы. Обсуждаются перспективы применения гибридной плазмы в биологии и медицине.

Ключевые слова: гибридная плазма, электронно-пучковая плазма, ВЧ-разряд, плазменная медицина, биосовместимые материалы, стерилизация.

Введение

К концу XX века различные типы низкотемпературной плазмы (НТП), кроме хорошо известных приложений [1–3], стали находить свое практическое применение во многих технологических процессах, тем или иным образом использующих воздействие плазмы на сложные полимерные и биополимерные материалы и объекты. Примеры таких производственных технологий можно найти в обзоре [4]. Это – предварительная обработка пластмасс для последующей их окраски и склеивания, производство упаковочных материалов, утилизация разнообразных отходов, очистка воздуха и воды от загрязнений различной (в том числе и биологической) природы и др. Поиск инновационных приложений низкотемпературной плазмы вывел на менее изученные области. Появились и интенсивно развиваются совершенно новые научно-технологические направления – плазменная медицина (Plasma Medicine), плазменное сельское хозяйство (Plasma Agriculture). Ведутся исследования по проблемам, связанным с базирующимися на плазмохимических процессах «зелеными» химическими технологиями, переработкой биомассы, утилизацией отходов. По прогнозам VDI Technologiezentrum (г. Дюссельдорф, Германия), именно эти сферы будут наиболее перспективными для разработки и внедрения плазменно-стимулированных процессов [2, 5].

Медицинские приложения НТП низкого и атмосферного давлений среди прочего включают стерилизацию оборудования, ран и тканей организма [6], лечение инфекционных заболеваний кожи и глаз [7], стимулирование регенерации клеток [8], плазменную коагуляцию [9]. Активно изучаются возможности использования НТП для уничтожения раковых клеток, лечения злокачественных новообразований [10, 11], а также в терапии ВИЧ [12].

Одним из направлений коммерциализации плазменных технологий в медицине, в котором ожидается наиболее быстрый успех, является стоматология. Эффективность применения плазмы в стоматологической терапии и ортопедии показана при дезактивации бактерий, вызывающих кариес и стоматиты, дезинфекции корневых каналов и отбеливании зубов [13–15], а также модификации поверхностей дентальных имплантатов [16]. Функционализация органических полимеров в НТП в газоразрядной плазме повышает смачиваемость поверхности изготовленных из них изделий медицинского назначения [2, 4, 17], усиливает адгезию к биологическому субстрату [18, 19] и связывание специфических активных молекул [20]. В результате улучшается биосовместимость полимерного материала и его интеграция с живыми тканями [21, 22].

Известны и недостатки газоразрядных реакторов, ограничивающие их использование для решения упомянутых выше технологических задач. В первую очередь – это контракция газового разряда при повышении давления, что делает практически невозможным формирование больших реакционных объемов. Реакционные объемы, как правило, неоднородны: в них могут возникать

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>