

## **Исследование модификации пленок хитозана, стимулированной электронно-пучковой плазмой**

Х.К.К. Зау, Х.С.Ауег

Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **1. Введение**

Полисахариды - общее название класса сложных высокомолекулярных углеводов, молекулы которых состоят из десятков, сотен или тысяч мономеров (элементарных фрагментов). Это длинноцепочечные полимеры, состоящие из гликозидных остатков, связанных между собой эфирными мостиками [1].

В настоящей работе исследовалась плазмохимическая модификация материалов в формах пленок, изготовленных из различных полисахаридов. В качестве исходного соединения был выбран хитозан со средневязкостной молекулярной массой ( $M_v$ ) 500 кДа и степенью дезацетилирования 85%.

### **2. Постановка вычислительного эксперимента**

Вычислительные эксперименты проводились с целью настоящей работы, которой было прямое экспериментальное доказательство возможности целенаправленной модификации пленок хитозана в электронно-пучковой плазме. При этом образцы пленок хитозана помещались в облако электронно-пучковой плазмы (ЭПП), которая генерировалась инъекцией электронного пучка (ЭП) в плотную газообразную среду, заполняющую реакционную камеру экспериментальной установки (Рис.1а).

При прохождении ЭП через газ в рабочей камере формируется облако ЭПП, в которое вносится пленка хитозана, которая дополнительно охлаждалась во время ЭПП-обработки, для чего ее помещали на специальную водоохлаждаемую подложку (Рис.1б). Плазмообразующий газ подавался в рабочую камеру через натекаТЕЛЬ, который являлся элементом автоматической системы, обеспечивающей поддержание постоянного предустановленного давления.

Внутри рабочей камеры устанавливалась электромагнитная система, с помощью которой рассеянный ЭП отклонялся по осям  $x$  и  $y$ , перпендикулярным оси инъекции  $z$ . В

результате происходило сканирование облака ЭПП в реакционном объеме, что, во-первых, обеспечивало равномерность обработки всего образца, а во-вторых, позволяло регулировать плотность энерговыделения в реакционном объеме, и таким способом управлять тепловым режимом обработки.

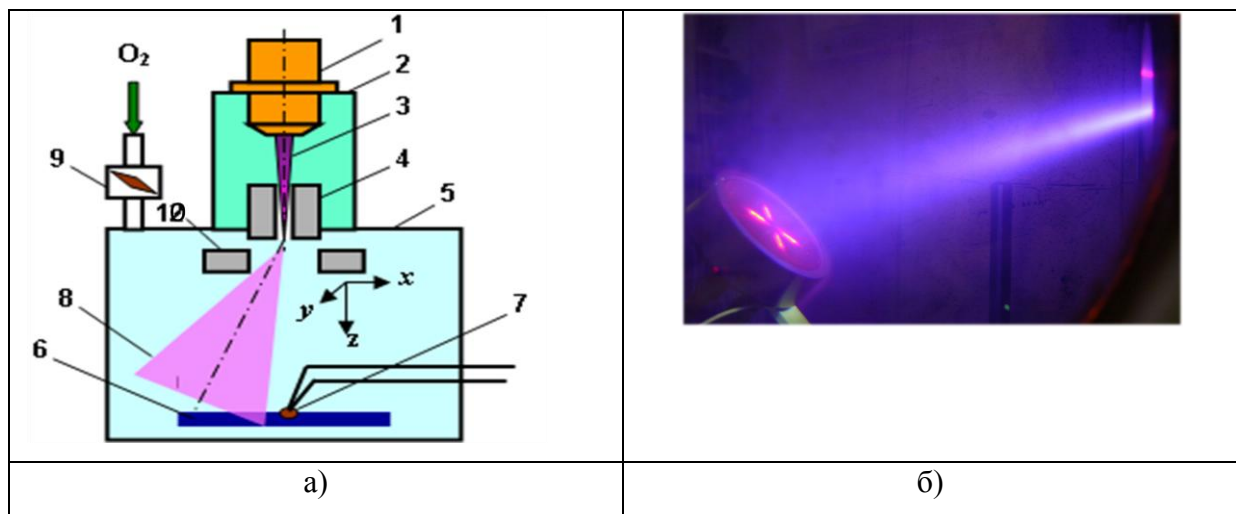


Рис. 1. ЭПП-обработка пленок хитозана: а) схема эксперимента: 1 – электронно-лучевая пушка; 2 – высоковакуумная камера; 3 – электронный пучок; 4 – выводное окно; 5 - рабочая камера; 6 - пьезокерамическая пластина; 7 - датчик температуры; 8 - плазменное облако; 9 - регулируемый натекатель; 10 - отклоняющая система. Стрелкой показана подача газа; б) фотография процесса ЭПП-модификации пленки хитозана.

### 3. Результаты вычислительных экспериментов

Расчеты проводились для модификации поверхности хитозановой пленки под действием ЭПП: образцы пленок хитозана ( $M_v = 500$  кДа) были обработаны в ЭПП при следующих условиях: ускоряющее напряжение  $U = 30$  кВ, сила тока ЭП  $I_b = 1,0 - 15$  мА и плазмообразующие газы: кислород и аргон при давлении 5 Торр.

Большинство экспериментов выполнено при развертке ЭП в круглый растр с диаметром, на 20-30 мм превышающей диаметр водоохлаждаемой подложки, на которую помещался образец пленки полисахарида. При этом температура в реакционном объеме варьировалась в диапазоне 30-70 °С. Сила тока пучка подбиралась таким образом, чтобы поддерживать постоянными указанные выше значения температуры. Время обработки образцов варьировалось в пределах 1-15 мин.

Вычислительные эксперименты выявили некоторые важные закономерности:

- 1) При воздействии ЭПП (особенно при генерации плазмы в аргоне) в пределах  $\tau = 10$  мин поверхность частично деструктурирует, становится более сглаженной и теряет свою кристалличность, что может быть следствием травления поверхности под воздействием химически активных форм кислорода и тяжелых ионов аргона, образующихся в плазме.
- 2) При воздействии ЭПП в пределах  $\tau = 10$  мин гидрофильность хитозановых пленок, модифицированных в ЭПП, была охарактеризована путем измерения статического краевого угла смачивания для дистиллированной воды методом падающей капли.
- 3) При пучково-плазменной обработке краевой угол смачивания хитозановых пленок, обработанных в среде аргона и кислорода существенно понижался по сравнению с исходными образцами, что свидетельствует о радикальном улучшении гидрофильных свойств. Данный эффект был стабилен в течение длительного времени после обработки.

Таким образом, наши эксперименты показали, что ЭПП может использоваться для эффективной и контролируемой модификации природных биополимеров.

Следует отметить, что метод ЭПП-стимулированной модификации является перспективным для получения материалов на основе хитозана с уникальными фармакологическими действиями (например, гемостатическим) и конкурентноспособным с традиционными химическими технологиями, используемыми в фармацевтической промышленности.

### **Литература**

1. Varki A, Cummings R, Esko J, Freeze H, Stanley P, Bertozzi C, Hart G, Etzler M. Essentials of glycobiology // Cold Spring Harbor Laboratory Press; 2nd edition, 2008.