

УДК 617.7-089.243

Технологии плазменной обработки контактных линз

Листратов С.В., инженер-оптик, руководитель производственного отдела.

DOI: <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2019-1-41-44>

ООО «Окей Вижен Ритейл», Россия, 125438, Москва, ул. Михалковская, д. 63Б, стр. 2.

Конфликт интересов отсутствует.

Автор не получал финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Для цитирования: Листратов С.В. Технологии плазменной обработки контактных линз. Глаз. 2019;1:41–44.

Плазменная очистка рассматривается как метод точной очистки для применения в медицинской промышленности. Были проанализированы различия плазменной обработки низкого давления и атмосферного давления. Основной задачей плазменной очистки низкого давления является удаление тонких органических пленок с поверхностей. Описано положительное влияние плазменной обра-

ботки на структуру поверхности газопроницаемых линз. Плазменная очистка является наиболее подходящим процессом для достижения оптимальной чистоты поверхности. Приведены данные, полученные практическим путем.

Ключевые слова: газопроницаемые контактные линзы, плазменная обработка, гидрофильность, гидрофобность.

Technologies of plasma treatment of contact lenses

Listratov S.V., optical engineer, Head of Production Department.

DOI: <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2019-1-41-44>

"OKVision" LTD, 63B, bld. 2 Mikhalkovskaya str., Moscow, 125438, Russian Federation.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citation: Listratov S.V. Technologies of plasma treatment of contact lenses. Glaz. 2019;1:41–44.

Plasma cleaning is considered to be an accurate cleaning method for high-quality applications in medical production. Differences of low-pressure and atmospheric pressure plasma technologies were analyzed. The main purpose of low-pressure plasma cleaning is the removal of thin organic films from surfaces. The positive effect of plasma treatment on the struc-

ture of gas permeable contact lenses surface is described in the article. Plasma cleaning, however, is the most suitable process for achieving optimum surface cleanliness. The given data was obtained by practical means.

Keywords: gas permeable contact lenses, plasma treatment, hydrophilicity, hydrophobicity.

В течение последнего десятилетия количество пользователей контактными линзами во всем мире остается относительно стабильным, несмотря на инвестиции в развитие технологий производства контактных линз. Это в значительной степени обусловлено тем, что от 10 до 50% пользователей перестают их применять в течение трех лет после первого подбора. Наиболее распространенной причиной отказа является дискомфорт при ношении контактных линз [1], в основе которого лежат две основные причины: сухость глаза из-за нарушения стабильности и качества слезной пленки и дисфункция мейбомиевых желез [2]. На качество и стабильность слезной пленки также влияет качество поверхности контактной линзы: чем более гидрофильна поверхность, тем выше её смачиваемость и, следовательно, слезная пленка более стабильна. Появление силикон-гидрогелевых материалов, характеризующихся своей гидрофобностью, побудило разработчиков к поиску физических и химических методов придания гидрофильных свойств их гидрофобной поверхности.

И выход был найден с помощью технологии плазменной модификации поверхности контактной линзы. Действительно, появление силикон-гидрогелевых линз с высокой кислородопроницаемостью значительно снизило число осложнений, связанных с гипоксией, сделав их наиболее популярным типом контактных линз. Но, несмотря на прогресс, достигнутый за последние два десятилетия для улучшения их клинической эффективности, симптомы сухости и дискомфорта по-прежнему довольно часто встречаются при ношении силикон-гидрогелевых линз. Одной из перспективных технологий модификации поверхности силикон-гидрогелевых линз является метод улучшения межфазных взаимодействий их силикон-гидрогелевых молекул на поверхности глаза благодаря ковалентному присоединению биомиметического слоя гидрофильных гликозамингликанов гиалуроновой кислоты [3].

Газопроницаемые контактные линзы (ГПЛ) в отличие от мягких контактных линз (МКЛ) по природе своей также являются гидрофобными. Они не

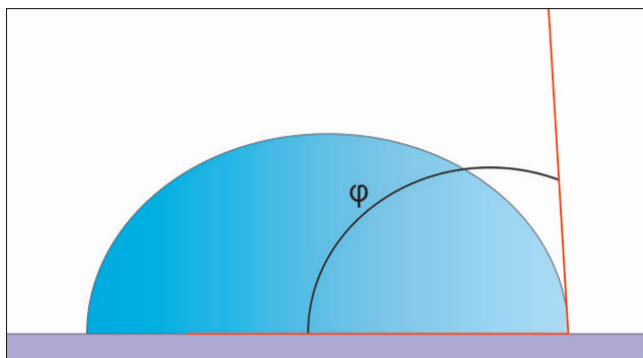


Рис. 1. Угол смачивания

Fig. 1. Contact Angle

подвержены дегидратации, так как содержат максимум 2-3% влаги. Несмотря на это, газопроницаемые линзы вызывают меньшее нарушение структуры слезной пленки. ГПЛ (к которым относятся роговичные, ортокератологические, склеральные) обладают и другими преимуществами по сравнению с МКЛ: плотность материала, препятствующая проникновению в линзу различных химических элементов из окружающей среды, микробов и вирусов; высокие показатели газопроницаемости материала; срок ношения. В то же время первичный комфорт таких линз несколько ниже, чем у МКЛ. Для повышения первичного комфорта ГПЛ используется несколько технологических решений, например, обработка на станке, позволяющая получить гладкий закругленный край.

Одним из важных параметров материалов для контактных линз является угол смачивания (краевой угол смачивания) ϕ (рис. 1) – угол, который образуется между касательной, проведенной к поверхности фазы жидкость – газ, и твердой поверхностью с вершиной, располагающейся в точке контакта трёх фаз, и условно измеряемый всегда внутри жидкой фазы. Краевой угол смачивания является количественной характеристикой процесса смачивания, его величина определяет межмолекулярное (атомное, ионное) взаимодействие частиц поверхности твердых тел с жидкостями. Считается, что если величина краевого угла меньше $<90^\circ$, то происходит смачивание жидкостью твердой поверхности, а сама поверхность называется лиофильной (в случае, если жидкость вода – гидрофильной), в случае, если величина краевого угла больше $>90^\circ$, то твердая поверхность не смачивается жидкостью и является лиофобной (гидрофобной). При полном или абсолютном смачивании (растекании) краевой угол равен нулю, при полном или абсолютном несмачивании – 180° , последнее значение не наблюдается в природе [материал из Википедии – свободной энциклопедии].

Этот параметр и описывает взаимодействие поверхности линзы со слезой. Важно, чтобы поверхность линзы была гидрофильной, то есть не отталкивала слезу.

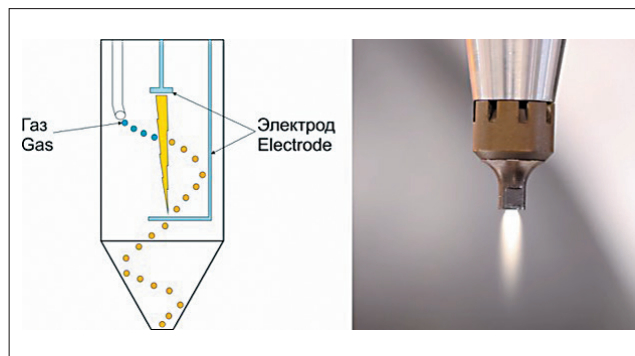


Рис. 2. Плазменная установка атмосферного давления

Fig. 2. Atmospheric pressure plasma technology

Процесс производства линз связан с использованием вспомогательных веществ, которые могут придать поверхности дополнительные гидрофобные свойства. К таким веществам можно отнести водорастворимый воск, применяемый для закрепления заготовок перед обработкой на станке. В результате поверхность линзы из материала с малым углом смачивания сразу после обработки может иметь гораздо больший угол смачивания. Раньше для очистки поверхности в лаборатории использовали специальные растворители, которыми обрабатывали поверхность линз. В настоящее время все современные лаборатории оснащены плазменными установками.

Плазма – одно из четырех основных агрегатных состояний вещества, – частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы.

Свойства плазмы используют во многих областях современной промышленности. Применение плазменной обработки в производстве контактных линз начали в период появления силикон-гидрогелевых материалов. Первые материалы на основе силикона обладали ярко выраженными гидрофобными свойствами. Создание гидрофильного покрытия на поверхности линз из силикон-гидрогеля стало приоритетной задачей. В то же время ГПЛ могут успешно использоваться долгое время без применения дополнительной обработки. Использование плазменной установки для обработки таких линз обосновано желанием производителя повысить первоначальный комфорт для пользователя.

Различают три эффекта воздействия плазмы:

- микropескоструйная обработка: поверхность очищается с помощью ионной бомбардировки;
- химическая реакция: ионизированный газ (кислород) вступает в химическую реакцию с загрязнением на поверхности;
- ультрафиолетовое излучение: разрывает цепочки органических соединений.

Таким образом, в рамках одной-единственной технологической операции можно достичь нескольких эффектов [5].

Существуют два вида плазменных систем – низкого и атмосферного давления. В плазменном оборудовании атмосферного давления при прохождении воздуха через электрическую дугу создается активная газовая струя (рис. 2), относящаяся к группе низкотемпературных плазм (200-300°C). В процессе обработки температура поверхности повышается на 15-20°C. Активная газовая струя, выходящая из сопла горелки, свободна от потенциала высокого напряжения, поэтому ограничений при выборе обрабатываемого материала нет. С помощью этой технологии можно обрабатывать как электропроводящие, так и изоляционные материалы. Высокая скорость обработки и отсутствие дополнительного оборудования делает плазменные установки атмосферного давления привлекательными для многих отраслей промышленности. Недостатком такой технологии является сложность контроля параметров плазменного пучка, так как используется атмосферный воздух, который имеет сложный состав и может содержать примеси сажи и пыли. Решить эту проблему позволяют плазменные установки низкого давления.

В плазменном оборудовании низкого давления из рабочей камеры предварительно откачивается весь воздух и подается необходимый газ. Под воздействием высокочастотного генератора на электроде создается заряд и происходит возбуждение газа (рис. 3). Возникают богатые энергией ионы и электроны, а также другие реактивные частицы, формирующие плазму. Благодаря этому возможно эффективное изменение поверхностей.

При отделке ГПЛ используется чистый кислород, который добавляется в вакуумную камеру во время обработки линз. Такой способ позволяет удалять с поверхности линз остатки воска и другие жиры. Они подвергаются химическому воздействию кислорода и преобразуются в летучие соединения. Благодаря отрицательному давлению и незначительному нагреву поверхности их остатки испаряются, и становится возможным их удаление. В то же время возникает ультрафиолетовое излучение,

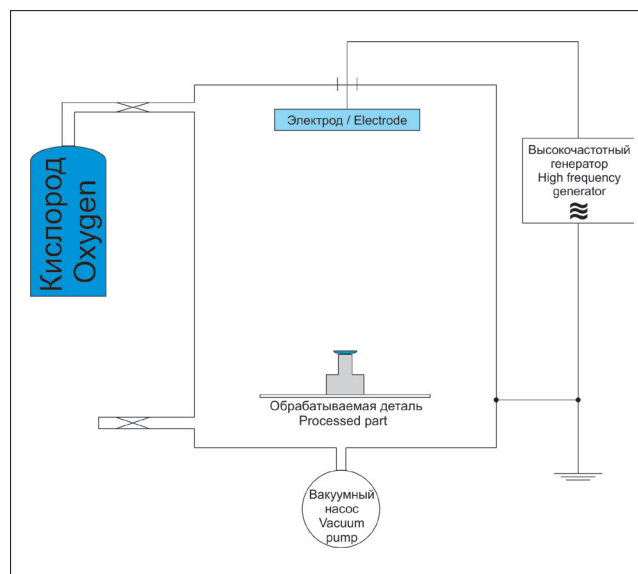


Рис. 3. Плазменная установка низкого давления
Fig. 3. Low-pressure plasma technology

которое ускоряет процесс разрушения загрязнений на поверхности линз.

После обработки поверхность линзы имеет высокий показатель угла смачивания (рис. 4).

В процессе плазменной обработки поверхность подвергается «плазменной шлифовке» – ионная бомбардировка приводит к уменьшению неровностей на поверхности. Таким образом, в долгосрочной перспективе уменьшается вероятность накопления отложений на поверхности линзы.

Не стоит забывать и о том, что благодаря воздействию ионов поверхность линзы накапливает гидрофильные функциональные группы. Это улучшает показатели угла смачивания и повышает первоначальный комфорт пациента. В процессе хранения, ношения и ухода за линзами ионизация поверхности снижается [6]. Процесс нарастания гидрофобных свойств поверхности можно представить в виде графика (рис. 5).

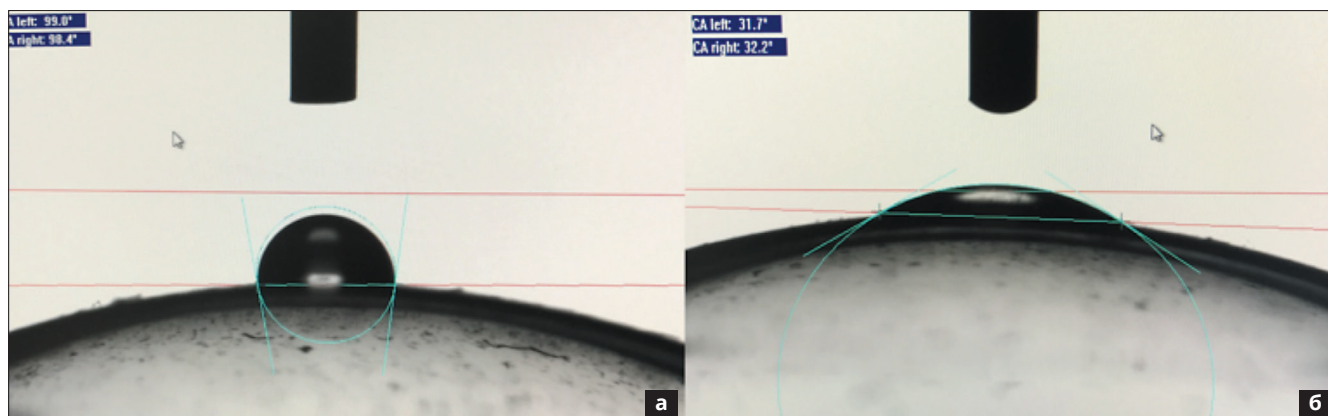


Рис. 4. Угол смачивания поверхности линзы: а – до; б – после плазменной обработки
Fig. 4. Contact angle of the lens surface: а – before; б – after plasma treatment

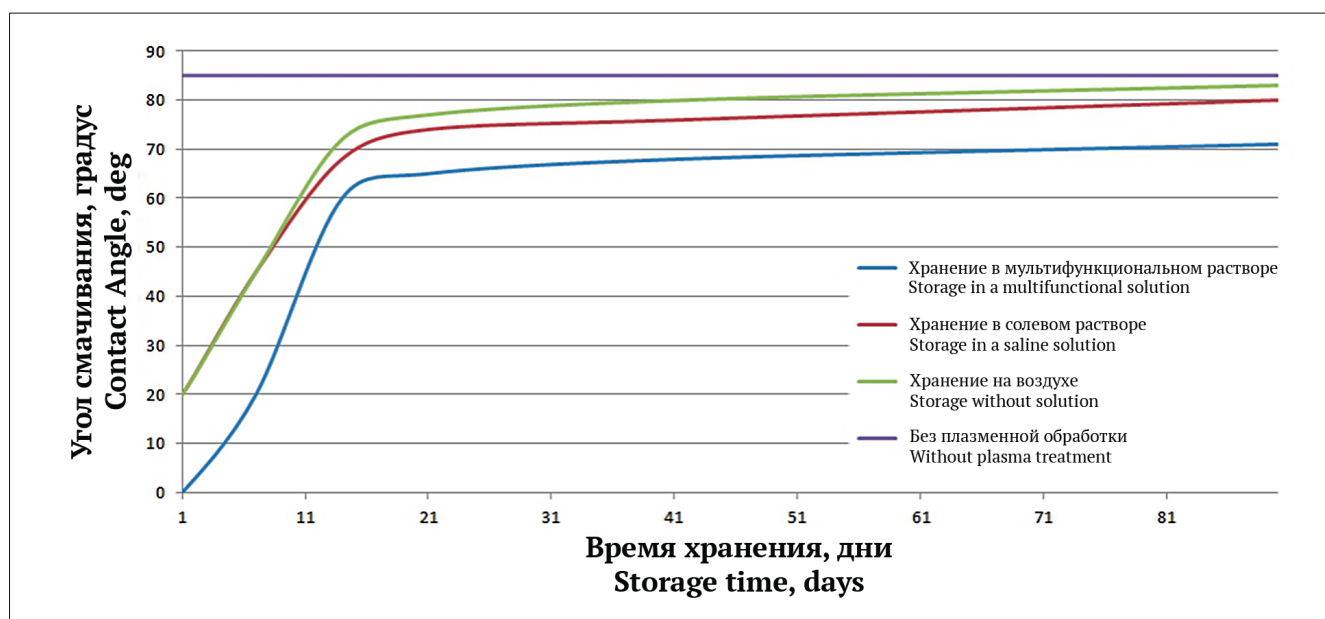


Рис. 5. Зависимость угла смачивания от времени хранения линз

Fig. 5. Dependence of the contact angle on the storage time of the lenses

Плазменная обработка ГПЛ широко применяется для модификации гидрофобных свойств материала и повышения качества поверхности. Благодаря этому достигается высокий первичный комфорт и комфорт в процессе ношения. Однако ионизация поверхности, а вместе с ней и гидрофильные свойства

со временем уменьшаются. Для повышения и сохранения гидрофильных свойств поверхности линз в январе 2017 г. компания «Contamac» (Великобритания) предложила новейшую систему обработки линз Tangle Hydra-PEG™. Читайте о ней в следующих номерах нашего журнала.

Литература

1. Markoulli M., Kolanu S. Contact lens wear and dry eyes: challenges and solutions. *Clin Optom (Auckl)*. 2017;15(9):41-48. doi: 10.2147/OPTO.S111130
2. Pucker A.D., Jones-Jordan L.A., Marx S., Powell D.R., Kwan J.T., Srinivasan S., Sickenberger W., Jones L. Clinical factors associated with contact lens dropout. *Cont Lens Anterior Eye*. 2018; 1367-0484(18)30880-4. doi: 10.1016/j.clae.2018.12.002
3. Korogiannaki M., Jones L., Sheardown H. Impact of a hyaluronic acid-grafted layer on the surface properties of model silicone hydrogel contact lenses. *Langmuir*. 2019;35(4):950-961. doi: 10.1021/acs.langmuir.8b01693
4. Tapper T.T. Plasma Basics. *Global Contact*. 2007;47:16-17.
5. Petasch W., Kegel B., Schmid H., Lendenmann K., Keller H.U. Low-pressure plasma cleaning: a process for precision cleaning applications. *Surface and Coatings Technology*. 1997;97:176-181.
6. Фромм Р. Плазменная обработка поверхности контактных линз: в каких случаях и для чего? *Вестник оптометрии*. 2010;3:54-58.

References

1. Markoulli M., Kolanu S. Contact lens wear and dry eyes: challenges and solutions. *Clin Optom (Auckl)*. 2017;15(9):41-48. doi: 10.2147/OPTO.S111130
2. Pucker A.D., Jones-Jordan L.A., Marx S., Powell D.R., Kwan J.T., Srinivasan S., Sickenberger W., Jones L. Clinical factors associated with contact lens dropout. *Cont Lens Anterior Eye*. 2018; 1367-0484(18)30880-4. doi: 10.1016/j.clae.2018.12.002
3. Korogiannaki M., Jones L., Sheardown H. Impact of a hyaluronic acid-grafted layer on the surface properties of model silicone hydrogel contact lenses. *Langmuir*. 2019;35(4):950-961. doi: 10.1021/acs.langmuir.8b01693
4. Tapper T.T. Plasma Basics. *Global Contact*. 2007;47:16-17.
5. Petasch W., Kegel B., Schmid H., Lendenmann K., Keller H.U. Low-pressure plasma cleaning: a process for precision cleaning applications. *Surface and Coatings Technology*. 1997;97:176-181.
6. Fromm R. Plasma surface treatment of contact lenses: in which cases to use and for what? *Vestnik optometrii*. 2010;3:54-58. (In Russ)

Поступила / Received / 07.02.2019

Для контактов:

Листратов Сергей Валерьевич, e-mail: lab@okvision.ru