
ИСТОРИЯ ОПТИКИ

УДК 535.317:535.8

М. Г. Томилин

ГЛАЗ И ЛИНЗА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ

Приведена краткая история развития оптических линз от простейшей, изготовленной из кварца и помещенной в глазнице скульптур властителей и сакральных животных в период архаических цивилизаций, до современной адаптивной линзы на жидком кристалле, имплантируемой в глаз человека при лечении катаракты. Изложены основные этапы развития линз на стадиях археологической оптики, создания читальных камней и изобретения очков.

Ключевые слова: археологическая оптика, линзы Шлимана, смарагд Нерона, линзы Висби, читальные камни, изобретение очков, адаптивные линзы на ЖК.

Утверждение, что развитие науки происходит по спирали, стало широко распространенным штампом. Однако ярких иллюстраций этому утверждению немного. В настоящей статье приводится иллюстрация подобной эволюции в оптике на примере развития оптической линзы, причем шаг такой спирали во времени составляет около пяти тысячелетий.

Первые свидетельства о древнейших линзах относятся к раскопкам памятников культуры архаичных цивилизаций Древнего Египта, Вавилона и Крита, относящихся к 3-му тысячелетию до н. э. Изготовленные из кристаллического кварца, а позже из стекла, оптические элементы в виде чечевицы* помещались в глазницы скульптур фараонов, идолов и священных животных для придания им живого взгляда [1, 2]. На рис. 1 приведены скульптурные изображения жены фараона и сакрального быка с размещенными в глазнице фибулами, содержащими чечевицы (из собрания Каирского музея и Археологического музея Ираклиона).



Рис. 1

Среди археологических находок особое место занимают линзы — 50 кварцевых лентоидов (плосковыпуклых линз), отнесенных к 2200 г. до н. э., обнаруженные Г. Шлиманом

* Латинское название чечевицы дало происхождение слову „lens“ (линза).

при раскопках легендарной Трои [3]. Хотя в начале своей истории линзы использовались в сакрально-декоративных целях, изготавливавшие их искусные мастера-камнерезы не могли не заметить удивительных оптических свойств таких линз. И на длительном пути развития искусства резьбы по камню их сакральные и оптические (увеличительные) функции оказались объединены. Подтверждением этому служат инталии античного периода — геммы с углубленным изображением, выполненным на плоской поверхности и со стороны сферической поверхности наблюдаемым с увеличением. На плоской стороне одной из инталий середины I в. н. э. (рис. 2, б) из собрания Государственного Эрмитажа, Санкт-Петербург [1], изображено мужское лицо — возможно, копия скульптуры Нерона в Риме. Со сферической стороны оно наблюдается с увеличением в 1,5 раза. Форма и размеры этой инталии сходны с кристаллическими лентоидами из коллекции Шлимана (рис. 2, а). Лентоиды напоминают заготовки для гемм. Если следовать этому предположению, то можно объяснить назначение и других линзоподобных находок Шлимана, которое долгое время оставалось неясным [1].

Первые линзы появились, возможно, в процессе эволюции украшений и амулетов и стремления древних мастеров увеличить их магическую силу оптическими средствами — увеличением изображения сакральных знаков и символов. Изготовление линз как чисто оптических элементов, по-видимому, началось позже, и было продиктовано уже иными потребностями.



Рис. 2

Перечень найденных археологами линз достаточно велик. Много плосковыпуклых линз обнаружено при раскопках Кносского дворца на Крите: в Археологическом музее Ираклиона экспонируются 23 линзы. В развалинах дворца Саргона II в ассирийской Ниневии обнаружена овальная линза с ободком IX—VII вв. до н. э., которую посчитали моноклем особы знатного рода (рис. 3, а) [4]. Многие из обнаруженных линз обладают высоким оптическим качеством. Примером служит относимая к 600 г. до н. э. плосковыпуклая линза из горного хрусталя диаметром 8 мм, найденная в Идеонской пещере на Крите в месте легендарного рождения Зевса (рис. 3, б).

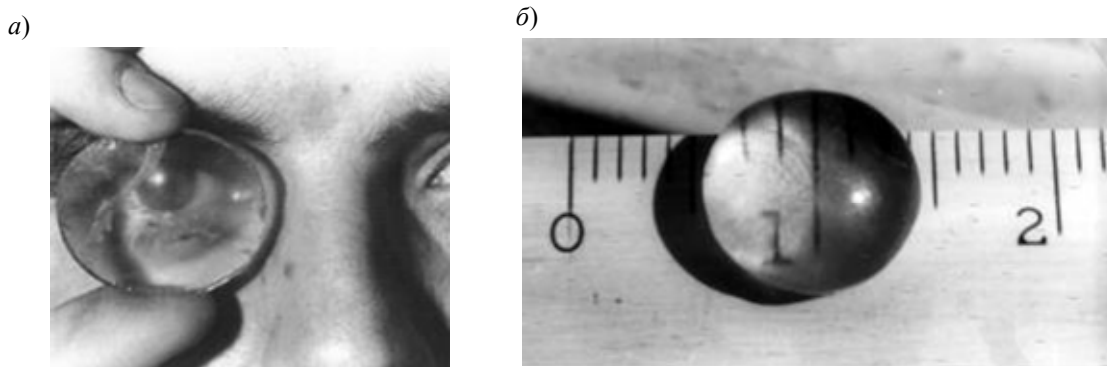


Рис. 3

Линзы из стекла появились значительно позже и дошли до нас в таком состоянии, что потеряли прозрачность и с трудом идентифицировались. Одна из первых находок была сделана в доме гравера в Помпеях, другая — в Лондоне. Особо отметим найденные в Эфесе, в

Малой Азии, плосковогнутые линзы, уменьшающие изображение без видимой дисторсии [2]. Комбинация плосковыпуклой и плосковогнутой линз могла быть известна древним мастерам. Но тогда это — телескоп! Если со временем удастся подтвердить эту гипотезу, то она перенесет дату изобретения телескопа на полтора тысячелетия назад.

Когда число обнаруженных археологами линз, относящихся к периоду от 2600 г. до н. э. до 500 г. н. э., превысило 300 образцов, стало ясно, что это не случайные единичные находки, а регулярные артефакты в регионах, где происходило развитие первых цивилизаций. Эти экспонаты получили название археологическая оптика [5]. „Линзы в науке играют такую же роль, как колесо в технике“, — считал известный профессор физики Лондонского университета С. Толанский [6].

Свойства линз концентрировать солнечные лучи издавна привлекали внимание древних. Вместо трудоемкой процедуры добывания огня трением или высеканием искры с помощью кремния был открыт гениальный по простоте способ зажигания огня с помощью линзы из горного хрусталя. Этот способ упоминается в мифе о титане Прометее, похитившем для людей огонь с Олимпа вопреки воли Зевса. Жрецы использовали „зажигательные стекла“ для лечебных прижиганий, например в святилище бога врачевания Асклепия в Эпидавре.

С развитием института собственности амулеты стали использовать как личные печати. Они несли знак владельца не только на документах, но и на ларцах, амфорах с вином и маслом, кладовых с ценностями и даже на дверях женской половины дома. Во избежание подделок печати изготавливались с мельчайшим рисунком. Минимальные детали изображений имели величину 0,033 мм, что вряд ли можно было осуществить без увеличительного стекла [7]. С другой стороны, Страбон, по свидетельству Цицерона, сумел поместить „Илиаду“ Гомера на пергаменте, помещавшемся в скорлупе ореха, а Калликрат вырезал из слоновой кости муравьев и другие столь мелкие существа, что никто не в состоянии был различить отдельные их части [8]. Однако, по мнению экспертов, все геммы в богатейшем собрании Британского музея могли быть изготовлены без помощи линзы.

Среди находок древних линз упоминаются таинственные сферы друидов, относящиеся ко 2-му тысячелетию до н. э. и вызывающие восхищение своим геометрическим совершенством. Эти магические шары из кварца, окутанные мистическими легендами, широко представлены в археологических собраниях, упоминаются во многих древних литературных источниках [9] и даже нашли свое отражение в живописи, примером чему может служить приведенный на рис. 4 фрагмент картины Э. Пойнтера „Предсказательница“, 1877 г. (Королевская Академия художеств, Лондон, Великобритания).



Рис. 4

Во времена Аристотеля предметом размышления не только врачей-офтальмологов, но также философов и оптиков были дефекты зрения. Упомянутый Плинием факт, что „импера-

тор Нерон смотрел на бои гладиаторов сквозь изумруд“, до сих пор вызывает горячие споры среди специалистов об оптическом назначении упомянутого смарагда. Так, развивающаяся с возрастом дальнозоркость нашла отражение даже в античной фреске (рис. 5; Помпеи, Италия, I в. до н. э.). На ней изображен монах, читающий свиток, который он держит на вытянутых руках, чтобы разобрать текст („не глаза слабы, а руки коротки“).



Рис. 5

До сих пор загадкой археологической оптики остается форма кристаллических линз, обнаруженных на месте поселения древних викингов XI в. в Готланде, Швеция [2]. Часть линз имела идеальный асферический профиль и современное оптическое качество. Самые крупные из десяти найденных линз, получивших по месту обнаружения название „линз Висби“, имели диаметр 50, 43, 37 и 27 мм. На рис. 6 приведено изображение асферической линзы викингов и ее габариты, XI в. (Национальный музей Стокгольма, Швеция). Представления философов и ученых о природе света и цвета, теории зрения, а также достижения в геометрической оптике, катоптрике и диоптрике были недостаточны для расчета и изготовления таких линз.

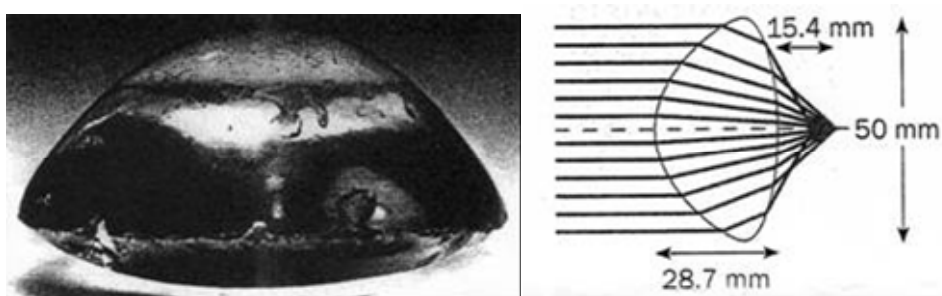


Рис. 6

Достигнутая компенсация сферических aberrаций и технология обработки линз требует более глубоких оптических знаний, чем те, которыми обладали в то время наши предки. Происхождение линз также неизвестно, хотя предполагается, что они были привезены с Востока как военные трофеи.

Средние века, долгое время имевшие несправедливо уничижительный эпитет „темные века“, оказались периодом высоких достижений в прикладной оптике, увенчанным изобретением в Европе очков. Этому выдающемуся изобретению предшествовали работы таких

блестящих ученых, как Альхазен, Роберт Гроссетест, Роджер Бэкон. На рис. 7 приведена схема, иллюстрирующая теорию Гроссетеста о фокусировке солнечных лучей сферической линзой, наполненной водой [10].

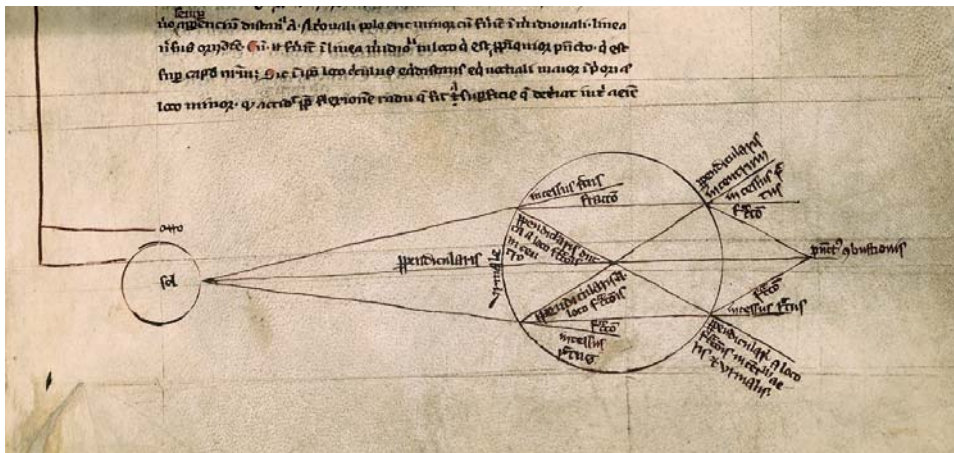


Рис. 7

Изобретению очков предшествовало и появление примерно в 1000 г. читальных камней. Они представляли собой сегменты стеклянной сферы, которые размещались на текстовом материале для увеличения изображения букв (рис. 8).



Рис. 8

Если распилить круглый прозрачный шар, изготовленный из кварца, берилла или стекла, пополам, то получатся два читальных камня: фактически это две плосковыпуклые увеличительные линзы. Они получили название очки “Brille”, поскольку по-немецки так назывались две отшлифованные линзы, изготовленные из берилла (Berill).

Методом проб и ошибок монахи установили, что чем больше радиус читальных камней, тем меньшее увеличение они дают. Плоская часть камня не обязательно должна быть серединой сферы. Читальные камни обладали положительной оптической силой: они сдвигали фокальную точку из положения за сетчаткой глаза на собственно сетчатку. Это позволяло монахам, страдающим старческой дальнозоркостью, читать, и, возможно, читальные камни были первым приспособлением для помощи слабовидящим. Читальные камни применяются сегодня в виде увеличительной лупы. Нельзя не поразиться тому удивительному пути к изобретению очков, по которому шел творческий гений человечества на протяжении нескольких тысячелетий.

История изобретения очков содержит много неясных и противоречивых свидетельств. Очки для корректировки дефектов зрения впервые появились, по-видимому, в Италии, во Флоренции или Венеции около 1280 г. Об исправлении старческого ослабления зрения с помощью стекол писал римский папа Иоанн XXI, известный под именем Петра Испанского. В 1289 г. некто из семьи Попозо в своем трактате оставил такую запись: „Я имею столь слабое зрение, объясняемое старостью, что без помощи стекол, называемых очками, не в

состоянии ни читать, ни писать. Они были изобретены недавно к счастью для пожилых людей, чье зрение стало слабым“. Многие историки считают, что первые очки были изготовлены монахами или ювелирами в период 1285—1289 гг. в Пизе или Венеции. Итальянские мастера при шлифовке стекол для контроля качества работы нередко подносили изделия своего труда близко к глазам, что, возможно, и привело к открытию увеличительного действия стекол особого профиля. *„Между тем, дело шло не о мелочи, а самом замечательном результате оптики за многие века ее существования не только в практическом смысле, но и в отношении теоретических перспектив. Если бы стал известен истинный изобретатель очков, имя его, несомненно, заняло бы одно из самых почетных мест в истории науки о свете“* (С. И. Вавилов) [11].

Сохранившиеся сведения об изобретении очков не позволяют однозначно назвать имя изобретателя. Их изобретение связано с началом варки хрустального стекла на острове Мурано близ Венеции. Венецианские стеклодувы, умевшие изготавливать стекла для читальных камней, позже создали линзы, которые в оправе помещались перед глазами наблюдателя вместо размещения на тексте. Там же началось и производство очков, имевших поначалу форму перевернутой буквы „V“ или монокла (рис. 9).

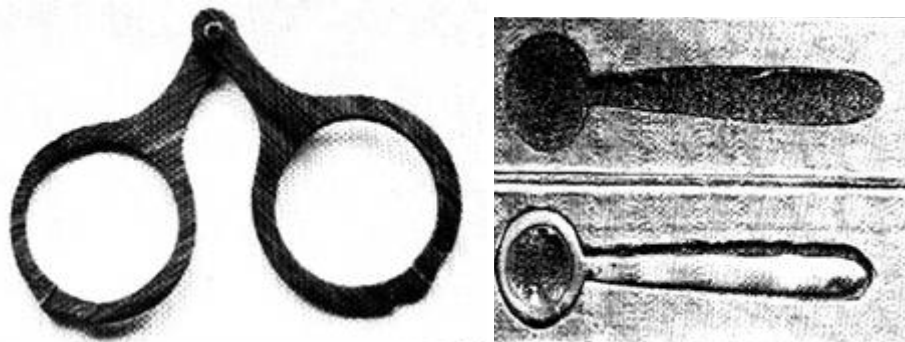


Рис. 9

Оптики Венеции признавали божественным изобретателем очков Св. Иеронима, жившего с 340 по 420 гг. На живописных картинах он изображен со львом, черепом и очками. В одной из хроник г. Пизы утверждается, что очки изобрел *„некто, не пожелавший открыть своей тайны“*. Леопольд дель Миллиоре, издавший в 1648 г. историю Флоренции, и историк Иоанн Винцент Фантони предполагают, что этот некто есть Сальвино Армати. На одном из надгробий церкви Санта-Мария Маджоре во Флоренции указано, что под ним покоится прах изобретателя очков Сальвино Армати, умершего в 1317 г. В академическом словаре Де-ла-Круска указывается, что изобретение было сделано в 1285 г. Эти данные как в отношении самого изобретателя, так и времени изобретения сходятся со сведениями, сообщаемыми другими хроникерами. Так, Франческо Реди, на основании хроник из библиотеки доминиканского монастыря Св. Екатерины в Пизе, сообщает о старце Алессандро делла Спине, умершем в 1313 г., который видел первые очки и слышал об их изобретении. Алессандро и сам начал изготавливать очки и *„с охотой передал их людям“*, тогда как изобретатель пожелал сохранить их в тайне. В другом сочинении 1299 г. упоминается об очках как об изобретении тогдашнего времени. Монах Джордано да Ривалто из того же монастыря Св. Екатерины, умерший в 1311 г., в записях от 23 февраля 1305 г. отмечает, что *„не прошло еще и двадцати лет со времени возникновения искусства изготовления очков, одного из самых полезных искусств на земле. Мне довелось встречаться и беседовать с человеком, который сделал это первым“*.

Итальянский ученый Карло Дати (1619—1676) сообщил много лет спустя, что он обнаружил отдельную запись в латинской хронике 1313 г. в монастыре в Пизе: *„в этом монастыре жил и умер монах нищенствующего ордена Алессандро делла Спина, обладавший замечательным характером и острым умом. И когда некто изготовил очки и отказался передать*

свое изобретение другим, то Алессандро сам изготовил их и поделился своим знанием с другими“. Возможно, что распространению очков мы обязаны именно этому монаху. Хотя доминиканский монах Алессандро делла Спина известен как человек, который повторно изобрел очки, имя действительного изобретателя очков так и осталось неизвестным. Не исключено, что этого изобретателя и вовсе не существовало. Просто увеличительное свойство плосковыпуклых стекол было случайно обнаружено стеклодельными мастерами. Что касается свидетельств историка из Флоренции Доменико Мани, то его упоминание о местном антикваре, который видел надгробный камень со словами: „Здесь покоится Сальвино д'Арматто Арматти из Флоренции, изобретатель очков. Да простит Бог его прегрешения. 1317 г.“, невозможно проверить, поскольку эта церковь была существенно перестроена в процессе реставрации. Д. Мани полагает, что Сальвино Арматти и был тем неизвестным изобретателем, с которым довелось общаться Алессандро делла Спине. Это мнение, однако, остается не бесспорным.

Суммируя все косвенные данные, можно прийти к выводу, что первые очки вошли в употребление в Италии в конце XIII в., причем это были выпуклые стекла для дальнозорких (occhiali). Отрицательные (вогнутые) стекла для коррекции близорукости появились не ранее XVI в. Последние исследования не изменили кардинально всего исторического контекста. В любом случае раньше 1286 г. очки появиться не могли. Самое раннее свидетельство содержится в записи проповеди отца Джордано Пизанского во Флоренции в 1306 г. Очевидно, что проповедник лично знал изобретателя. Первое установление о производстве очков было издано в 1300 г. в Венеции как руководство для работников с хрусталем и стеклом.

Трудности в установлении авторства этого изобретения имеют простое объяснение. Несмотря на существование большого количества теоретических трудов по оптике прикладная оптика развивалась слабо. Это было вызвано отсутствием связи между оптической наукой и практикой. „Действительно бесспорным достижением XIII в., — писал С. И. Вавилов, — явилось изобретение очков в Италии и постепенное распространение их. ... Обилие документальных данных показывает, что изобретение привлекло и обратило на себя внимание, хотя нет прямых сведений о первом изобретателе очков. Замечательно и вместе с тем печально, что ученые-оптики XIII в., много писавшие о преломляющих средах, по-видимому, не причастны к изобретению очков“ [11]. Более того, ученые-оптики, имевшие к тому времени большой объем накопленных знаний по отражающим и преломляющим средам, не только не участвовали в изобретении очков, но даже считали это изобретение вредным. Вот как они объясняли свою позицию: „Основная цель зрения — знать правду, линзы для очков дают возможность видеть предметы большими или меньшими, чем они есть в действительности. Через линзы можно увидеть предметы ближе или дальше, иной раз, кроме того, перевернутыми, деформированными и ошибочными. Следовательно, они даже не дают возможности видеть действительность. Поэтому, если вы не хотите быть введенными в заблуждение, не пользуйтесь линзами. Недавно изобретенные очки безнравственны (аморальны), — писал М. Гросс, викарий из графства Сомерсетшир, Великобритания, в XIII в., — поскольку они искажают естественное восприятие и являют предметы в ненатуральном и фальшивом свете“. „Высоколобые“ в оптическом обмане не участвуют [12]. Эта позиция объяснялась незнанием механизма и природы зрения.

Первые очки с дужками изготовили испанские мастера. Они прикрепили один конец шелковой ленты к оправе, а другой — в форме петли — надевали на уши. Испанские и итальянские миссионеры принесли с собой новую конструкцию очков в Китай. Китайские умельцы прикрепили к лентам металлические дужки, вместо того чтобы использовать петли. Потребность в очках резко возросла после изобретения книгопечатания. В России очки появились в конце XV в. Наиболее древний известный нам документ, упоминающий об очках на Руси, датирован 1636 г. Изобретение очков сыграло огромную роль в последующем изобретении телескопа и микроскопа, а также в общем распространении грамотности.

Поначалу продажей очков занимались торговцы. Сохранились гравюры (рис. 10, *а*) с изображением странствующих продавцов с большими ящиками, полными очков. Вокруг них толпились покупатели, тут же на базаре примерявшие очки. В Средневековье очки являлись символами учености и праведности. Людей, которым были присущи эти качества, художники изображали в очках, даже если они жили задолго до их изобретения. Очки придавали тем, кто их носил, респектабельность, а иногда и мистические оттенки. Самое раннее из известных живописных изображений очков встречается в работах итальянского мастера Томмазо да Модена (1325—1379), ученика Джотто. По заказу брата Фаллионе в 1352 г. он исполнил серию фресок с изображением членов ордена доминиканского монастыря Сан-Николо в Тревизо. На одной из фресок изображен кардинал Николас фон Роуэн, усердно читающий рукопись, держа увеличительное стекло в оправе перед собой (рис. 10, *б*). Как один из символов Средневековья можно рассматривать очки, закрепленные на рыцарском шлеме. Такой шлем, являющийся ныне примечательным экспонатом музея Тауэр в Лондоне, был подарен английскому королю Генриху VIII французским королем (рис. 10, *в*).



Рис. 10

Врачи долго относились к очкам отрицательно. Так, например, саксонский окулист Г. Бартиш, автор одного из первых руководств по глазным болезням, изданного в 1583 г., считал очки вредными для глаз. Лишь значительно позже благодаря работам Кеплера, Гельмгольца, Юнга и других ученых была выяснена сущность оптических дефектов глаз, подбор очков обрел научную основу, и им начали заниматься врачи. В 1784 г. Бенджамин Франклин изобрел бифокальные линзы. В 1827 г. Георг Айри использовал цилиндрические линзы для коррекции астигматизма.

Относительно контактных линз существует предположение, что они изображены на рисунках Леонардо да Винчи, датируемых 1508 г. В 1636 г. контактные линзы были предложены Рене Декартом. Первые нашедшие применение контактные линзы считаются изобретением физиолога Адольфа Флика (1887 г.), а их полимерная модификация была изготовлена Кевином Туохи в 1948 г. Эластичные контактные линзы получили распространение только в 1970-е гг.

В XXI в. наметился революционный прорыв в офтальмологии. Физиками-оптиками было предложено использовать адаптивную контактную линзу на основе жидких кристаллов (ЖК), имплантированную непосредственно в глаз. Это в перспективе позволяет компенсировать аберрации непосредственно в глазу и заменить искусственный хрусталик элементом с переменным фокусным расстоянием [13]. На рис. 11, *а*, *б* приведены макет (поперечное сечение) и фотоизображение адаптивной микролинзы с беспроводным управлением, восстанавливающей функции хрусталика после операций по удалению катаракты. На рисунке: 1 — стеклянные подложки, 2 — низкоомный токопроводящий слой, 3 — слой ЖК, 4 — контакт,

5 — высокоомный токопроводящий слой, 6 — диод, 7 — антенна. На пути создателей таких линз стоит еще много проблем, но разработанные физические принципы вселяют надежду на успех.

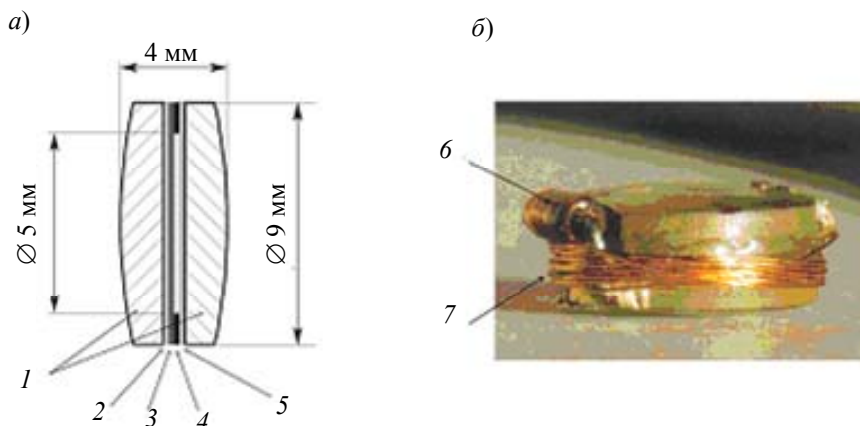


Рис. 11

Анализируя новые функциональные возможности адаптивных линз на ЖК, которые предполагается имплантировать непосредственно в глаз, нельзя не вспомнить о скульптурных изображениях фараонов и сакральных животных с помещенными в глазницы фибулами, содержащими чечевицы из кристаллического кварца. В этом можно увидеть развитие линзы по спирали как длительного процесса совершенствования от выполняющего декоративную функцию ювелирного изделия, располагаемого в глазнице почитаемых богов, царей и сакральных животных для придания их скульптурам эффекта живого взгляда, до современной микролинзы, используемой в новом качестве. В этом качестве линза выполняет уже не декоративную функцию, а имеет новое назначение — коррекцию дефектов зрения человека. При внешнем сходстве с древней чечевицей современный корректор дефектов зрения, располагаемый непосредственно в глазу человека, обладает адаптивными оптическими свойствами в реальном времени. Эта короткая история о длительном периоде эволюции линз для улучшения возможностей нашего зрения, насчитывающем пять тысячелетий, еще не окончена. Она продолжается...

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томилин М. Г., Неверов О. Я., Сайнс Дж. Первые линзы древних // Оптич. журн. 1997. Т. 64, № 11. С. 96—103.
2. Стафеев С. К., Томилин М. Г. Пять тысячелетий оптики: предыстория. СПб: Политехника, 2006. 304 с.
3. Сокровища Трои. Из раскопок Г. Шлимана: Каталог выставки. М.: Леонардо-Арт, 1996.
4. Temple R. The Crystal Sun. London: Century Books, 2000. 642 p.
5. Enoch J. M. Archeological optics // Intern. Trends in Appl. Optics: Intern. Soc. of Opt. Engin. Washington, DC, 2002. Vol. 5. P. 629—666.
6. Толанский С. Революция в оптике. М.: Мир, 1971. 210 с.
7. Sines G. Precision of engraving of Etruscan Archaic Greek gems // Archeomaterials. 1992. Vol. 6, N 1. P. 53—68.
8. Стафеев С. К., Томилин М. Г. Пять тысячелетий оптики: Античность. СПб: Изд-во „ФормаТ“, 2010. 526 с.
9. Керпелева С. Ю., Томилин М. Г. Оптические сферы: загадки древних технологий // Оптич. журн. 1999. Т. 6, № 1. С. 88—90.
10. Crombie A. C. Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science 1100—1700. Oxford: Clarendon Press. 1971. [Из книги Р. Бэкона "Opus Maius", iv. ii. 2, MS Roy. 7. F. viii, f. 25v.]
11. Вавилов С. И. Глаз и солнце. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 157 с.

12. Гуриков В. А. Первые в истории человечества попытки создания средств коррекции зрения // Мир оптики. 2000. № 1. С. 22.
13. Невская Г. Е., Томилин М. Г. Адаптивные линзы на основе жидких кристаллов // Оптич. журн. 2008. Т. 75, № 9. С. 35—48.

Сведения об авторе

Максим Георгиевич Томилин — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра физики; E-mail: mgtomilin@mail.ru

Рекомендована кафедрой
физики

Поступила в редакцию
14.04.11 г.