

СОМ параметров от ширины и толщины электродов аппроксимированы полиномами 3-й степени методом наименьших квадратов и полученные таким образом аналитические зависимости использованы для расчетов амплитудно-частотных характеристик ПАВ устройств с помощью модели Р матриц.

Мультифокальные интраокулярные линзы

Чередник В.И., Треушников В.М.

Государственный университет

им. Н.И. Лобачевского,

Нижний Новгород

odissey@sandy.ru

НПП "Репер-НН", Нижний Новгород

reper@reper.ru

Оптическая система здорового человеческого глаза формирует изображение весьма высокого качества и обеспечивает возможность эффективной адаптации к меняющимся условиям окружающей среды. В частности, рефлекторный механизм аккомодации позволяет без видимых усилий получать резкое изображение на сетчатке объекта, находящегося на любом расстоянии в диапазоне от бесконечности до примерно 20 см. Такие широко распространенные аномалии зрительных функций, как миопия, гиперметропия и пресбиопия, легко нейтрализуются очковой или контактной коррекцией. Микрохирургическая коррекция кривизны роговицы также является эффективным средством достижения той же цели. В любом из этих случаев хрусталик остается на своем месте и сохраняет свои аккомодационные способности, ослабевающие с возрастом. Катаракта требует более серьезного хирургического вмешательства для замены потерявшего прозрачность естественного хрусталика искусственным. Искусственный хрусталик представляет собой линзу, не уступающую по качеству изображения естественному хрусталику, но глаз с искусственным хрусталиком утрачивает, к сожалению, способность к аккомодации, т.к. современные технологии пока не позволяют производить хрусталики столь же эластичные, как естественные. Монофокальные искусственные хрусталики обеспечивают возможность получения резкого изображения объекта, находящегося на каком-либо одном расстоянии – либо вблизи, либо вдаль, по выбору пациента. На сегодняшний день уже являются доступными бифокальные хрусталики, с помощью которых может быть получено резкое изображение как удаленных, так и близких объектов. Изображение объектов, располагающихся на промежуточных расстояниях, остается расплывчатым. Современные технологии позволяют изготавливать и трифокальные хрусталики, с помощью которых

можно получить резкое изображение объектов, расположенных вдаль, вблизи и на некотором промежуточном расстоянии, хотя это и не может полностью заменить утраченные аккомодационные способности глаза.

Изготовлению любого искусственного хрусталика предшествует его расчет с помощью той или иной теоретической модели. Наиболее распространенными являются различные варианты моделей, основанных на законах геометрической (рефракционной) оптики, но в настоящее время используется и явление дифракции для получения двух и более фокусов и соответствующие дифракционно-рефракционные модели расчетов. Из рефракционных моделей наиболее точной является модель, в которой для построения изображения каждой точки объекта рассчитывается прохождение через все преломляющие поверхности оптической системы большого количества лучей в точном соответствии с законом преломления (см., напр. [1]). Такая модель автоматически учитывает все виды aberrаций реальной оптической системы и позволяет оценить качество даваемого ею изображения. Эта модель позволяет также получить точную информацию о распределении фазы вторичных источников на произвольной поверхности, что необходимо для дифракционных расчетов по законам волновой оптики [2]. Именно такая компьютерная модель используется в данной работе для расчета прохождения лучей через оптическую систему глаза, а также для моделирования изображения тест-объектов, формируемого системой с различными вариантами искусственного хрусталика. Модель позволяет легко исследовать влияние на качество изображения всех параметров, от которых это качество зависит – положение хрусталика, диаметр зрачка, показатель преломления, радиусы кривизны поверхности, а также вид поверхности (сферическая, эллиптическая, параболическая, гиперболическая). Это означает, что любой искусственный хрусталик может быть легко и быстро "имплантирован" в компьютерную модель оптической системы глаза и результат такой "имплантации" (в смысле оптических свойств) будет виден немедленно. Такая возможность используется в данной работе для исследования оптических свойств различных искусственных хрусталиков, как уже применяемых в офтальмологии, так и тех, которые могли бы найти применение в будущем.

Как бифокальные, так и трифокальные искусственные хрусталики могут быть как рефракционными, так и дифракционно-рефракционными. Изображение в мультифокальной рефракционной линзе формируется в соответствии с законами геометрической оптики. Для пространственного разделения светового потока обычно используется радиальная

зависимость рефракционных свойств линзы. Центральная часть линзы отклоняет световые лучи сильнее или слабее, чем периферийная часть. Это может быть достигнуто, например, за счет того, что радиусы кривизны центральной и периферийной частей различны. Другой вариант – различные показатели преломления центральной и периферийной части. Возможны и некоторые комбинированные варианты. Например, интраокулярная бифокальная линза “Градиол-1”, изготавливаемая на Нижегородском научно-производственном предприятии “Репер-НН” (совместная разработка НПП “Репер-НН” и ГУ МНТК “Микрохирургия глаза”, г. Москва), представляет собой одну линзу, в центре которой находится другая линза, другого диаметра, с другим радиусом кривизны, другой толщины и с другим показателем преломления.

Нет никаких принципиальных препятствий для того, чтобы изготовить линзу, которая разделяла бы световой поток не на две, а на три части за счет радиальной зависимости преломляющей силы. Например, внутри одной линзы может быть другая, меньшего диаметра, а в ней еще одна, еще меньшего диаметра.

Принципиальным недостатком рефракционных мультифокальных интраокулярных линз является то обстоятельство, что при уменьшении диаметра зрачка до диаметра центральной части линзы ее периферийная часть “выключается” и линза перестает быть мультифокальной.

От этого недостатка свободны (почти) дифракционно-рефракционные интраокулярные линзы. Дифракционно-рефракционная интраокулярная линза представляет собой плоско-выпуклую линзу, на плоскую поверхность которой нанесены кольцевые канавки определенного радиуса и определенной глубины. Радиусы канавок должны совпадать с радиусами кольцевых зон Френеля, если профиль канавок прямоугольный, или с радиусами зон Френеля через одну, если используются канавки с треугольным профилем. Но это условие справедливо только для достаточно малого диаметра зрачка - не более примерно 3 мм. При увеличении диаметра зрачка более этой величины начинает сказываться сферическая аберрация, что должно быть учтено при расчете диаметров кольцевых канавок. Наличие кольцевых канавок приводит к появлению одного или двух дифракционных максимумов, позволяющих формировать на сетчатке дополнительное изображение (изображения). Относительная амплитуда максимумов регулируется глубиной канавок. Треугольный профиль дает большую амплитуду дифракционного максимума, чем прямоугольный, но прямоугольный профиль обеспечивает возможность получения двух дополнительных дифракционных максимумов, что в сочетании с рефракционным изображением делает такую линзу трифокальной.

Может примеряться и другая форма профиля канавок колец дифракционного рельефа, например, в литературе описаны результаты расчета трифокальной линзы с косинусоидальным профилем [3].

Мультифокальная интраокулярная линза обеспечивает возможность резкого видения объектов, расположенных на двух или трех фиксированных различных расстояниях, частично компенсируя тем самым потерянную аккомодационную способность естественного хрусталика. Но при этом возникает проблема мешающего влияния изображения, даваемого другим фокусом (фокусами). На сетчатке одновременно присутствует резкое изображение, даваемое одним из фокусов, и расплывчатое изображение этого же объекта, даваемое другим фокусом (фокусами). Возникает вопрос – насколько значительно это расплывчатое изображение мешает воспринимать резкое изображение? Ответ на этот вопрос не может быть получен в рамках оптических теорий. Только исследования в области физиологии зрения могут дать определенную информацию по этому вопросу. Весьма обширные исследования в области физиологии зрения были выполнены Нобелевским лауреатом Д. Хьюбелом (см., напр., [4]). В результате этих исследований было установлено, в частности, что фоторецепторы сетчатки формируют сигнал, передаваемый далее в кору головного мозга, только в том случае, если на сетчатке имеется достаточно резкая граница раздела света и тени. При равномерной засветке сетчатки рассеянным светом сигналы в кору головного мозга не передаются. Таким способом природа в процессе эволюции избавила мозг от необходимости обрабатывать бессодержательные сигналы, не несущие никакой информации. Это позволяет рассчитывать, что резкое изображение, даваемое одним фокусом, будет беспрепятственно получено головным мозгом, а расплывчатое мешающее изображение, даваемое другим фокусом (фокусами), будет задержано рецепторами сетчатки и в головной мозг передано не будет.

Результаты клинических испытаний подтверждают возможность резкого видения дальних и ближних объектов пациентами, которым были имплантированы бифокальные искусственные хрусталики – рефракционные и дифракционно-рефракционные. Даже к бликам и ореолам, обусловленным отражениями от торцевых поверхностей границ раздела рефракционных хрусталиков и боковых поверхностей канавок дифракционно-рефракционных хрусталиков физиологическая система зрения большинства пациентов позволяет благополучно адаптироваться. Все пациенты не нуждались в дополнительной очковой коррекции, включая вождение автомобиля и длительную нагрузку на

близком расстоянии. Жалобы на осязаемое мешающее действие расплывчатого изображения не зафиксированы.

В настоящее время на нижегородском научно-производственном предприятии “Репер-НН” рассчитаны с помощью компьютерного моделирования и изготовлены с применением технологии фронтальной фотополимеризации дифракционно-рефракционные бифокальные и трифокальные интраокулярные линзы с прямоугольным дифракционным профилем. Предварительные результаты исследований этих линз показывают, что по своим оптическим характеристикам они не уступают бифокальным дифракционно-рефракционным линзам других изготовителей, в том числе и линзам известной фирмы “Alcon”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. В.И. Чередник, Моделирование оптической линзы // Известия РАЕН, сер. Математика. Математическое моделирование. Информатика и управление, т. 8, № 1-2, 2004, стр. 68-86.

2. Г.С. Горелик, Колебания и волны. М.: Физматгиз, 1959.

3. P.J. Valle, J.E. Oti, V.F. Canales, and M.P. Cagigal, Visual axial PSF of diffractive trifocal lenses // Optics Express, 2005, Vol. 13, No. 7, pp. 2782-2792.

4. Д. Хьюбел, Глаз, мозг, зрение. М.: Мир, 1990.

Числа Фибоначчи и контроль параметров силовых трансформаторов

Южанников А.Ю., Чупак Т.М.

*Красноярский государственный технический университет
Красноярск, Россия*

Для решения вопросов контроля состояния силовых трансформаторов и их дальнейшей эксплуатации возникает необходимость анализа их действительного технического состояния, которое определяется целым рядом диагностируемых параметров, характеризующих состояние активной части, изоляции, устройства переключения ответвлений, вводов высокого напряжения, системы охлаждения и т.п., (что особенно актуально для оборудования, отработавшего 25 лет и более). Переход от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по техническому состоянию предопределяет внедрение новых и развитие традиционных методов диагностики.

Комплексная диагностика начинается с данных хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ), т.к. это испытание проводится наиболее регулярно (как минимум два раза в год) и наиболее “чутко” позволяет

следить за процессами, происходящими в маслонаполненном оборудовании. На сегодняшний день этот метод является одним из основных и эффективных методов оценки состояния силовых трансформаторов.

Законы развития техники, включающей отдельные элементы, и живой природы, состоящей из отдельных особей, имеют много общего. Известно, что в 1877 г. при исследовании свойств отдельных особей и совокупностей живых организмов Клаус Фердинанд Мебиус ввел понятие «биоценоз». Биоценоз – совокупность живых организмов, обитающих на определенном участке, где условия внешней среды определяют его видовой состав. Поэтому представляется возможным описывать объекты электрической системы на основе ценологических понятий. Подобные системы рассматриваются в других направлениях науки как ценозы (биогеоценозы, бизнесценозы и т. д.).

Термины «техноценоз» и ценологический подход предложены в 1974 г. Б. И. Кудриным, где техноценоз определяется как сообщество всех изделий, включающее все популяции; ограниченное в пространстве и времени; имеющее слабые связи и слабые взаимодействия элементов (изделий), образующих систему искусственного происхождения, которая характеризуется несопоставимостью времени жизни ценоза и особи. Устойчивость системы обусловлена действием законов энергетического и информационного отборов по аналогии с живыми системами, где действует закон естественного отбора. Б. И. Кудрин предложил использовать модель *H*-распределения для математического описания видového и рангового распределения техноценозов. Данная теория предполагает существование идеального распределения элементов ценоза.

Объясним существование идеальной технической системы. В технике существует понятие «Золотое сечение» – деление отрезка на две части, при котором длина отрезка так относится к большей части, как большая часть относится к меньшей. Принято считать, что гармония и идеальное распределение ценоза как системы, выполняющей свое функциональное назначение, подчиняются «Золотому сечению», а понятие «Золотое сечение» неразрывно связано с числами Фибоначчи.

В 1202 г. была написана книга под названием «*Liber abacci*». Автором этой книги был итальянский купец и математик Леонардо (1180–1240 г.г.) из Пизы, известный по имени Фибоначчи. Часть этого трактата составляла задача про кроликов. Решая эту задачу, Фибоначчи получил последовательность чисел, где последующее число равно сумме двух предыдущих чисел: 1; 1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; и т.д. Отношение последующего члена ряда к пре-