

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО Владимирский государственный университет  
Кафедра информационных систем и информационного  
менеджмента

**Доклад**  
***«Бионический глаз»***

Выполнил:  
ст. гр. ИМ-204  
Денисов П. И.  
Проверил:  
Огрызков С. А.

Владимир 2005

## Робот присваивает зрение стрекозы

Профессор Люк Ли (Luke Lee) из университета Калифорнии уже много лет занимается созданием технических систем, вдохновляясь подсмотренными у природы «патентами», в частности – необычными системами зрения.

Как пишет про работу биоинженера Ли журнал **Science**, муха, осьминог и омар – для Люка – это прототипы оптических приборов нового поколения: камер, датчиков движения, навигационных устройств и, возможно, даже протезов сетчатки для людей.



Рисунок 1. Профессор Люк Ли.

Эволюция произвела, по меньшей мере, десять разных систем видения у животных, и каждая из них «скроена», чтобы соответствовать потребностям владельца.

Все эти системы в чём-то превосходят технологии отображения, которые придумали люди, при этом они зачастую не только более эффективны, но одновременно – просты и изящны.

Животные располагают двумя главными типами зрительных систем: глаз-камера с единственной линзой, проецирующей изображение на сетчатку, и сложные фасеточные глаза, которые имеют множество линз – иногда – тысячи.

Глаз-камера в техническом плане схож с нашими традиционными фото – видеокамерами, демонстрирующими высочайшие данные.

Тут мы достигли замечательных высот. Однако нет предела совершенству.

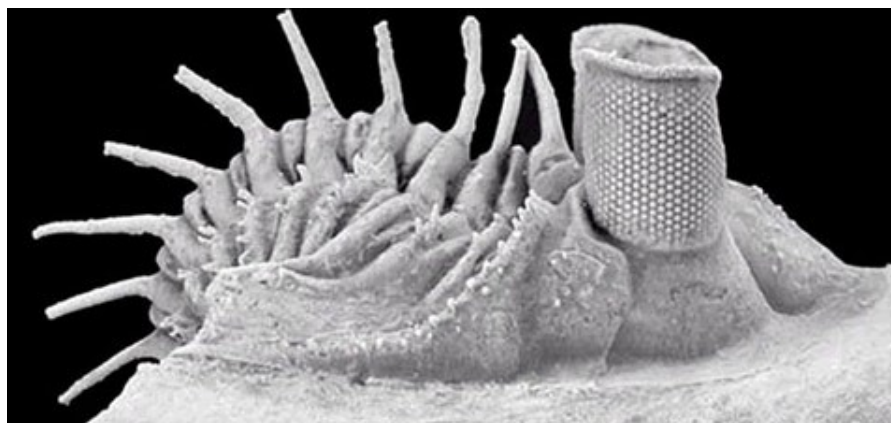


Рисунок 2. Такой цилиндрический глаз был у трилобита.

Последние разработки Ли и других учёных в области оптических систем инспирированы живыми патентами – например, это оптические системы с гидравликой, меняющей положение линз за счёт смены давления в специальных камерах (как у китов).

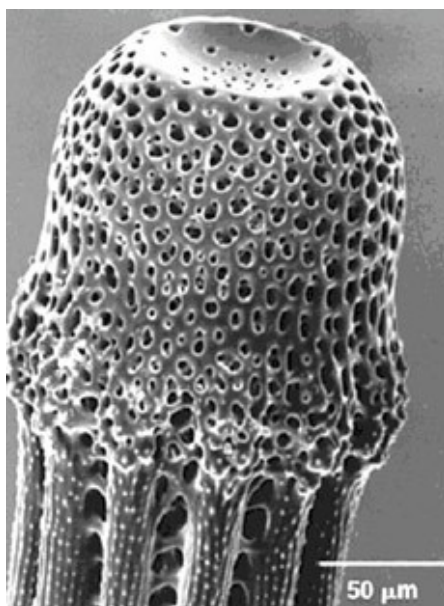
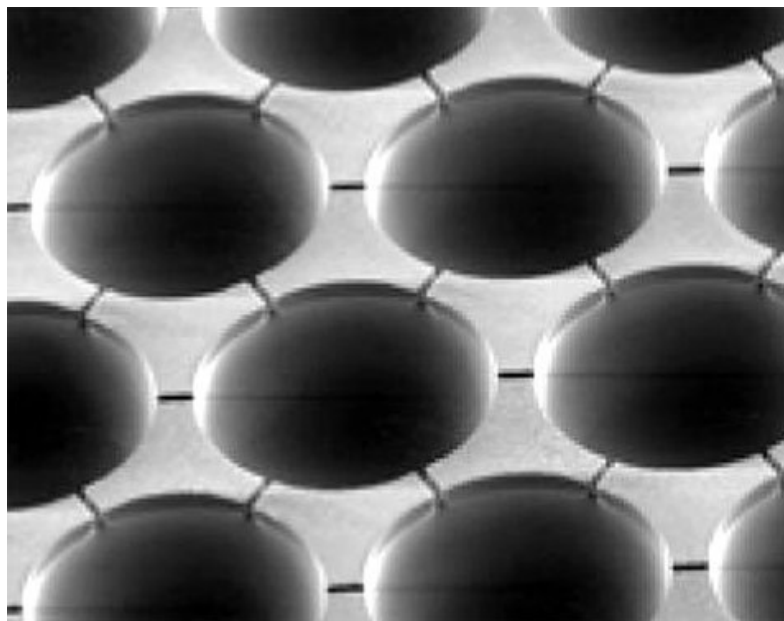


Рисунок 3. Оптический кристалл морской звезды.

Исследователи также изучают пути построения **ИСКУССТВЕННЫХ СЕТЧАТОК**. Что непросто. Учитывая, что обычные оптические датчики – плоские и жесткие, в то время как сетчатки – части сферы, и податливые. В то же время Ли говорит, что для многих областей применения куда перспективнее будет подражание редким типам зрительных систем.

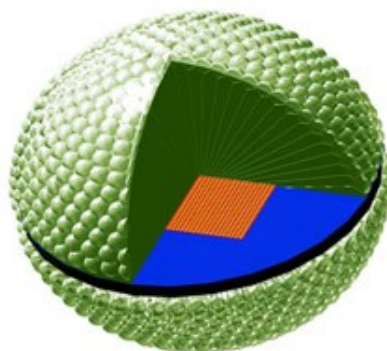
Ли и его коллеги изготовили искусственный омматидий (фасетку) – элементарную светопринимающую ячейку сложного глаза стрекоз и многих других насекомых. Омматидии посылают свои сигналы в мозг одновременно, позволяя

насекомым эффективно и быстро обнаруживать движение и выполнять признание изображения (это один из секретов мух, так ловко уклоняющихся от мухобоек).



**Рисунок 4. Решётка синтетических мягких линз, подражающих системе зрения насекомых. Линзы могут менять свою форму. Работа профессора Ли.**

Искусственный аналог фасетки содержит крошечную линзу, связанную с волноводом, который направляет свет вниз на оптико-электронное устройство. Масса таких фасеток может быть размещена на куполе, давая возможность прибору видеть едва ли не во всех направлениях одновременно.



**Рисунок 5. Так может выглядеть система воспринимающая полное сферическое поле зрения. Концепция профессора Ли.**

Совмещение двух таких систем "спина к спине", гипотетически, обеспечит полное сферическое поле зрения: 360 градусов по горизонтали и 360 градусов по вертикали.

«И всё это может, потенциально, иметь размер маленькой таблетки. Как насчёт того, чтобы проглотить такое устройство и получить полный взгляд на себя изнутри?», – спрашивает Ли.

Исследователи также берут уроки оптики у животных, про которых до недавнего времени даже не думали, что у них есть зрение. Так несколько лет назад учёные обнаружили, что одна из разновидностей морских звёзд (brittle star) «оснащена» особыми кристаллами кальцита по всему телу, которые служат необычными светоприемниками, формирующими систему, родственную сложному глазу насекомых. Эти сложные кристаллы могут дать толчок к развитию новых оптоволоконных систем.



**Рисунок 6. Глаза мухи очень эффективно распознают быстрые объекты.**

В своих конструкциях оптических систем Ли применяет не твёрдые полупроводники, металл и стекло, а гибкие полимеры, жидкости и тому подобное, опять-таки, подражая природе. Он говорит, что такой подход позволит улучшить разные качества оптико-электронных систем формирования изображений и даже придать им новые свойства.

Так что возможно, что в скором времени роботы, охранные системы или летающие машины получат «глаза», по своему строению куда более приближенные к глазам живым, чем нынешние традиционные видеокамеры.

## **Бионический глаз вживается в образ электродами**

Создавая внутриглазные электронные имплантаты, большинство авторов совершает ошибку: отказывается от «остатка» зрения, которое ещё есть, и пробует заменить его камерой. Но интересная картина нарисуеться, если создать биоэлектронный гибрид.

Дэниел Паланкер (Daniel Palanker) из Стэнфордского университета и его научная группа «Биомедицинской физики и офтальмологических технологий» (Group of BioMedical Physics and Ophthalmic Technologies) разработали оригинальный протез сетчатки высокого разрешения или «Бионический глаз» (Bionic Eye), обладающий целым рядом преимуществ перед предыдущими проектами лечения слепоты с помощью электронных имплантатов.

Возрастная дегенерация сетчатки, при которой умирает значительное количество светочувствительных клеток, и такое заболевание, как пигментоз – ответственные за слепоту (или близкое к «нулю» зрение) миллионов людей во всём мире.

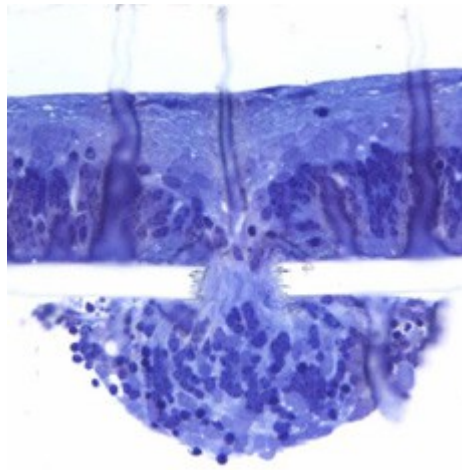
Множество научных групп и лабораторий экспериментируют с имплантатами сетчатки. Поскольку при указанных дефектах сами нервные клетки остаются в порядке, можно направлять в них слабые электрические импульсы с некой схемы – решётки из электродов, размещённой прямо в сетчатке.

Соответственно, импульсы эти должны отражать картинку, которую снимает миниатюрная видеокамера, закреплённая на голове.

Недостатки этого замысла. Во-первых, размещение большого числа электродов на маленькой площади – это препятствие биологического плана. Схема просто перегревает глаз.

Кроме того, даже имплантировав решётку в толщу сетчатки, нельзя добиться слишком близкого соприкосновения электродов и её глубинных клеток, лежащих непосредственно под умершими фоторецепторами.

И получается, что как только инженеры сближают электроды между собой (то есть увеличивают разрешение микросхемы), каждый из них начинает действовать сразу на ряд ближайших клеток – а должен, в идеале, – только на одну, иначе смысл в высоком разрешении изображения телекамеры полностью пропадает.



**Рисунок 7. Разрез под микроскопом: клетки сетчатки крысы мигрируют через крошечное отверстие имплантата.**

Чтобы это препятствие обойти, нужно "привязать" по одному электроду на одну, от силы – две клетки. Но для плотности пикселей, геометрически соответствующей остроте зрения 20/400 (это почти невидящий человек, порог «юридической слепоты», как пишут авторы работы, а в наших единицах – это зрение 0,05) клетки должны располагаться не дальше 30 микрон от электродов.

А для остроты 20/80 (0,25) это расстояние не должно превышать 7 микрон. При такой остроте зрения, кстати, уже можно пользоваться компьютером, передвигаться по городу, распознавать лица и вообще – вести самостоятельную жизнь.

Нажимать же на имплантат при внедрении (чтобы плотнее прижать электроды к слою клеток) нельзя – велик риск травмы сетчатки.

А ведь расстояние между каждым из электродов и его «подшефной» клеткой – далеко не всё. Для такой остроты зрения (20/80) нужно иметь плотность пикселей в 2,5 тысячи на квадратный миллиметр.

А тут начинает проявляться не только паразитная перекрёстная связь между соседними электродами, но и перегрев (клетки нельзя нагревать больше, чем на один градус выше естественной температуры в глазу), а также – нарушение электрохимии в окружающей микросхеме живой среде.

Потому никому до сих пор не удавалось создать устройство с числом электродов больше нескольких штук, десятков, ну, может быть – сотни. А нужно их иметь – многие тысячи.

Глаз имеет примерно 100 миллионов фоторецепторов (это как камера на 100 мегапикселей). Однако в составе зрительного нерва в мозг идёт всего 1 миллион отдельных каналов. Информация пропадает?

Нет, оказывается, в самой сетчатке уже происходит предварительная обработка, некое суммирование информации. Сама сетчатка – это ведь не только слой фоторецепторов, но слой нервной сети.

Теперь, если возвращаться к имплантатам с электродами, необходимо сказать – есть несколько подходов к размещению такого имплантата в глазу. Он может занимать различные слои по глубине.

Можно обойтись меньшим числом электродов (только тогда необходимо имитировать суммированные сигналы нервной сети сетчатки), а если возбуждать нервные клетки, лежащие ближе к фоторецепторам – можно хорошо воспроизводить систему зрения, только плотность пикселей в имплантате должна быть высокой.

Чтобы разрешить это противоречие, авторы нового проекта провели ряд опытов на крысах. И обнаружили новый биологический эффект. Учёные внедряли в сетчатку животных полимерные пластинки с маленькими отверстиями – диаметром 15-40 микрон.

И вот через считанные часы клетки сетчатки сами начали передвигаться в отверстия, в течение всего нескольких дней заполняя полости под ними. Аналогично клетки вели себя и по отношению к пластине, которую покрывали стройные ряды длинных выступов-башенок. Клетки быстро заполняли промежутки между этими выступами.



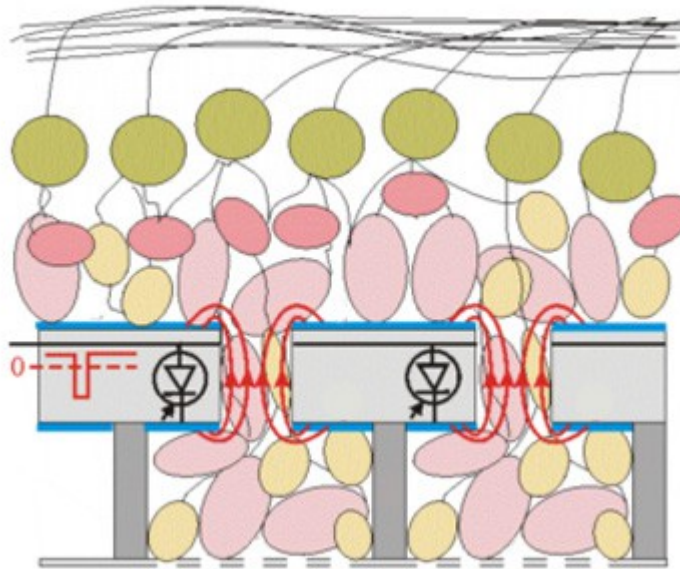


Рисунок 8. В новом проекте клетки сетчатки заманиваются в полости имплантата. На его поверхности и в отверстиях создаётся система стимулирующих электродов.

«Если гора не идёт к Магомету, то Магомет идёт к горе, – сказал Паланкер. – Мы не можем поместить электроды близко к клеткам. Но мы фактически приглашаем клетки прибыть в область электродов, и они делают это с удовольствием и очень быстро».

Таким образом, в проекте нового имплантата удалось добиться той самой плотности 2,5 тысячи электродов на квадратный миллиметр с соблюдением дистанции между каждым электродом и его личной клеткой – до 7 микрон. Электроды разместили в этих полостях и, соответственно – на выступках.

Будет ли рабочий проект иметь отверстия в пластине или наоборот – «башенки» – пока неясно. В случае отверстий можно добиться едва ли не поштучного соединения электродов и клеток, но зато в случае выступов – у клеток лучше снабжение питательными веществами. Выбор будет сделан позже.

Но это – далеко не все отличия проекта от конкурирующих работ. Другие авторы предлагали транслировать на электроды сигнал прямо с камеры на лбу. А в этом есть сильный подвох.

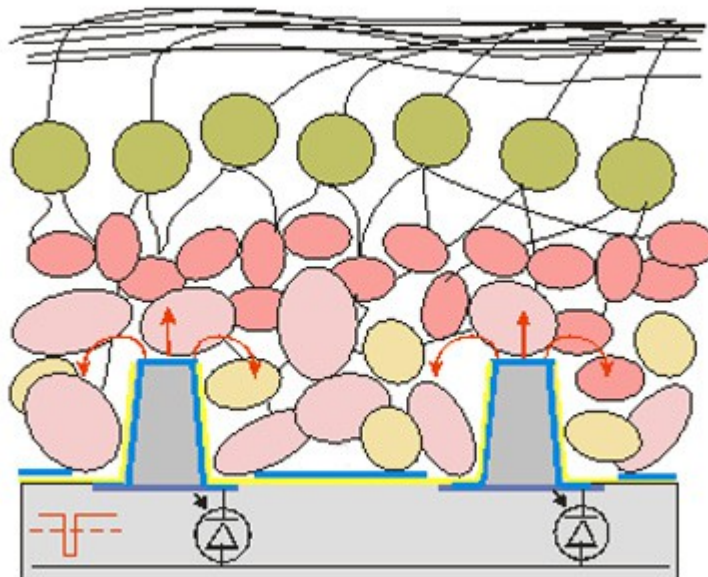


Рисунок 9. Аналогично работает схема с выступами.

Дело в мельчайших произвольных движениях глаз, сканирующих пространство даже тогда, когда нам кажется, что мы неподвижно смотрим в одну точку.

Если напрямую связывать камеру на лбу с имплантатом в сетчатке, это свойство зрения пропадает, что очень негативно сказывается на восприятии. А ещё – при такой схеме – зрение полностью зависит от числа электродов в имплантате. А что можно увидеть, скажем, в ста пикселях?

Паланкер предложил иную схему. Камера на лбу тут также имеется, но она направляет сигнал в носимый микрокомпьютер (размером с бумажник), который переводит видимое изображение в набор коротких импульсов инфракрасного светодиодно-жидкокристаллического дисплея, с числом точек в несколько тысяч.

Этот поток импульсов отражается от наклонного стекла, расположенного перед глазами, проходит через хрусталик и попадает на фоточувствительные диоды имплантата в сетчатке глаза. Те усиливают сигнал, используя энергию от крошечной солнечной батареи, имплантированной в радужку.

Эти инфракрасные лучи человек не видит. А вот результат воздействия электрических импульсов на клетки сетчатки – воспринимает как изображение.

При этом сам имплантат имеет размер в половину рисового зерна (3 миллиметра) и покрывает 10 градусов поля зрения – его центр.

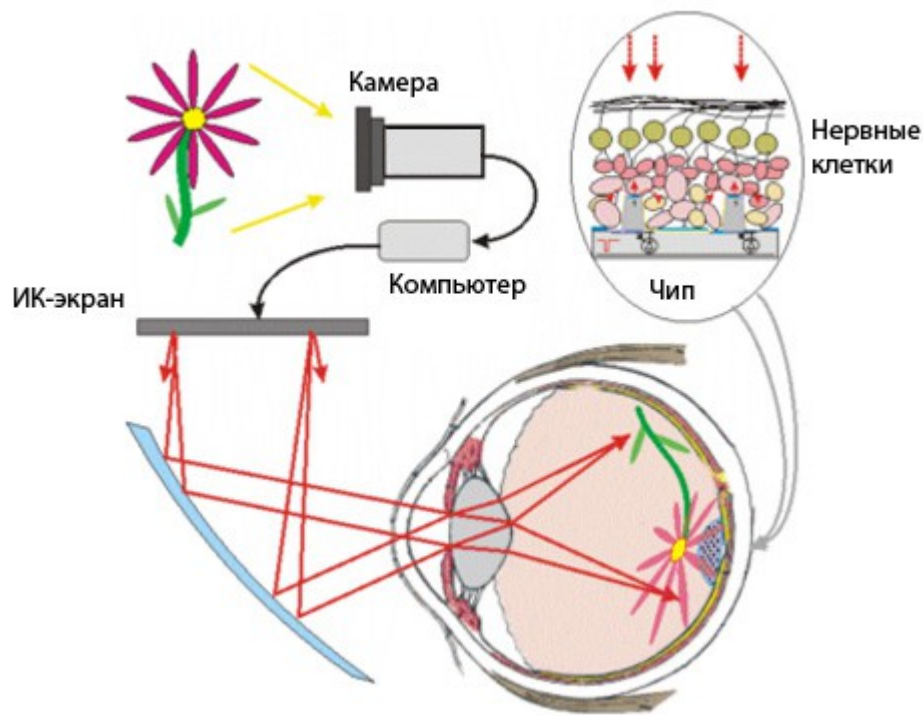


Рисунок 10. Бионический глаз Паланкера.

Благодаря стеклу у человека сохраняется естественное восприятие сцены перед ним (теми живыми фоторецепторами, что ещё работают в глазу), особенно – периферийным зрением, наряду с наложенным «дополнением» от камеры. И мелкие быстрые движения глаз сохраняют свою важность – ведь человек сам смотрит как на пейзаж (напрямую), так и на то электронное изображение (пусть инфракрасное).

Положение этого изображения на сетчатке (и внедрённой решётке электродов, соответственно) меняется вместе с движением глазного яблока. Таким образом, электронный прибор максимально использует оставшиеся естественные способности глаза по обработке зрительной информации.

Сейчас авторы проекта имплантируют устройство крысам, а вскоре должны перейти к опытам на свиньях. Про опыты на людях исследователи пока ничего не говорят.