



# Фотоника

Научно-производственная компания

ООО «НПК Фотоника»  
196105 Россия, Санкт-Петербург,  
пр. Юрия Гагарина, д.2  
+7 (812) 740-71-28  
www.npk-photonica.ru

## Миниатюрные камеры для визуализации микроинвазивной хирургии от компании AWAIBA – подразделения CMOSIS.

Миниатюризация камеры позволяет значительно уменьшить размер надреза при проведении операции. Такие цифровые видеомодули – не больше кристаллика соли – новейший инструмент, «открывающий глаза» в процедурах, которые ранее приходилось проводить вслепую. В этой статье, AWAIBA – подразделение **CMOSIS** – безусловный лидер в создании микромодулей камер, даёт обзор таких миниатюрных устройств и направлений для их потенциального применения.

### Вступление.

Сегодня камеры малых размеров можно встретить повсеместно. Хотя, всего несколько лет назад цифровое записывающее видеоустройство было значительным вложением, а его размер и вес значительно усложняли его внедрение. Сегодня же, повсеместное засилье видеокамер кажется само собой разумеющимся. Смартфоны зачастую имеют более, чем одну камеру, а игровые консоли используют одновременно несколько модулей комбинируя видео, фото и 3D для полного погружения в виртуальный мир. Всё это стало возможно благодаря миниатюризации (размеров и стоимости). Как и в любой связанной с полупроводниковой промышленностью отрасли, это стало возможно благодаря закону Мура, согласно которому каждые полтора года размер транзистора уменьшается вдвое, таким образом, увеличивая производительность таких полупроводниковых устройств как микропроцессоры и модули памяти вдвое. Применительно к фоточувствительным сенсорам – это позволило создать матрицу размером 1x1 мм. Отчасти толчком к этому стал потребительский сегмент рынка, для которого создан пиксель 1,1 мкм в массовом производстве, и многие компании работают над пикселем 0,9x0,9 мкм.

Однако, размер стандартного модуля камеры сейчас равен 4-5 мм по каждой стороне. Это связано с необходимостью комбинации самой матрицы и множества функций предобработки изображения, а также в виду установки матрицы в сопряжённый с оптикой корпус.

AWAIBA решила оставить сенсору лишь необходимый для самого захвата изображения функционал, а также объединить матрицу и оптику с минимальным влиянием на размер готового изделия. Результатом стала представленная в 2008 году самая маленькая в мире цифровая камера размером 500x500x900 мкм. Будучи дополненным широкоугольными линзами, модуль получил название NanEye – и стал первой серийно производимой камерой размером 1x1x1,4 мм и разрешением 62 тысячи пикселей в полном цифровом формате.



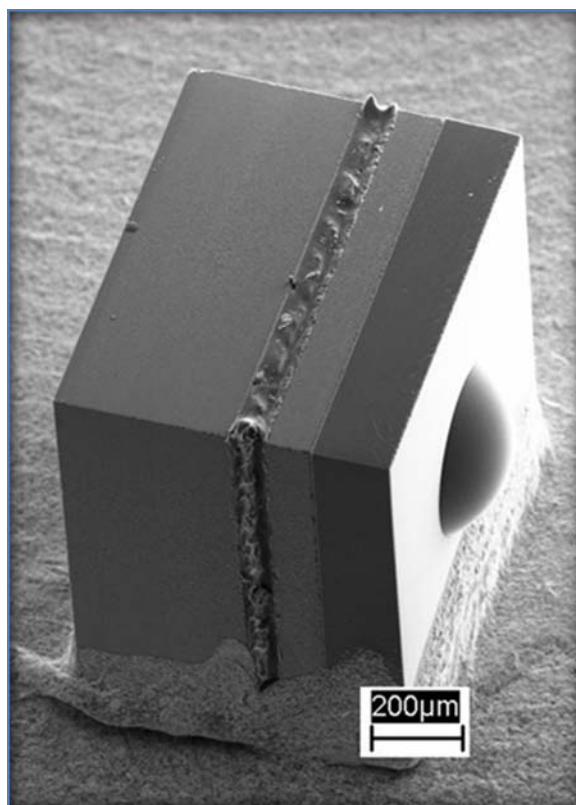
*Рисунок 1. NanEye 2D, 1 мм камера.*

## **Технология.**

Для минимизации площади в основании модуля, пришлось в целом пересмотреть структуру самого сенсора. Современные стандарты цифровых фоточувствительных сенсоров – используемых в смартфонах, вебкамерах – имеют большой функциональный набор и придерживаются архитектуры, пригодной для создания сенсоров большого разрешения. Все это приводит к увеличению периферии сенсора, включающей параллельные столбцовые аналого-цифровые преобразователи, генераторы подкачки заряда, модули автоматического контроля экспозиции и реконструкции цвета, мобильные интерфейсы.

В процессе оптимизации размеров устройства в AWAIBA создали новую архитектуру, отказавшись от наименее важных узлов и уместив остальные в периферийную область, превышающую площадь чувствительной матрицы не более, чем на 90 мкм. Таким образом на чипе размером 700x700 мкм для периферии выделяется всего 0,2 мм<sup>2</sup> (к примеру, в видеомодуле мобильного телефона сама периферия может занимать всю эту область). Также была решена необходимость установки различных пассивных компонентов вблизи матрицы, таких как конденсаторы развязки, что позволяет передавать цифровой сигнал от головки камеры по неэкранированному кабелю на расстояние до 3 метров без потери качества, связанного, в том числе, с влиянием электромагнитной интерференции.

Однако, оптимизировать сенсор сам по себе – не достаточно для создания миниатюрной камеры, ведь конструкция корпуса готового видеомодуля не должна значительно влиять на его размер. Для этого применяют технологию Chip Scale Packaging (или Корпус в Масштабе Кристалла), позволяющую соединять электронную обвязку на лицевой стороне сенсора с контактами в виде шариков припоя на его обратной стороне при помощи сквозных микро каналов, проходящих через кремниевую пластину. Технология также известна под названием TSV – Through-silicon VIA или технология вертикальных соединений при помощи переходных отверстий в кремнии. TSV позволяет сенсору в корпусе сохранять размеры исходной матрицы (в площади основания), поскольку не требует дополнительное место для соединительных контактов или проволочек.



*Рисунок 2. NanEye, снятая сканирующим электронным микроскопом 1 мм камера с линзами на кристалле.*

Сегодня даже фотограф-любитель знает, что хорошая камера – бесполезна без хорошей оптики. Однако, когда размеры камеры уменьшаются до 1 мм, создание соответствующей оптики, и, в особенности, сверхточное её расположение на поверхности кристалла – задача исключительно трудная. Для решения поставленной задачи в AWAIBA прибегли к технологии, пришедшей из производства распространённых оптико-механических микросистем (таких, как датчики ускорения и наклона в смартфонах и планшетах). Процесс заключается в вытравливании целой матрицы линз на подложке из кварцевого стекла с последующим совмещением такой кварцевой подложки и кремниевой пластины с фоточувствительными сенсорами. Такой метод действительно уникален и был специально разработан инженерами AWAIBA совместно с рядом научно исследовательских институтов. Помимо миниатюризации готового изделия, описанный метод позволил значительно сократить производственные расходы: ведь при нарезке одной такой совмещенной слоеной

пластины, на выходе можно получить несколько тысяч камер размером 1 мм каждая. При больших объёмах производства это позволяет снизить затраты до невероятных значений.

## Применения.

Первоначально камера предназначалась для использования в эндоскопии. Такие эндоскопы многоразового использования, в составе которых миниатюризированная камера заменила волоконно-оптический метод передачи изображения, позволяют получать картинку лучшего качества с большим разрешением и недоступным ранее углом зрения. Первыми такими приборами стали уретроскопы и ларингоскопы. В сравнении с традиционными волоконно-оптическими приборами, система Chip on the Tip, т. е. прибор с камерой на конце рабочей части, позволяет получить в 2-3 раза большее разрешение (к примеру – 62 000 пикселей со стандартным модулем NanEye 2D, вместо 15 – 20 тысяч пикселей с волоконно-оптическим устройством, что, ввиду недостатка разрешения, придает изображению ячеистую форму).

Использование модулей NanEye в производстве одноразовых устройств также возможно при столь низкой стоимости подобных видеокамер. А это огромное вложение в безопасность и здоровье пациента: стерилизация многоразового эндоскопа – технически сложная и трудоемкая процедура, вследствие чего, существует вероятность передачи инфекции от пациента к пациенту. Более того, низкая стоимость такого одноразового прибора позволяет экономить на обслуживании, т. е. очистке и стерилизации.

Дешевизна одноразовых приборов на основе камер NanEye делает возможным применять их в проволочных проводниках катетера или электрохирургических зондах – областях, ранее недоступных для визуализации. Nathaniel Group, например, интегрировали NanEye в модуль для визуализации диаметром 2мм, включающий также два волокна подсветки. Устройство предназначено для бронхоскопии при клинической биопсии лёгких для лечения раковых заболеваний. Другой клиент использовал NanEye в электрохирургическом зонде для кардиохирургии.



*Рисунок 3. Снимок, сделанный камерой NanEye 2D внутри лёгкого (© Nathaniel).*

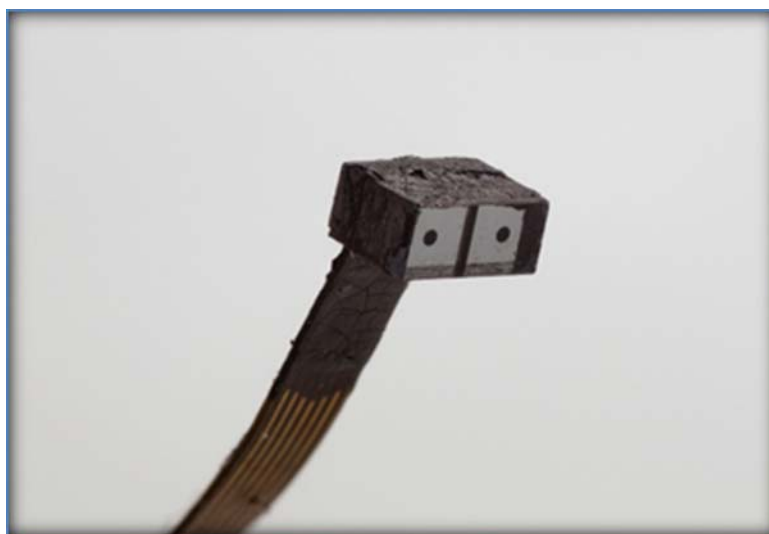
Появление миниатюрных модулей NanEye внесло значительный вклад в развитие не только эндоскопии, но и других медицинских процедур. В перспективе, камера размером 1мм может, например, быть интегрирована в хирургическую иглу, что позволит сократить число процедур с разрезом тканей, заменив их пункцией, что повлияет и на сложность, и на стоимость такой

процедуры.

## **Взгляд в будущее.**

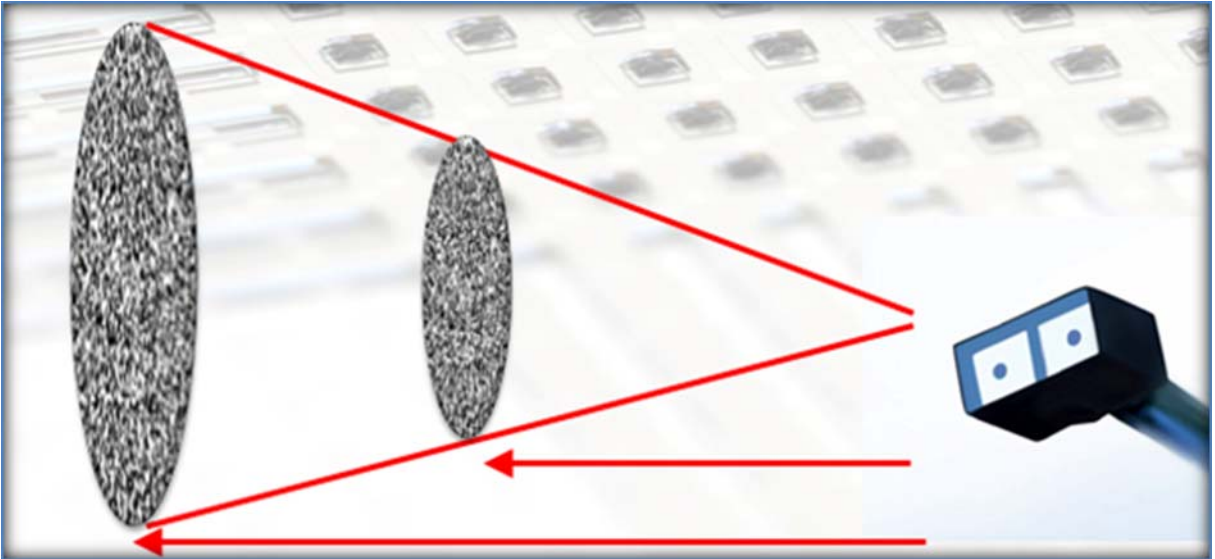
Дальнейшее развитие технологии AWAIBA видит в двух направлениях. С одной стороны – следуя закону Мура, достижение большего разрешения при сохранении размеров. С другой – приблизительно сохраняя исходное разрешение, станут доступными модули еще меньшего размера: текущие разработки AWAIBA позволяют изготовить модуль посадочной площадью 500x500мкм. При появлении же потребности в дальнейшем сокращении размеров камеры, текущие расчёты позволят создать камеру размером 300x300 мкм.

Для трёхмерной визуализации существует спаренный модуль – NanEye Stereo, состоящий из двух параллельно сочленённых камер NanEye 2D, выполненный по аналогичному технологическому процессу. Две контрастные картинки с каждой из двух камер позволяют сгенерировать трёхмерное облако точек сканирования. Такая информация, например, может помочь роботу-хирургу определить положение иглы и нити, при необходимости позволяя самостоятельно завязать узелок. (Если Вы попробуете сделать это сами с одним закрытым глазом, Вы можете убедиться насколько трудной может быть такая задача. Тем более сложным было бы научить машину проделать это внутри живота с одним «глазом»).



*Рисунок 4. Камера NanEye Stereo для 3D зрения.*

Камера NanEye Stereo позволяет также определить расстояние до объекта методом постоянного измерения и сравнения размеров объекта, т. е. при помощи более простого алгоритма. Это в значительной степени важно для эндоскопии, где определение расстояния до исследуемых тканей может иметь ключевое значение.



*Рисунок 5. Принцип действия метода определения расстояния до объекта при помощи камеры NanEye Stereo.*

*Автор статьи: Martin Wäny, CEO AWAIBA HOLDING SA  
Перевёл и подготовил: Шведов Александр, инженер НПК «Фотоника»*

