

Перспективные исследования раковых заболеваний с помощью медицинской рентгенографии следующего поколения с использованием модульной измерительной аппаратуры PXI и среды проектирования программ NI LabVIEW

Авторы:

Dr. Kohji Ohbayashi (Доктор Кохи Обаяши) - [Kitasato University, Center for Fundamental Sciences](#) (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

D. Choi (Д. Кои) - Kitasato University, Center for Fundamental Sciences (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

H. Hiro-Oka (Х. Хиро-Ока) - Kitasato University, center for Fundamental Sciences (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

H. Furukawa (Х. Фурукава) - Kitasato University, Center for Fundamental Sciences (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

R. Yoshimura (Р. Ёшимура) - Kitasato University, Center for Fundamental Sciences (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

M. Nakanishi (М. Наканиши) - Kitasato University, Center for Fundamental Sciences (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

K. Shimizu (К. Шимидзу) - Kitasato University, Center for Fundamental Sciences (Университет Китасато, Центр фундаментальных наук)

Отрасли промышленности (направления деятельности):

биотехнология, образование, научные исследования, медицина, машинное зрение /рентгенография

Применяемое оборудование и программное обеспечение:

PXI-5105, PXI-6652, PXI-1045, LabVIEW

Задача:

Создание медицинского прибора, который может обнаруживать раковые заболевания в процессе медицинских обследований за счет улучшения традиционных методов, которые не обеспечивают достаточного разрешения или требуют, чтобы пациент во время обследования переносил тяжелый стресс.

Решение:

Использование оптической когерентной томографии (ОКТ) и запатентованной технологии на основе источника света вместе с высокоскоростной (частота дискретизации 60 МГц) системой сбора данных, в состав которой входят 32 дигитайзера NI PXI-5105, чтобы обеспечить 256 параллельных измерительных каналов.

“Платформа PXI производства National Instruments предоставила возможность многоканального сбора данных за счет синхронизации, малых габаритных размеров и модульного принципа построения”.

ОКТ является технологией неинвазивной томографии, которая позволяет получить снимки поперечных сечений и глубинных слоев прозрачных и непрозрачных материалов. Снимки, полученные с помощью ОКТ, позволяют нам наблюдать ткани или другие объекты с таким же разрешением, как у некоторых микроскопов. В научном сообществе проявился растущий интерес к оптической когерентной томографии, поскольку она обеспечивает намного более высокое разрешение, чем другие технологии рентгенографии, такие как магниторезонансная интроскопия или позитронная эмиссионная томография.

Кроме того, рассматриваемый метод не требует от нас предварительной подготовки и весьма безопасен для пациента, поскольку мы применяем очень слабые лазерные излучения, и нам не нужно использовать ионизирующую радиацию.

В ОКТ снимки создаются с помощью маломощного источника света и соответствующих световых отражений. Данный метод похож на ультразвуковой, только вместо звука мы наблюдаем свет. Когда мы проецируем луч на исследуемый образец, большая часть света рассеивается, лишь только малая его часть отражается в виде коллимированного луча, который можно детектировать и использовать для создания снимка.

Общие сведения о системе верхнего уровня

Наша задача была создать высокоскоростную ОКТ систему, в которой применение оптических демультиплексоров дает возможность выделить 256 узких частотных полос в широком спектре частот падающего света шириной 25 ГГц с центральной частотой 192.2 ТГц (длина волны 1559.8 нм). Разбиение всего спектра на отдельные частотные полосы дало возможность осуществлять параллельное детектирование во всех этих полосах с помощью 256 каналов высокоскоростного аналого-цифрового преобразования (АЦП), имеющих частоту дискретизации 60 МГц и сгруппированных внутри дигитайзеров PXI-5105.

Наша система состоит из 32 8-канальных дигитайзеров PXI-5105, распределенных по трем шасси PXI-1045, в каждом из которых по 18 слотов. Мы синхронизировали дигитайзеры в разных шасси с помощью модулей синхронизации NI PXI-6652 и технологии синхронизации NI-TClk, которая обеспечила межканальную фазовую когерентность порядка десятков пикосекунд. Выбор устройства PXI-5105 обусловлен большим удельным количеством каналов (8 каналов ввода на одну плату), благодаря чему высокоскоростная 256-канальная система занимает мало места. После того, как первичные данные собраны, они обрабатываются и визуализируются с помощью LabVIEW.

Используя оптические демультиплексоры в ОКТ системе в качестве анализаторов спектра, мы достигли быстродействия 60 миллионов осевых снимков в секунду. При боковом сканировании с помощью резонансного сканера с частотой кадров 16 кГц, количеством расходящихся линий на кадр 1400 и диапазоном глубины проникновения 3 мм наша ОКТ рентгенография показала разрешение 23 мкм.

Подробное описание системы

В нашей системе (рисунок 8) источником света является суперизлучательный диод (SLD, опытный образец производства NTT Electronics). С помощью оптического усилителя (SOA, COVEGA, BOA-1004) световой поток, генерируемый этим диодом, усиливается и с помощью разветвителя CP1 поровну распределяется между измерительным плечом и эталонным плечом. Мы регулируем выходную интенсивность света, идущего из усилителя SOA1 таким образом, чтобы облучающая образец мощность была 9 мВт, что соответствует ограничению по безопасности согласно стандарту ANSI. Наша система направляет свет в измерительном плече на образец с помощью линзы коллиматора (L1) и линзы объектива (L2). С помощью резонансного сканера (RS, Electro-optical products, SC-30) и гальванозеркала (G, Cambridge Technology, 6210) луч света сканируется с образца. Наша система собирает свет, отраженный от образца, с помощью направляющей оптики и направляет его с помощью оптического циркулятора C1 на усилитель SOA2 (SOA, COVEGA, BOA-1004). Свет на выходе усилителя SOA2 мы смешиваем с эталонным светом с помощью смесителя CP2 (коэффициент смешения 50:50). Эталонное плечо состоит из оптического циркулятора C2, линзы коллиматора L3 и эталонного зеркала RM.

Наша система демультимплексирует выходы смесителя CP2 с помощью двух оптических демультимплексоров (OD1 и OD2), чтобы обеспечить балансное детектирование. Она детектирует выходные сигналы на одной и той же оптической частоте от двух демультимплексоров с балансными фотоприемниками (New Focus, 2117), в общей сложности там 256 фотоприемников. Система детектирует выходные сигналы фотоприемников с помощью быстродействующей многоканальной системы аналого-цифрового преобразования, состоящей из 32 описанных ранее дигитайзеров PXI-5105. В процессе фиксации одного снимка она хранит данные в большой встроенной памяти дигитайзеров и затем передает их на компьютер для последующей обработки.

ОКТ система с оптическим демультимплексорами (ОД) схожа со спектральной ОКТ системой в том, что она параллельно детектирует интерференционный спектр. Различие заключается в том, что ОКТ система с ОД параллельно детектирует всю интерферограмму со скоростью сбора данных, вместо того, чтобы накапливать ее в CCD детекторе в течение определенного интервала времени, как в спектральной ОКТ системе. Следовательно, частота осевого сканирования определяется частотой дискретизации системы сбора данных, которая достигает 60 МГц в настоящей системе. Быстродействие резонансного сканера 16 кГц определяет частоту кадров. Для сбора данных мы осуществляем сканирование только в одном направлении (коэффициент заполнения 50%), что определяет время измерения 31.25 мкс на кадр. Система выполняет 1875 операций осевого сканирования на кадр. В то же время, боковое сканирование с помощью резонансного сканера обладает высокой нелинейностью, и мы используем только результаты 1400 операций сканирования, пренебрегая результатами 475 операций.

Результаты

Когда измерительное плечо не заблокировано, динамический диапазон определяется как отношение пикового значения функции рассеяния точки (PSF функции) к шумовому порогу. Следовательно, по нашим оценкам, динамический диапазон составляет около 40 дБ на всех глубинах, незначительно уменьшаясь с увеличением глубины. Достоинством ОКТ с ОД является то, что ширина спектра, детектируемого в каждом канале оптического демультимплексора меньше шага по частоте 25 ГГц. Динамический диапазон 40 дБ является минимально достаточным для исследования биологических тканей.

На рисунке 5 по левой вертикальной оси откладывается мощность сигнала. Мы ослабляем отраженный сигнал на 39.9 дБ с помощью «нейтрально-серых» светофильтров (ND фильтров). Сплошная толстая кривая показывает шумовой порог, измеренный при заблокированном свете от образца. Чувствительность, определяемая по этой кривой, откладывается по правой вертикальной оси.

Глубина снимка в разрезе составляет около 1 мм, что значительно меньше по сравнению с глубиной 2 мм, обычно получаемой с помощью спектральной ОКТ или ОКТ со спиральным сканированием, из-за низкой чувствительности. Чтобы построить трехмерное изображение, требуется некоторое количество поперечных сечений, полученных с помощью ОКТ. Из-за ограниченного объема памяти пришлось уменьшить частоту дискретизации до 10 МГц.

Наш коллектив, который работает в университете Китасато, смог создать самую быстродействующую в мире ОКТ систему, достигнув частоты получения осевых снимков 60 МГц. Конечной целью настоящего исследования является помочь осуществлению более быстрой диагностики рака у пациентов и повысить качество их жизни. Чтобы сделать такую систему, мы объединили три инновационные технологии. Первой из них является технология, разработанная NTT Technologies, которую мы использовали в виде

широкополосного источника света. В качестве второй можно назвать систему согласования сигналов от оптических демультиплексоров и балансных фотоприемников, которые позволили нашей системе детектировать 256 узкополосных спектров.

Наконец, платформа PXI производства National Instruments дала возможность многоканального сбора данных благодаря своим средствам синхронизации, малым габаритным размерам и модульному принципу построения. Благодаря модульности наш коллектив смог изначально расширить систему со 128 до 256 каналов. Платформа также предоставила возможность еще увеличить количество каналов. Поскольку платформа расширяет возможности за счет высокопроизводительных средств измерений и более высоких скоростей передачи данных с помощью интерфейса PXI Express, мы можем удовлетворять будущие потребности и продолжать продвигать вперед наши исследования.

Сведения об авторе:

Доктор Кохи Обаяши,
Университет Китасато, Центр фундаментальных наук
[Kitasato University, Center for Fundamental Sciences](http://www.kitasato-u.ac.jp)
Kitasato 1-15-1, Sagamihara
Kanagawa 228-8555
Japan (Япония)

Телефон: +81-42-778-8034

obayashi@kitasato-u.ac.jp

Дальнейшие шаги

[Watch a video on building high-channel-count digitizer systems.](#) (Смотрите видео по построению многоканальных систем на основе дигитайзеров)

[National Instruments T-Clock technology for timing and synchronization of modular instruments](#) (Технология National Instruments T-Clock для синхронизации модульных средств измерений)

[View more automated test strategies](#) (Ознакомьтесь с другими стратегиями автоматического контроля)

Примеры, относящиеся к данному вопросу

[Testing Automated Medical Imaging Tables with NI Tools](#) (Испытания автоматизированных медицинских рентгенографических столов средствами National Instruments)

[Creating an Innovative Medical Instrument Using NI Products](#) (Создание инновационного медицинского прибора с помощью продукции National Instruments)

[Developing a Remote-Controlled Laser Projection System with NI LabVIEW, Machine Vision, and Data Acquisition](#) (Разработка дистанционно управляемой системы лазерного проецирования с помощью NI LabVIEW, средств машинного зрения и сбора данных)

[Flexible Applied Spectroscopic Systems Using PXI and LabVIEW](#) (Гибкие прикладные спектроскопические системы на основе PXI и LabVIEW)

[Creating a Test System for a New Generation Ultrasound Machine with LabVIEW and PXI](#) (Создание испытательной системы для ультразвукового аппарата нового поколения на основе LabVIEW и PXI).

Фото-галерея

На фотографиях (рисунок 1) показаны демультиплексоры, фотоприемники и три шасси с 32 дигитайзерами NI PXI-5105, из которых состоит наша система сбора данных.

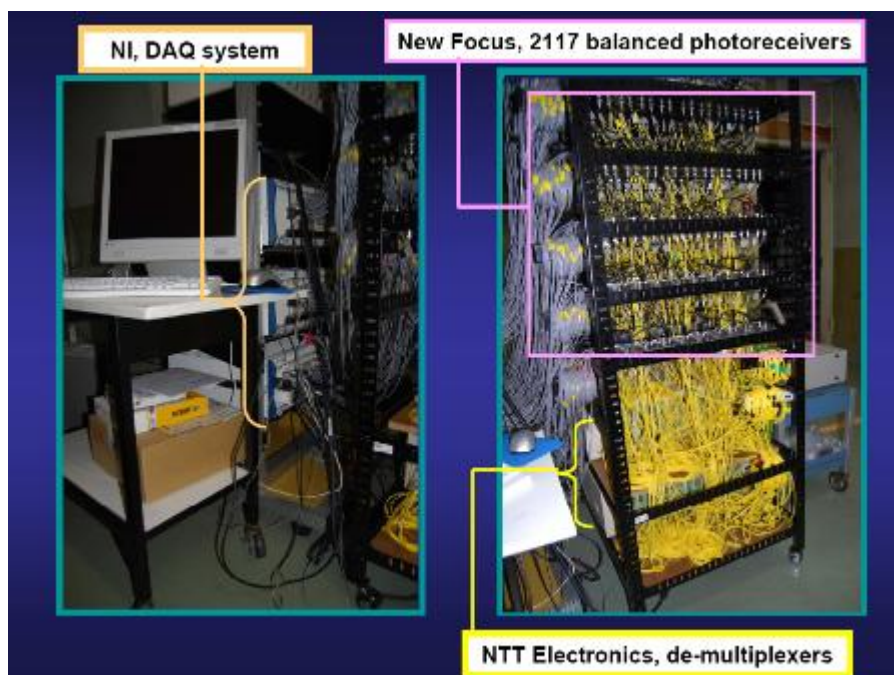


Рисунок 1. NI, DAQ system – система сбора данных от National Instruments
New Focus, 2117 balanced photoreceivers – 2117 балансных фотоприемников производства New Focus, NTT Electronics, de-multiplexers – демультиплексоры производства NTT Electronics

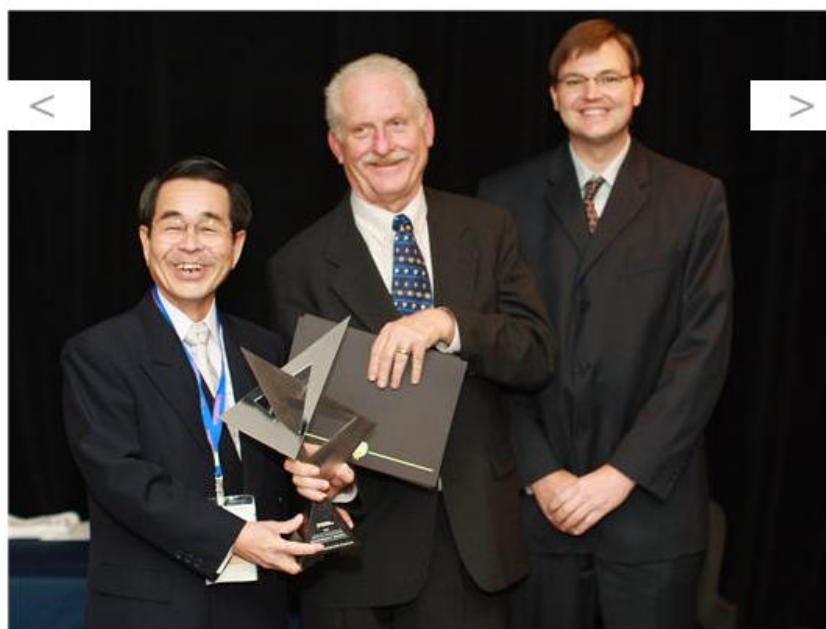


Рисунок 2. Доктор Обаяши принимает награду за достижения в области проектирования графических систем в 2008 г за применение своей ОКТ системы в категории биотехнологий и наук о жизни (биологии, медицины и т.д.). Его поздравляют соучредитель National Instruments и генеральный директор, доктор Джеймс Тручард (James Truchard) и член технического совета National Instruments Кит Одом (Keith Odom).

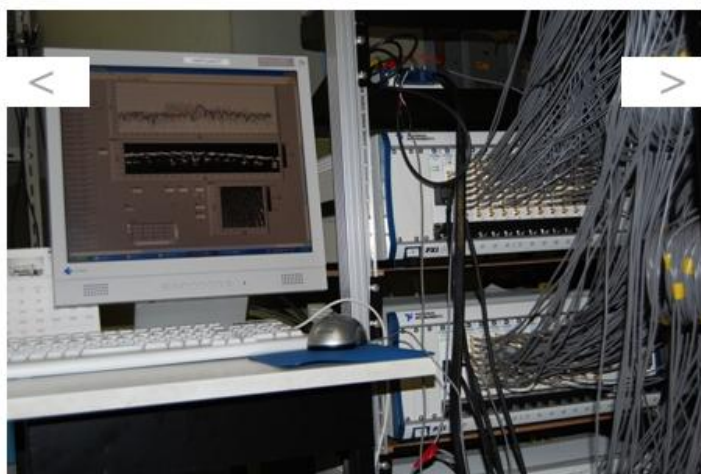


Рисунок 3. Вид с близкого расстояния системы сбора данных, подключений и данных о снимке, полученном с помощью ОКТ

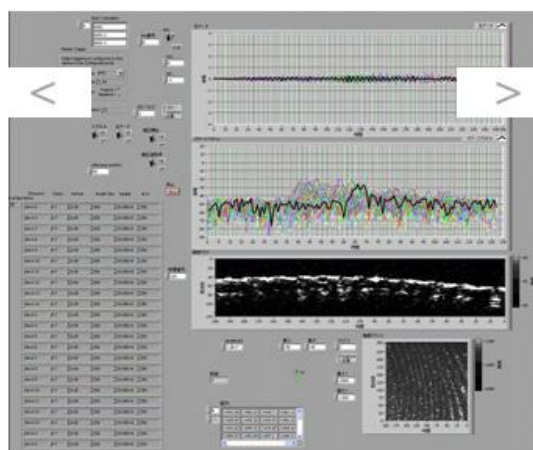


Рисунок 4. Моментальный снимок фронтальной панели в LabVIEW с данными, полученными из снимка человеческого пальца, сделанного методом оптической когерентной томографии, где можно увидеть линии отпечатков пальцев.

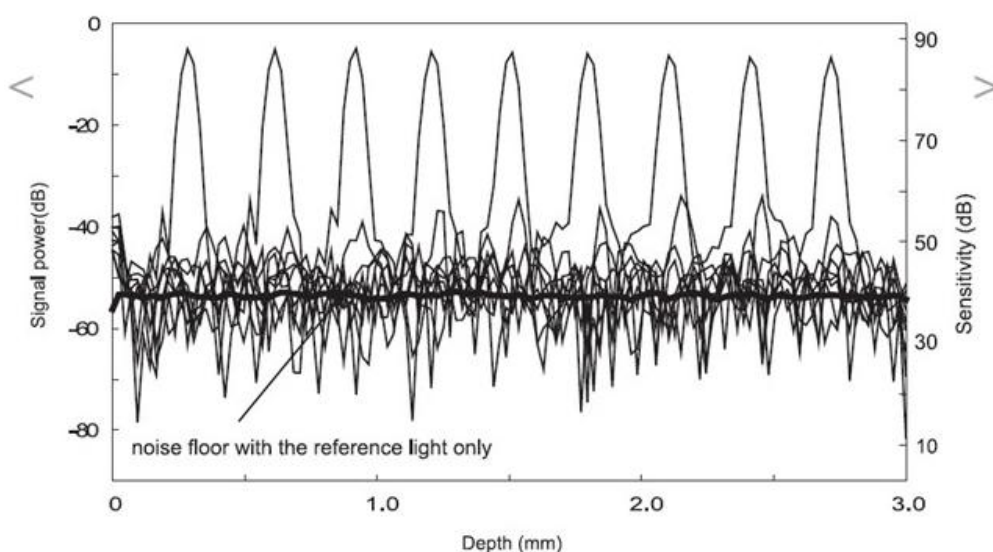


Рисунок 5. Построенные по точкам функции как зависимости от осевого положения зеркала, помещенного на месте расположения образца. Signal power (dB) – Мощность сигнала (дБ), Depth (mm) – Глубина (мм), Sensitivity (dB) – Чувствительность (дБ)

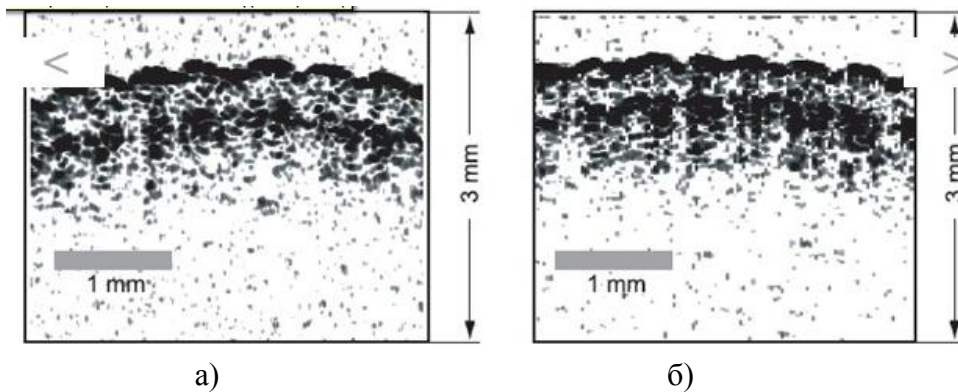


Рисунок 6. Снимок кожи пальца, полученный методом ОКТ, на частотах дискретизации 60 МГц (а) и 10 МГц (б)

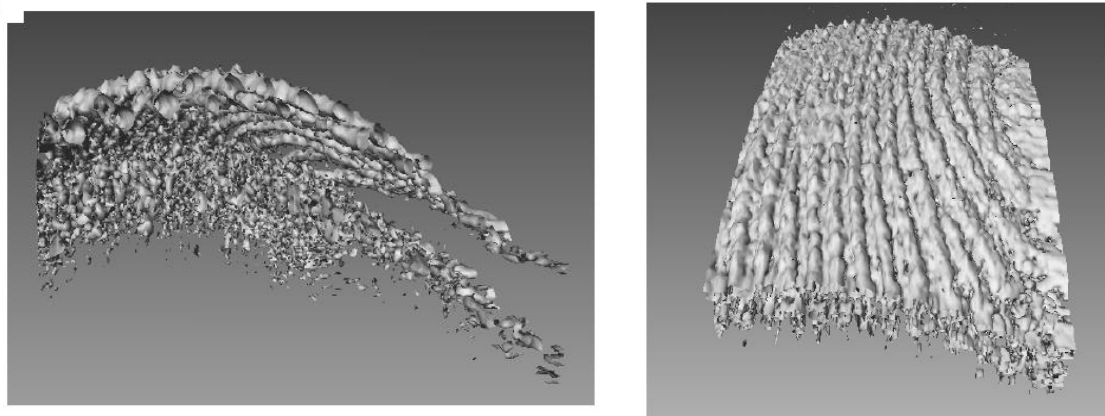


Рисунок 7. Трехмерное изображение, полученное методом ОКТ со скоростью 10 миллионов осевых снимков в секунду.

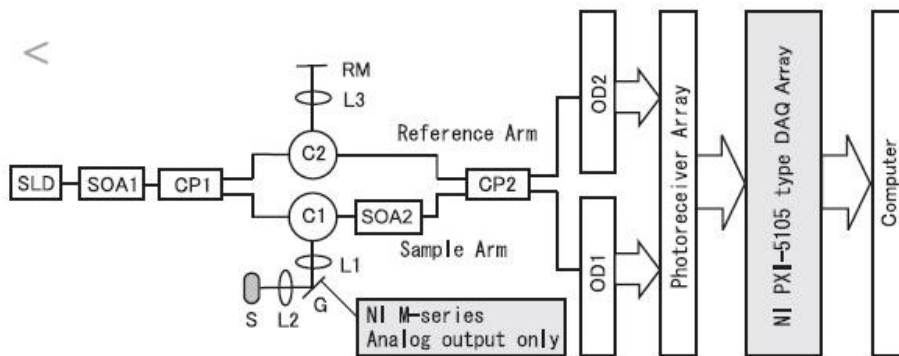


Рисунок 8. Мы усиливаем выходной световой поток от суперизлучательного диода (SLD) с помощью полупроводникового оптического усилителя и делим его поровну между измерительным плечом (в котором находится исследуемый образец) и эталонным плечом с помощью разветвителя (CP1).

NI M-series, Analog output only – устройства сбора данных M серии, только аналоговый вывод, Photoreceiver array – матрица фотоприемников, NI PXI-5105 type DAQ array – матрица устройств сбора данных типа NI PXI-5105, Computer – Компьютер, Reference Arm – эталонное плечо, Sample Arm – Измерительное плечо.