

Измерение вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик с помощью анализатора B1500A, модуля MFSCMU и устройства объединения SCUU компании Keysight



Введение

Анализатор полупроводниковых приборов Keysight B1500A

Для параметрического определения характеристик устройств требуются измерения как вольт-амперных (ВАХ), так и вольт-фарадных (ВФХ) характеристик. Последние достижения в области технологических процессов изготовления полупроводниковых приборов, как правило, требуют точных измерений ВАХ и ВФХ за одну операцию тестирования непосредственно на полупроводниковой пластине. Анализатор полупроводниковых приборов B1500A компании Keysight Technologies поддерживает измерения ВАХ и ВФХ за один проход с использованием нового многочастотного модуля измерения емкости (MFCMU), занимающего одно гнездо, и двух модулей источника-измерителя (SMU).

Измерения ВАХ и ВФХ с помощью одной зондовой станции — это довольно сложная задача. В измерениях ВАХ с помощью модулей SMU используются триаксиальные разъемы, а в измерениях ВФХ с помощью модуля измерения емкости (CMU) используются разъемы типа BNC. Переход от одного измерения к другому может создавать сложности и потребовать много времени, а также может стать причиной ошибок измерений. Примером могут служить операции, где требуется ручное переключение измерительных кабелей с сохранением положения зондирующей иглы на полупроводниковой пластине. В этом случае электрический заряд, создаваемый трением при переключении кабелей, может привести к повреждению устройства. Помимо сложностей с подключением кабелей для получения точных результатов измерений необходимо правильно задать параметр компенсации погрешности, связанной с измерением электрической емкости.

Устройство объединения модулей SMU и CMU (SCUU) анализатора B1500A позволяет решить эти проблемы. Анализатор полупроводниковых приборов B1500A с устройством объединения SCUU компании Keysight обеспечивает возможность простого переключения между измерениями ВАХ и ВФХ с сохранением точности измерений, в отличие от сложных и дорогостоящих внешних коммутационных матриц.

Данные рекомендации по применению показывают, как с помощью анализатора B1500A можно легко настроить систему для точных измерений ВАХ и ВФХ.

Базовые измерения электрической емкости с помощью анализатора B1500A

На рис. 1 показана базовая конфигурация кабелей для измерений ВФХ на полупроводниковой пластине. Сначала удлинительный испытательный кабель в конфигурации двухпроводной линии с четырьмя выводами (4ТР) подключается к измерительным разъемам модуля MFCMU анализатора B1500A. Конфигурация 4ТР аналогична подключению по схеме Кельвина при измерениях ВАХ, и с ее помощью могут быть сведены к минимуму ошибки, вызванные паразитной емкостью в измерительном кабеле. Также она обеспечивает наилучшую точность, когда требуется удлинить испытательные кабели.

Чтобы достичь наивысшей точности, удлинительный кабель 4ТР следует подвести как можно ближе к испытуемому устройству (ИУ). Затем следует подключить к зондному манипулятору кабель с двумя (2Т) или тремя (3Т) выводами. Тракт к зондирующей игле в принципе имеет конфигурацию 3Т.

На рис. 2 показаны отличия конфигурации 2Т с экранированием от конфигурации 3Т. В конфигурации 2Т с экранированием охранные экраны измерительного кабеля соединены друг с другом на конце измерительного кабеля. В конфигурации 3Т отсутствует соединение охранных экранов друг с другом на конце измерительного кабеля. Конфигурация 2Т с экранированием обеспечивает более стабильные результаты измерений и более высокую точность по сравнению с конфигурацией 3Т. Это связано с тем, что остаточная индуктивность в конфигурации 2Т с экранированием имеет фиксированное значение, которое определяется конструкцией кабеля.

Эта остаточная индуктивность не меняется даже при перемещении кабелей, идущих к ИУ, благодаря чему обеспечиваются стабильные и точные результаты.

Остаточная индуктивность в конфигурации 2Т с экранированием остается неизменной из-за того, что индуцированный ток в охранном экране имеет ту же величину, что и ток в центральном проводнике, но при этом он течет в противоположном направлении. Этот индуцированный ток помогает удерживать магнитный поток, создаваемый измерительным током, благодаря чему остаточная индуктивность

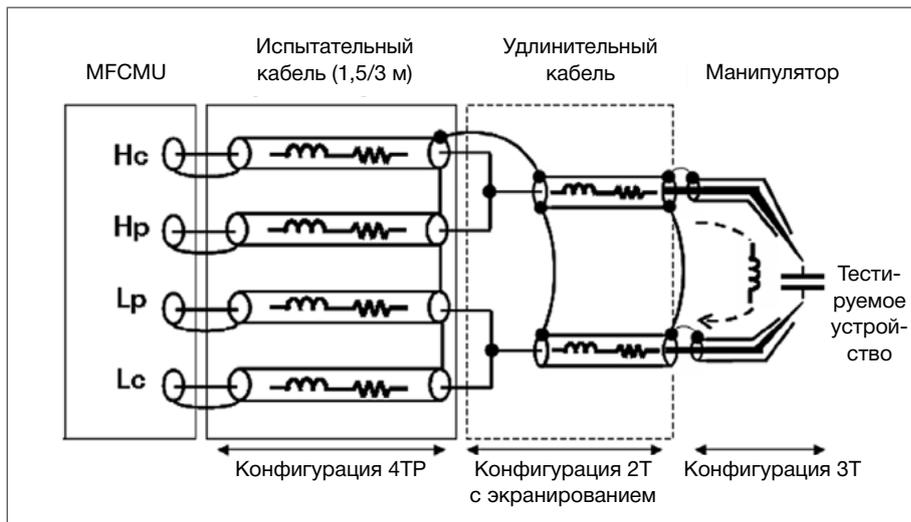


Рисунок 1. Базовая конфигурация кабелей для подключения манипулятора

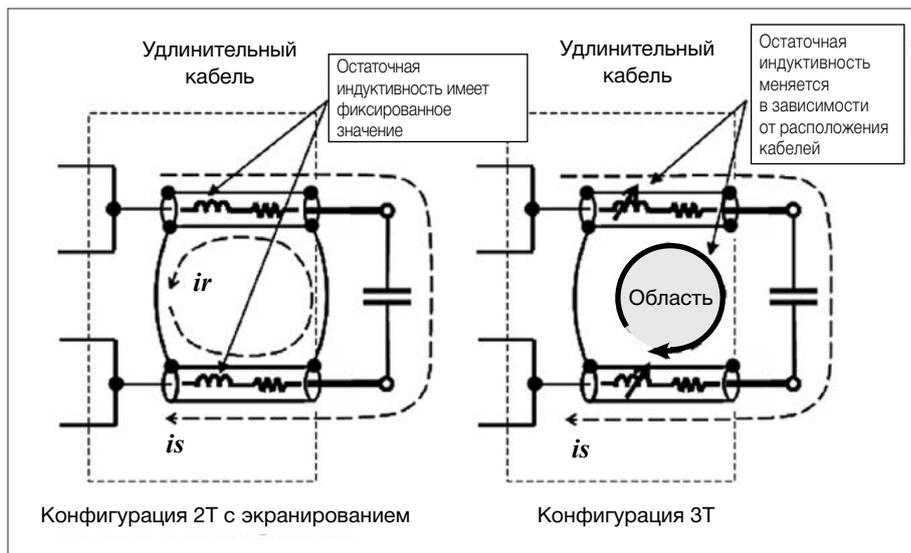


Рисунок 2. Различия между конфигурацией экранированных кабелей 2Т и 3Т

кабеля поддерживается на низком и фиксированном уровне. В отличие от данной схемы, в конфигурации 3Т отсутствует путь для возврата индуцированного тока. В этой конфигурации остаточная индуктивность измерительного кабеля меняется в зависимости от его расположения, что приводит к нестабильности измерений. Это затрудняет компенсацию остаточной индуктивности измерительных кабелей. Данная проблема, называемая иногда проблемой обратного тракта, возникает, когда охранные экраны на конце кабеля в конфигурации 3Т не соединены друг с другом. Вы можете решить эту проблему, соединив охранные экраны, как показано на рис. 2.

Для того, чтобы обеспечить точность измерений электрической емкости, нужно выполнить три шага. Во-первых, необходимо свести к минимуму ошибки, вызванные паразитной емкостью; во-вторых, следует стабилизировать точность и, в-третьих, необходимо принять эффективные меры по компенсации погрешности. На рис. 3 показано, что при использовании конфигурации 2Т с экранированием создается тракт сравнительно небольшой длины до конца зондирующей иглы. Чем короче тракт до наконечника пробника, тем меньше вероятность возникновения ошибок вследствие паразитной емкости (типичной погрешностью будет остаточная индуктивность в измерительном кабеле). За счет использования конфигурации 2Т с экранированием по всей длине кабеля до наконечников пробника вы можете свести к минимуму длину участка экранированного кабеля в конфигурации 3Т. Это позволит сократить протяженность нестабильного участка измерительной системы и упростить коррекцию погрешности измерений с помощью методик компенсации.

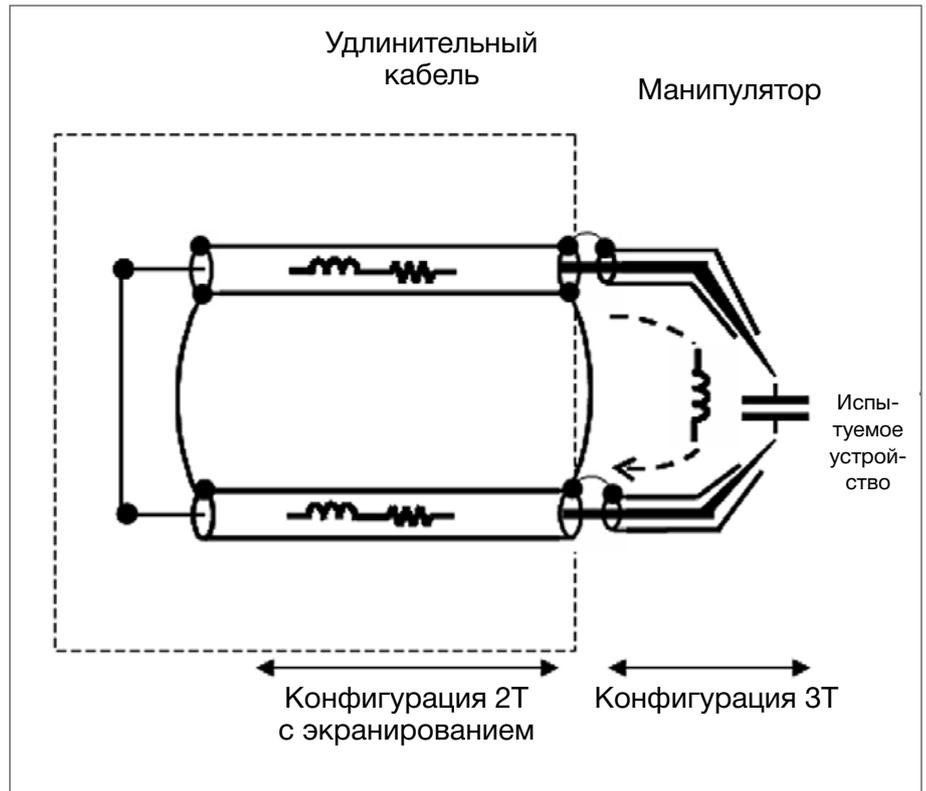


Рисунок 3. Остаточная индуктивность устройств позиционирования не оказывает существенного влияния на точность измерения

Аспекты, которые необходимо принимать во внимание при автоматизации измерений ВАХ и ВФХ

Как было описано выше, простые и точные измерения ВФХ могут быть выполнены без особых затруднений. Однако в условиях автоматизированных испытаний точное измерение ВАХ и ВФХ с использованием одной измерительной схемы сопряжено со сложностями.

На рис. 4 показана идеальная прецизионная измерительная схема с низким уровнем тока для определения ВАХ, в которой триаксиальный кабель от SMU присоединен к входному разъему манипулятора установки зондового контроля полупроводниковых пластин. Центральный проводник и охранный экран измерительного кабеля подведены к ИУ через экранированную зондирующую иглу.

На рис. 5 показана другая, но при этом схожая схема для высокоточных измерений ВФХ. Кабельный тракт после перехода с конфигурации 4ТР на экранированную конфигурацию 2Т похож на тракт, используемый в схеме для измерения ВАХ, но имеет при этом два существенных отличия. Во-первых, в тех местах, где в схеме для измерения ВАХ использовался триаксиальный кабель, в схеме для измерения ВФХ используется коаксиальный кабель. Во-вторых, в схеме для измерения ВФХ используется охранный соединительный провод между измерительным кабелем и иглой манипулятора, отсутствующий в схеме для измерения ВАХ.

Несмотря на всю схожесть конфигурации кабельных линий для отдельного выполнения измерений ВФХ и ВАХ, как показано на рис. 4 и 5, имеющиеся в них различия создают значительные сложности при создании единой конфигурации, которая позволяла бы переключаться между измерениями ВАХ и ВФХ в условиях автоматизированных испытаний. В следующем разделе показано, как с помощью анализатора B1500A можно выполнить измерения и ВАХ, и ВФХ с использованием лишь одной конфигурации кабельных линий без ухудшения точности измерений и без необходимости наличия каких-либо знаний специфики измерений ВФХ.

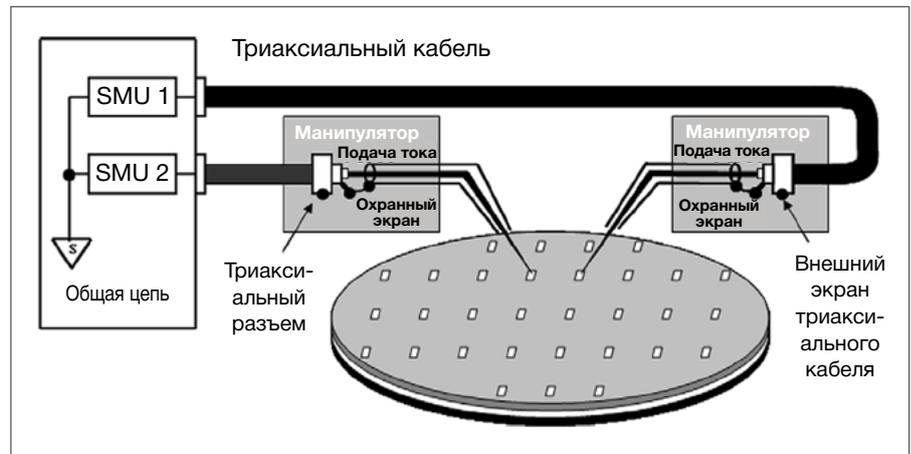


Рисунок 4. Пример идеальной (не по схеме Кельвина) схемы измерений на полупроводниковой пластине для определения ВАХ

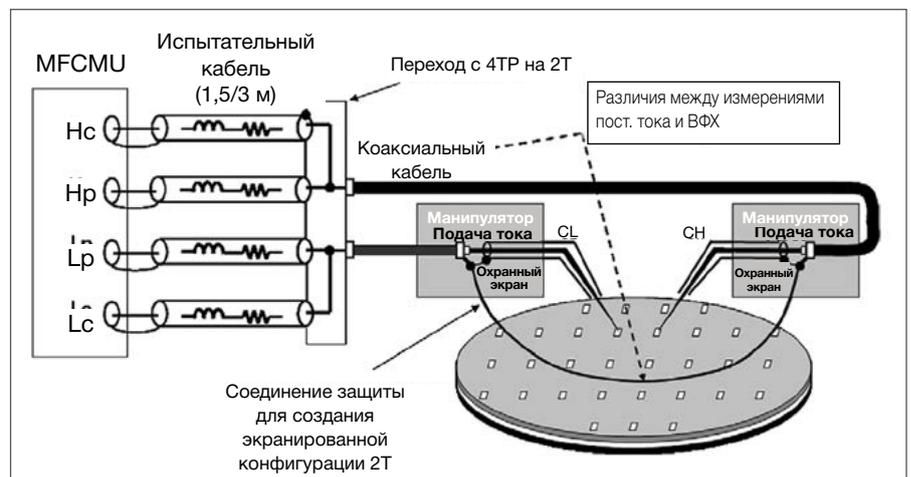


Рис.5. Пример идеальной схемы измерений на полупроводниковой пластине для определения ВФХ

Решения для измерения ВАХ/ВФХ с помощью анализатора B1500A компании Keysight

На рис. 6 показана базовая конфигурация кабелей для анализатора B1500A при его использовании для переключения между измерениями ВАХ и ВФХ. Устройство объединения SCUU анализатора B1500A может переключаться между измерениями ВАХ и ВФХ без снижения точности измерений, и для размещения устройства SCUU на установке зондового контроля полупроводниковых пластин доступны кабели длиной 1,5 и 3,0 м. Измерительные кабели от устройства объединения SCUU подводятся к манипулятору установки зондового контроля полупроводниковых пластин с помощью двух триаксиальных кабелей или двух пар триаксиальных кабелей Кельвина (с линиями источника и измерений), удовлетворяющих требованиям измерений и ВАХ, и ВФХ. Для измерений и ВАХ, и ВФХ центральная сигнальная линия триаксиального кабеля соединяется с центральным проводником измерительной иглы, а охранный экран триаксиального кабеля соединяется с внешним экраном измерительной иглы. Связывание внешнего экрана с охранным экраном измерительной иглы обеспечивает защиту от внешнего шума.

Именно так, как показано на рис. 5, охранные экраны измерительных разъемов CH и CL вместе соединяются накоротко на конце каждого коаксиального измерительного кабеля, чтобы создать систему для точных измерений ВФХ. Для соединения накоротко охранный экран измерительного кабеля при выполнении измерений ВФХ используется реле замыкания охранной цепи (GSWU) анализатора B1500A. Реле GSWU автоматически размыкается во время измерений ВАХ, чтобы исключить повреждение модулей SMU, так как в противном случае охранные экраны двух модулей SMU (которые, предположительно, имеют различные потенциалы) будут накоротко соединены друг с другом.

Даже при использовании соединения триаксиальным кабелем по схеме Кельвина между устройством объединения SCUU и манипулятором установки зондового контроля, это не будет оказывать влияния на точность измерений, если длина кабеля не будет слишком большой. Все, что вам

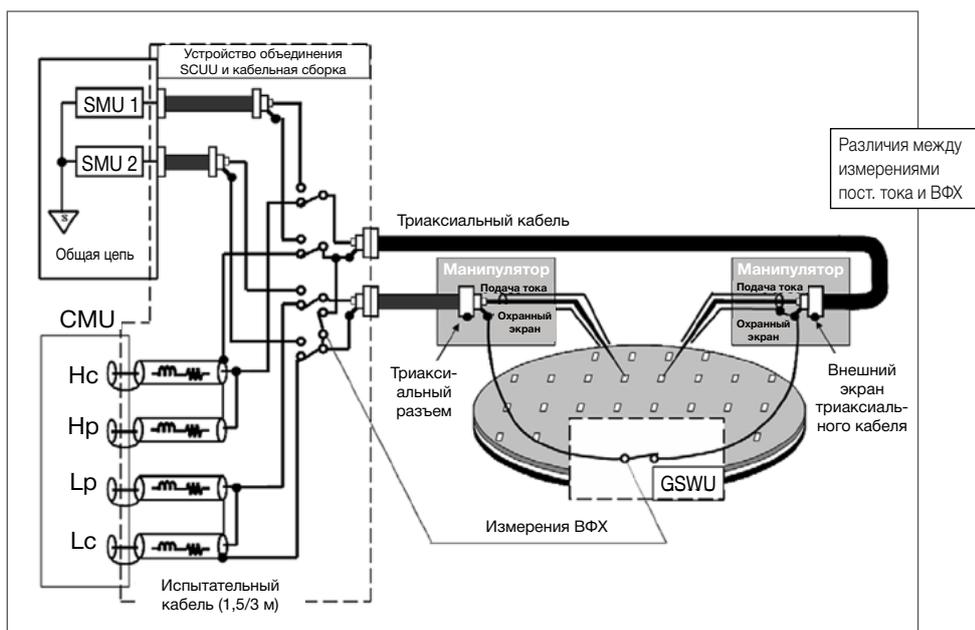


Рисунок 6. Выполнение с помощью анализатора B1500A измерений ВФХ на полупроводниковой пластине с использованием устройства объединения SCUU и реле замыкания охранной цепи GSWU

потребуется сделать, — это изготовить данную систему соединений, а также собрать и сохранить данные о компонентах остаточной ошибки с помощью алгоритмов компенсации погрешности при разомкнутом, замкнутом накоротко состояниях и под нагрузкой (опция от производителя зондовой станции, калибровочная пластина), предусмотренных в ПО EasyEXPERT анализатора B1500A.

ПО EasyEXPERT выполняет все задачи, связанные с переключением между измерениями ВАХ и ВФХ и компенсацией погрешности, а также с помощью управления GWSU устраняет проблемы, связанные с путем возврата индуцированного тока при измерениях электрической емкости. ПО EasyEXPERT содержит более ста прикладных тестов для определения ВАХ и ВФХ. От вас потребуется всего лишь выбрать алгоритм построения ВФХ и нажать кнопку, чтобы запустить процесс точных измерений ВФХ. При использовании устройства объединения SCUU напряжение смещения постоянным током при измерениях ВФХ может быть расширено до ± 100 В, что значительно превосходит возможности модуля MFCMU, ограниченные ± 25 В. В случае SCUU смещение по постоянному току ± 100 В автоматически обеспечиваются модулями SMU, подключенными к устройству SCUU.

Решения для измерения ВАХ/ВФХ с помощью анализатора B1500A компании Keysight (продолжение)

На рис. 7 показано подключение модулей MFCMU и HRSMU анализатора B1500A к устройству SCUU с помощью кабеля SCUU длиной 3 м. Реле GSWU подключается к разъему управления устройства SCUU, что обеспечивает возможность автоматического управления реле GSWU.

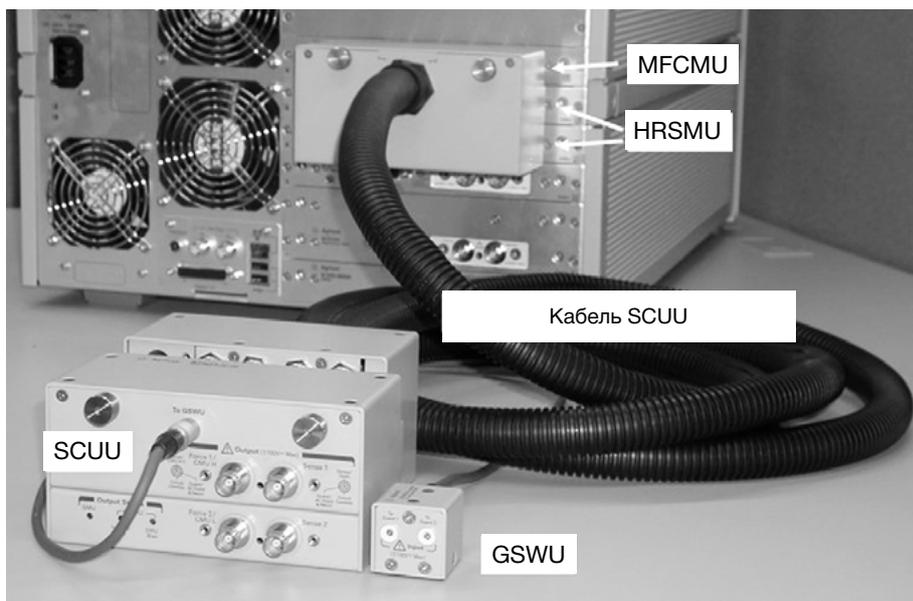


Рисунок 7. Подключение модулей MFCMU и HRSMU анализатора B1500A к устройству объединения SCUU с помощью кабеля SCUU

На рис. 8 показано подключение кабелей от SCUU и GSWU к манипулятору установки зондового контроля полупроводниковых пластин. Реле замыкания охранной цепи GSWU соединяется с охранным экраном иглы манипулятора установки зондового контроля полупроводниковых пластин рядом с основанием держателя иглы манипулятора. Данное соединение создает обратный тракт при выполнении измерений ВФХ, обеспечивая тем самым точные и стабильные результаты измерений.

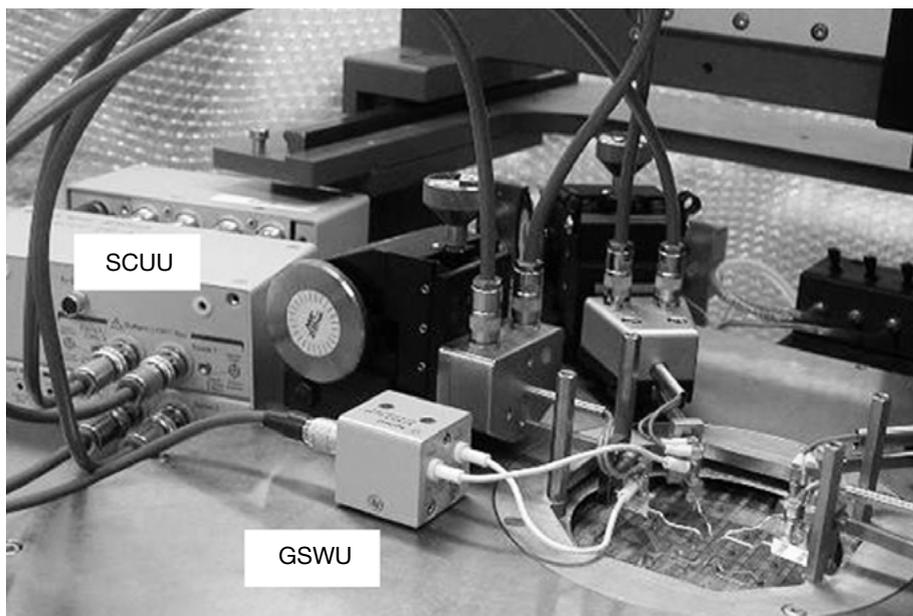


Рисунок 8. Подключение кабелей SCUU и GSWU к манипулятору установки зондового контроля полупроводниковых пластин

Заключение

Анализатор B1500A компании Keysight в сочетании с модулями MFCMU, SMU, устройством объединения SCUU и реле замыкания охранной цепи GSWU позволяет создать точную и простую в работе систему для переключения между измерениями ВАХ и ВФХ.

Программное обеспечение EasyEXPERT анализатора B1500A выполняет все задачи, связанные с переключением между измерениями ВАХ и ВФХ и компенсацией погрешности. От вас потребуется всего лишь выбрать алгоритм построения ВАХ или ВФХ и нажать кнопку, чтобы запустить процесс точных измерений.

www.keysight.com/find/semiconductor

Learn more at: www.keysight.com

Для получения дополнительных сведений о продукции, областях применения и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте www.keysight.com/find/contactus

