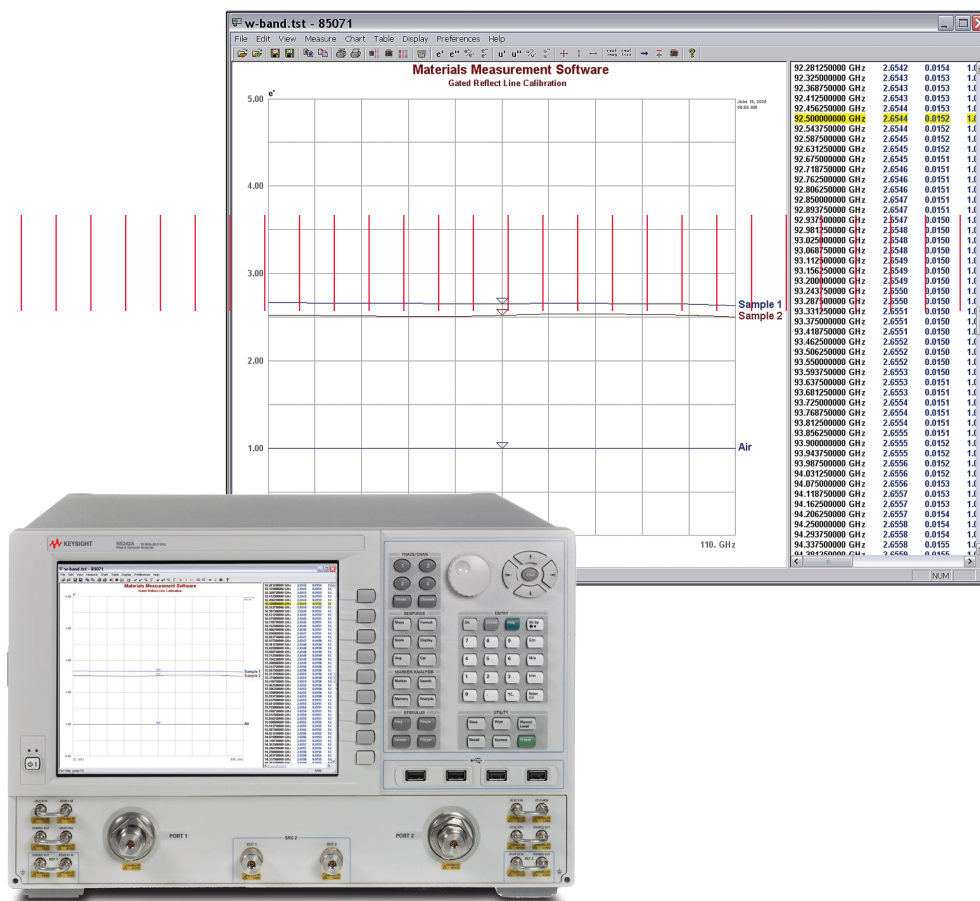


# Keysight 85071E

## Программное обеспечение для измерения свойств материалов

### Технический обзор



## Введение

### Свойства 85071E

- Программное обеспечение автоматизирует измерения комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей.
- Результаты измерений могут быть графически представлены в множестве форматов ( $\epsilon_r'$ ,  $\epsilon_r''$ ,  $\tan \delta$ ,  $\mu_r'$ ,  $\mu_r''$ ,  $\tan \delta_m$ , а также в виде диаграммы Коул-Коула)
- Простота совместного использования данных с другими приложениями на базе ОС Windows или с помощью программируемого пользователем интерфейса Component Object Model (COM).
- Наличие множества методов измерений и математических моделей позволяет удовлетворить большинство прикладных требований.

Новое средство управления соединениями работает с программой Keysight Connection Expert, обеспечивая простоту и гибкость взаимодействия между ПО и анализатором. Интерфейсы GPIB и LAN поддерживаются большинством анализаторов цепей серий PNA и ENA.

Получить бесплатную пробную версию можно на сайте компании:  
[www.keysight.com/find/materials](http://www.keysight.com/find/materials)

# Автоматизация измерений комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостей с помощью ПО Keysight 85071E для измерений свойств материалов

## Измерение $\epsilon_r^*$ и $\mu_r^*$ в широком частотном диапазоне

Программное обеспечение для измерения свойств материалов 85071E компании Keysight Technologies позволяет определить электромагнитные свойства множества диэлектрических и магнитных материалов. Полная измерительная система построена на базе универсального анализатора цепей компании Keysight, который измеряет отклик материала на энергию РЧ- или СВЧ-сигнала.

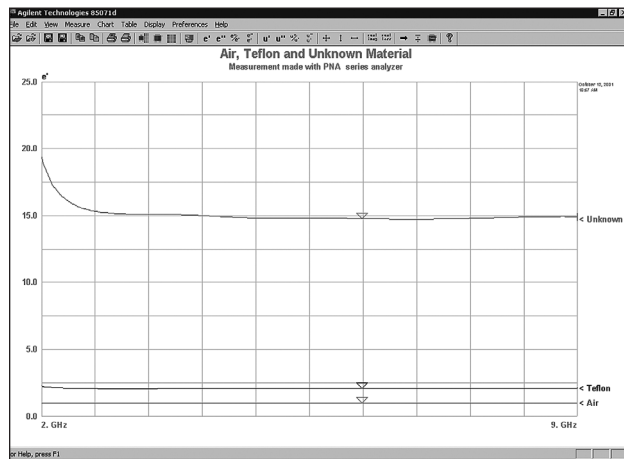


Рисунок 1. Исследование свойств материалов в РЧ и СВЧ частотном спектре.

Программное обеспечение 85071E управляет анализатором цепей и вычисляет комплексную диэлектрическую проницаемость  $\epsilon_r$  (или диэлектрическую постоянную) и магнитную проницаемость  $\mu_r^*$ , включая коэффициент потерь или тангенс угла потерь. Результаты отображаются как функция частоты с погрешностью от 1 до 2% (тип.). В зависимости от применяемого анализатора цепей компании Keysight и устройства подключения, диапазон частот может быть расширен в область миллиметровых и субмиллиметровых длин волн.

## Отображение данных в различных форматах

Разделение окна на экране и маркеры помогают при анализе данных. Простой щелчок мышью на элементе диаграммы или таблицы позволяет активировать и перемещать маркер. Диаграммы могут генерироваться в множестве форматов:  $\epsilon_r'$ ,  $\epsilon_r''$ ,  $\tan \delta$ ,  $\mu_r'$ ,  $\mu_r''$ ,  $\tan \delta_m$  и в виде диаграммы Коул-Коула.

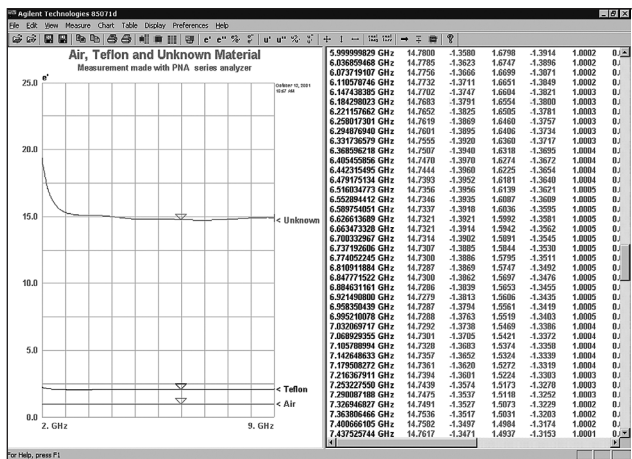


Рисунок 2. Представление данных в форме диаграммы, таблицы или одновременно в двух формах!

## Взаимодействие с другими программами

Диаграммы и таблицы данных могут быть легко скопированы в буфер обмена и вставлены в приложение на базе ОС Windows для дальнейшего анализа или генерации отчета.

Интерфейс компонентной модели объектов (COM) позволяет настраивать, запускать и считывать измерение из программы, написанной пользователем. Это чрезвычайно важно для анализа изменений свойств материала во времени. Примеры программных проектов на языках Visual Basic® и C++ включены в комплект поставки, что помогает при разработке собственных программ.

## Методы измерений

### Метод линии передачи

В качестве держателя образца используется коаксиальная воздушная линия или волноводная линия передачи. Наилучшим образом метод линии передачи работает для материалов, которые могут быть точно обработаны для размещения внутри держателя образца. ПО 85071E содержит алгоритм, который производит коррекцию влияния воздушного зазора между образцом и держателем, что позволяет существенно уменьшить основную долю погрешности при использовании метода линии передачи.

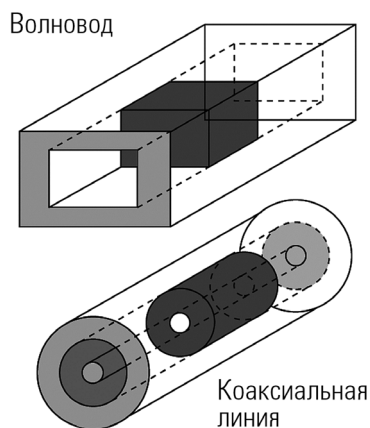


Рисунок 3. Простая коаксиальная линия или волноводная линия передачи удерживают образец испытуемого материала.

### Метод свободного пространства

В этом методе материалы размещаются между антеннами для бесконтактных измерений. Метод свободного пространства лучше всего работает для больших плоских сплошных материалов, но свойства гранулированных и порошкообразных материалов также могут быть измерены с использованием устройства подключения. Это очень важно для множества приложений, таких как неразрушающий контроль, измерение свойств материалов, которые должны быть нагреты до очень высоких температур, или для измерений больших площадей неоднородных материалов, например, сотовых или композитных материалов. Методы калибровки и стробирования, реализуемые в анализаторе цепей, могут быть использованы для уменьшения ошибок измерений.

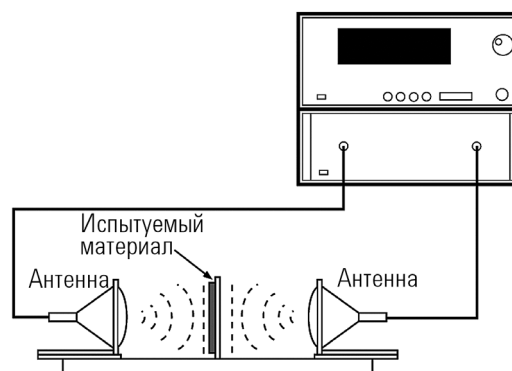


Рисунок 4. Антенны направляют пучки СВЧ энергии на/сквозь материал без его заключения в устройство подключения.

### Калибровка в свободном пространстве (Опция 100)

Опция калибровки в свободном пространстве упрощает применение и уменьшает затраты, связанные с использованием методов калибровки TRM (Thru-Reflect-Match - перемычка-отражение-согласование) и TRL (Thru-Reflect-Line - перемычка-отражение-линия). Метод калибровки GRL (Gated Reflect Line - стробированная линия отражения) преобразует коаксиальную/волноводную 2-портовую калибровку в полную 2-портовую калибровку в свободном пространстве. Использование этой опции требует наличия анализатора цепей серии 8510 или PNA с опцией измерений во временной области, подходящего устройства подключения для измерений в свободном пространстве и металлической калибровочной пластины. Эта опция также включает стробированную калибровку изоляции/отклика, которая уменьшает ошибки, обусловленные дифракционными эффектами на границах образца, а также множественные остаточные отражения между антеннами.

Точные измерения в свободном пространстве теперь возможны без дорогостоящих антенн с фокусировкой в точку, микропозиционирования или прямого доступа к приемнику. ПО автоматически устанавливает все определения калибровки в свободном пространстве и параметры анализатора цепей, сберегая время разработки. В анализаторах серии PNA обеспечивается дополнительная простота и экономия времени, благодаря применению модулей электронной калибровки ECal, которые включают "мастер" калибровки, направляющий пользователя по шагам быстрого и простого процесса калибровки.

Таблица 1. Модели измерений, включенные в программное обеспечение 85701E для измерения свойств материалов

| Название в ПО 85701E                                                                                                                                            | Другое название                                               | Измеряемые S-параметры  | Результат           | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reflection/Transmission Mu and Epsilon<br>( $\mu$ и $\epsilon$ из параметров отражения/прохождения)                                                             | Николсона-Росса-Вира (Nicholson-Ross-Weir, NRW)               | S11, S21, S12, S22      | $\epsilon_r, \mu_r$ | Первоначально разработан Николсоном и Россом, позднее адаптирован Виром для автоматических анализаторов цепей для вычисления диэлектрической и магнитной проницаемости из коэффициентов прохождения и отражения. Может иметь разрывы для образцов с низкими потерями, имеющими толщину, превышающую половину длины волны.                                                                                                                                                                |
| Reflection/Transmission Epsilon Precision<br>(прецизионное измерение $\epsilon$ из параметров отражения/прохождения)                                            | Прецизионный, разработан NIST (NIST Precision)                | S11, S21, S12, S22      | $\epsilon_r$        | Разработан NIST для вычисления диэлектрической проницаемости из коэффициентов прохождения и отражения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Reflection/Transmission Epsilon Precision<br>(прецизионное измерение $\epsilon$ из параметров отражения/прохождения)                                            | Прецизионный, разработан NIST (NIST Precision)                | S21, S12                | $\epsilon_r$        | Итерационный метод, оценивающий величину диэлектрической проницаемости, а затем минимизирующий разность между значением S-параметра, вычисленного из этой величины, и измеренными значениями до тех пор, пока ошибка не станет меньше, чем ожидаемая точностная характеристика системы. Использует только параметры прохождения S21, S12, или среднее из S21 и S12                                                                                                                       |
| Transmission Epsilon Fast<br>(быстрое измерение $\epsilon$ с использованием только параметров прохождения)                                                      | Быстрый, прохождение (Fast Transmission)                      | S11, S21, S12, S22      | $\epsilon_r, \mu_r$ | Использует итерационный метод для полиномиального приближения свойств материала, увеличивая степень полинома до тех пор, пока разница между S-параметрами, рассчитанными из полинома, и измеренными S-параметрами окажется меньше, чем ожидаемая точностная характеристика системы, или не будет достигнуто максимальное значение степени, установленное пользователем. Лучше всего подходит для магнитных образцов. Не рекомендуется для метаматериалов и левовращающих материалов.     |
| Reflection/Transmission Mu and Epsilon Polynomial Fit<br>( $\mu$ и $\epsilon$ из параметров отражения/прохождения с использованием полиномиального приближения) | Полиномиальное приближение, Бартли-Бегли (Bartley-Begley, BB) | S21, S12                | $\epsilon_r$        | Похож на предыдущий метод. Использует итерационный метод для приближения свойств материала полиномом, увеличивая степень полинома до тех пор, пока разница между S-параметрами, рассчитанными из полинома, и измеренными S-параметрами окажется меньше, чем ожидаемая точностная характеристика системы, или не будет достигнуто максимальное значение степени, установленное пользователем. Для немагнитных материалов. Не рекомендуется для метаматериалов и левовращающих материалов. |
| Transmission Epsilon Polynomial Fit<br>( $\epsilon$ из параметров прохождения с использованием полиномиального приближения)                                     | Полиномиальное приближение, Бартли-Бегли (Bartley-Begley, BB) | S21, S12<br>(2 образца) | $\epsilon_r, \mu_r$ | Итерационный метод, использующий два измерения прохождения. Одно измерение для образца, который дополнительно может иметь подложку из известного диэлектрика. Второе - для образца, подложки и другого известного диэлектрика. Эта модель полезна для измерений в свободном пространстве. Требуется полная двухпортовая калибровка или двухпортовая калибровка отклика/изоляции.                                                                                                         |
| Stack Transmission Mu and Epsilon<br>( $\mu$ и $\epsilon$ из параметров прохождения через стопку)                                                               | Два прохождения через стопки (Stack Two Transmission)         | S11                     | $\epsilon_r$        | Итерационный метод, минимизирующий разность между измеренным и рассчитанным коэффициентом отражения для материала с короткозамыкающей подложкой. Идея измерения свойств материала с короткозамыкающей подложкой была опубликована Фон Гиппелем (Von Hippel). Однако Фон Гиппель использовал таблицы вместо итераций для определения значения диэлектрической проницаемости.                                                                                                              |
| Reflection Only Epsilon Arbitrary- Backed<br>( $\epsilon$ только из параметров отражения с произвольной подложкой)                                              | С произвольной подложкой (Arbitrary Backed)                   | S11                     | $\epsilon_r$        | Итерационный метод, минимизирующий разность между измеренным и рассчитанным коэффициентами отражения материала с подложкой, измерения которой были проведены отдельно. Эта модель является расширением метода, предложенного Фон Гиппелем. Этот метод полезен, когда материал имеет малую электрическую длину так что напряжение на материале с короткозамыкающей подложкой фактически равно нулю.                                                                                       |
| Reflection Only Mu and Epsilon Single/Double Thickness<br>( $\mu$ и $\epsilon$ только из параметров отражения, одиночная/двойная толщина )                      | Одиночная/двойная толщина (Single/Double Thickness)           | S11 (2 образца)         | $\epsilon_r, \mu_r$ | Использует два измерения коэффициента отражения для вычисления S11 и S21 материала. Измеряется образец, а также образец, имеющий длину, в два раза большую, чем у оригинала. После этого применяется модель Николсона-Росса для определения свойств материала.                                                                                                                                                                                                                           |

## Математические модели

85071E имеет возможность выбора из восьми различных алгоритмов, каждый из которых имеет свои особые преимущества: Традиционный метод, описанный Николсоном и Россом, наилучшим образом подходит для магнитных материалов, таких как ферриты и поглотители. Метод вычисляет  $\epsilon_r^*$  и  $\mu_r^*$  (включая потери) по результатам двухпортовых измерений одного образца, позволяя быстро и просто получить результат.

85071E также включает два дополнительных двухпортовых алгоритма для немагнитных материалов ( $\mu_r^*=1$ ). Эта модель избавлена от недостатка отсутствия непрерывности частот, когда длина образца должна составлять несколько полуволн, и являются наилучшими для материалов с большой длиной и низкими потерями.

В то время как двухпортовые алгоритмы наилучшим образом подходят для большинства сплошных материалов, однопортовые алгоритмы обеспечивают простоту калибровки и измерений, и могут лучше подходить для измерений свойств жидкостей и порошков. Например, закороченный волновод может быть загнут на конце и заполнен материалом для однопортовых измерений. Однопортовые устройства подключения также лучше всего подходят для высокотемпературных измерений, в этом случае один конец устройства подключения нагревается, а механизм охлаждения на другом конце защищает анализатор цепей.

Несмотря на то, что обычно однопортовые устройства подключения имеют оконечную короткозамкнутую нагрузку, 85071E также обеспечивает произвольную оконечную нагрузку, что дает возможность получать более надежные результаты для тонких образцов.

## Новая функция: смещение опорной плоскости

Смещение опорной плоскости позволяет образцу иметь диэлектрическую подложку. Функция математически устраняет влияние подложки таким образом, что только электромагнитные свойства образца являются результатом измерения. Это полезно в случаях, когда материал не достаточно плотный или толстый, чтобы удерживаться самостоятельно, или он не может быть убран с подложки. Диэлектрическая проницаемость и толщина подложки должны быть известны. Если диэлектрическая проницаемость подложки не известна, то она может быть измерена отдельно в первую очередь. Материал подложки не может быть магнитным и он должен пропускать СВЧ сигнал, чтобы можно было измерить  $S_{21}$  и  $S_{12}$ .

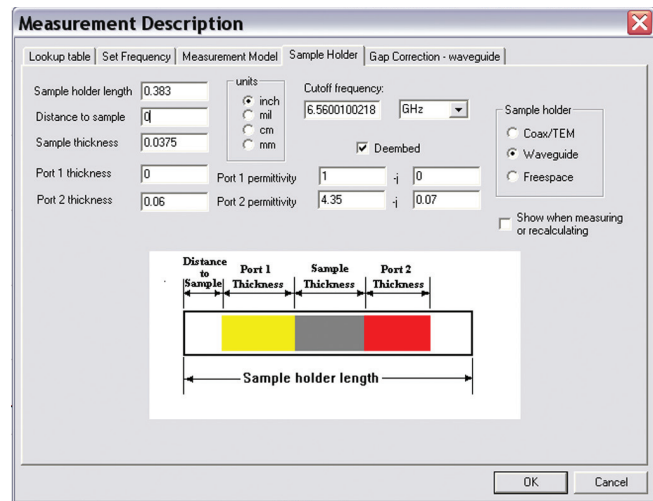


Рисунок 5. Пример пользовательского интерфейса смещения опорной плоскости для образца, имеющего подложку со стороны порта 2.

Функция смещения опорной плоскости работает со следующими моделями передачи:

- Reflection/Transmission Mu and Epsilon (измерение  $\mu$  и  $\epsilon$  из параметров отражения/прохождения)
- Transmission Epsilon Fast (быстрое измерение  $\epsilon$  из параметров прохождения)
- Polynomial Fit (полиномиальное приближение).

## Технические характеристики

Гарантированные технические характеристики представляют собой рабочие параметры, гарантированные в диапазоне температур от 0 до 55°C. Дополнительные характеристики приведены в качестве информации, которую полезно знать в процессе эксплуатации прибора, предоставляя типовые, но не гарантированные технические характеристики. Указанные характеристики обозначены как "тип.", "номинальные", "приблизительные".

### Диапазон частот (тип.)

От 100 МГц до 325 ГГц в зависимости от анализатора цепей, устройства подключения и материала.<sup>1</sup>

### Погрешность (тип.)

От 1 до 2 процентов

### Устройства подключения на основе линий передачи

Коаксиальные устройства подключения (бесшайбовые воздушные линии) являются широкополосными, но требуют, чтобы образец имел форму тора с плоскими торцами. Волноводные устройства подключения обладают ограничениями по полосе пропускания, но могут работать на более высоких частотах и допускают измерения образца более простой прямоугольной формы.

Образцы должны полностью заполнять сечение линии передачи без зазоров около стенок устройства подключения. Торцы с обоих концов должны быть плоскими, гладкими и перпендикулярными к продольной оси.

Системы для измерений в свободном пространстве  
Большие, плоские, тонкие, образцы с параллельными гранями размещаются между антеннами и измеряются в условиях свободного пространства. Антенны должны обеспечивать плоский волновой фронт в дальнем поле относительно образца.<sup>2</sup>

Допущения о структуре измеряемого материала  
Материал является однородным (однородная смесь), не имеющим слоев.<sup>3</sup> Свойства анизотропных материалов (с постоянной ориентацией) могут быть измерены в волноводе.

1. Минимальная частота определяется максимальной практической длиной образца (L):  $f \text{ (ГГц)} > \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r} \cdot L \text{ (см)}}$   $\frac{30 \text{ см}}{L \text{ (см)}} \cdot \frac{20}{360}$

2. Антенна должна размещаться на расстоянии  $\approx 2d^2/\lambda$  от образца, где d - диаметр антенны или образца (наибольшее из значений).

3. Если материал является неоднородным по длине образца (например, присутствуют слои), отражение от передней поверхности ( $S_{11}$ ) и от задней поверхности ( $S_{22}$ ) будут различны, приводя к потенциально ошибочному результату. Если материал неоднороден по передней поверхности образца, результатом является среднее значение по сечению, которое подвержено воздействию ЭМ поля (определяется интенсивностью).

## Пункты меню ПО

### File (Файл)

Сохранение и вызов установок измерений или предыдущих результатов измерений. Печать результатов измерений в табличном или графическом формате.

### Edit (Редактирование)

Копирует результаты измерений в буфер обмена. Может быть скопировано как графическое представление, так и табличный список. Это позволяет вставлять результаты измерений пользователя в другие приложения.

### View (Просмотр)

Выбор желаемого варианта просмотра. Выбор включает панель инструментов, строку текущего состояния, таблицу данных измерений или диаграмму данных измерений.

### Measure (Измерение)

Запуск измерения; пересчет без повторного измерения свойств испытуемого материала; установка модели измерения; задание держателя образца; установка атрибутов измерения и выполнение GRL калибровки.

### Chart (Диаграмма)

Выбор формата отображения данных на диаграмме. Выбор включает  $\epsilon_r'$ ,  $\epsilon_r''$ ,  $\tan \delta$ ,  $\mu_r'$ ,  $\mu_r''$ ,  $\tan \delta_m$  и диаграмму Коул-Коула. Установка масштабных коэффициентов или автомасштабирование. Выбор между линейным, полулогарифмическим или двойным логарифмическим представлениями.

### Table (Таблица)

Выбор между табличным форматированием в виде реальной и мнимой части или реальной части и  $\tan \delta$ .

### Display (Отображение)

Отображение данных текущего измерения; сохранение/отображение до 3-х кривых из памяти; сравнение данных с опорной кривой с помощью математических операций с кривыми. Включение или выключение маркера.

### Preferences (Установки)

Позволяет выбрать установки шрифтов, цветов и комментариев, которые будут использоваться для графического или табличного отображения данных измерений.

### Help (Помощь)

Интерактивная справочная система, включающая руководство пользователя.

### ToolBar (Панель инструментов)

Предоставляет доступ к наиболее важным пунктам меню за один щелчок мышью

## Дополнительные методы измерений

### Метод арки NRL в свободном пространстве

Измерительный метод арки NRL (Naval Research Laboratory) был впервые разработан научно-исследовательской лабораторией военно-морских сил США и является полезным подходом к испытанию характеристик поглощения материала, зависящих от угла. Типовая измерительная установка включает анализатор цепей, подключенный к двум рупорным антеннам, которые закреплены на дугообразной арке (каркасе) выше (или ниже) плоского участка испытуемого материала. Одна антенна работает в качестве передающей, в то время как вторая принимает отраженный сигнал для проведения однопортовых измерений. Образец должен находиться в "дальнем поле".

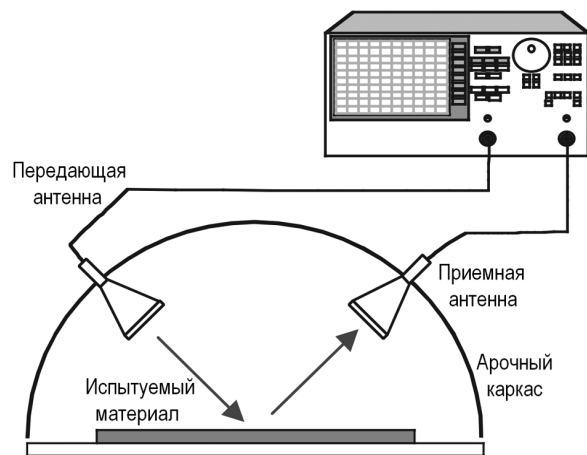


Рисунок 6. В методе арки NRL одна антенна передает энергию на поверхность испытуемого материала, а вторая принимает отраженную часть.

### ПО автоматизации измерений методом арки NRL (Опция 200)

Теперь пользователь имеет возможность автоматизировать измерения методом арки NRL с помощью нового программного дополнения.

Опция 200 предоставляет отдельную программу, которая автоматизирует измерения методом арки NRL. Программа направляет пользователя в процессе настройки, калибровки и измерения поглощения материала. Измерения представляются и в графической и в табличной формах, при этом возможно одновременное отображение до четырех результатов измерений для сравнения. ПО включает маркеры, помогающие при анализе результатов измерений, а также может сохраняться и вызываться полный набор результатов измерений и установок. Кроме того данные могут быть сохранены в файле, имеющим формат, совместимый с электронной таблицей, или скопированы в другие приложения для последующего анализа.

ПО для автоматизации измерений методом арки NRL компании Keysight делает возможным немедленную модернизацию системы арочных измерений до самых современного аппаратного обеспечения и измерительных методик.

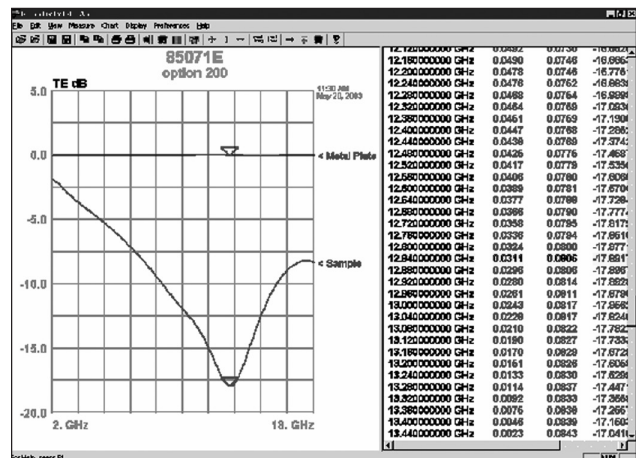


Рисунок 7. Пример результатов измерений, полученных с помощью ПО для автоматизации измерений методом арки NRL

## Дополнительные методы измерений продолжение...

### Метод объемного резонатора

Для измерения свойств тонких пленок, подложек и других материалов с низкими потерями следует выбирать метод объемного резонатора. Метод объемного резонатора использует анализатор цепей для измерения резонансной частоты и добротности резонатора, используемого в качестве устройства подключения, сначала пустого, а затем нагруженного испытуемым образцом. Эти измерения позволяют вычислить диэлектрическую проницаемость, если известен объем образца и некоторые другие параметры объемного резонатора. Поскольку этот метод является резонансным, то измеряется всего лишь одна частотная точка. Однако, этот метод является гораздо более чувствительным и имеет лучшее разрешение, чем другие подходы. Типичное значение разрешения для этого метода составляет  $10^{-4}$ , в то время как широкополосные методы реализуют разрешение  $10^{-2}$ .

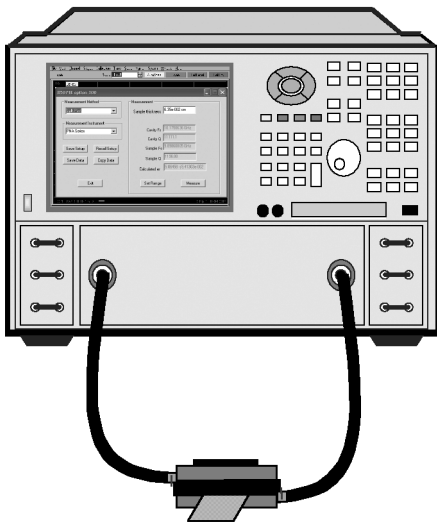


Рисунок 7. Объемный резонатор, подключенный между портами анализатора цепей.

### Программная опция для измерения методом объемного резонатора (опция 300)

Новая программная опция для измерений методом объемного резонатора компании Keysight управляет векторным анализатором цепей для измерений резонансной частоты нагруженного и ненагруженного объемного резонатора. Аппроксимация окружности методом наименьших квадратов используется для измерений добротности (Q), которые используют информацию об амплитуде и фазе и имеют более высокую повторяемость по сравнению с другими методами вычисления добротности. Затем ПО вычисляет  $\epsilon_r'$ ,  $\epsilon_r''$  и тангенс угла потерь, а затем отображает эти значения в простом для применения интерфейсе.

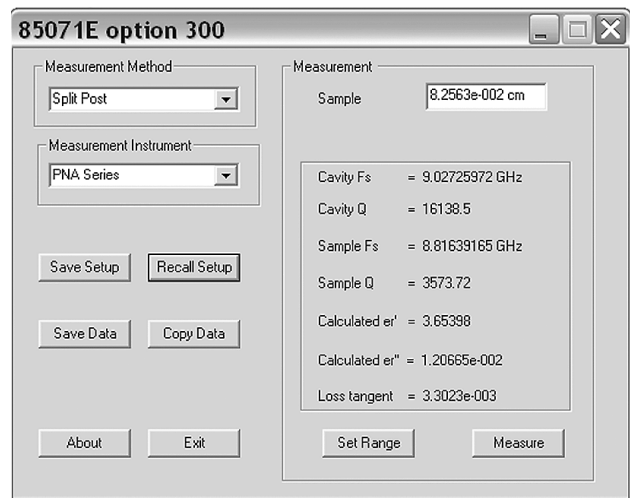


Рисунок 8. Интерфейс пользователя ПО для измерений методом объемного резонатора

ПО для измерений методом объемного резонатора имеет интерфейс приложения COM, дающий пользователю возможность легко автоматизировать измерения.

ПО для измерений методом объемного резонатора поддерживает объемные диэлектрические резонаторы (SPDR) компании QWED. Такие резонаторы являются высококачественными и доступны в частотном диапазоне от 1 ГГц до 20 ГГц. Дополнительную информацию можно получить, написав на электронную почту [info@qwed.com.pl](mailto:info@qwed.com.pl) или на сайте компании QWED по адресу <http://www.qwed.com.pl/hardware.html>

ПО для измерений методом объемного резонатора также поддерживает резонаторы стандарта ASTM D2520 и цилиндрический разделенный на две части резонатор 85072A компании Keysight.

## Информация для заказа

### 85071E

Программное обеспечение  
для измерения свойств материалов

Требуется, но не включено в комплект поставки:

- Анализатор цепей (см. совместимые анализаторы цепей)
- ПК (см. требования к ПК)
- Подходящее устройство подключения для выбранного метода измерений

Аппаратный лицензионный ключ

- Опция UL8 - USB-ключ защиты

### Опция 100<sup>1</sup>

Опция калибровки в свободном пространстве: Обеспечивает калибровку GRL для метода измерения в свободном пространстве.

### Опция 200<sup>1</sup>

ПО автоматизации измерений методом арки NRL: предоставляет отдельную программу, которая автоматизирует использование любых измерений методом арки NRL.

### Option 300

ПО для измерений с помощью объемного резонатора: предоставляет отдельную программу, которая автоматизирует измерения методом объемного резонатора.

## Опции модернизации

### 85071EU-071

Обновление с любой более ранней версии программного обеспечения 85071

### 85071EU-100<sup>1</sup>

Добавляет опцию калибровки в свободном пространстве к имеющемуся ПО

### 85071EU-200<sup>1</sup>

Добавляет опцию автоматизации измерений методом арки NRL к существующему программному обеспечению

### 85071EU-300

Добавляет опцию измерения методом объемного резонатора к существующему ПО

## Совместимые анализаторы цепей

Список совместимых анализаторов цепей можно найти на сайте компании Keysight в разделе поддержки продуктов серии 8507xE по адресу:

**<http://na.tm.keysight.com/materials/SupportedVNAs.pdf>**

## Требования к ПК

Windows® XP, Windows 7

Библиотеки ввода-вывода Keysight IO Libraries

Привод DVD или соединение с сетью Internet для загрузки программного обеспечения.

Наличие компьютера не является необходимым при использовании анализаторов цепей серии PNA и новых анализаторов серии ENA, в этом случае программное обеспечение может быть установлено непосредственно на анализатор. Все остальные анализаторы требуют наличия внешнего компьютера с интерфейсной картой GPIB или LAN. LAN поддерживается анализаторами серии PNA, новейшими анализаторами серии ENA, а также моделями FieldFox. Интерфейс GPIB поддерживается новейшими моделями PNA и ENA. Для получения информации о требованиях к номеру модели и версии микропрограммного обеспечения следует обратиться на сайт компании по адресу:

**<http://na.tm.keysight.com/materials/SupportedVNAs.pdf>**

1. Требуется, чтобы анализатор цепей был оснащен опцией анализа во временной области

## Информация для заказа продолжение...

### Держатели образца для метода линии передачи

#### Волновод

Волноводные калибровочные комплекты серии 11644A компании Keysight содержат четвертьволновую линию и прямую волноводную секцию, которые могут быть использованы в качестве держателей образца. Также существует множество сторонних производителей. Для получения информации по выбору подходящих волноводных держателей образца следует обратиться в компанию Keysight.

#### Коаксиальная линия

Поверочные комплекты серии 8505x компании Keysight содержат воздушные линии, которые могут быть использованы в качестве держателей образца. Также существует множество сторонних производителей. Для получения информации по выбору подходящих коаксиальных держателей образца следует обратиться в компанию Keysight.

### Антенны и устройства подключения для методов свободного пространства и арки NRL

Для получения информации о сторонних производителях антенн и устройств подключения для метода свободного пространства обратитесь в компанию Keysight.

### Кабели и адаптеры

Также для подключения держателей образца или антенн к анализатору цепей могут понадобиться кабели и адаптеры. Компания Keysight предлагает широкий выбор кабелей и адаптеров. Дополнительную информацию можно найти на сайте компании по адресу: **[www.keysight.com/find/accessories](http://www.keysight.com/find/accessories)**

### Калибровочные наборы

Рекомендуется использовать модули электронной калибровки (ECal), особенно при использовании анализатора цепей серии PNA с опцией калибровки в свободном пространстве 85071E-100. Для получения более подробной информации о модулях ECal следует посетить сайт компании по адресу **[www.Keysight.com/find/ecal](http://www.Keysight.com/find/ecal)**. Компания Keysight также предлагает широкий выбор механических коаксиальных и волноводных калибровочных наборов. Для получения информации и помощи по выбору подходящего метода калибровки следует обратиться в компанию Keysight.

### Бесплатная пробная лицензия

Получите 14-дневную пробную версию программного обеспечения 85071E для измерения свойств материалов. Загрузить пробную версию программы можно на сайте компании Keysight Technologies по адресу **[www.Keysight.com/find/materials](http://www.Keysight.com/find/materials)**.

Дополнительную информацию о продуктах для измерения свойств материалов, таких как комплект диэлектрических пробников, можно получить на сайте компании по адресу **[www.Keysight.com/find/materials](http://www.Keysight.com/find/materials)**

**myKeysight**



myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

Персонализированное отображение интересующей вас информации

[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)  
Keysight Technologies, Inc.

DEKRA Certified ISO 9001:2008  
Quality Management System

Торговые партнёры Keysight  
[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

По этому адресу пользователь может получить лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерительной техники и широкая номенклатура выпускаемой продукции компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнёрами.

[www.keysight.com/find/materials](http://www.keysight.com/find/materials)  
[www.keysight.com/find/na](http://www.keysight.com/find/na)  
[www.keysight.com/find/ecal](http://www.keysight.com/find/ecal)

Российское отделение

**Keysight Technologies**

115054, Москва,  
Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954

8 800 500 9286  
(Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

[www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

Сервисный Центр  
Keysight Technologies в России

115054, Москва,  
Космодамианская наб, 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)