

Получены характеристики полосы пропускания и неравномерности АЧХ некоторых распространенных моделей активных и пассивных щупов для работы с осциллографами.

Щупы активные

В испытаниях использованы:

- Анализатор сигналов/осциллограф LeCroy SDA6000 (полоса пропускания 6ГГц).
- Генератор сигналов в режиме качающейся частоты R&S SMU200A (100кГц-3ГГц)
- Специальный источник питания для щупов HP1143A
- Соединительный лабораторный кабель W.L.Gore G6, 1м.

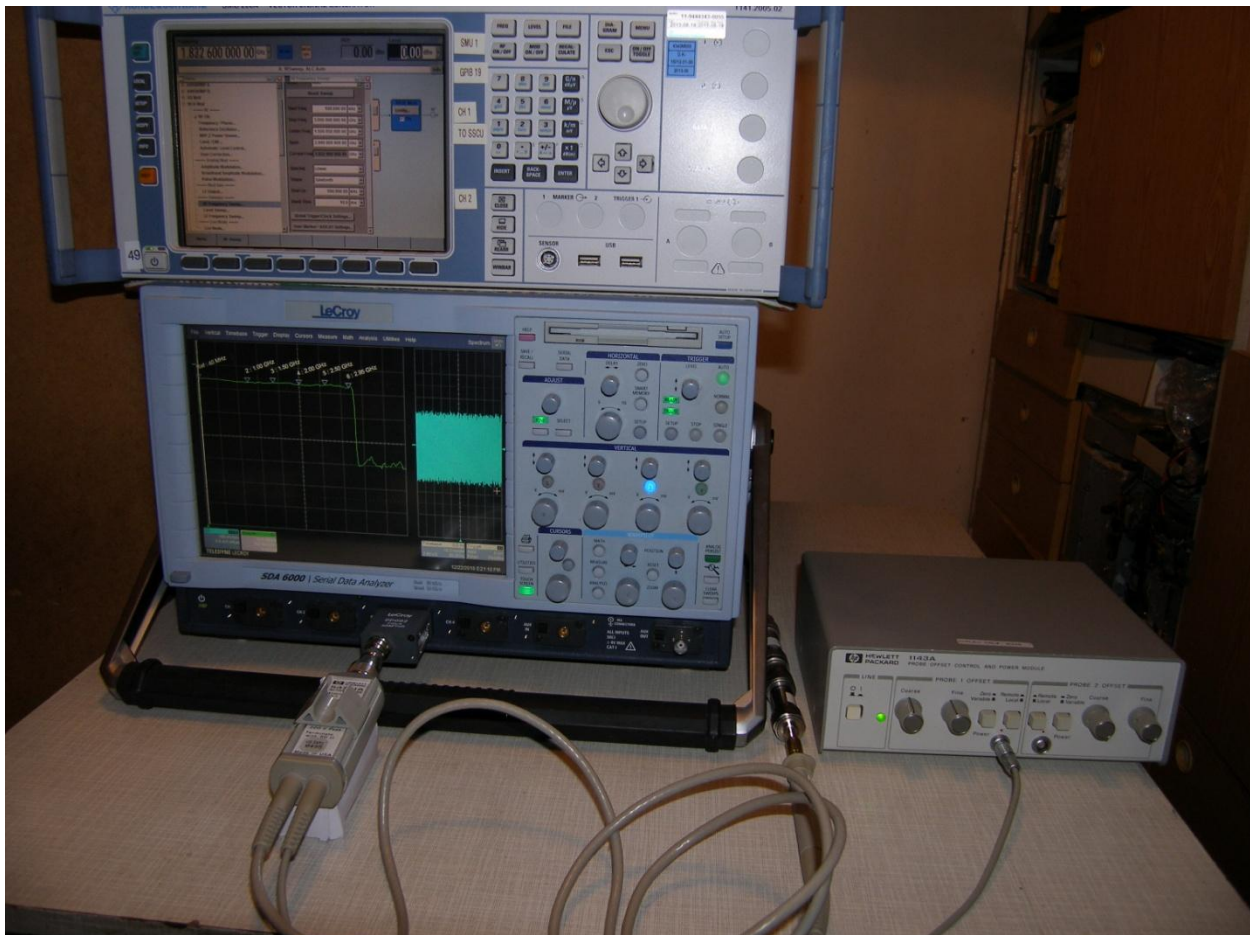
*Поскольку достаточно широкополосного проходного терминатора 50 Ом не было в наличии, для уменьшения влияния рассогласования источника с импедансом нагрузки использовались 2 последовательно включенных перед щупами аттенюатора HP8491B 6dB (dc to 18 GHz)

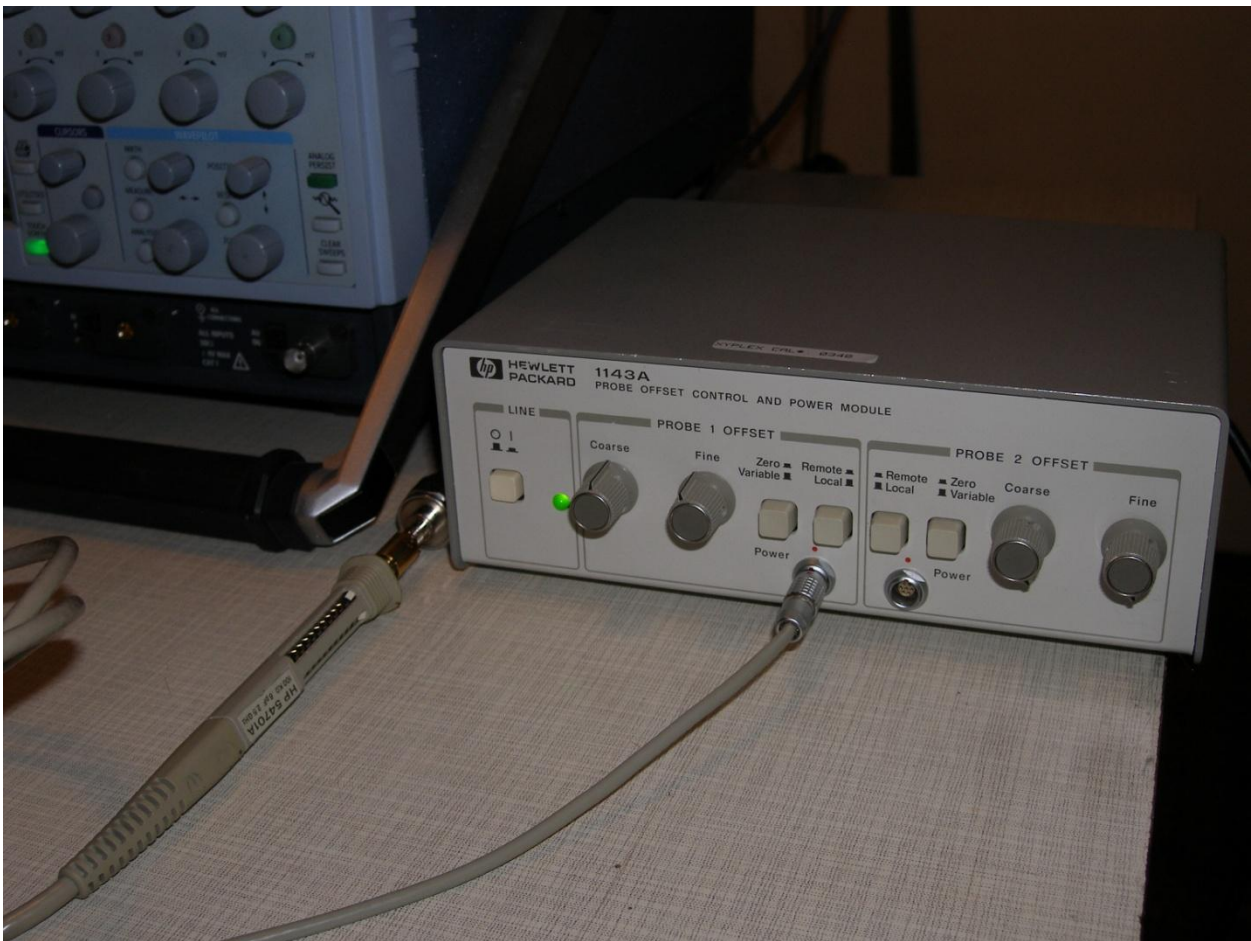
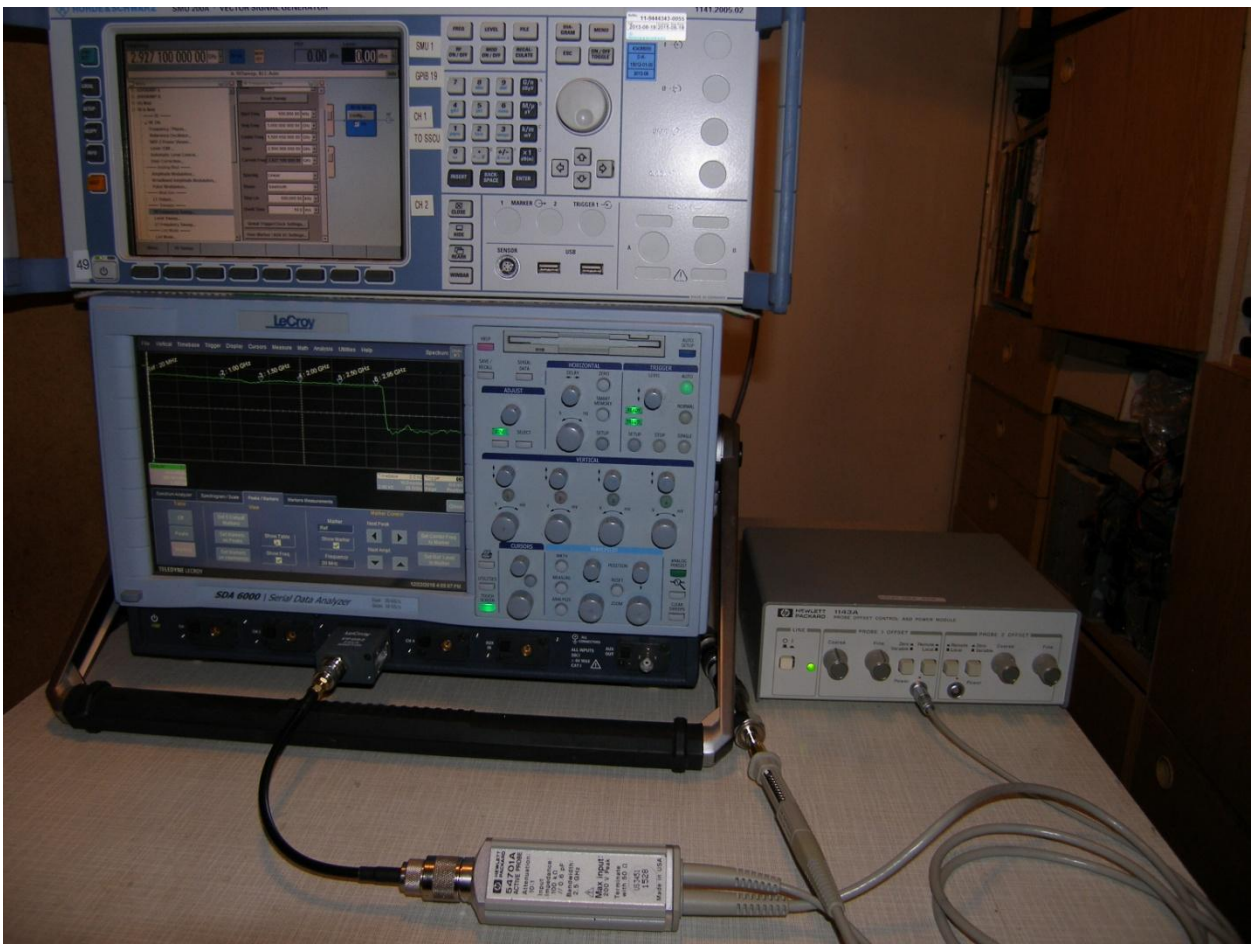
Соединения источника сигнала со входами щупов производились при помощи адаптеров с околонулевой длиной соединений.

1. Щуп HP54701A.

Спецификации производителя:

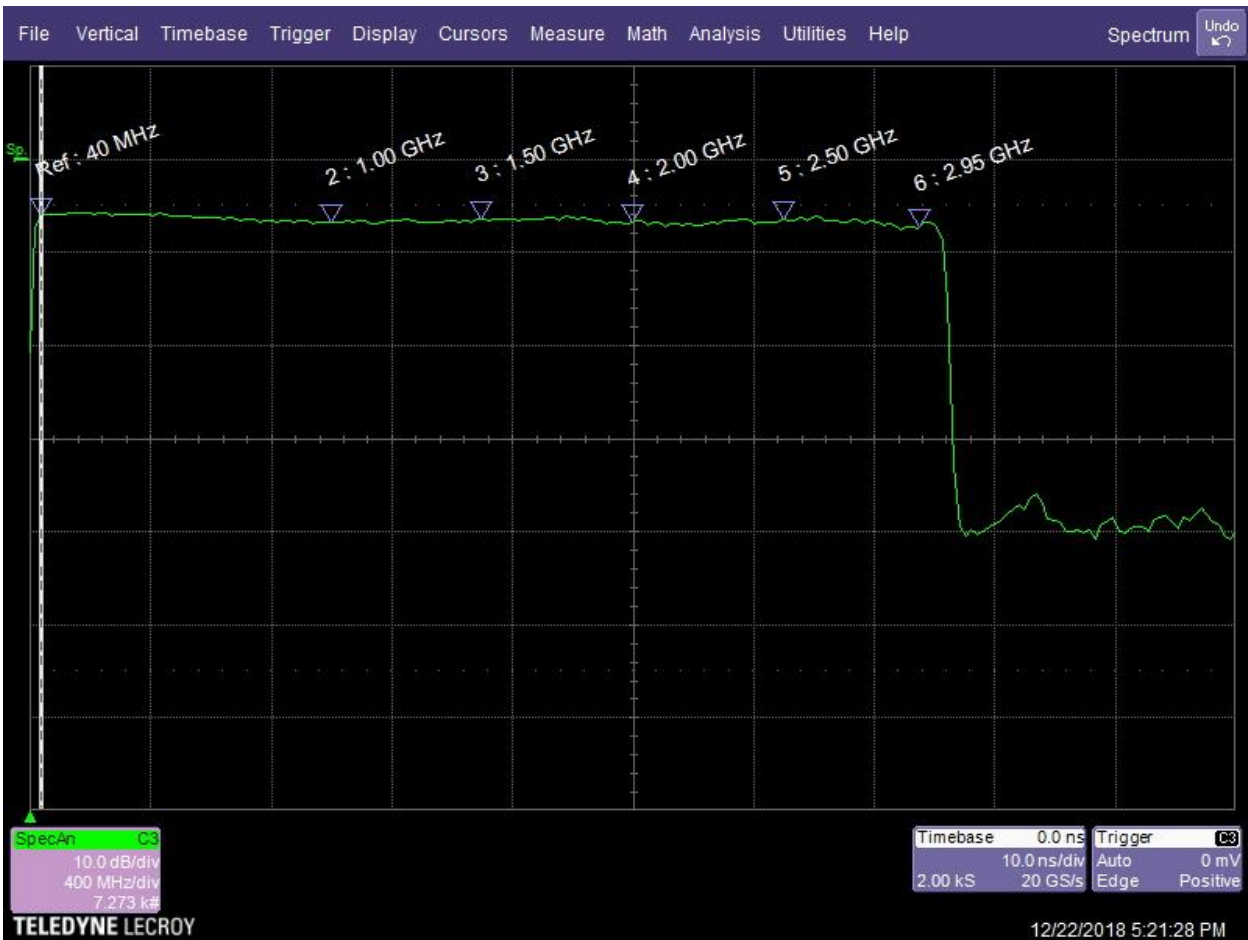
- A bandwidth of 2.5 GHz
- Division ratio - 10:1
- Input resistance of 100 k Ω
- Input capacitance of approximately 0.6 pF
- Dynamic range of ± 5 V peak ac and ± 50 Vdc

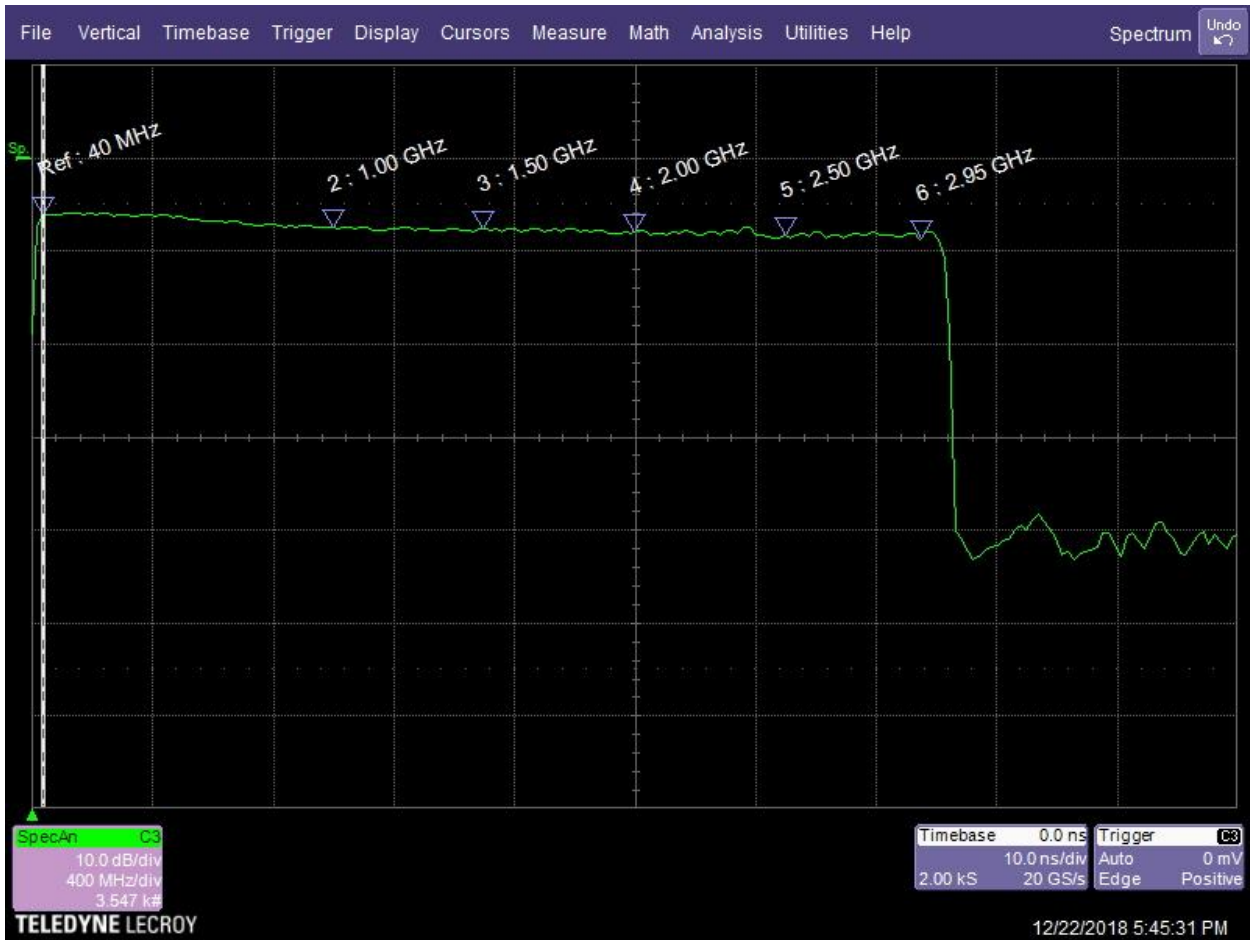




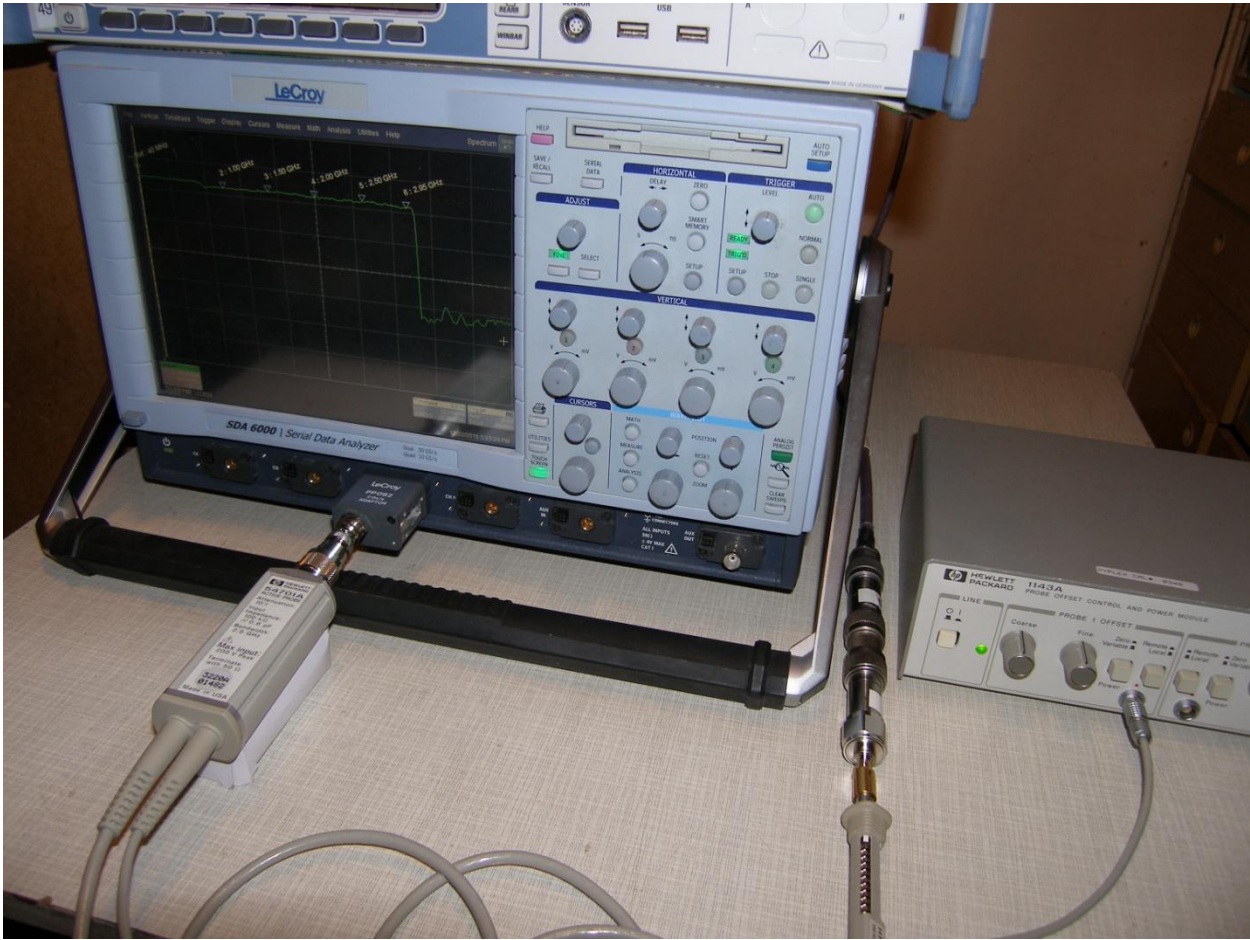
Всего испытано 4 щупа HP54701A

АЧХ №1 (p/n 8495):

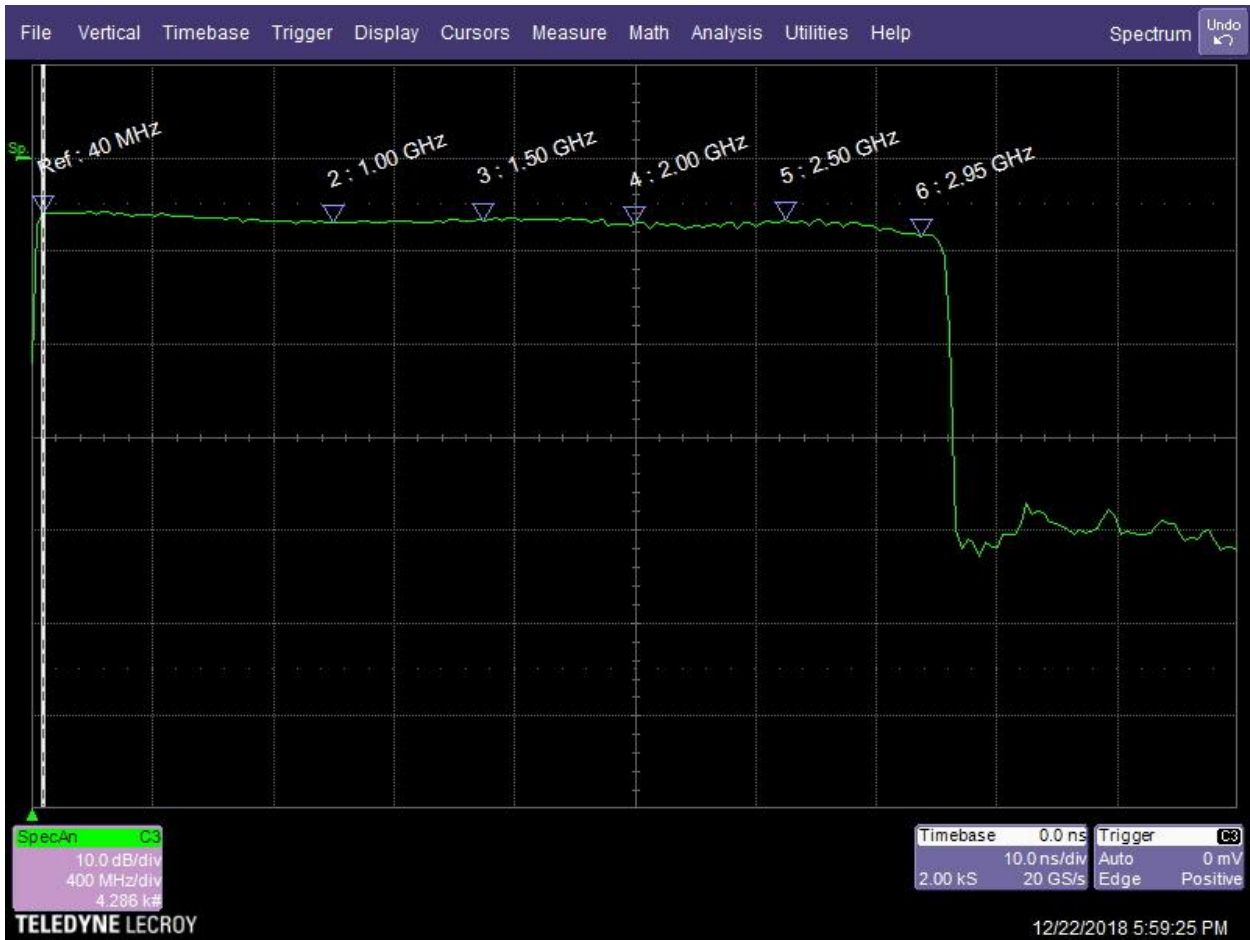




A4X N°3 (p/n 01482):



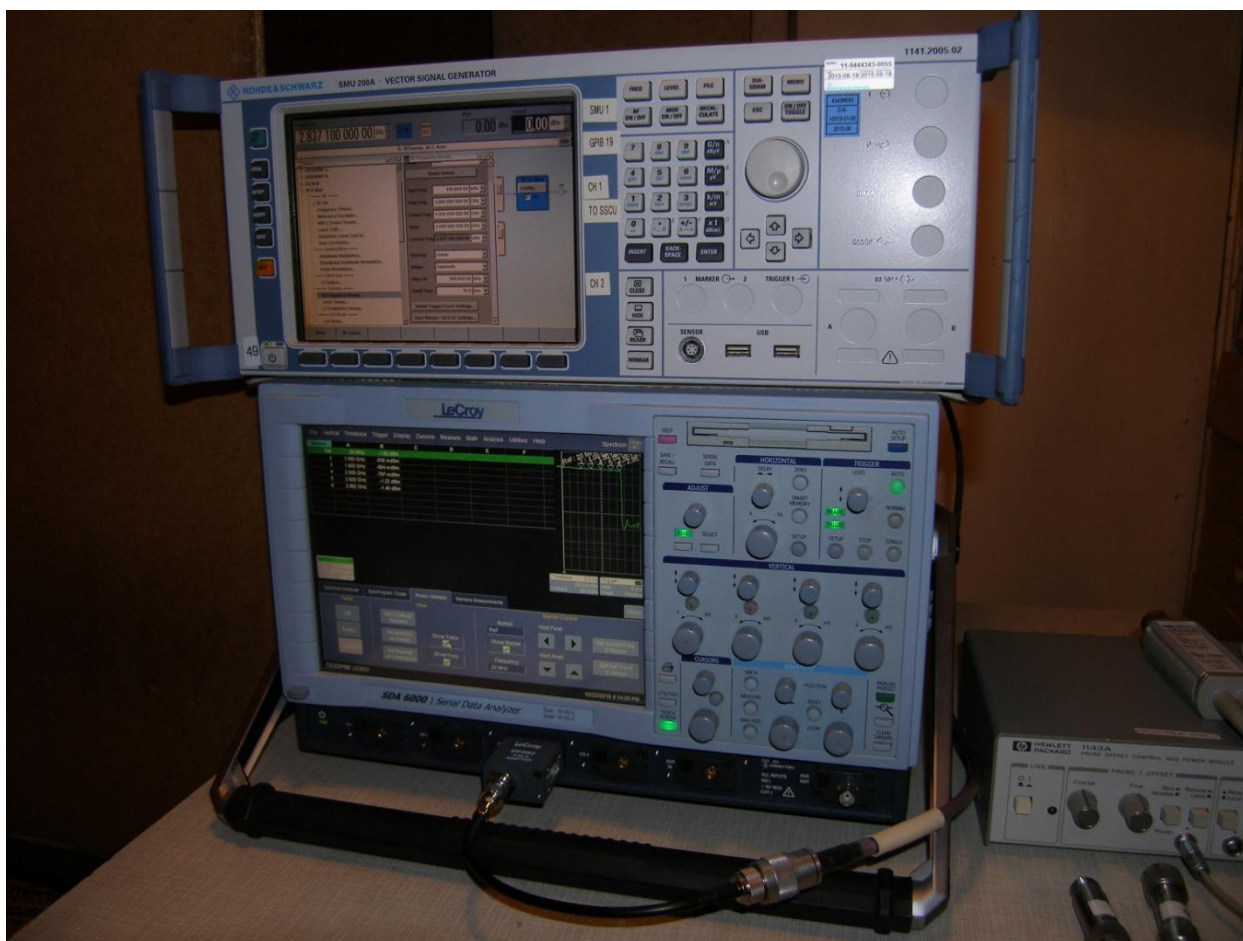
A4X №4 (p/n 00948):

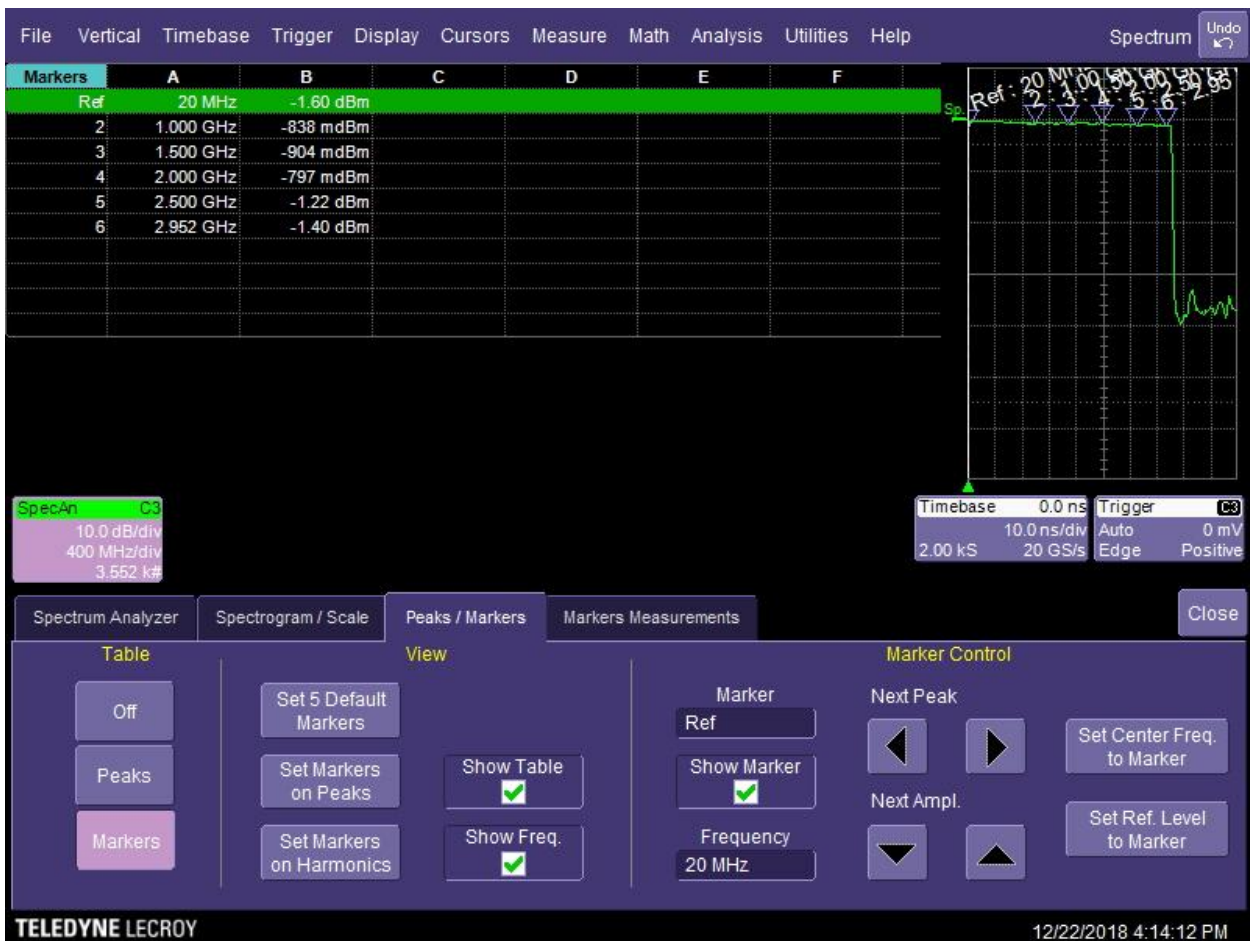
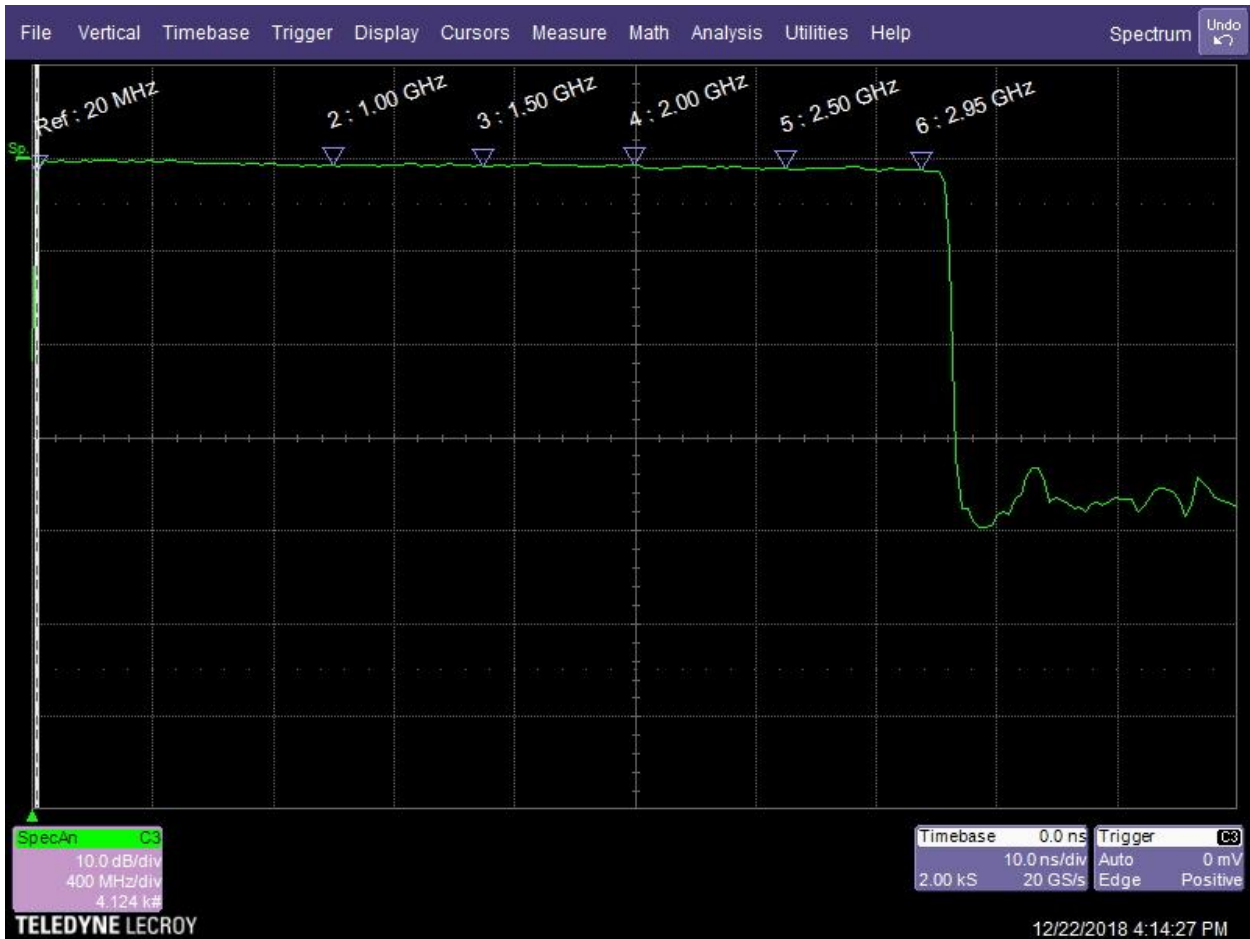


Как видно из графиков, полоса пропускания всех щупов превышает 3ГГц (по уровню -3dB).

Поскольку функции нормализации в данной конфигурации не предусмотрено, здесь так же стоит учесть собственные потери в соединительной линии и адаптерах в схеме испытаний, что достигают 1dB на частоте 3ГГц.

Измерение АЧХ соединительной линии:





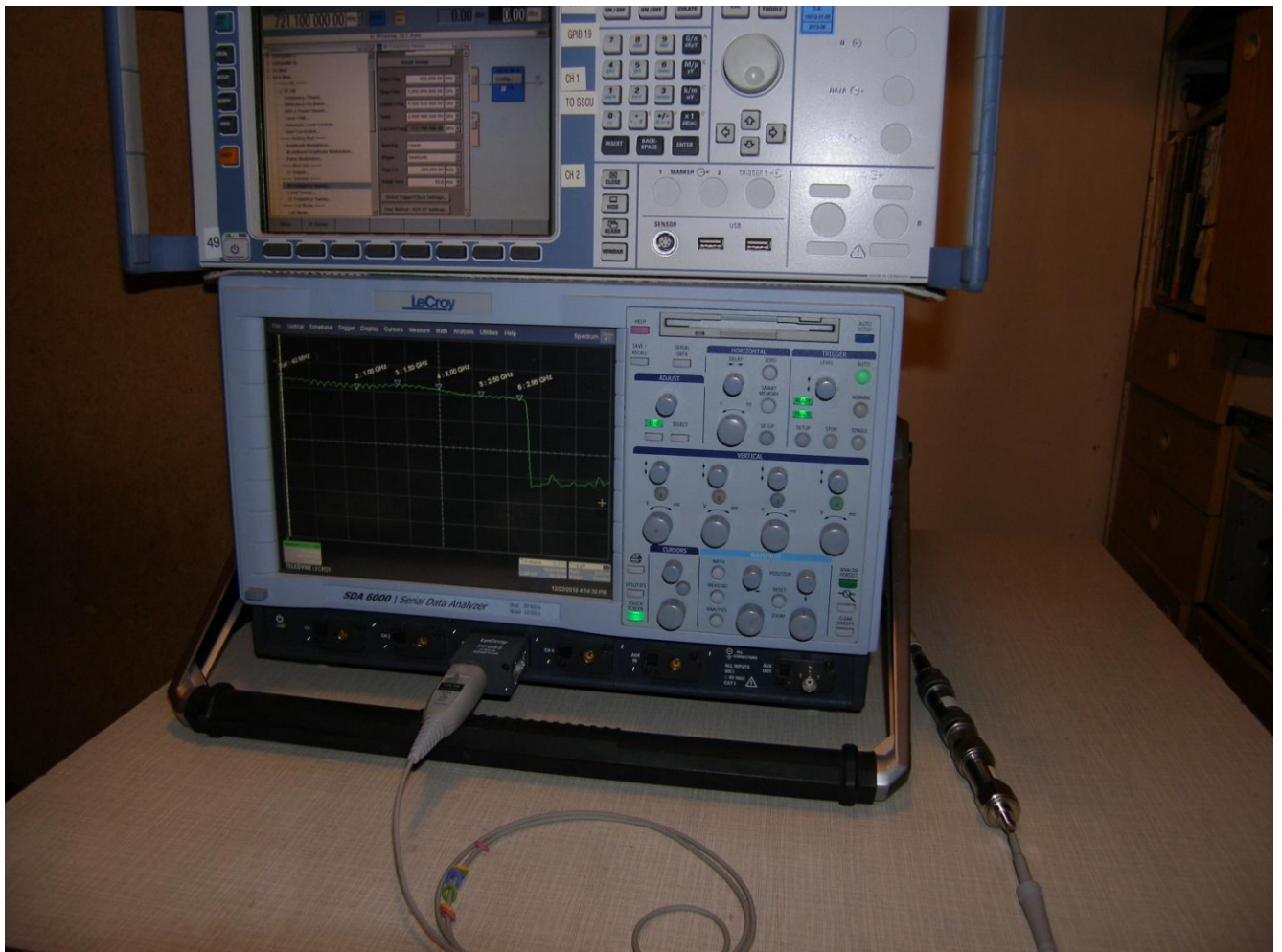
Щупы пассивные низкоомные.

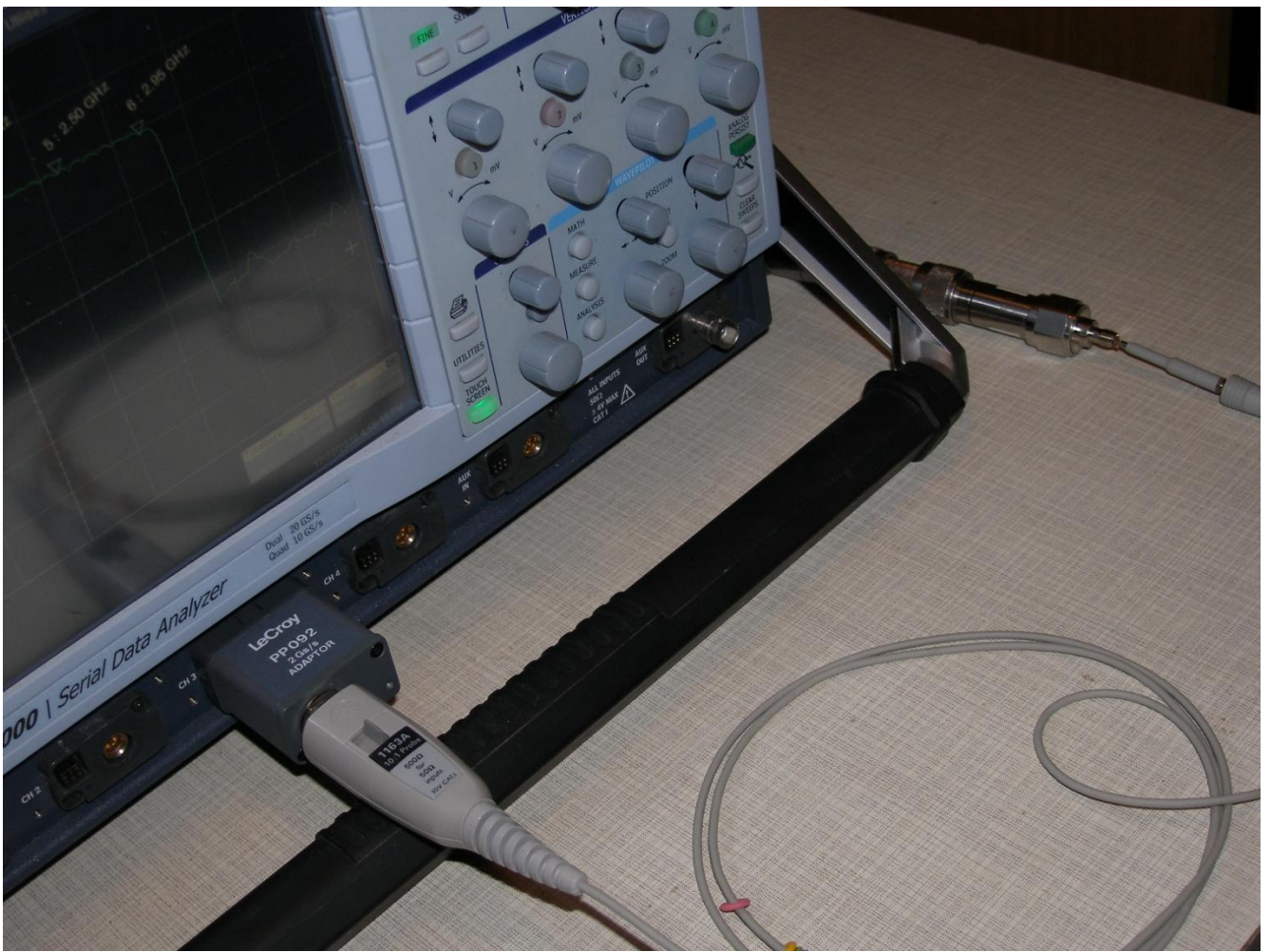
1. Agilent 1163A

Спецификации производителя

- Type of probe - 500 Ω resistive divider
- Bandwidth scope/probe system* >1.5 GHz with 54845B
- Division ratio - 10:1
- Input R - 500 Ω
- Input C - 1.5 pF
- Scope Input R - 50 Ω

* The system bandwidth when using the 1163A (500 Ω probe) with a 50 Ω test source is generally the bandwidth of the oscilloscope.

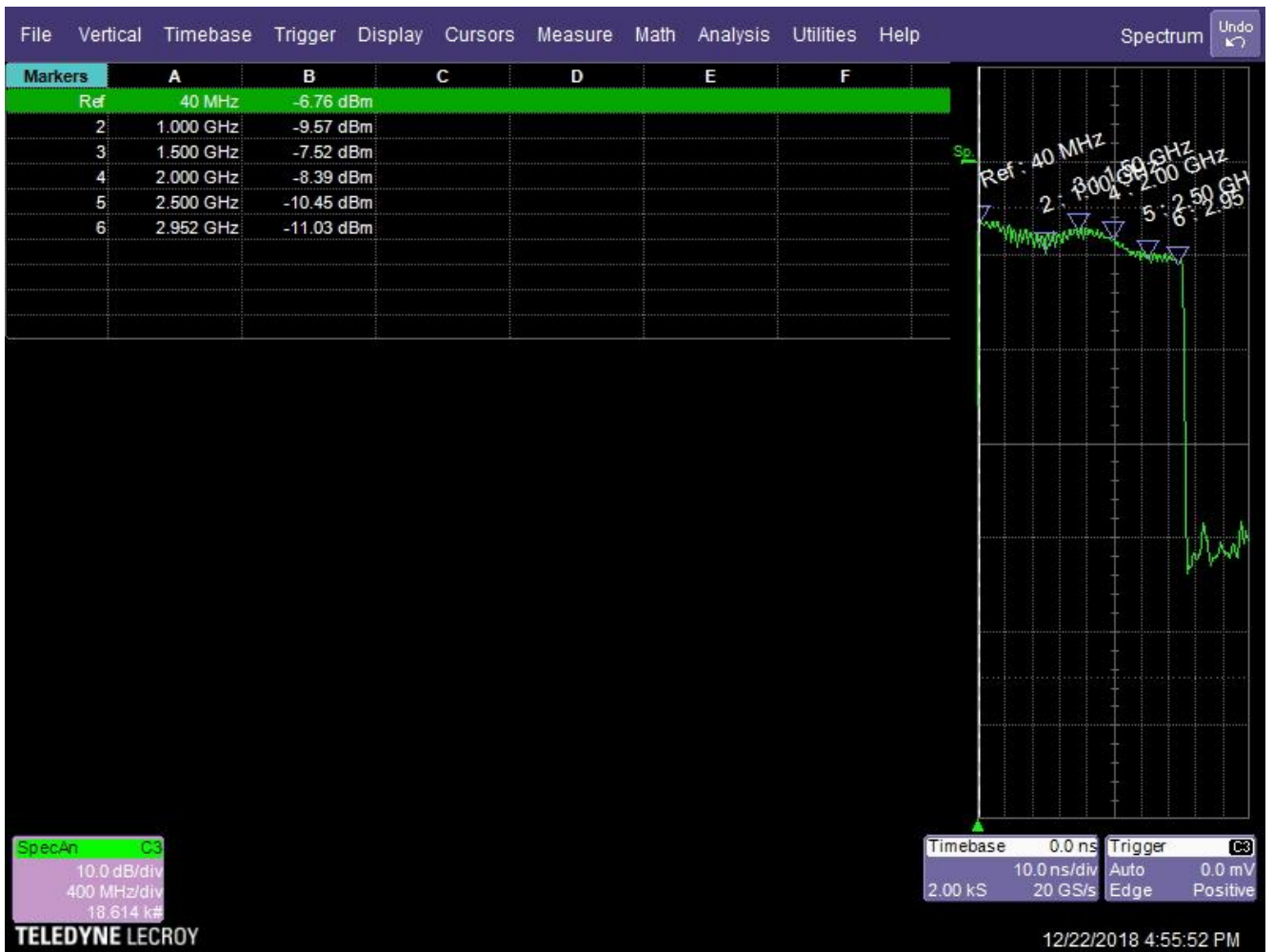




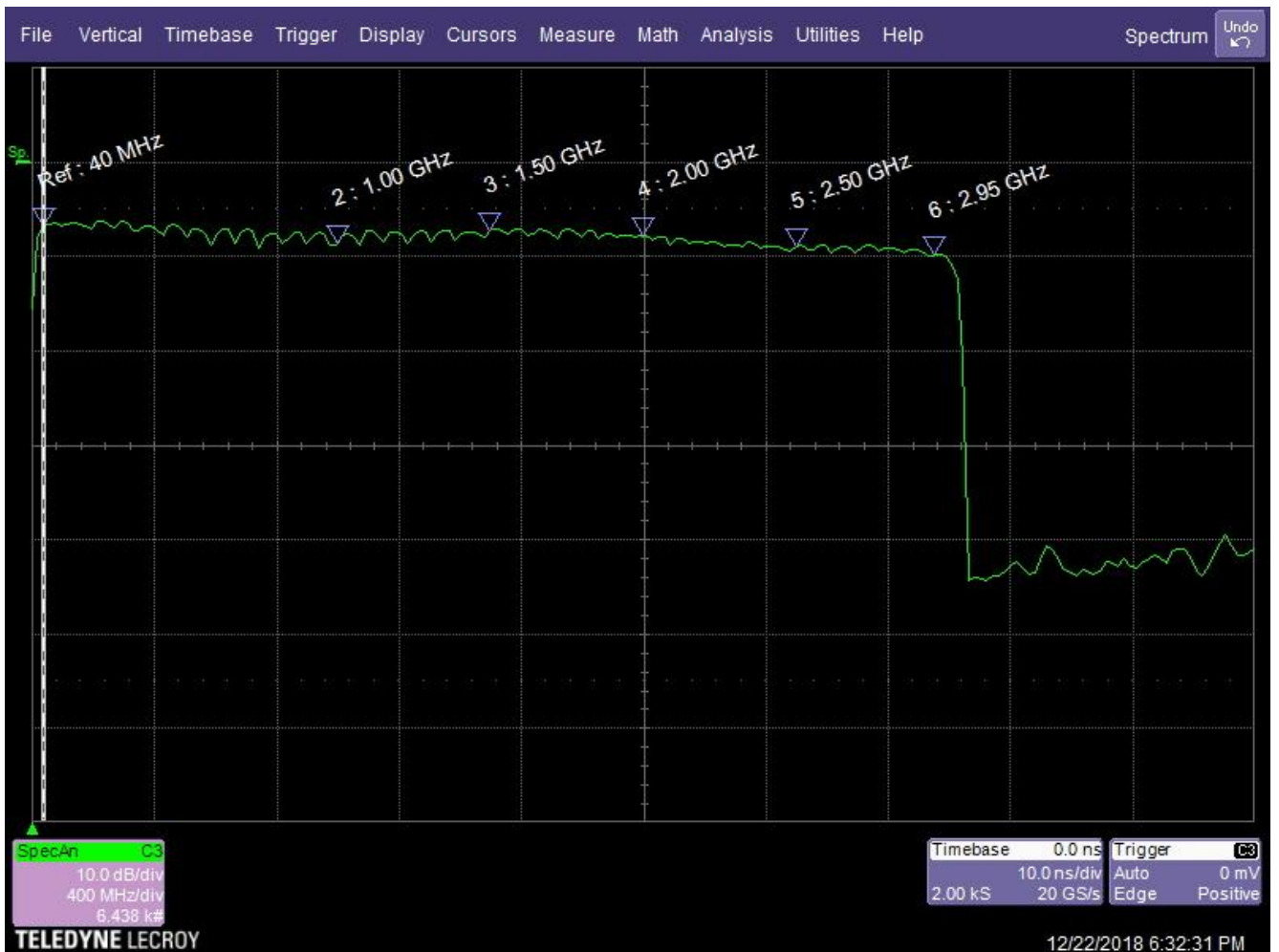
Испытано 2 щупа.

АЧХ №1





A4X №2

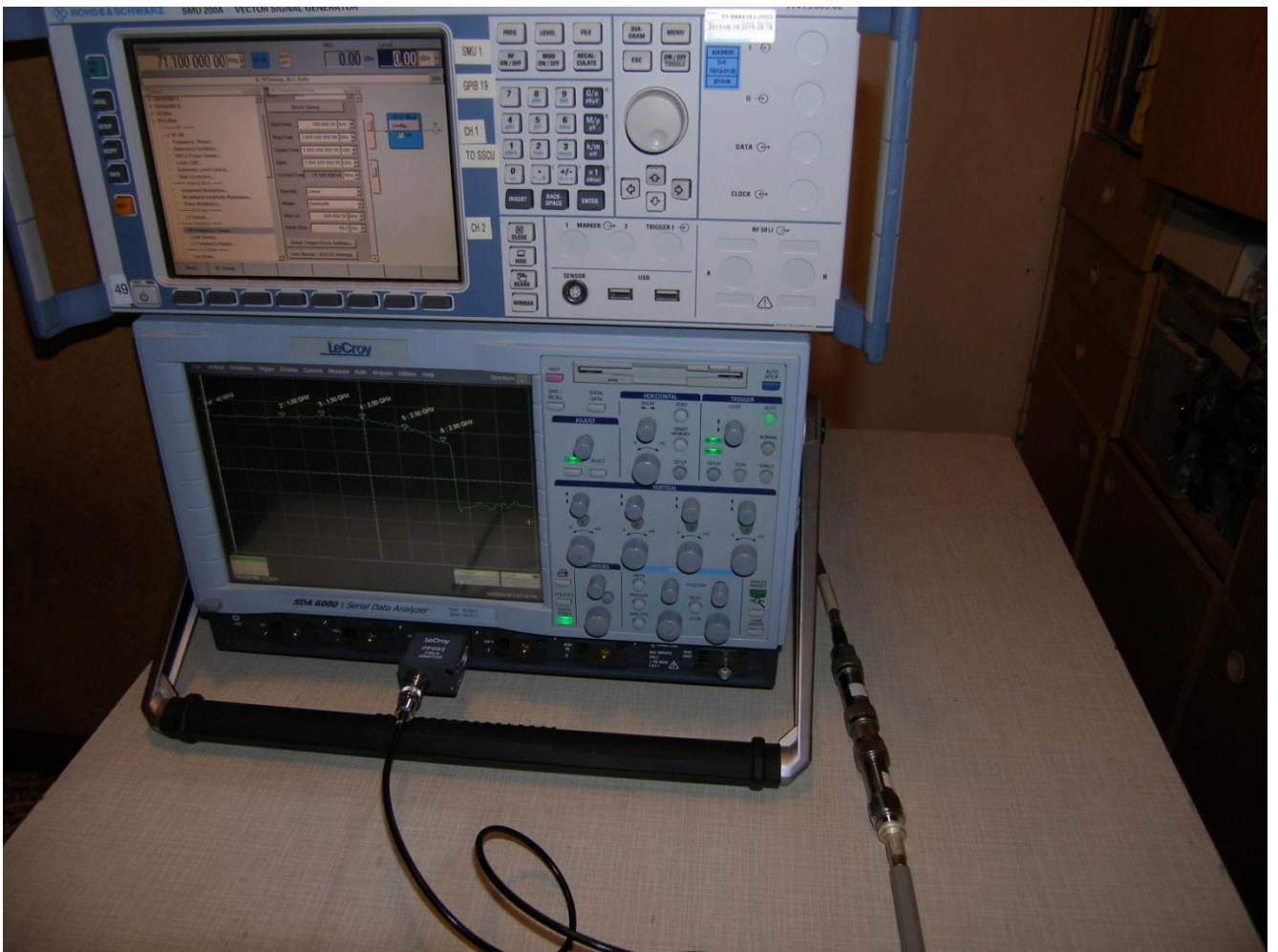


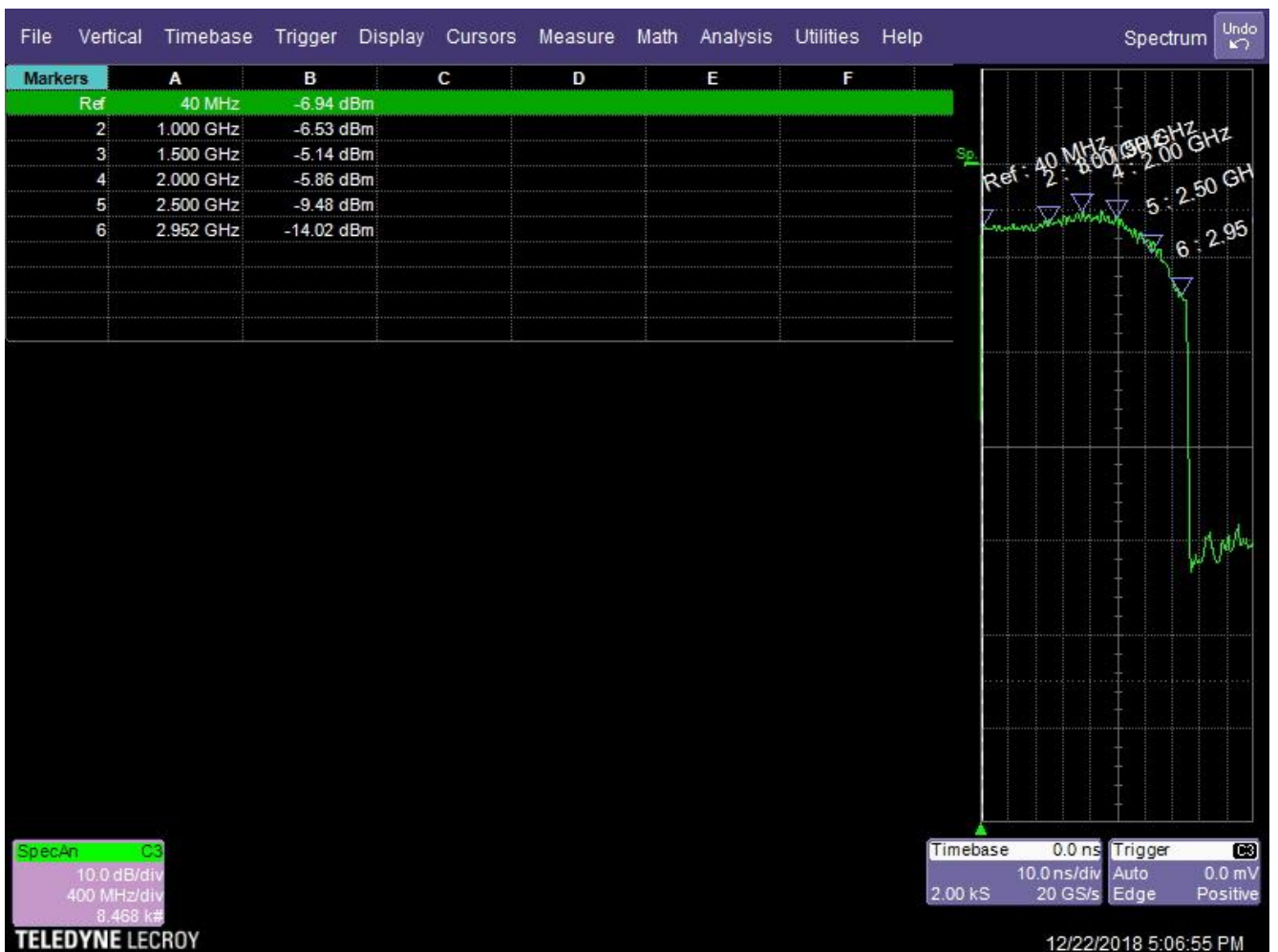
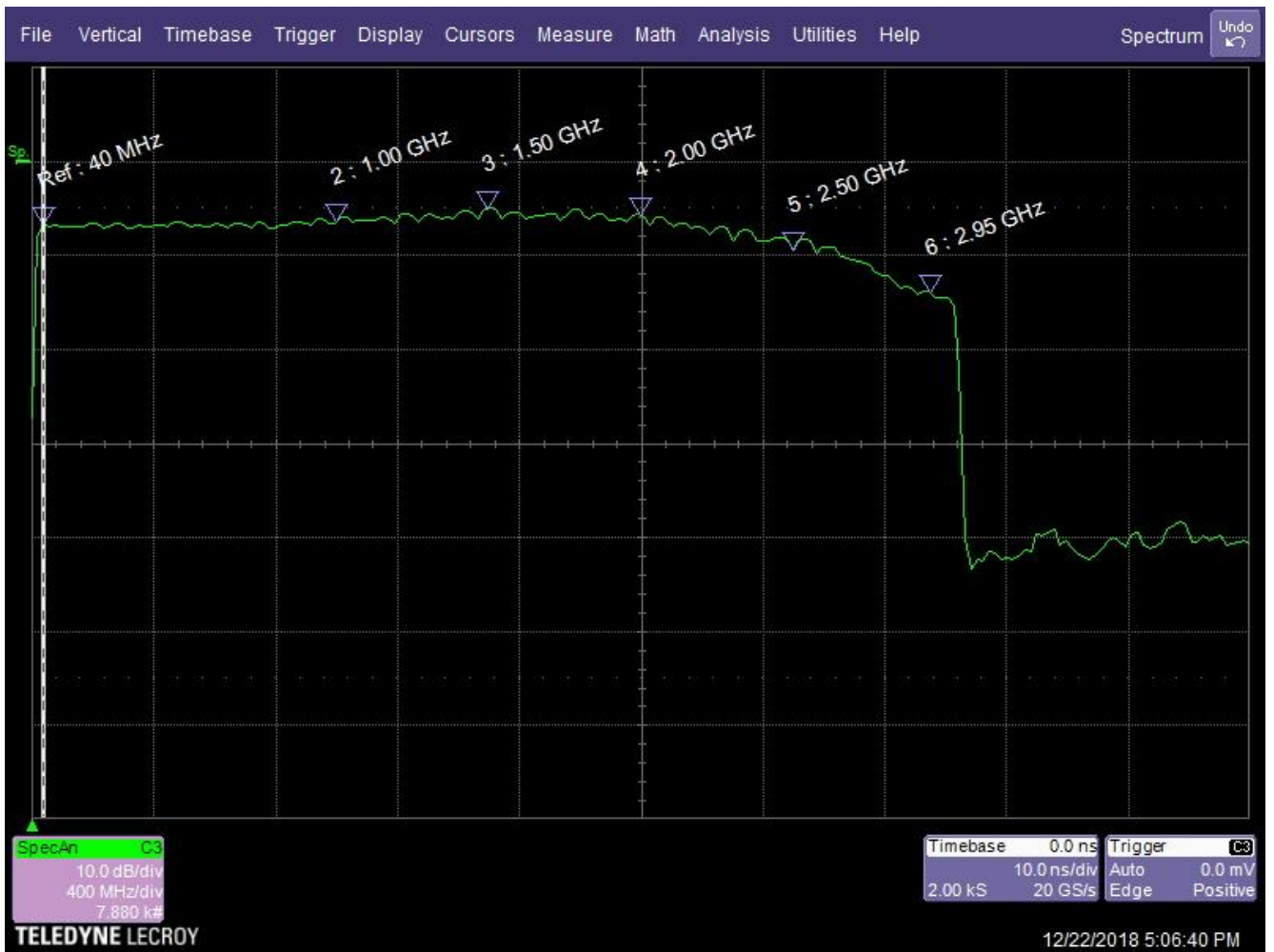


Из графиков можно судить, что полоса пропускания этой модели - около 2.5ГГц (-3dB)

2. Неожиданные результаты получены при испытаниях советских щупов (народное название "карандаши"), которыми комплектовались высокочастотные осциллографы серий C1-75, C1-97, C1-108.

Испытывалась модель щупов с входным сопротивлением 500 Ом, 10:1





Очевидно, их полосу пропускания так же можно оценить в 2.5ГГц, правда, при несколько большей неравномерности АЧХ, нежели у Agilent 1163A.

Высокоомные щупы.

В испытаниях использованы:

- Аналитический осциллограф LeCroy WavePro 7300A (полоса пропускания 3ГГц).
- Генератор сигналов в режиме качающейся частоты R&S SMU200A (100кГц-3ГГц)
- Проходной терминатор 50 Ом Tektronix 011-0049-01 (Max. VSWR=1.2 DC to 1 GHz)

Соединения источника со входами щупов производились при помощи адаптеров с околонулевой длиной соединений.

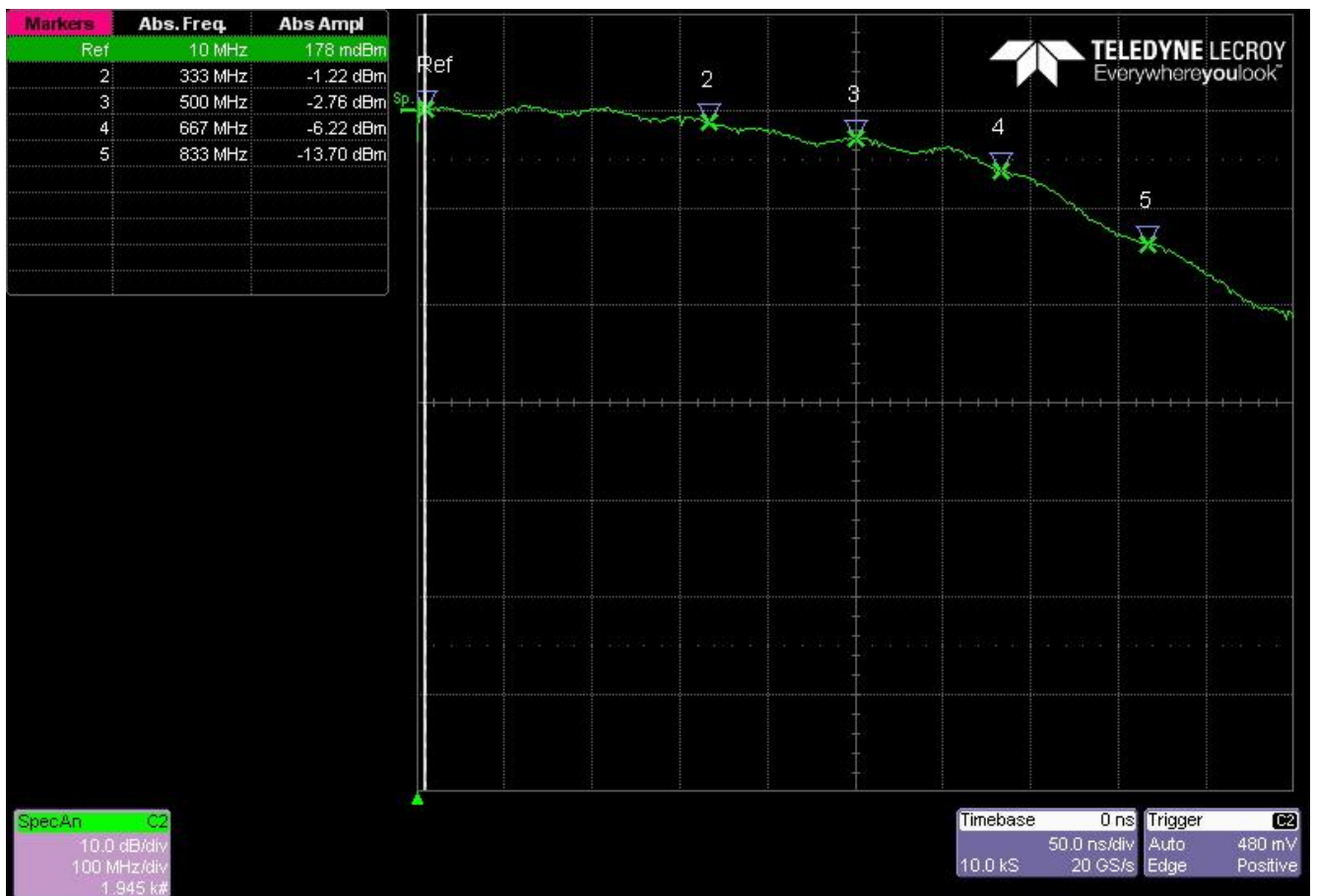
Перед измерениями все щупы тщательно прошли процедуру настройки компенсации входной емкости осциллографа (по прямоугольному фронту).

1. Щуп LeCroy PP005 (рекомендуемая производителем модель для использования с осциллографами серии LeCroy WP7K)

Спецификации производителя:

- Bandwidth (-3dB) - 500 MHz
- Input R - 10 MΩ
- Input C - 11 pF
- Attenuation - 10:1
- Maximum Voltage - 500 V
- Compensation Range - 10 pF to 20 pF



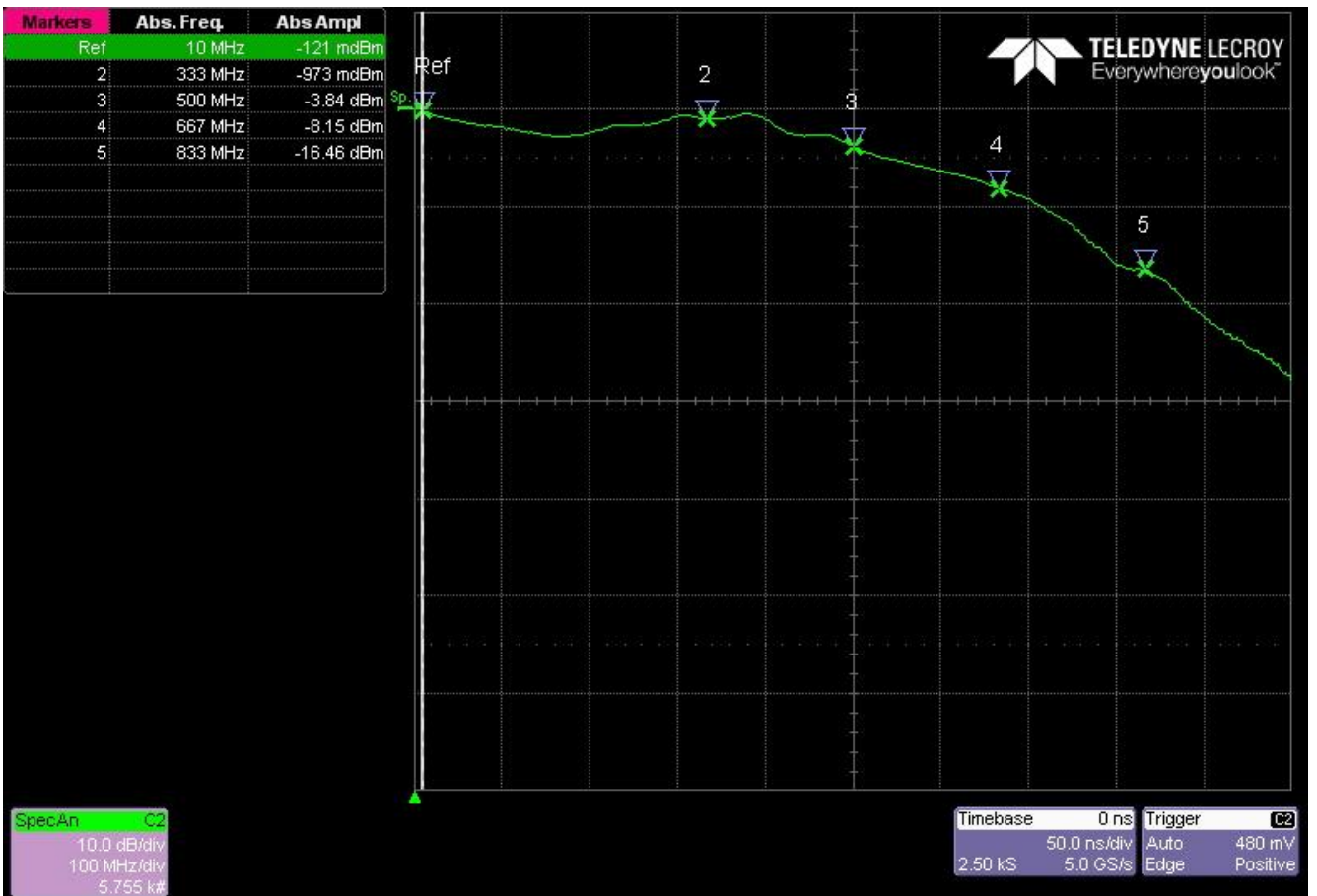
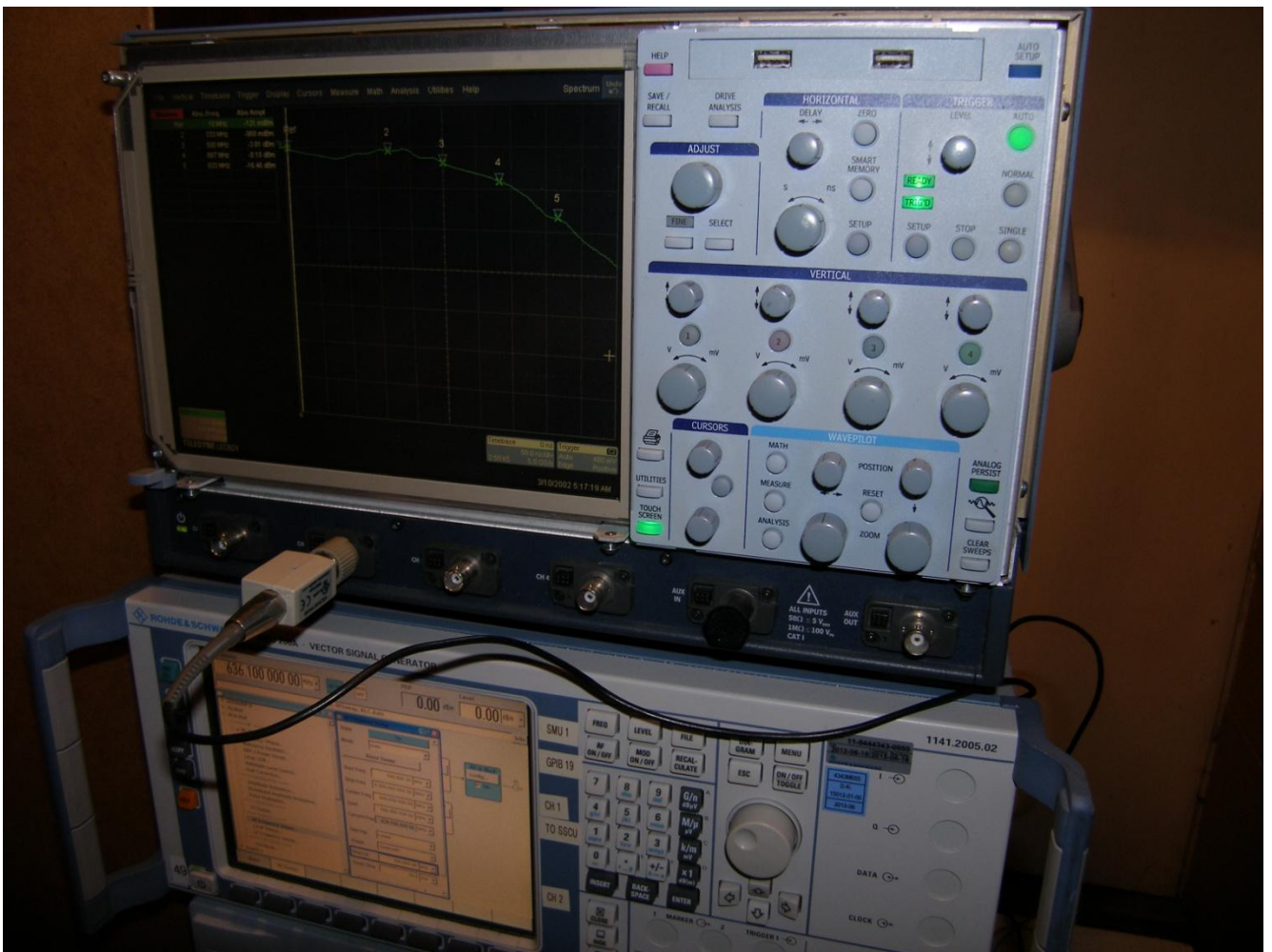


До полосы пропускания 500 МГц он дотягивает, но с трудом. Даром, что референсный для данного тестового прибора.

2. Tektronix P5050

Спецификации производителя:

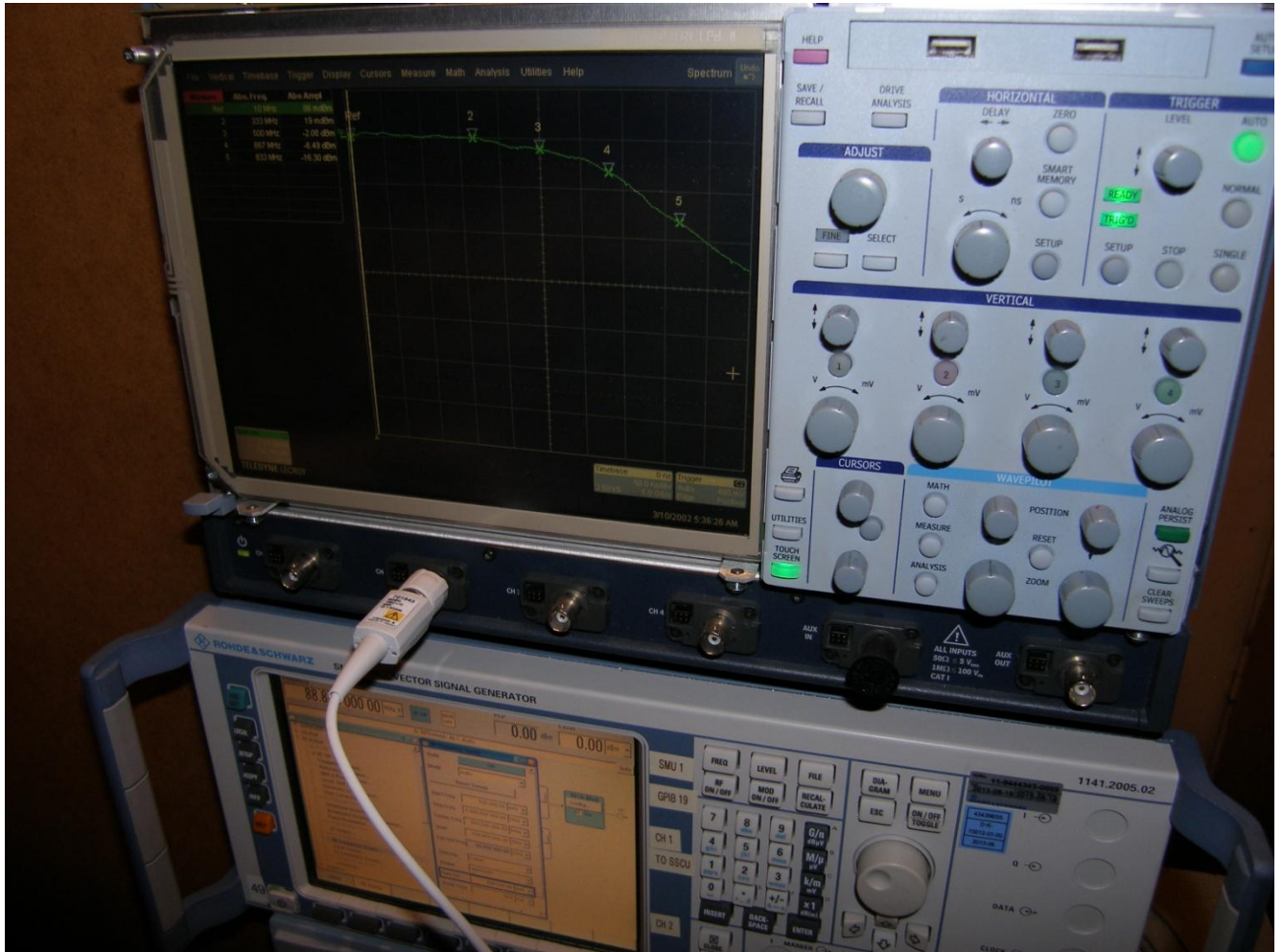
- Attenuation (System): $10X \pm 0.5\%$ at DC
- Input Resistance1 (System): $10 \text{ M}\Omega \pm 0.5\%$ at DC
- Input Capacitance: $11.1 \text{ pF} \pm 0.3 \text{ pF}$ at probe tip (at 1 KHz, 1 V p-p)
- Compensation Range: 16 pF to 22 pF
- Rise Time, Typical: 0.8 nsec, 10% to 90% with TDS5000 series, $\geq 50 \text{ mV} / \text{div}$
- System Bandwidth (-3 dB): DC to 500 MHz with TDS5000 series
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 300V

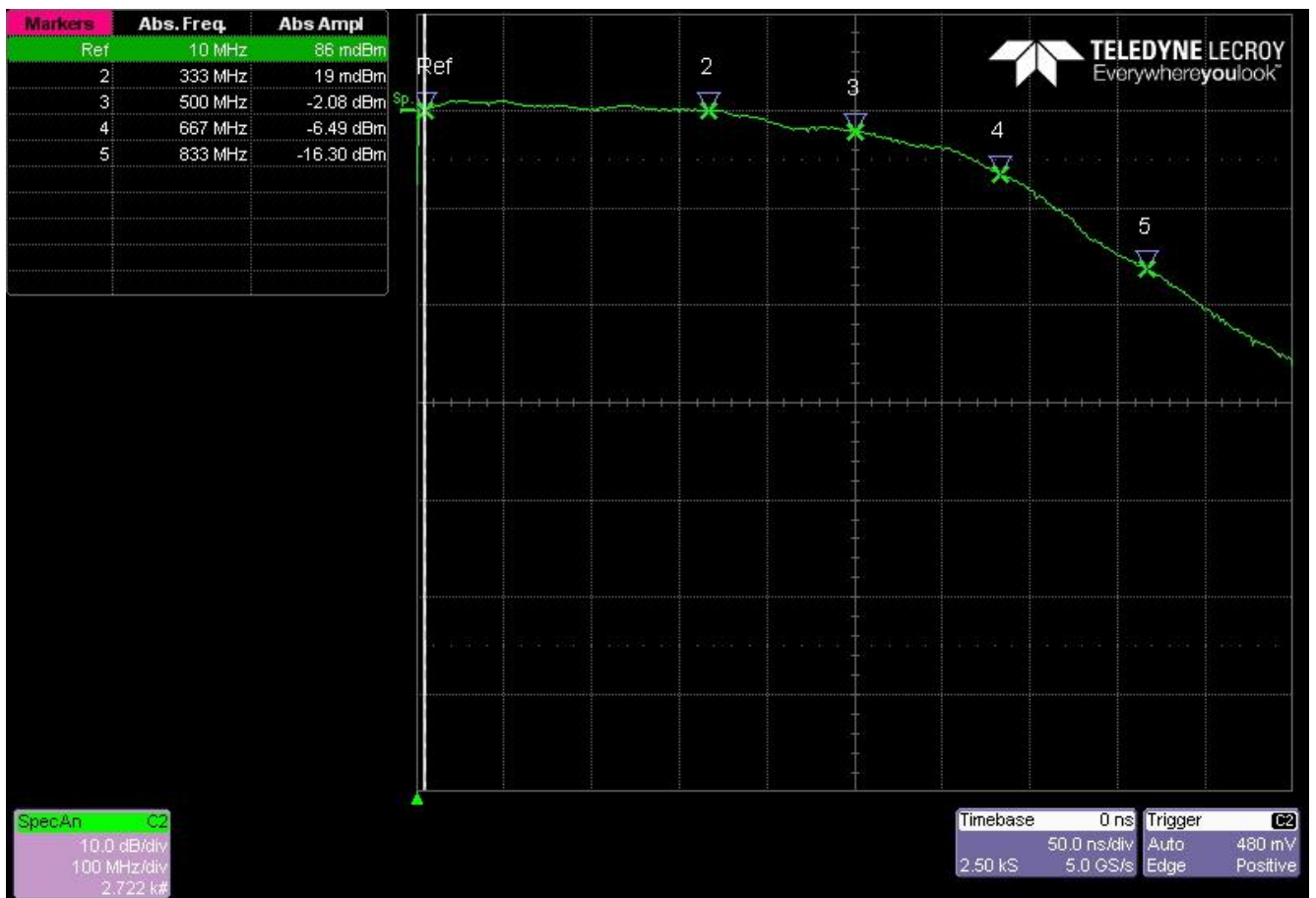


Неравномерность АЧХ оставляет желать лучшего.

3. Yokogawa PB500 (701943)

- Bandwidth: DC to 500MHz (-3dB)
- Attenuation Ratio: 10:1
- Input resistance: 10M Ω
- Input capacitance: 12.5pF
- Compensation Range: 15 to 25 pF
- Rise Time: < 700ps
- Max. input voltage: 600V (DC + ACpeak) or 424 Vrms

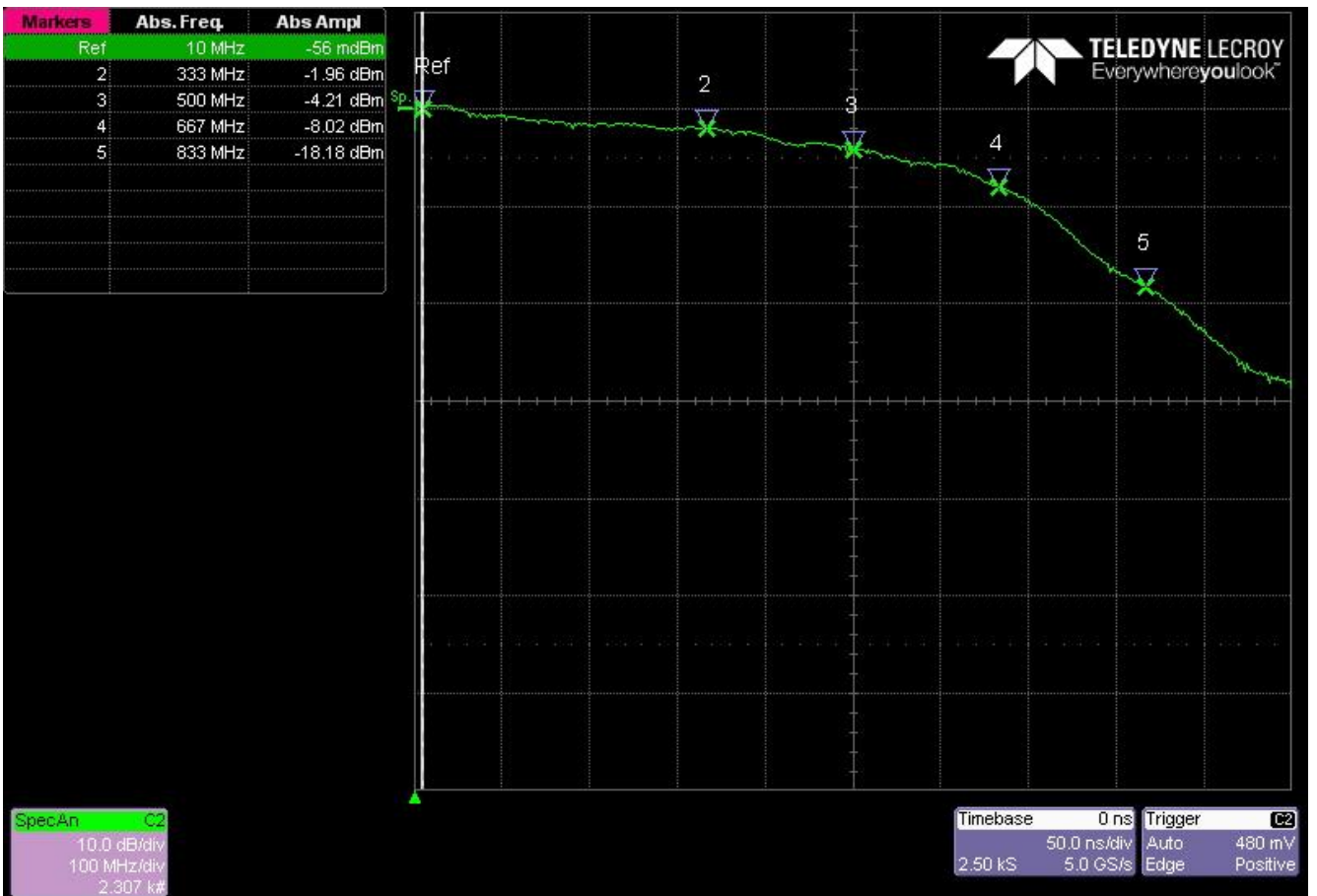
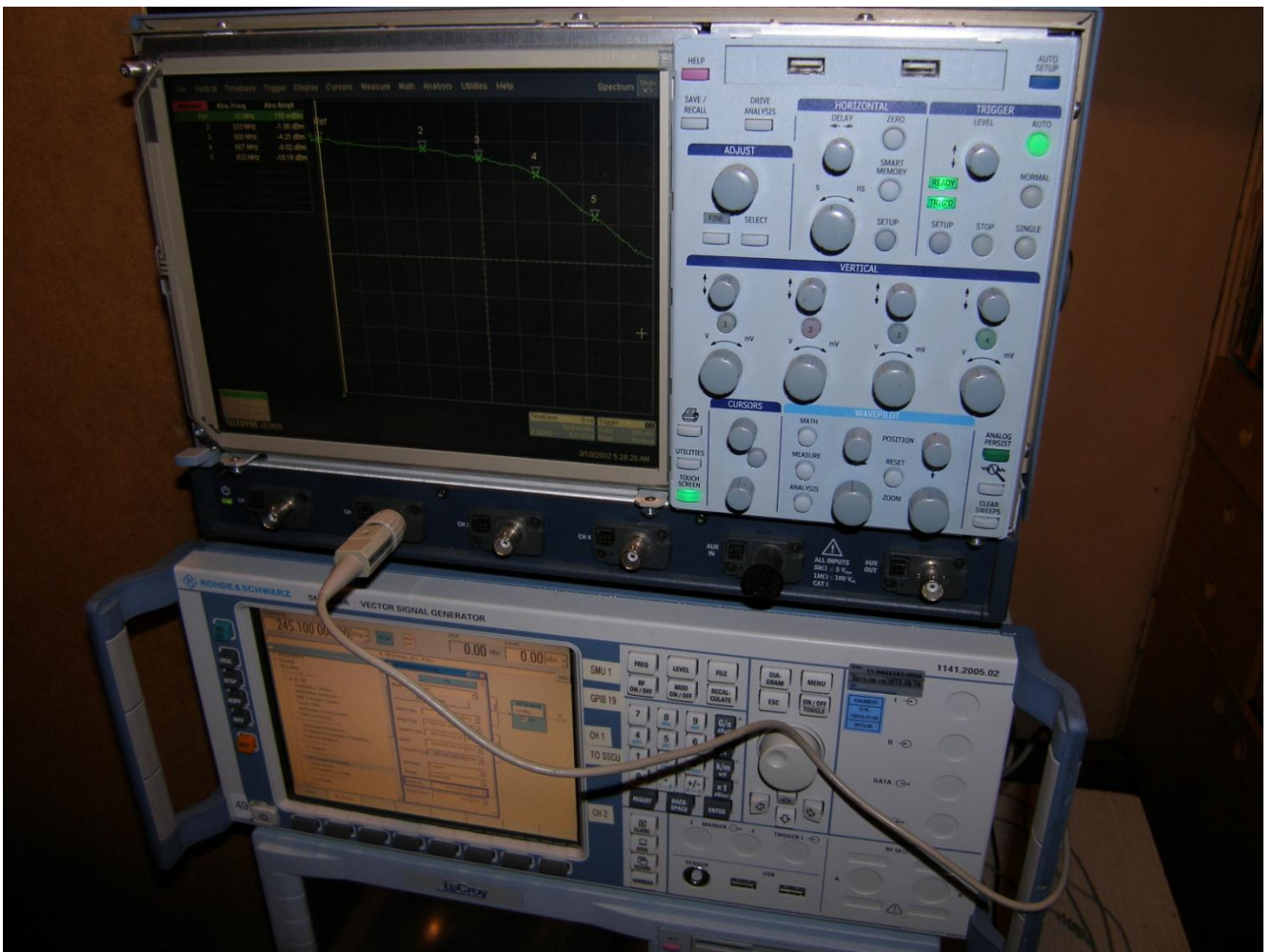




Реально очень приятные щупы. Отличная АЧХ, с запасом перекрывающая полосу 500МГц, и при этом довольно гладкая.

5. HP (Agilent) 10073A

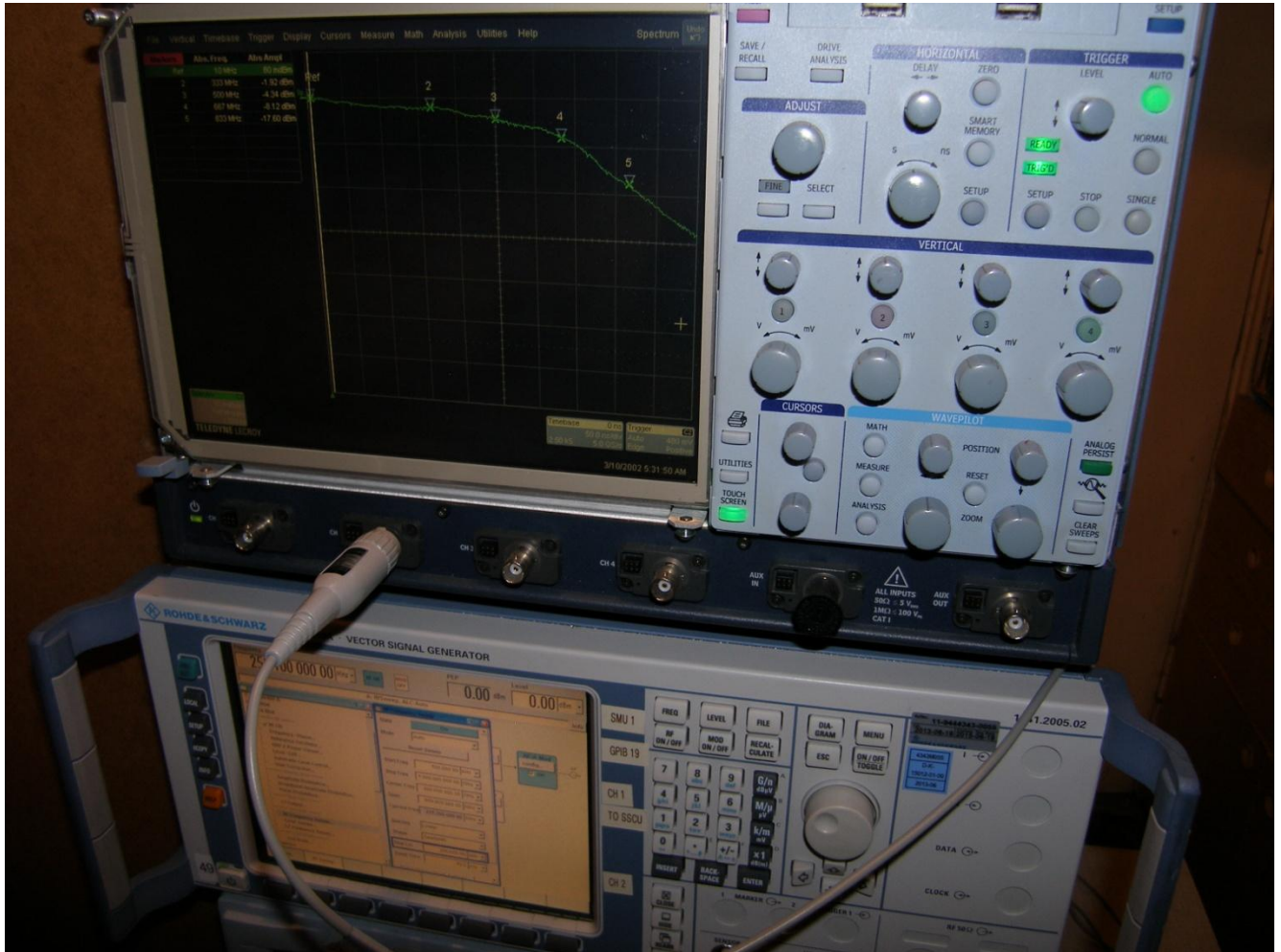
- Division Ratio: 10:1
- Input Resistance: 1 M Ω
- Input capacitance: 12pF
- Typical Scope Bandwidth: 500 MHz
- Rise Time: < 700ps
- Oscilloscope input: 1 M Ω ; 6-15 pF
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 450V

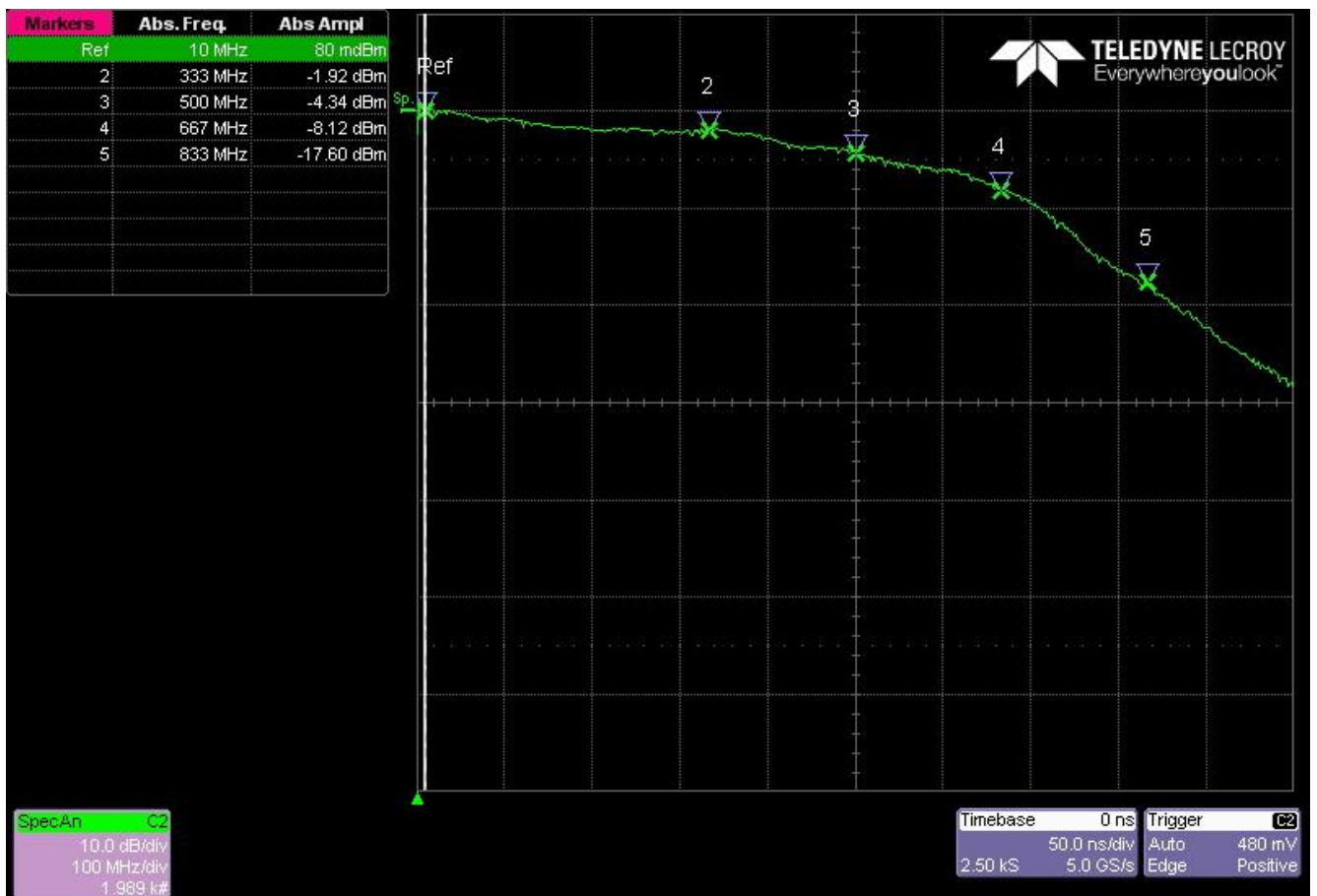


АЧХ похожа на предшествующую (Yokogawa PB500), но полоса пропускания до 500 МГц явно не дотягивает.

6. Agilent 10073C

- Division Ratio: 10:1
- Input Resistance: 2.2 M Ω
- Input capacitance: 12pF
- Typical Scope Bandwidth: 500 MHz
- Rise Time: < 700ps
- Oscilloscope input: 1 M Ω ; 6-15 pF
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 400V

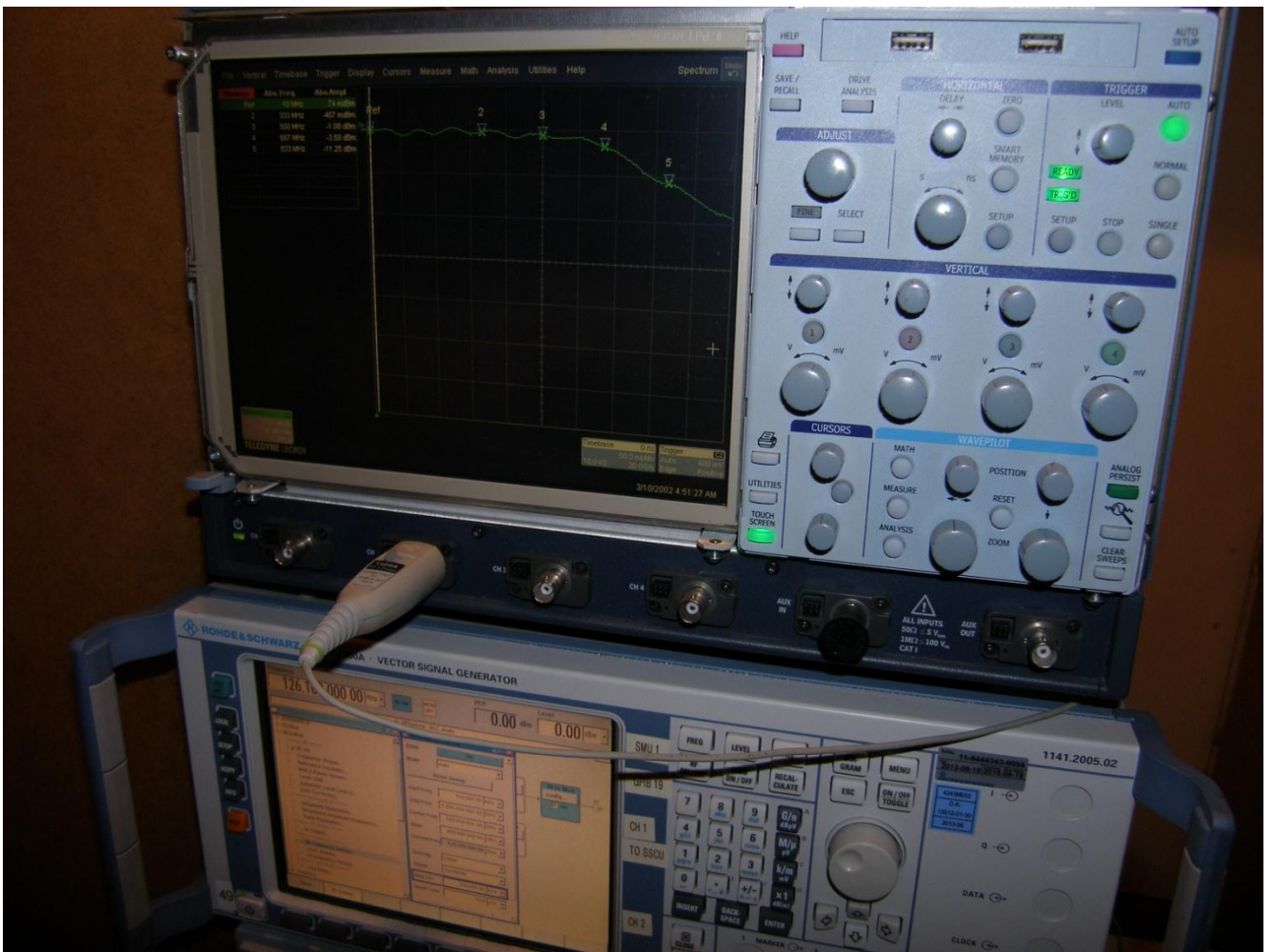




АЧХ как будто копия более старой серии HP 10073A. И налицо все тот же недостаток: полоса пропускания не превышает 400 МГц.

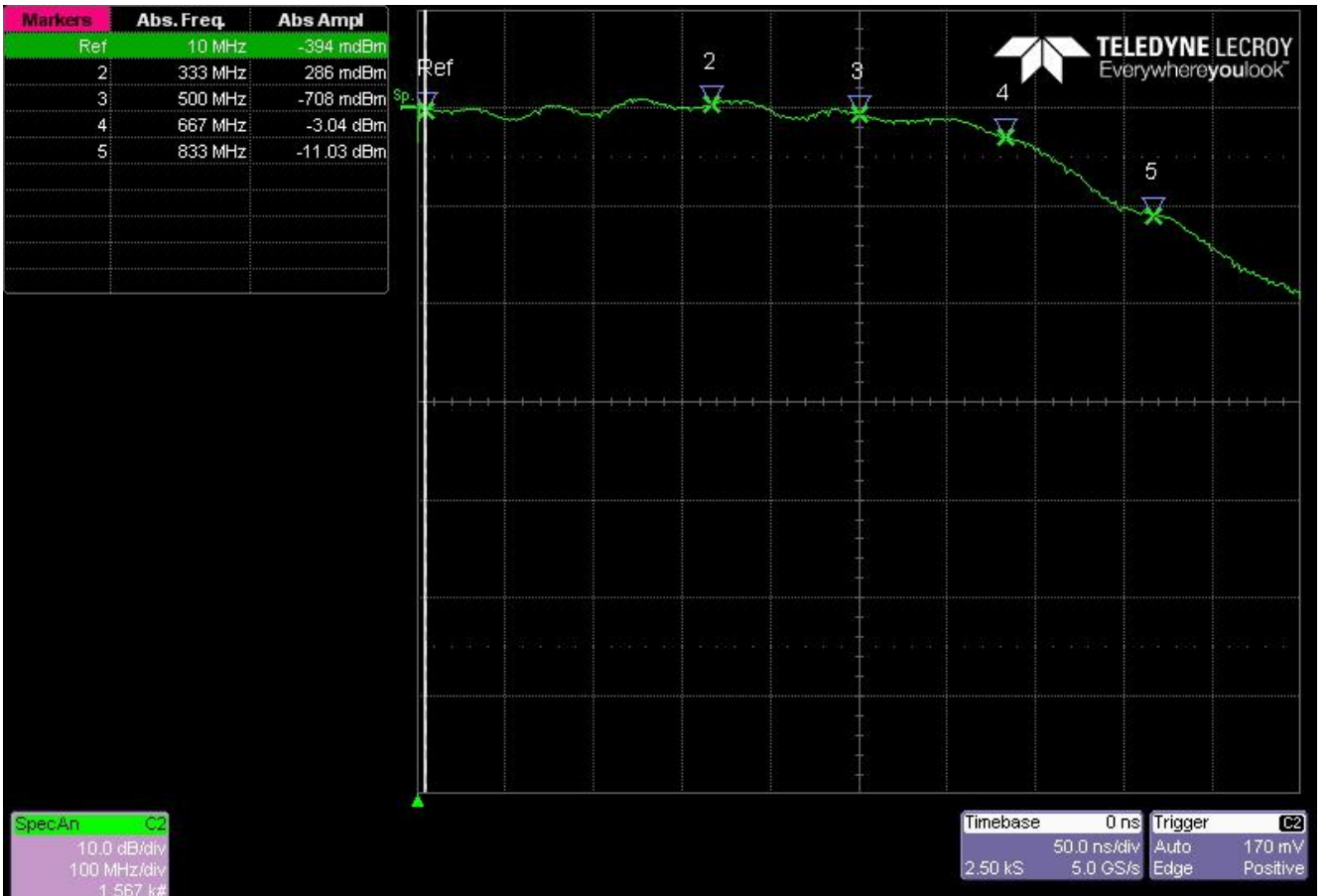
7. Agilent 1160A

- Division Ratio: 10:1
- Input Resistance: 10 MΩ
- Input capacitance: 9 pF
- Typical Scope Bandwidth: 500 MHz
- Rise Time: < 700ps
- Oscilloscope input: 1 MΩ; 6-9 pF (реально диапазон компенсации шире)
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 300V

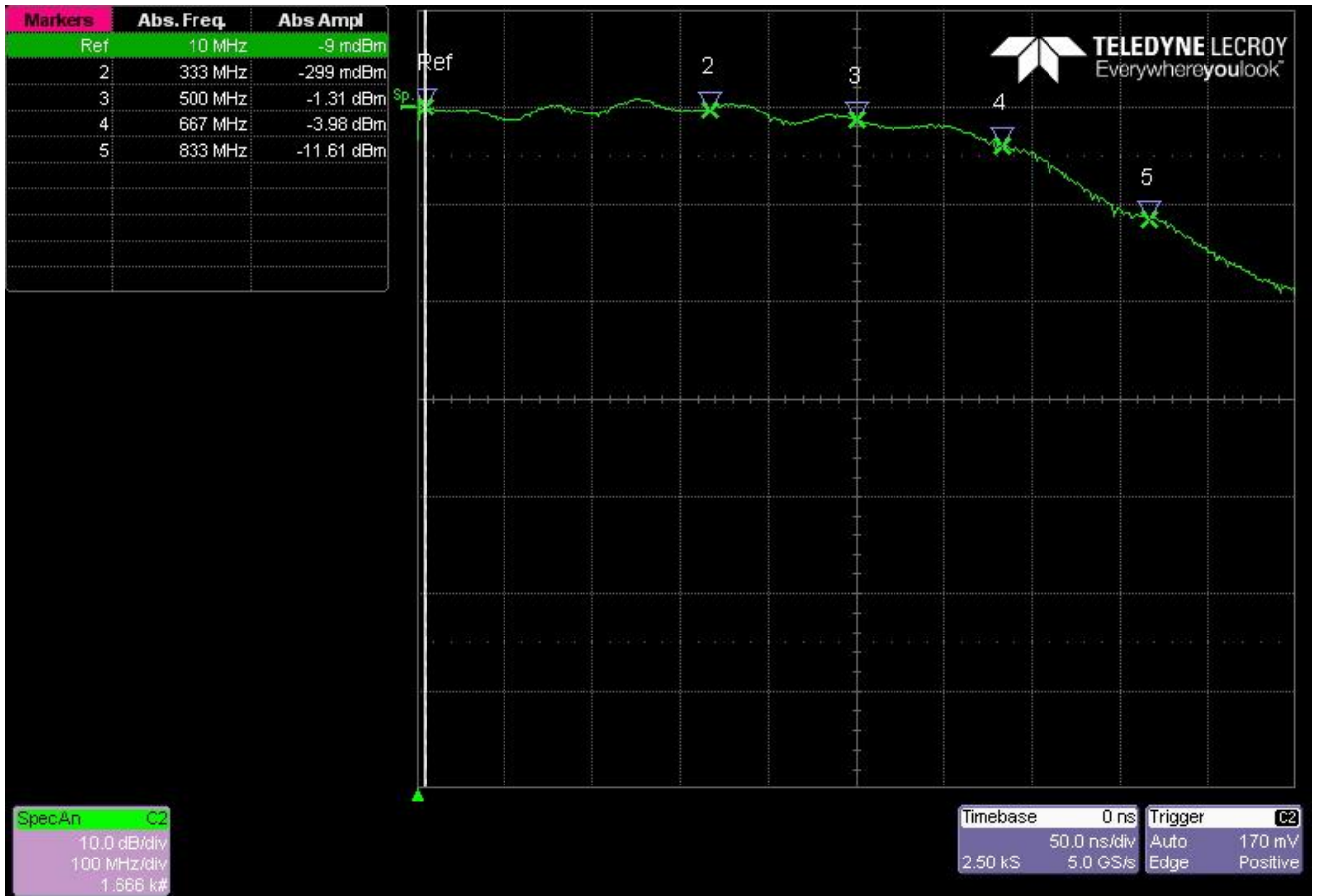


Испытано 4 щупа.

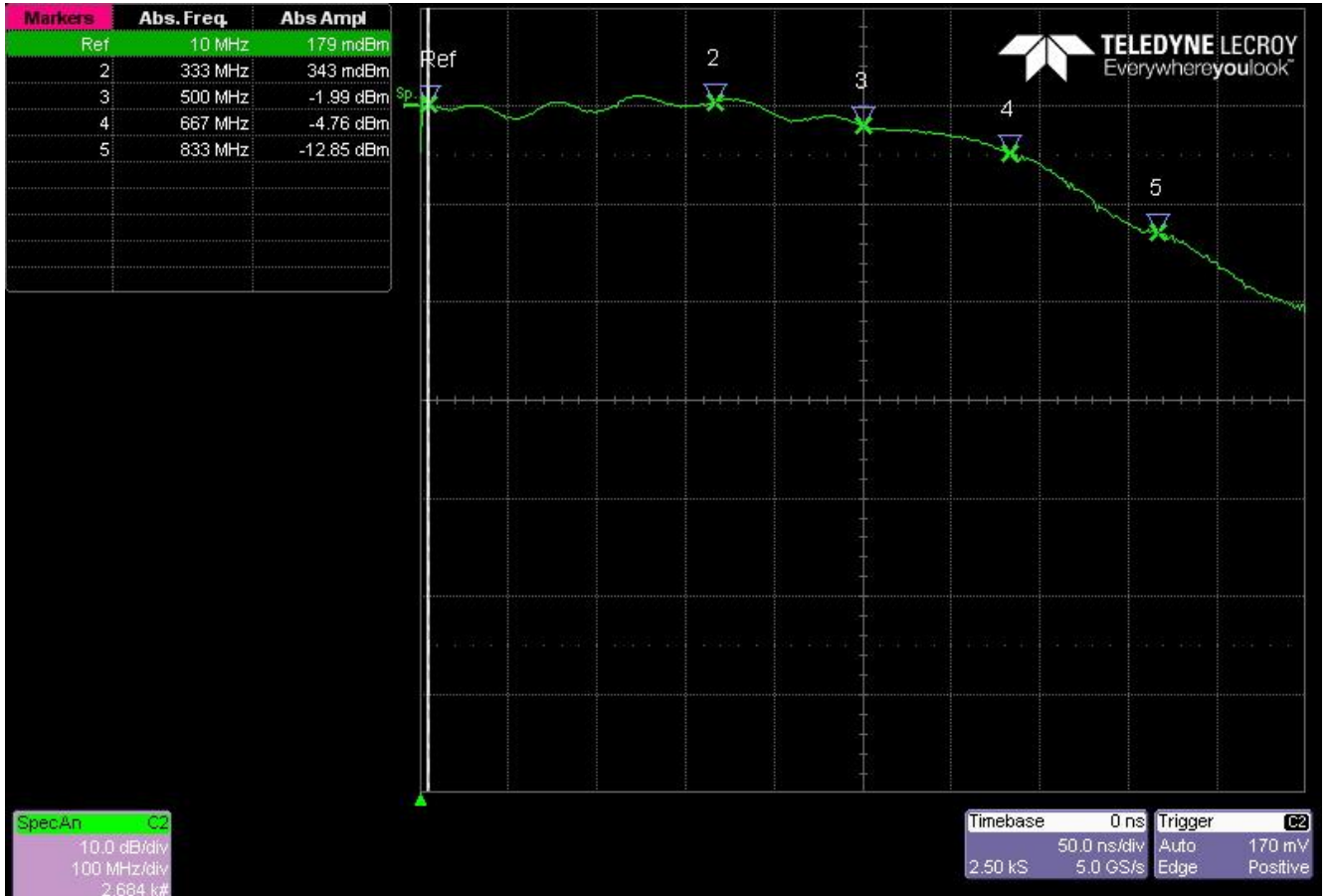
АЧХ №1

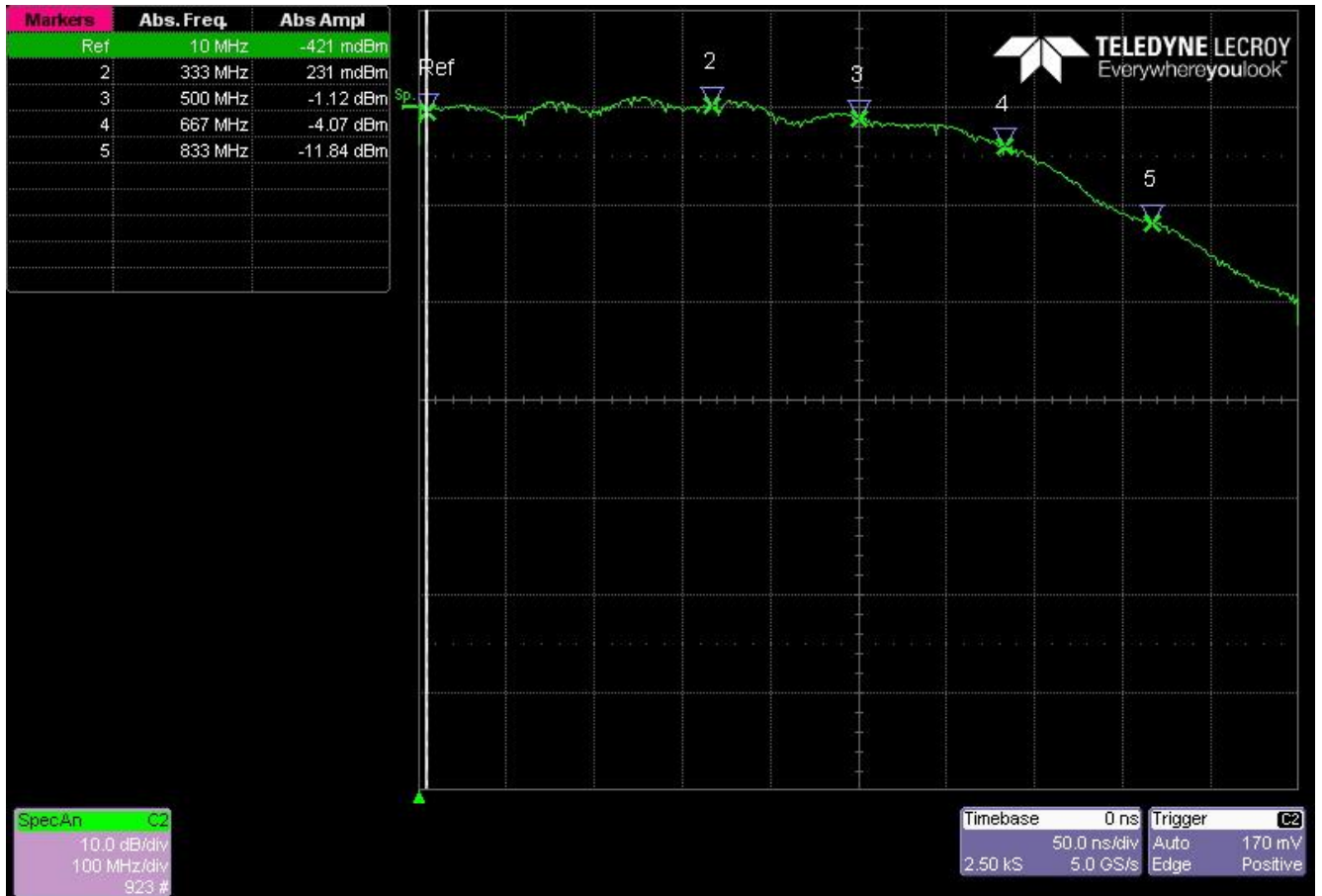


A4X №2



A4X №3

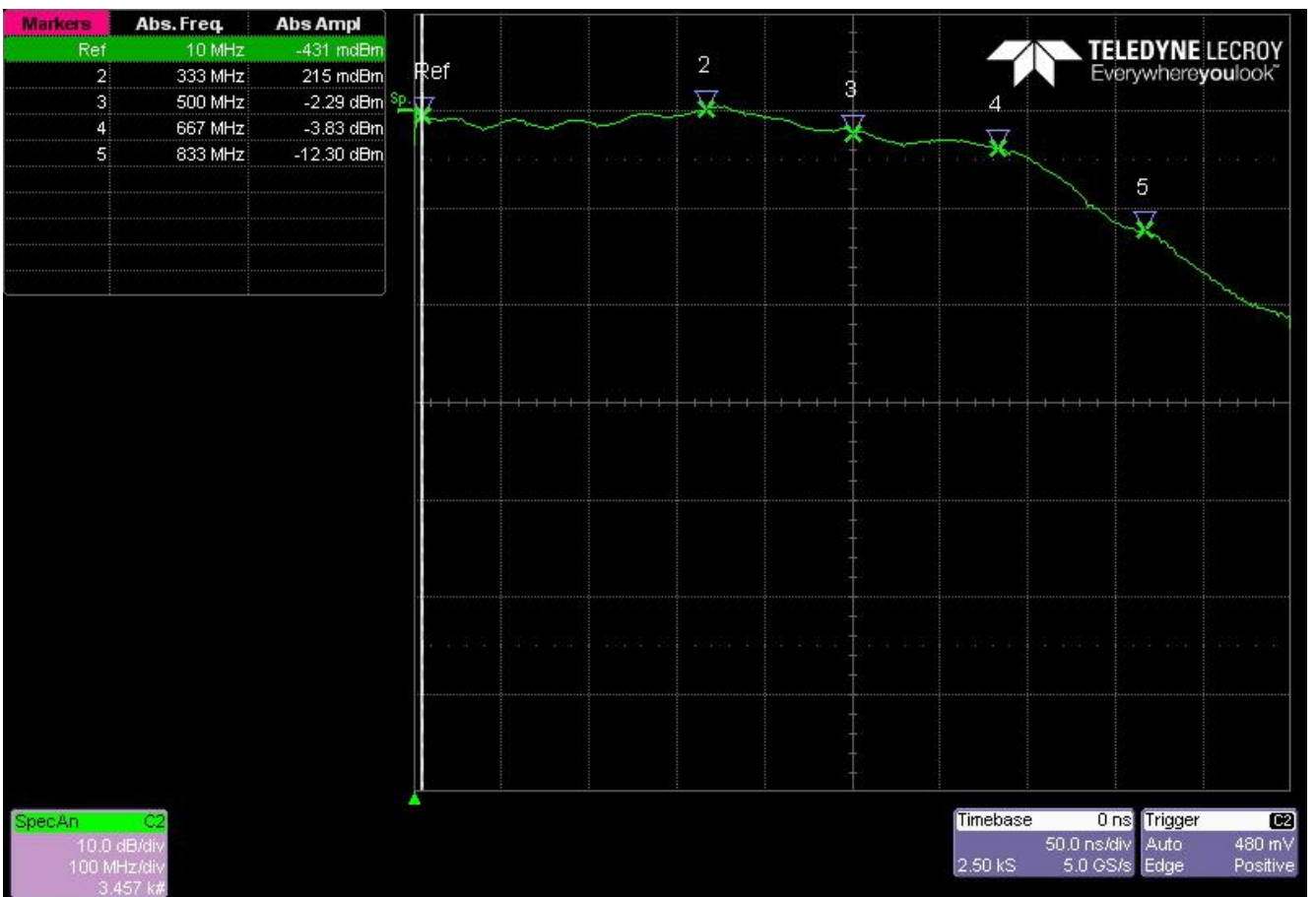
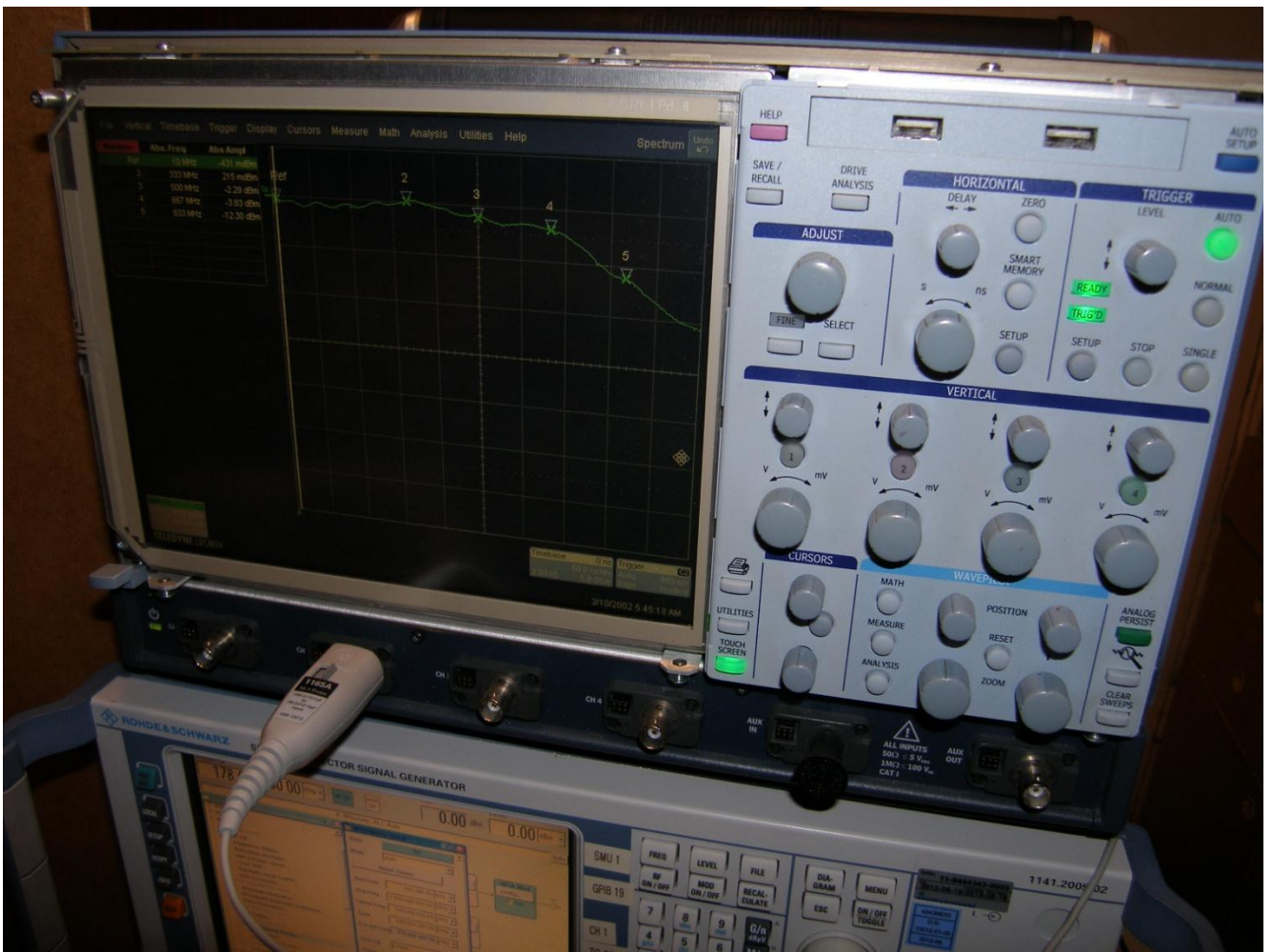




Конструкцию этого щупа можно считать наиболее удобной в использовании. Щуп имеет самый тонкий мягкий кабель и оптимально спроектированную ручку. Измеренная полоса пропускания этих щупов превышает 600 МГц.

8. Agilent 1165A

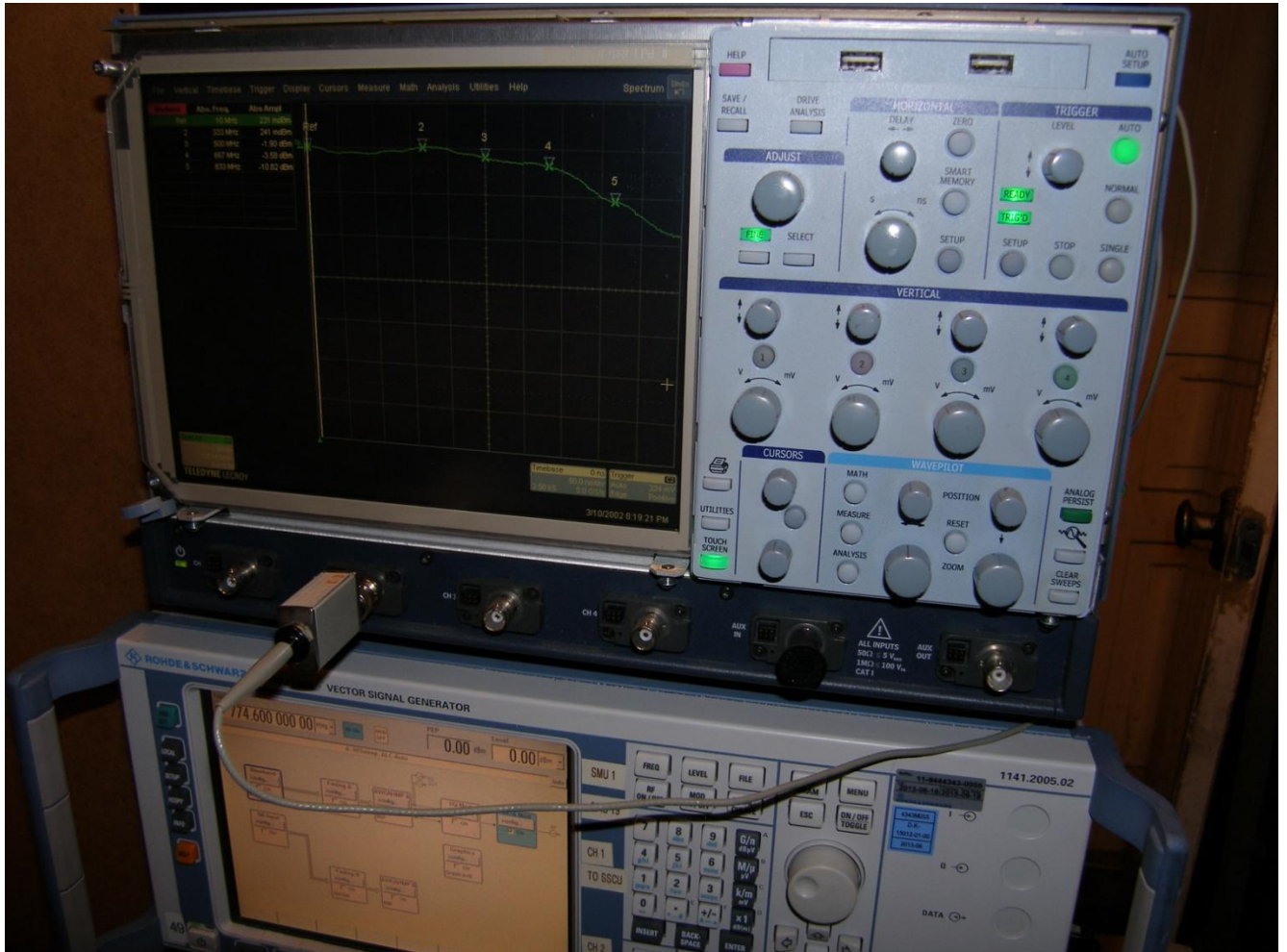
- Division Ratio: 10:1
- Input Resistance: 10 MΩ
- Input capacitance: 10 pF
- Typical Scope Bandwidth: 600 MHz
- Rise Time: < 700ps
- Oscilloscope input: 1 MΩ; 12-14 pF (реально диапазон компенсации шире)
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 300V



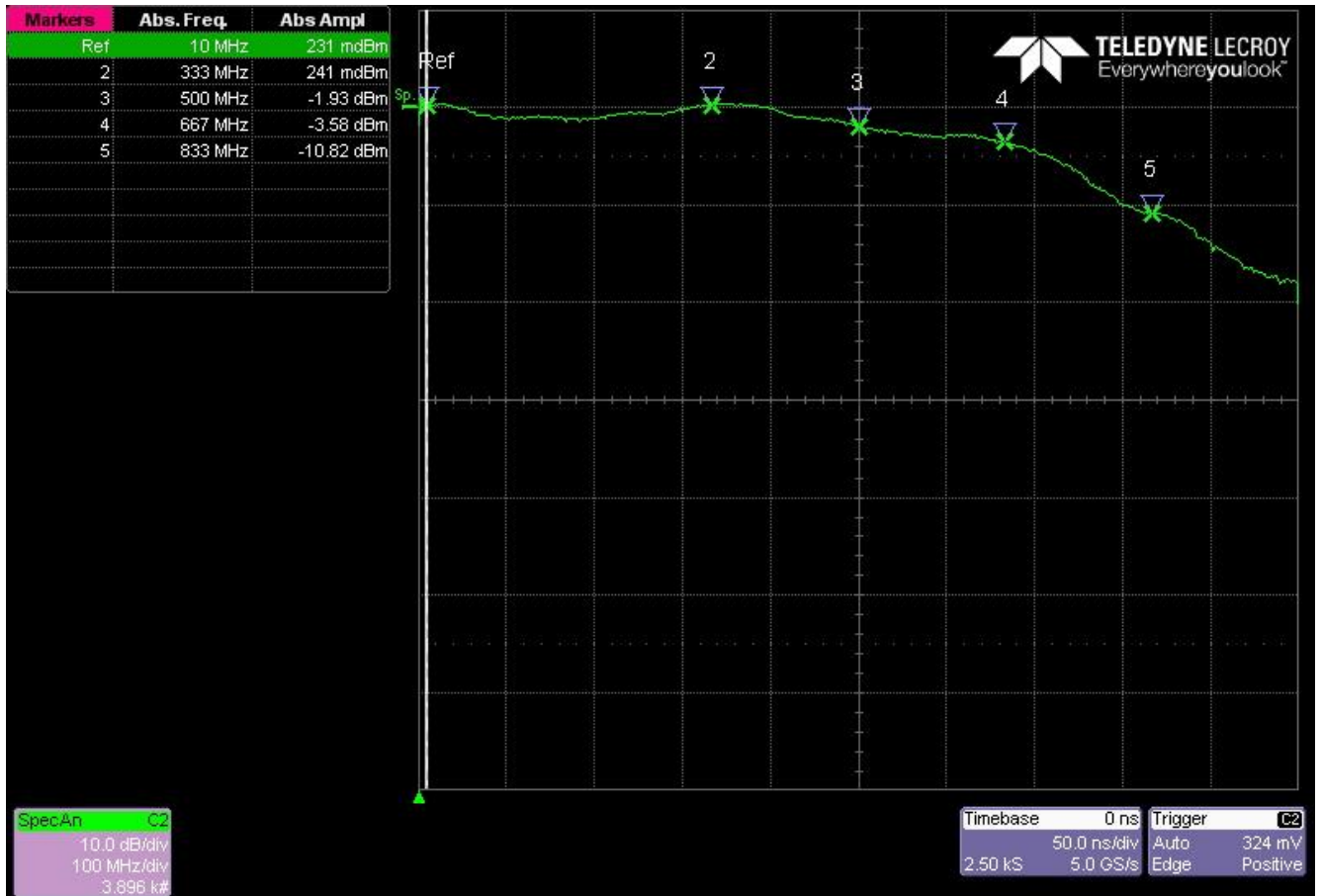
Характер АЧХ этого щупа напоминает Agilent 1160A.

9. HP10017A

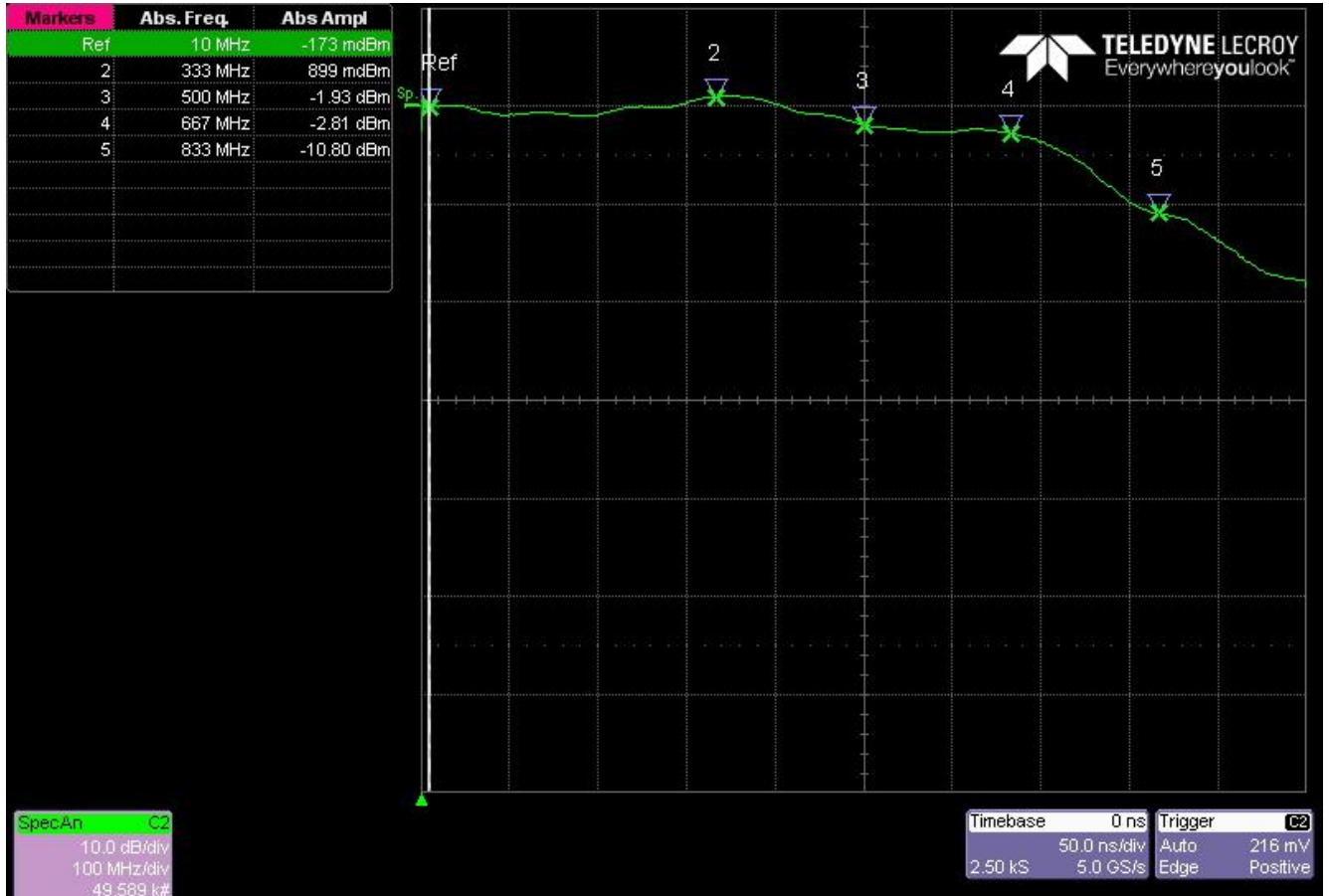
- Division Ratio: 10:1
- Input Resistance: 1 M Ω
- Input capacitance: 8 pF
- Typical Scope Bandwidth: 300 MHz
- Oscilloscope input: 1 M Ω ; 9-14 pF
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 300V



AЧХ №1



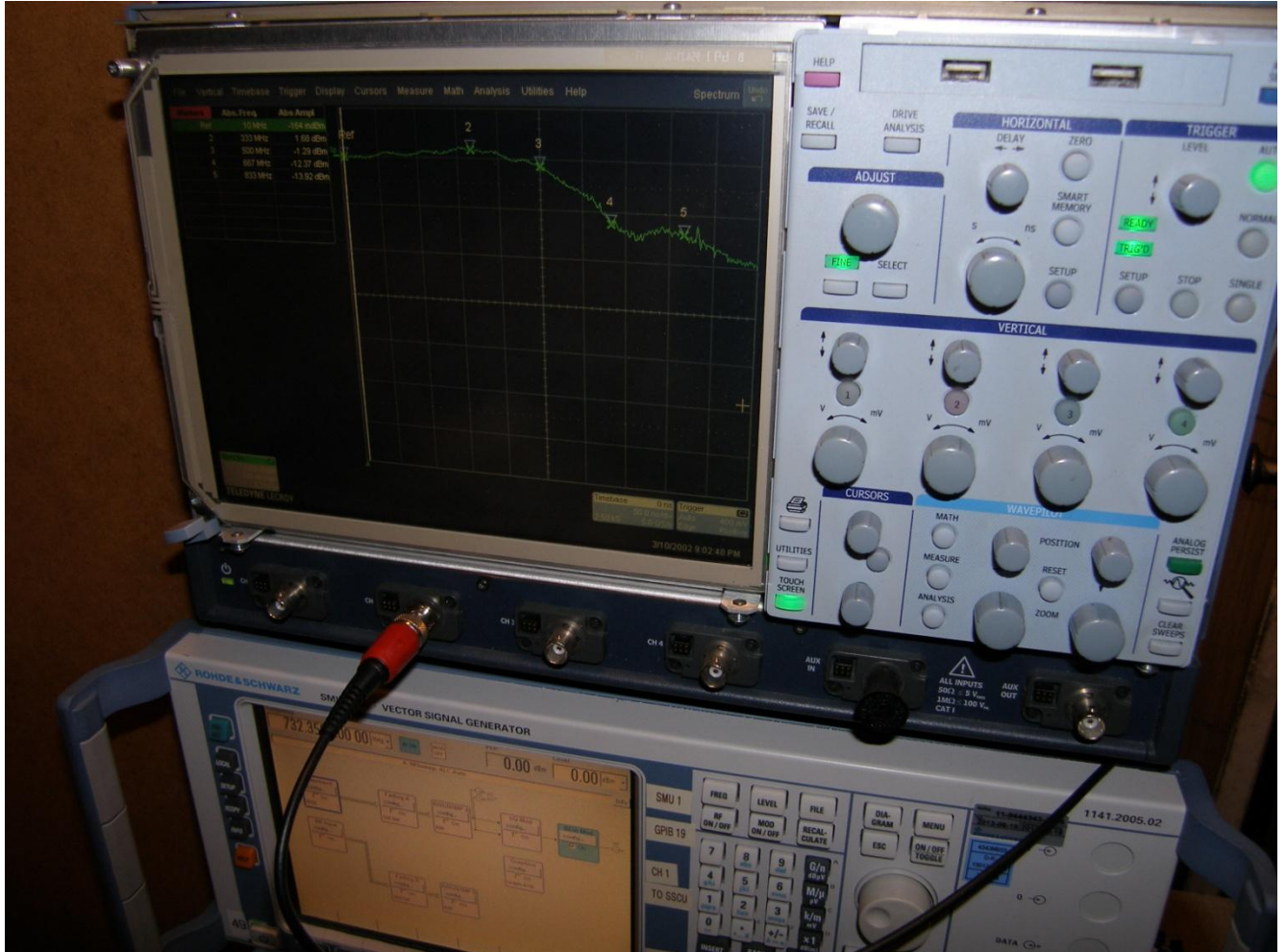
AЧХ №2



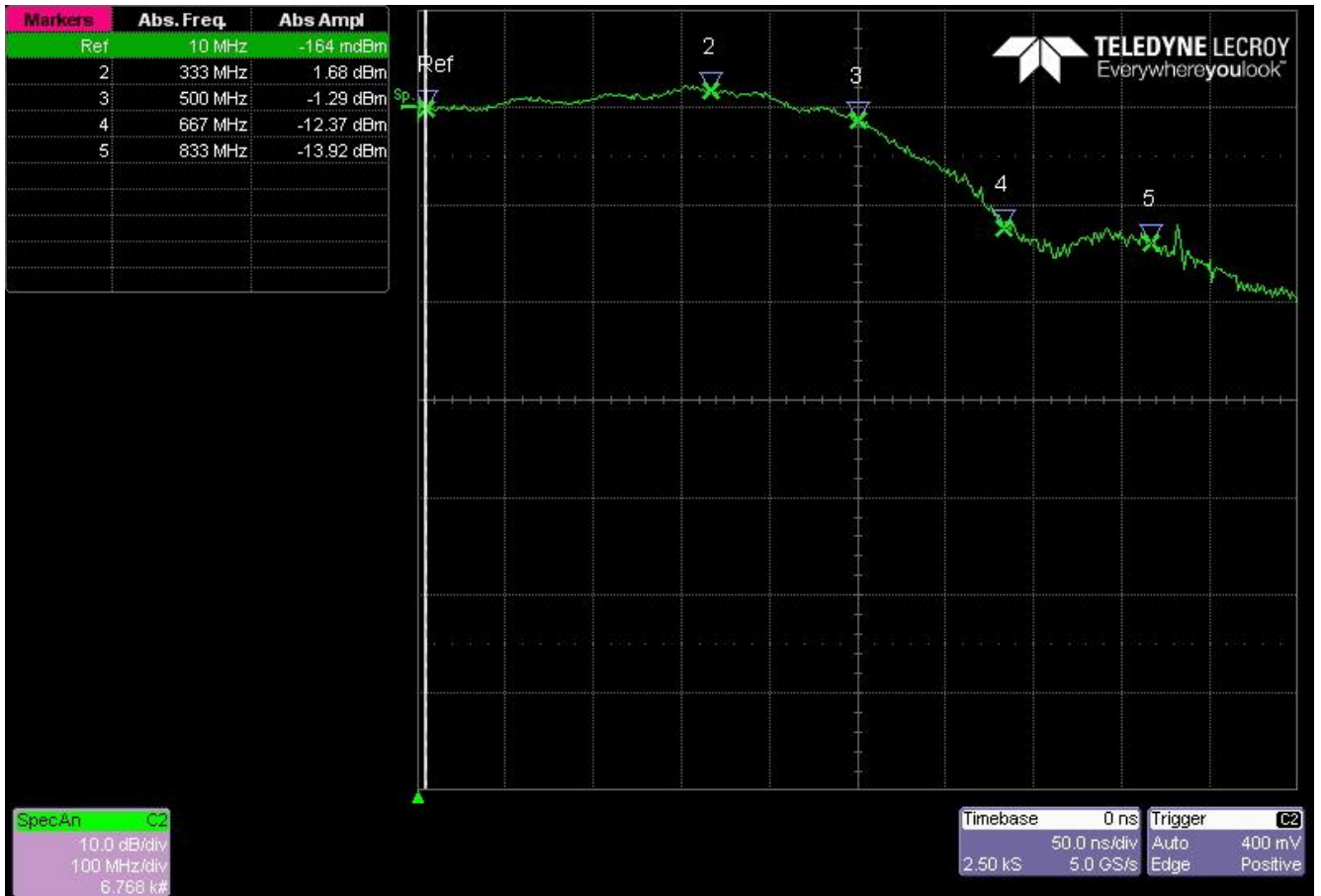
Удивительно. Но эти старые миниатюрные щупы, полоса пропускания которых, согласно датшитов - 300 МГц, на самом деле работают в полосе частот существенно выше 600 МГц (-3dB). Кроме прочего, они имеют входную емкость всего 8 пФ.

10. B&K Precision PR 37AR (Made in Taiwan)

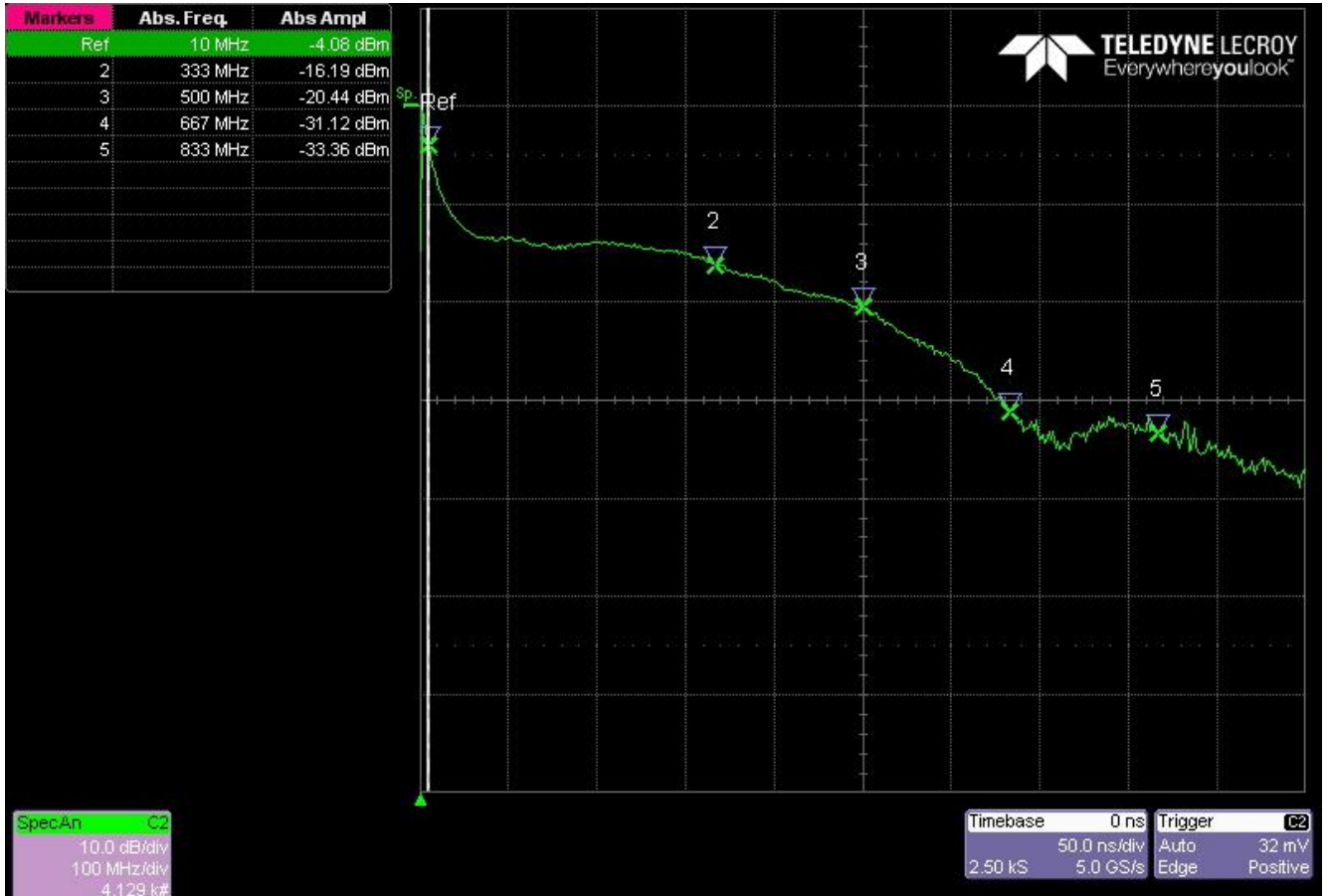
- Division Ratio: 1:1/10:1
- Input Resistance: 1/10 M Ω
- Input capacitance: 100/15 pF
- Typical Scope Bandwidth: 6/150 MHz
- Oscilloscope input: 1 M Ω ; 10-35 pF
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 600V



АЧХ в режиме делителя 10:1



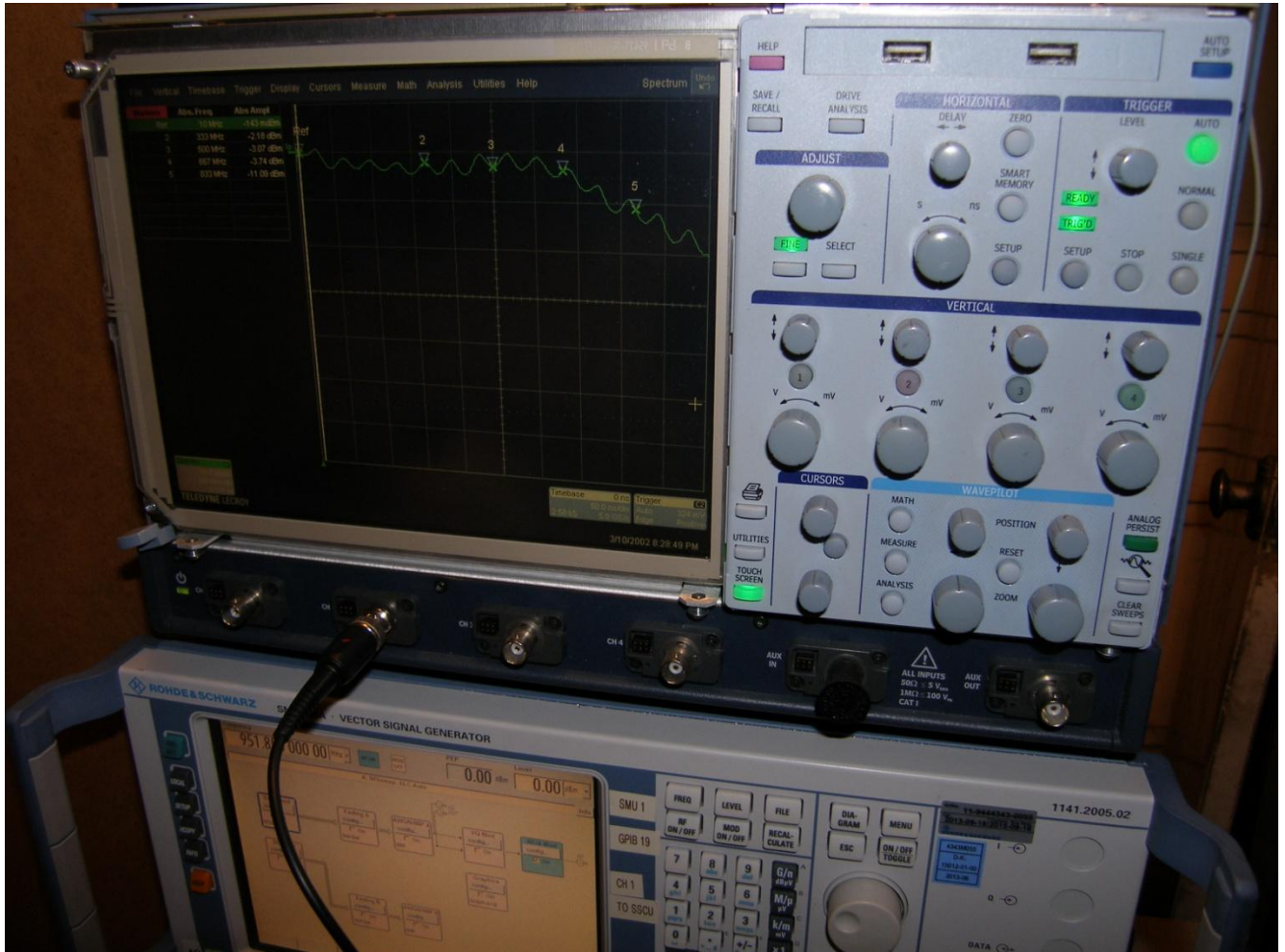
АЧХ в режиме делителя 1:1



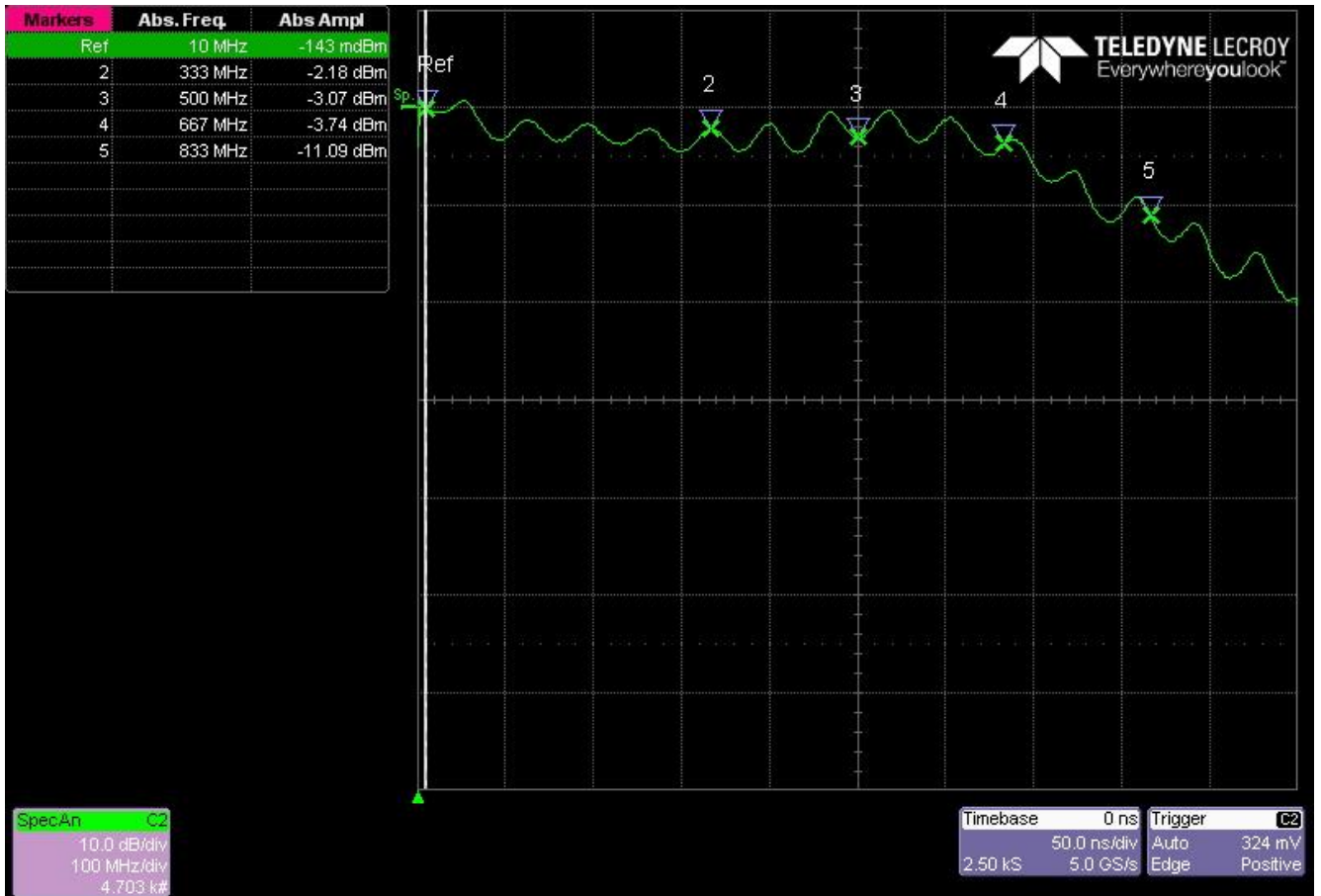
В режиме 10:1 щуп имеет полосу пропускания около 500 МГц (при большой неравномерности АЧХ). В режиме 1:1 - полоса согласно датшита (что и не удивительно при емкости кабеля 100 пФ).

11. B&K Precision PR 33A (Made in Taiwan)

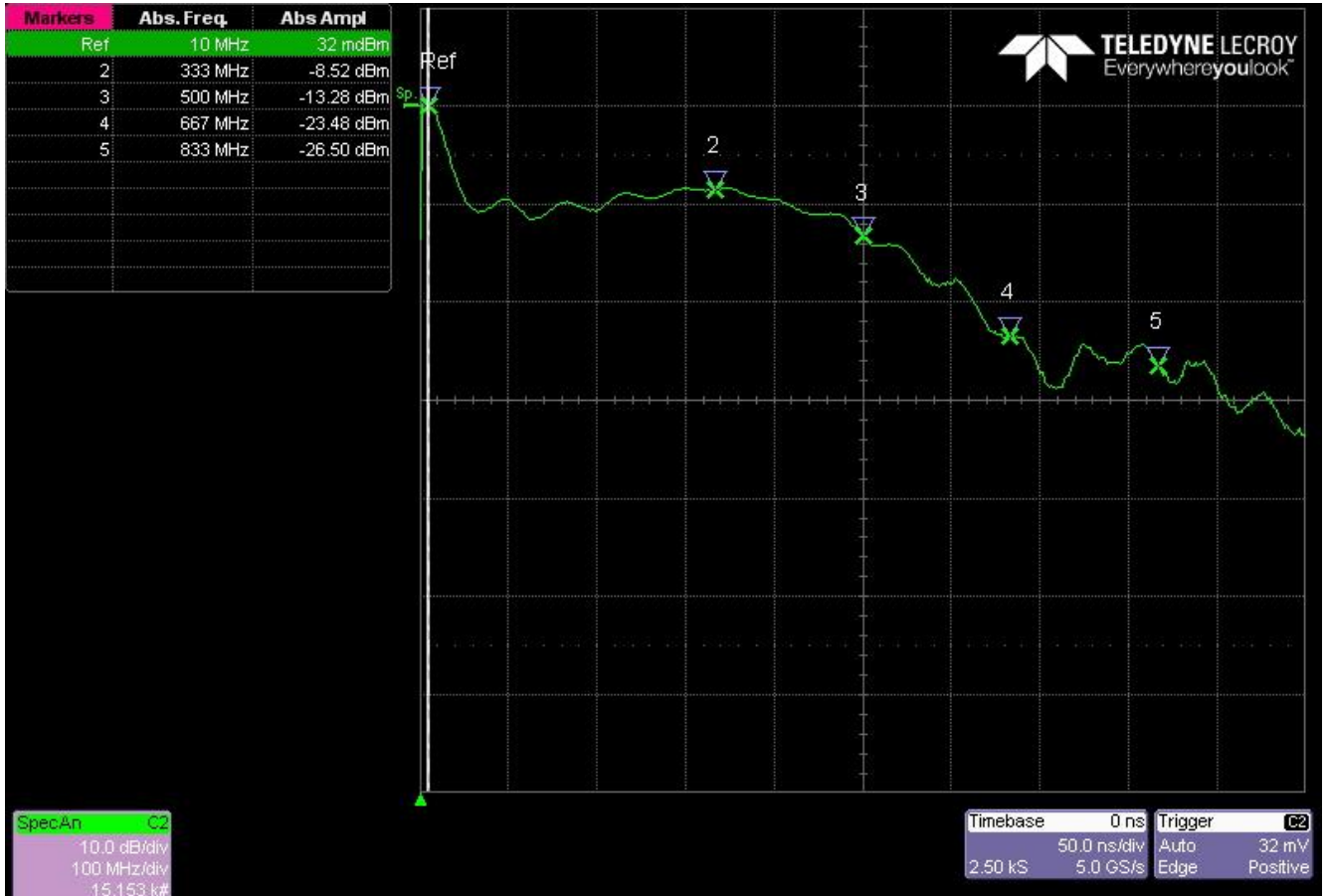
- Division Ratio: 1:1/10:1
- Input Resistance: 1/10 M Ω
- Input capacitance: 46/16 pF
- Typical Scope Bandwidth: 15/90 MHz
- Oscilloscope input: 1 M Ω ; 10-35 pF
- Maximum Input Voltage (dc + peak ac): 600V



АЧХ в режиме делителя 10:1



АЧХ в режиме делителя 1:1



В режиме 1:1 этот щуп имеет около 20 МГц полосу пропускания, что не так уже и плохо (и намного лучше, чем у предыдущего изделия из Тайваня). Однако при 10:1 неравномерность АЧХ столь велика, что трудно сделать какие-либо выводы.