

Заключение

Заказчик:	CAPAROL Farben Lacke Bautenschutz GmbH Roßdörfer Straße 50 64372 Ober-Ramstadt
Объекты измерений:	1. Специальная краска ElectroShield – один слой 160 мл/м ² 2. Специальная краска ElectroShield – два слоя 320 мл/м ² нанесенная на гипсовую плиту размером 50 см x 50 см
Заказ:	Измерение защитного / экранирующего затухания против электромагнитных волн для вертикальной и горизонтальной поляризации в области частот от 100 МГц до 18 ГГц и определение экранирования низкочастотных электрических полей при 50 Гц
Основание для проверки:	IEEE 299-2006, MILSTD 285 (450 МГц – 18 ГГц) и ASTM D-4935-10 (100 МГц – 2 ГГц) с поляризацией 360°
Дата измерений:	20 и 21.05.2014
Объем:	6 страниц текста, 8 измерительных протоколов в 4 приложениях

Результаты:

Поскольку обе пробы по отношению к электромагнитным волнам с вертикальной и горизонтальной поляризацией показали абсолютно идентичное экранирующее затухание, в приложении на нижнем графике приведены результаты измерений только для вертикальной поляризации.

Измерения показали, что специальная краска с наименованием **ElectroShield** в однослойном покрытии имеет достаточно постоянную, практически независимую от частоты величину экранирующего затухания во всей измеренной области частот от 17 до 21 дБ.

При 20 дБ можно подтвердить всего 1% плотности потока мощности за экранирующим слоем краски.

При двойном покрытии величина затухания составляет от 20 до 26 дБ.

При 23 дБ можно подтвердить всего 0,5% внешней плотности потока мощности за экранирующим слоем краски, при 26 дБ – 0,25%.

Низкочастотные электрические поля (50 Гц) при соответствующем заземлении покрытия при однократном и двойном слое ослабляются практически идентично ок. 40 дБ. Т.е. за заземленным слоем краски действует лишь одна сотая часть силы поля по сравнению с передней стороной покрытия.

1. Предварительные замечания

Чтобы определить эффективность краски **ElectroShield** при экранировании электромагнитных волн, были проведены измерения, указанные в пункте 2.

Для интерпретации графика измерений рекомендуется использовать нижеследующую таблицу:

	Пересчет уменьшения из дБ в %			
	дБ	Проход в %	дБ	Проход в %
При этом экранирующее действие, т.е. уменьшение электромагнитных волн через экран, определяется в децибелах (дБ) (см. график измерений). Эта величина в дБ показывает, насколько сильно ослабевает уровень волны при прохождении сквозь экран. Таблица позволяет перевести эти логарифмические величины в проценты. Как правило, для оценки экранирующего действия привлекается величина плотности излучения или потока энергии, проникающего сквозь экран.	0	100,00		
	1	81,00	21	0,78
	2	62,80	22	0,63
	3	50,00	23	0,50
	4	40,00	24	0,39
	5	31,60	25	0,31
	6	25,00	26	0,25
	7	20,00	27	0,20
	8	16,00	28	0,18
	9	12,50	29	0,12
	10	10,00	30	0,10
	11	7,90	31	0,08
	12	6,25	32	0,06
	13	5,00	33	0,05
	14	4,00	34	0,04
	15	3,13	35	0,03
	16	2,50	36	0,02
	17	2,00	37	0,02
	18	1,56	38	0,02
	19	1,20	39	0,02
20	1,00	40	0,01	
			50	0,0001

Расчет экранирующего затухания в дБ из мощности P_1 или из электрической силы поля E_1 перед экраном и P_2 или E_2 за экраном происходит по следующему уравнению:

$$a_{Schirm} = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} = 20 \cdot \log \frac{E_2}{E_1} \quad \text{в дБ}$$

2. Конструкции для измерений

2.1. Измерение экранирующего затухания согласно ASTM D 4935-10 от 100 МГц до 2 ГГц

Этот стандарт был разработан американским обществом тестирования и измерений (American Society for Test and Measurements).

Для данных измерений 2 коаксиальных измерительных сосуда TEM (**трансмиссионного электронного микроскопа?**) подключаются к анализатору сети как передающая и принимающая антенны. При калибровке S_{21} было отрегулировано расположение без измерительного объекта, но с аналогичной заменой-экраном с такой же толщиной между измерительными головками для трансмиссионного затухания на «0 дБ».

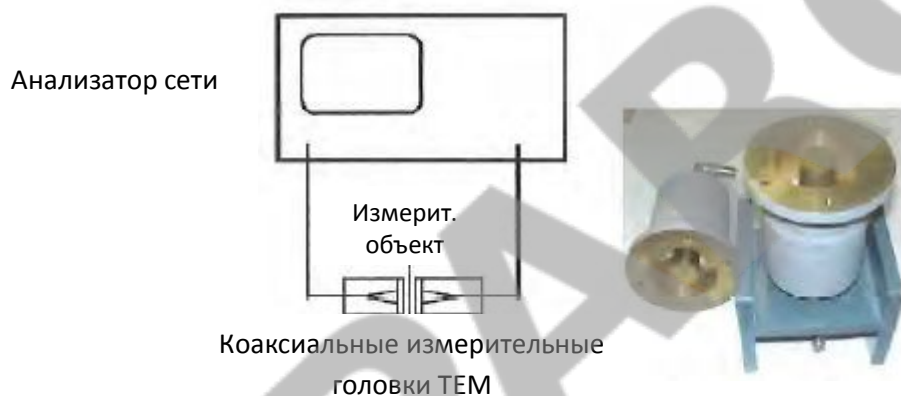


Рисунок 1: измерительное устройство для определения затухания от влияния экрана с помощью измерительных головок TEM согласно ASTM D 4935

Были использованы следующие измерительные приборы:
векторный анализатор сети типа 8753D (30 кГц – 60 ГГц) пр-ва Hewlett & Packard,
коаксиальные измерительные зонды TEM (1 МГц – 4 ГГц) пр-ва Wandel & Goltermann
Документация: OfficeJet 500 пр-ва Hewlett & Packard

При данном измерении в конструкции TEM электрические силы поля попадают на измерительный объект во всех направлениях поляризации, как это обычно бывает при коаксиальных линиях. В этом случае нельзя сделать отдельные выводы по поведению измерительного объекта по отношению к определенной линейной поляризации. В другой стороны, можно получить впечатление, как поведет себя измерительный объект по отношению к поляризации любого направления.

Если измерительный объект хорошо защищает при данном измерении, то он будет как минимум также хорошо защищать и при линейной вертикальной и горизонтальной поляризации!

2.2. Конструкция для измерений согласно IEE 299-2006 от 450 МГц до 18 ГГц

Данные измерения были проведены по актуальному стандарту IEEE 299-2006, который совпадает по структуре измерений с MIL-STD 285, в помещении для измерений радарного зала университета вооруженных сил ФРГ Мюнхен в Нойбиберге 20.05.2014 в области частот от 450 МГц до 18 ГГц с линейными вертикально и горизонтально поляризованными волнами. С этой целью продукт был размещен, как показано на рисунке ниже, перед отверстием в металлической стене размером 40 см x 40 см (площадь 210 см x 200 см). При этом было обеспечено условие, что образец с покрытием должен лежать всей поверхностью на металлической пластине конструкции для измерений. Иностранного воздействия снаружи или со стороны не было. Для измерения различных поляризаций измерительный объект вращался по оси поляризации на 90° .

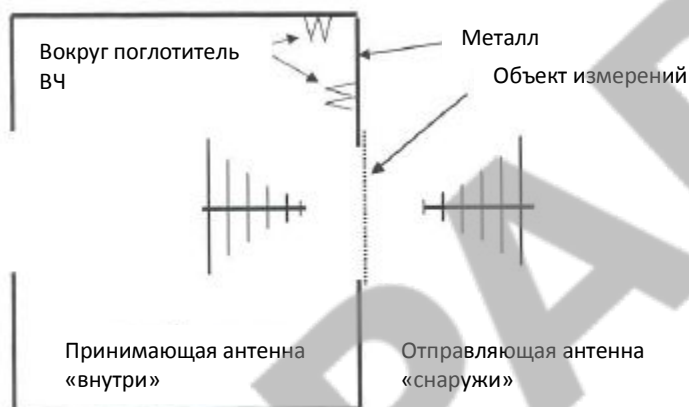


Рисунок 2: измерительное устройство для определения затухания от влияния экрана

После калибровки измерительного отрезка (без испытываемого образца для определения величины трансмиссии 0 дБ и с алюминиевой пластиной в качестве испытываемого образца для определения плотности общей конструкции) было проведено измерение экранирующего затухания измерительного объекта.

Вершины измерительных антенн были расположены согласно IEEE-299 на расстоянии 120 см перед и 30 см за испытываемым образцом.

Были использованы следующие приборы для измерений:
векторный сетевой анализатор, тип 360, (40 МГц до 18,6 ГГц) пр-ва Wiltron,
измерительные антенны: 2 антенны Bilog, тип HF 906 (1 МГц до 18 ГГц) пр-ва R & S
Документация: Kyocera Ecosys, FS-1020D

3. Результаты измерений для высокочастотного экранирующего затухания

Предварительные измерения показали, что оба покрытия по отношению к электромагнитным волнам с вертикальной и горизонтальной поляризацией имеют совершенно одинаковые величины экранирующего затухания.

Поэтому результаты измерений высокочастотного экранирующего затухания согласно IEEE 299-2006 показаны на нижних графиках в приложении только для измерений с вертикальной поляризацией.

Для лучшего обзора в следующей таблице представлены некоторые величины измерений для отдельных интересующих частот (в том числе из области мобильной связи):

Покрытие	ElectroShield один слой 180 мл/м ²	ElectroShield два слоя 320 мл/м ²
TETRA, цифровая радиосвязь гос. органов, 450 МГц	20 дБ	24 дБ
GSM 900, сеть D, 900 МГц	19 дБ	25 дБ
GSM 1800, сеть D, 1800 МГц	19 дБ	25 дБ
UMTS, 2100 МГц	18 дБ	24 дБ
Беспроводной скоростной интернет, Bluetooth, 2450 МГц	17 дБ	24 дБ
Беспроводной скоростной интернет, новое поколение, 5.8 ГГц	17 дБ	23 дБ

Таблица 2: обзор величин экранирующего затухания при различных частотах мобильной связи и в диапазоне ГГц (измерительные величины были определены на основании измерений на различных пластинах (1A и 1B, а также 2A и 2B) и результатов измерений согласно IEEE и ASTM)

При однослойном нанесении краски **ElectroShield** в области частот мобильной связи можно гарантировать величину экранирующего затухания в 19 дБ и более, т.е. сквозь покрытие проникает всего 1,2% возникающей мощности излучения, 98,8% не проходит.

При двуслойном нанесении краски **ElectroShield** величина затухания для сетевых частот D и E составляет 25 дБ. Таким образом, пропускается менее 0,3% мощности, как минимум 99,7% не проходит.

4. Экранирующая защита от низкочастотных электрических полей (50 Гц)

Для определения экранирующего действия по отношению к низкочастотным электрическим полям была использована следующая конструкция для измерений:

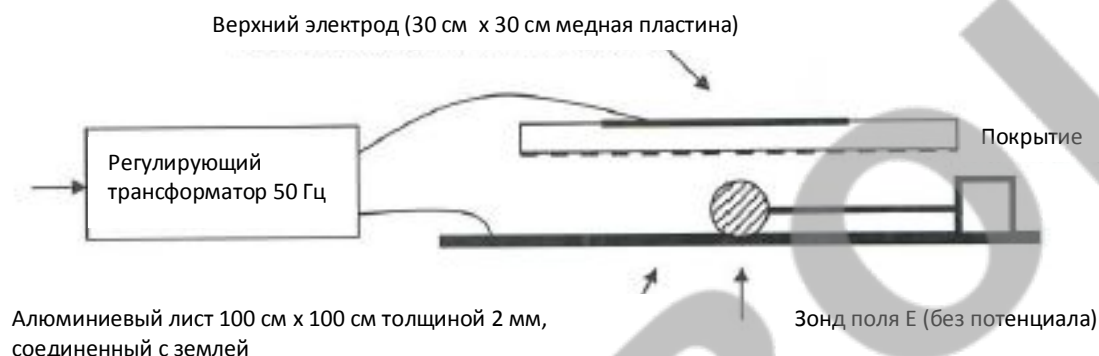


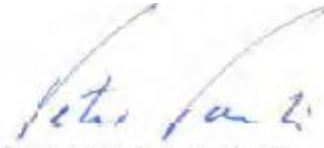
Рисунок 3: измерительное устройство для определения экранирующего затухания при низкочастотных электрических полях (50 Гц)

Для вышеуказанной конструкции удалось создать электрическую силу поля 1000 В/м между верхней медной пластиной и нижней заземленной алюминиевой пластиной. Если проводящее покрытие **ElectroShield** не было заземлено, можно было измерить местный существующий потенциал напряжения с помощью электрического зонда поля.

При заземлении слоя краски прибор для измерения силы электрического поля показал под слоем краски величину силы поля 10 В/м при однослойном нанесении (ослабление на 1/100). Это соответствует затуханию поля 40 дБ.

При двойном слое электрическая сила поля уменьшилась с 1000 В/м всего до 8 В/м (ослабление на 1/125). Здесь величина затухания электрического поля составляет 42 дБ.

Экранирующее затухание электрических полей действительно и для других низких частот, например, 16,6 Гц на электрической железной дороге в Германии, Австрии и Швейцарии или 60 Гц в США, а также для частоты 400 Гц, которая часто используется в качестве частоты бортовой сети на кораблях и самолетах.

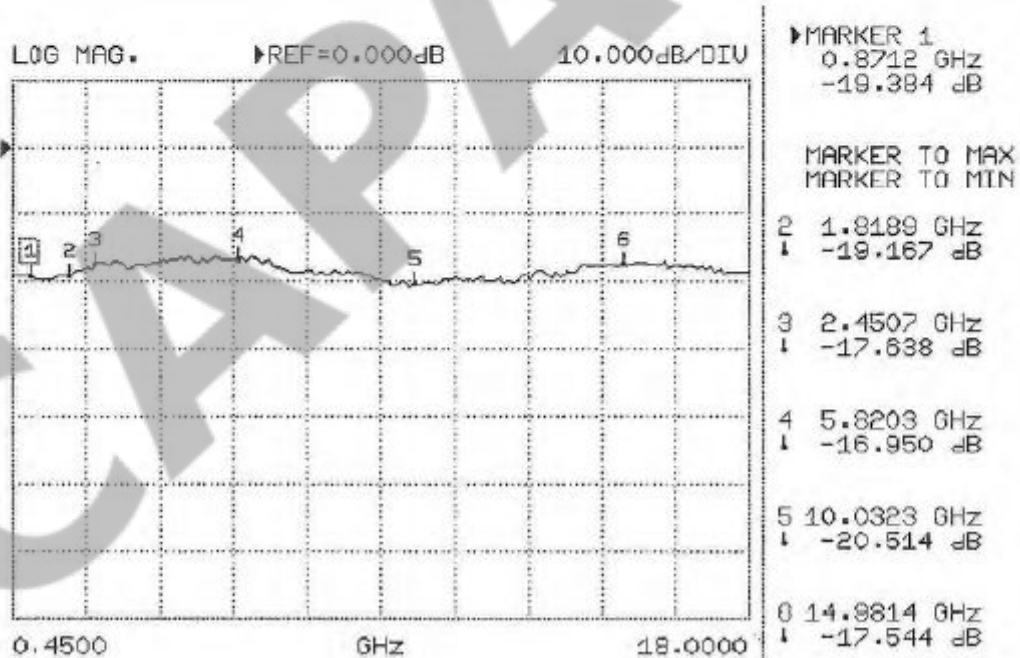
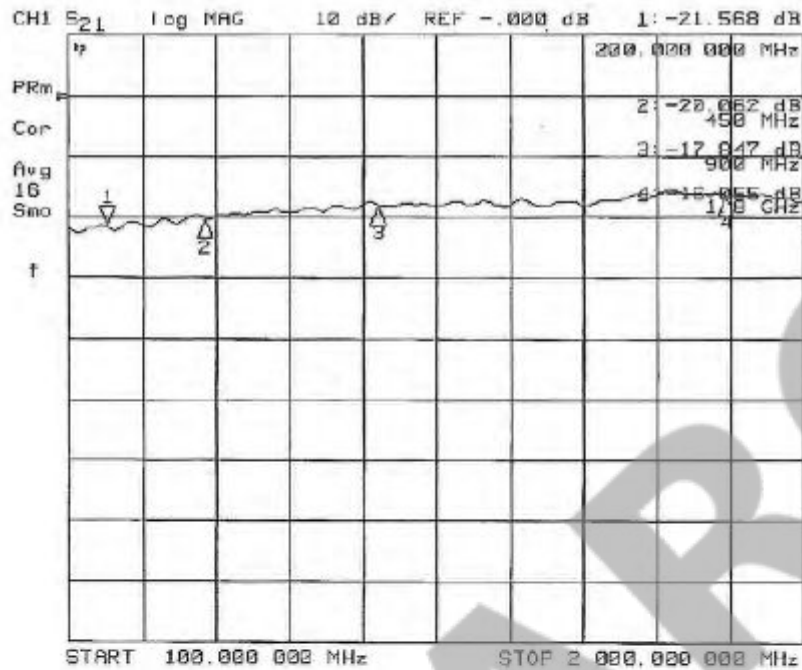

Prof. Dipl.-Ing. P. Pauli

Измерительный объект 1А:

Специальная краска ElectroShield, однослойное покрытие, расход 160 мл/м²

Верхний график измерений 100 МГц – 2000 МГц, поляризация 360°,

нижний график измерений 450 МГц – 18 ГГц, VP – вертикальная поляризация

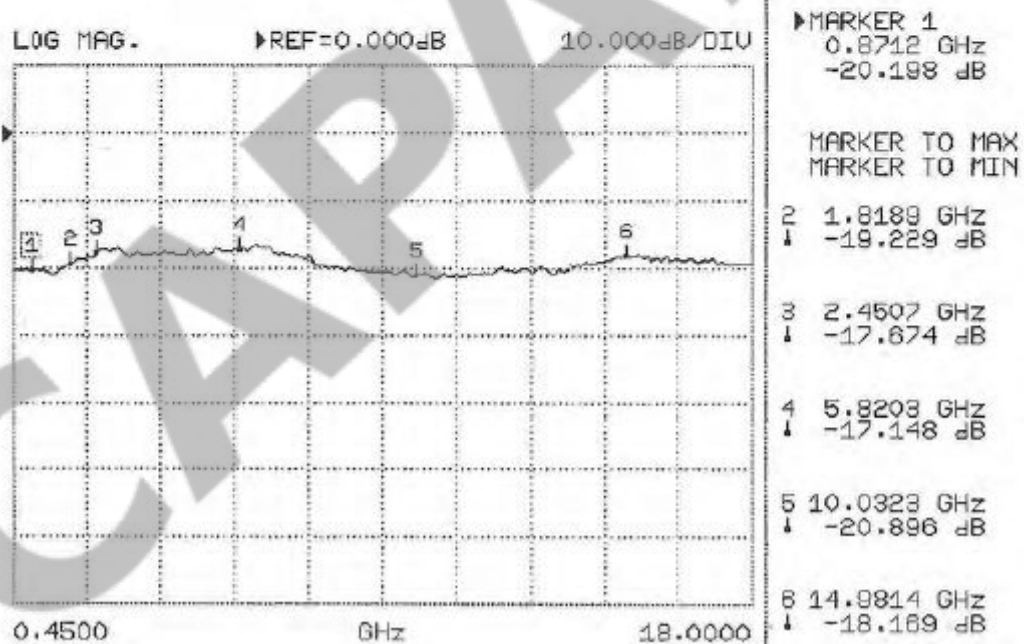
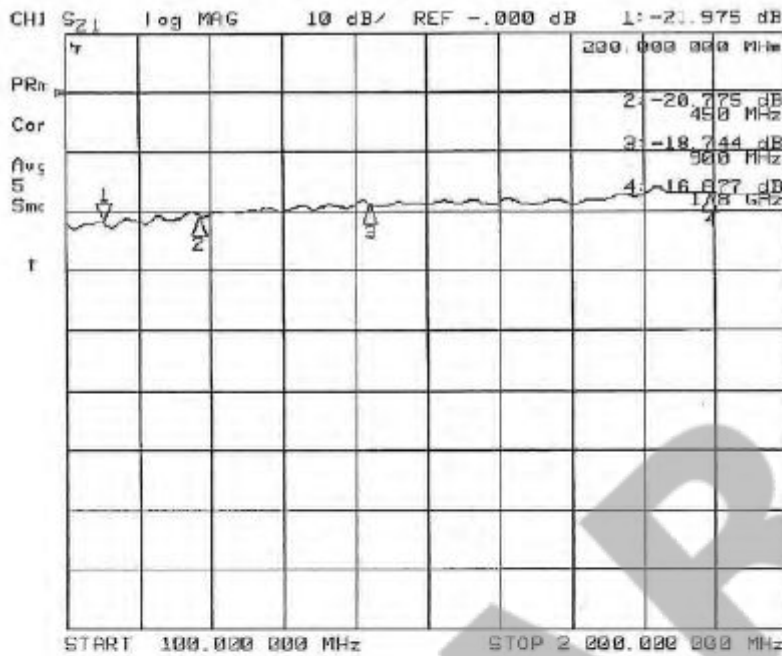


Измерительный объект 1В:

Специальная краска ElectroShield, однослойное покрытие, расход 160 мл/м²

Верхний график измерений 100 МГц – 2000 МГц, поляризация 360°,

нижний график измерений 450 МГц – 18 ГГц, VP – вертикальная поляризация

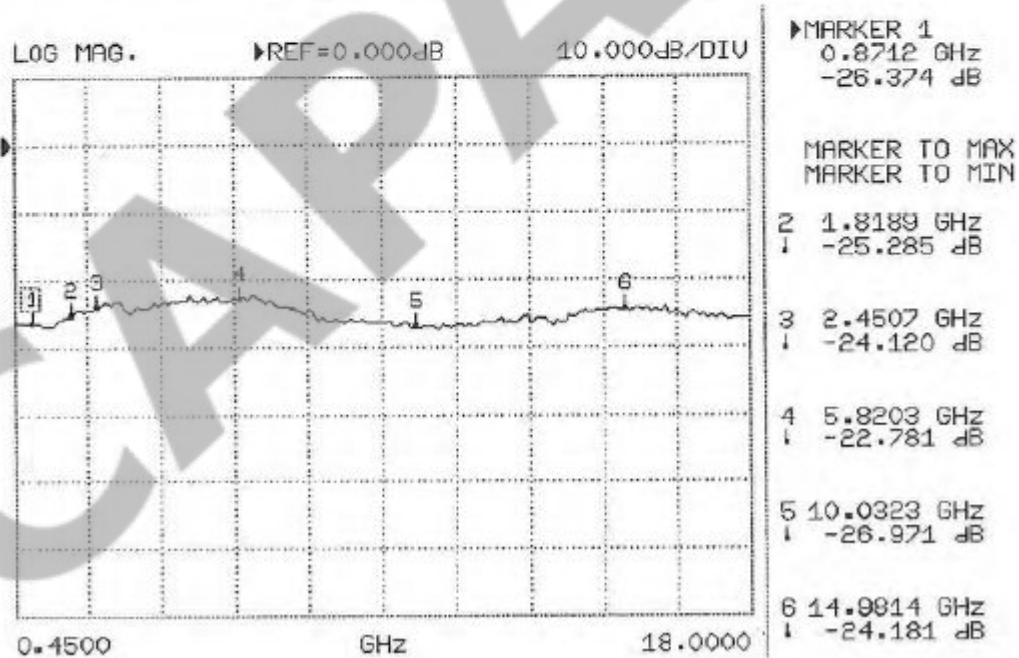
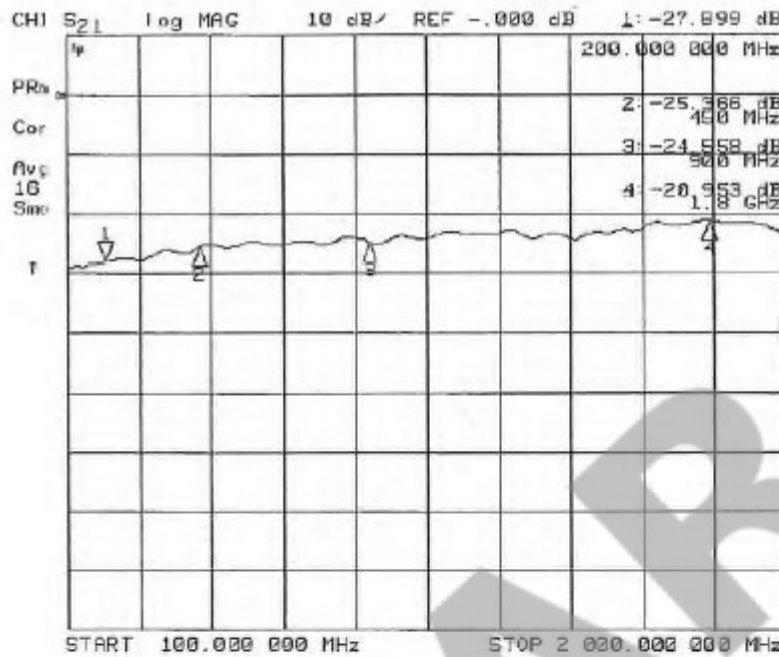


Измерительный объект 2А:

Специальная краска ElectroShield, двухслойное покрытие, расход 320 мл/м²

Верхний график измерений 100 МГц – 2000 МГц, поляризация 360°,

нижний график измерений 450 МГц – 18 ГГц, VP – вертикальная поляризация

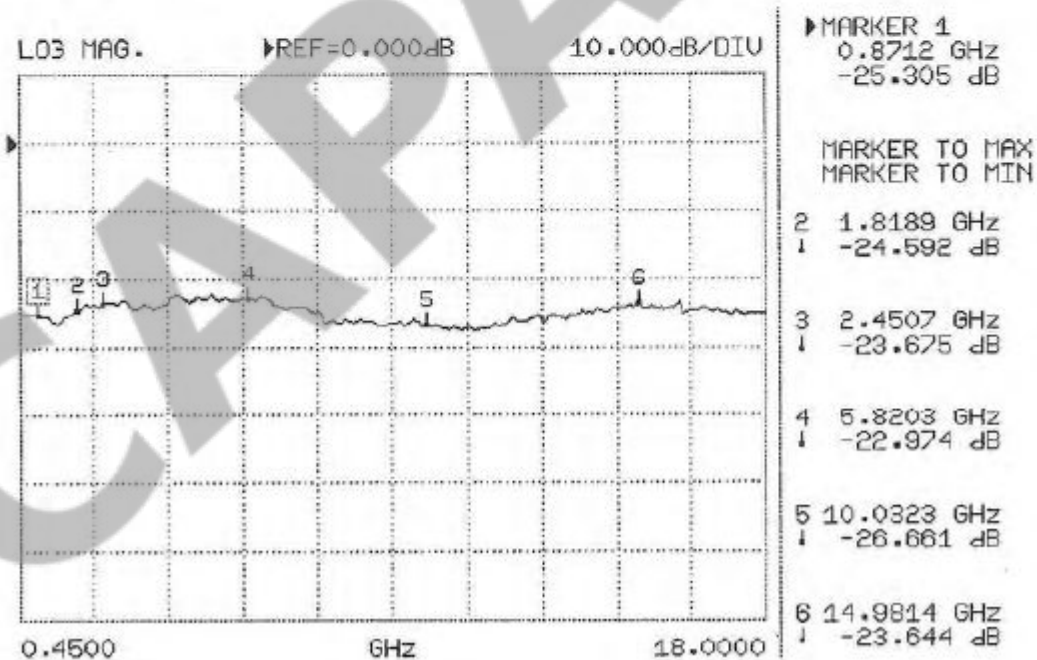
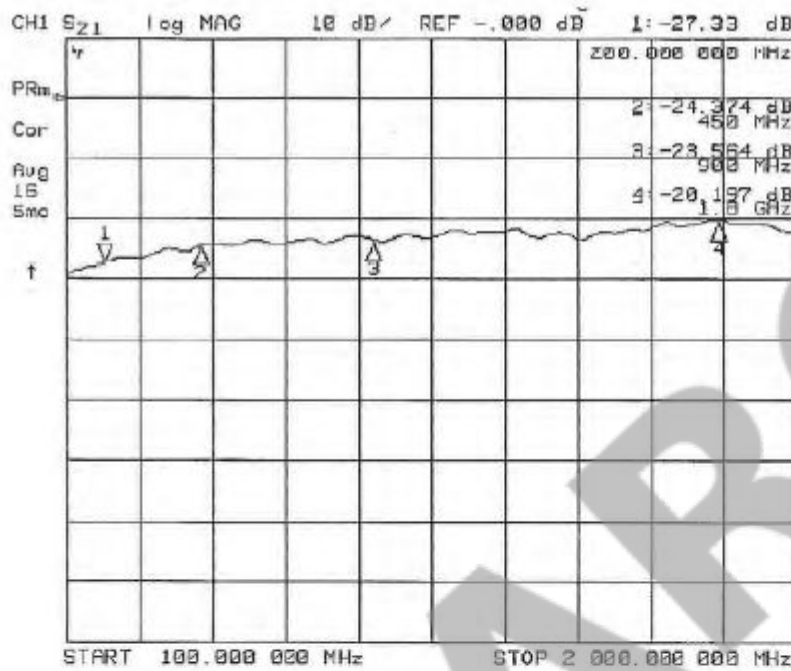


Измерительный объект 2В:

Специальная краска ElectroShield, двухслойное покрытие, расход 320 мл/м²

Верхний график измерений 100 МГц – 2000 МГц, поляризация 360°,

нижний график измерений 450 МГц – 18 ГГц, VP – вертикальная поляризация



CAPAROL