



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»

КАФЕДРА «Технология приборостроения (РЛ6)»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

*«Проектирование конструкции микрополоскового
детектора»*

Студент РЛ6-61
(Группа)

(Подпись, дата)

Филимонов С. В.
(И. О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

Федоркова Н.В.
(И. О. Фамилия)

2023 г.

Оглавление

1	Принцип работы устройства.	3
2	Синтез топологии платы в программе AWR Design Environment 2009.	6
3	Расчет рабочих параметров.	11
4	Анализ влияния ПД на параметры диода на рабочие характеристики устройства.	12
5	Технология изготовления.	13

1 Принцип работы устройства.

Амплитудный детектор – это устройство, предназначенное для получения на выходе напряжения, изменяющегося в соответствии с законом модуляции амплитуды входного гармонического сигнала. Процесс детектирования амплитудно-модулированных (АМ) сигналов вида

$$U_c(t) = u_a(t) \cdot \cos(\omega_c \cdot t), \text{ где } u_a(t) = U_c[1 + m_a x(t)],$$

где $m_a < 1$ - коэффициент глубины модуляции, U_c амплитуда несущего колебания с частотой ω_c , заключается в воспроизведении модулирующего сообщения $x(t)$ с наименьшими искажениями. Спектр сообщения $x(t)$ сосредоточен в области низких частот (частот модуляции), а спектр сигнала $U_c(t)$ – в области частоты ω_c , значение которой обычно намного превышает значение наивысшей частоты модуляции. Преобразование спектра при демодуляции возможно только в устройствах, выполняющих нелинейное или параметрическое преобразование входного сигнала $U_c(t)$. В качестве подобного устройства может быть использован диод или транзистор.

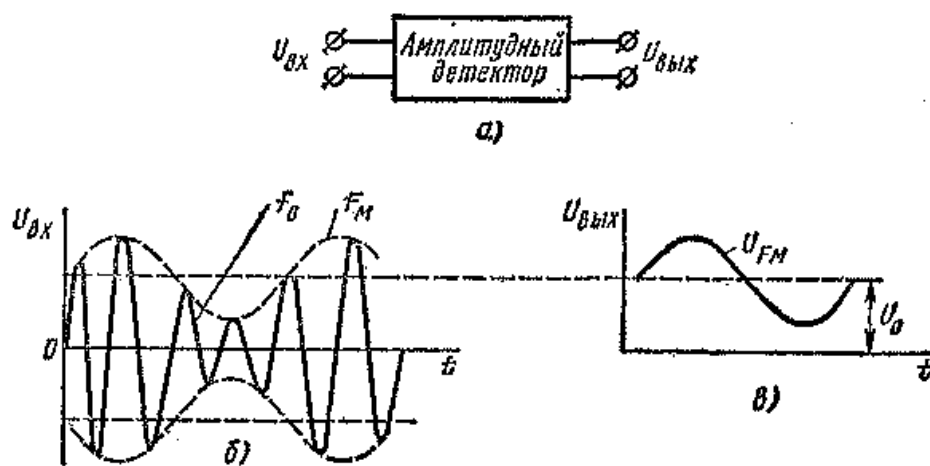


Рис. 13.1. Графики, поясняющие результат детектирования АМС

Рисунок 1.1 – Принцип работы детектора.

При использовании нелинейного устройства, обладающего квадратичной вольт-амперной характеристикой, выходной ток имеет вид

$$i = Bu_c^2(t) = Bu_a^2(t)[0.5 + 0.5\cos(2\omega_c t)],$$

где B - постоянный коэффициент. После устранения фильтром низких частот (ФНЧ) составляющей с частотой $2\omega_c$ получим

$$i = 0.5BU_c^2[1 + 2m_ax(t) + m_a^2x^2(t)].$$

В этом токе содержится составляющая вида $BU_c^2m_ax(t)$, пропорциональная передаваемому сообщению, а также составляющая $0.5BU_c^2m_a^2x^2(t)$, которая определяет степень нелинейных искажений модулирующего сообщения $x(t)$. Параметрическое преобразование осуществляется путем умножения $U_c(t)$ на опорное колебание, имеющее вид

$$U_0(t) = U_0\cos(\omega_ct).$$

В этом случае результат перемножения определяется следующим выражением

$$U_c(t)U_0(t) = u_a(t)U_0[0.5 + 0.5\cos(2\omega_ct)].$$

Составляющая с частотой $2\omega_c$ устраняется ФНЧ и в результате формируется низкочастотный сигнал вида $0.5U_0u_a(t)$. Отделяя постоянную составляющую $0.5U_0U_c$, например, при помощи разделительного конденсатора, получаем сигнал вида $0.5U_0U_c\max(t)$, форма которого определяется передаваемым сообщением $x(t)$.

Амплитудный детектор, выполняемый по микрополосковой технологии, состоит из элемента связи с СВЧ-трактом (согласующего устройства), диода, ФНЧ и вывода сигнала на НЧ.

Значение тока через диод i_g для режима покоя ($u_c(t) = 0$) может быть найдено из уравнений

$$\begin{cases} i_g = f(U_g) \\ i_g = -\frac{u_{\text{ВЫХ}}}{R_{\text{Н}}} \end{cases}$$

где U_g – напряжение на диоде. Первое уравнение является уравнением вольтамперной характеристики (ВАХ) диода как безынерционного нелинейного элемента. Из-за нелинейного характера ВАХ, форма тока через диод i_g при синусоидальной форме сигнала $U_c(t)$ не является синусоидальной. В составе тока появляется постоянная составляющая, которая, протекая по резистору $R_{\text{Н}}$, создает падение напряжения U_g , смещающая положение рабочей точки. При увеличении амплитуды входного напряжения смещение рабочей точки увеличивается, и ток через диод будет приближаться по форме к однополярным импульсам, открывающим диод при положительных значениях входного напряжения.

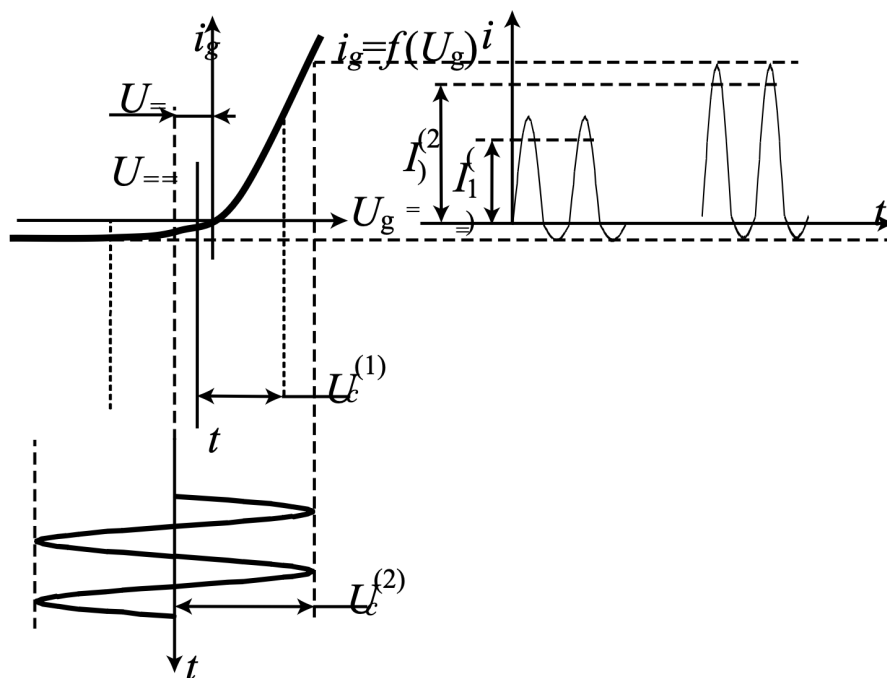


Рисунок 1.2 – Детектирование АМ сигналов.

На рисунке 1.2 приведены формы напряжений и токов на входе детектора для двух случаев, когда амплитуды входных сигналов удовлетворяют неравенству $U_c(1) < U_c(2)$. Тогда постоянные составляющие напряжений $U_c(1) < U_c(2)$ и $I_c(1) < I_c(2)$. На этом же рисунке изображена зависимость $i_g = f(t)$.

Вольтамперная характеристика диода в широком диапазоне токов достаточно точно аппроксимируется экспоненциальной зависимостью

$$i_g = I_{об}(e^{u_g(t)/\phi_T} - 1),$$

где $I_{об}$ – абсолютное значение величины обратного тока диода, ϕ_T – температурный потенциал, равный при $T = 293^\circ$ примерно 26 мВ. Из этой зависимости следует, что

- с увеличением R_n увеличивается крутизна детекторной характеристики,
- с увеличением уровня сигнала снижается нелинейность детекторной характеристики.

Из этого следует, что диодный детектор работает в двух режимах когда на вход поступает «слабый» сигнал и когда – «сильный». В режиме «слабого» сигнала характеристика диода аппроксимируется квадратичной зависимостью, в режиме сильных токов – линейной зависимостью.

2 Синтез топологии платы в программе AWR Design Environment 2009.

Амплитудный детектор, выполняемый по микрополосковой технологии, состоит из копланарной линии, диода, фильтра и вывода сигнала на НЧ. Т.к. информационный сигнал имеет частоту в полосе от 7700 МГц до 8300 МГц, как следует из условия, нужно использовать полосно-пропускной фильтр.

Параметры диода и подложки выбираются по техническому заданию. Подложка – поликор ($\epsilon_r = 9.8$; $T_{and} = 0.001$). Диод – 3A206A-6 [9].

Электрические параметры

Чувствительность по току при $P_{pd} = 10$ мкВт, $\lambda = 3,2$ см, $I_{pr} = 20$ мкА, $r_{посл} = 30$ Ом, не менее:	
$T = +25$ °C	3,5 мкА/мкВт
$T = +125$ °C	2,5 мкА/мкВт
$T = -60$ °C	3 мкА/мкВт
Коэффициент стоячей волны по напряжению при $P_{pd} = 10$ мкВт, $\lambda = 3,2$ см, $I_{pr} = 20$ мкА, не более	
	2,4
Выходное шумовое отношение	0,6...1,5
Дифференциальное сопротивление при $I_{pr} = 20$ мкА, $f' = 1$ кГц, не более	
	2 кОм
Тангенциальная чувствительность, не менее	54 дБ · м
Общая емкость	0,14...0,35 пФ
Емкость перехода	0,09...0,26 пФ
Емкость держателя	0,05...0,09 пФ
Индуктивность диода	1,2...1,8 нГн

Рисунок 2.1 – Параметры диода 3A206A-6.

Рассчитаем детектор в программе AWR Design.

Для расчёта копланарной линии с $R=50$ Ом прибегнем к помощи инструмента TXLine.

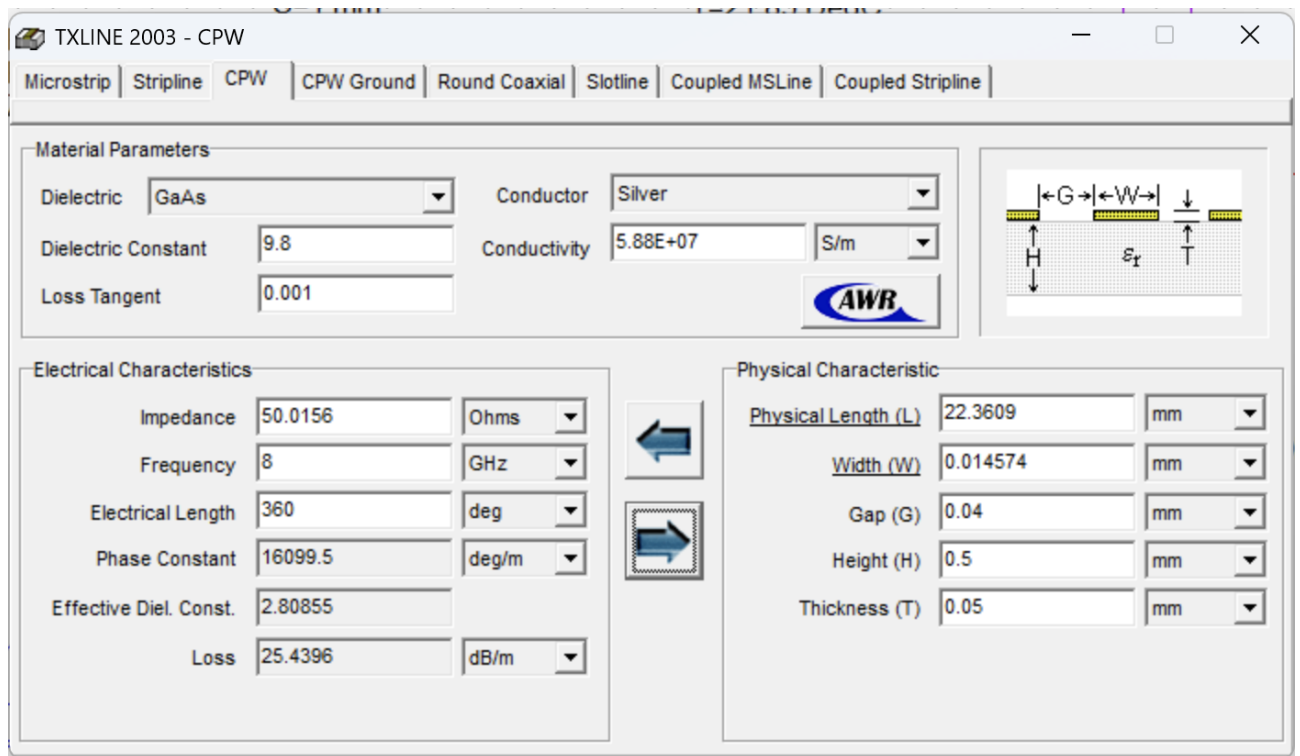


Рисунок 2.2 – Результат расчёта копланарной линии.

Заметим, что результаты вычисления копланарной линии не удовлетворяют нас по предельным возможностям технологий. Введём изменение – уменьшим толщину проводящего слоя до 10 мкм.

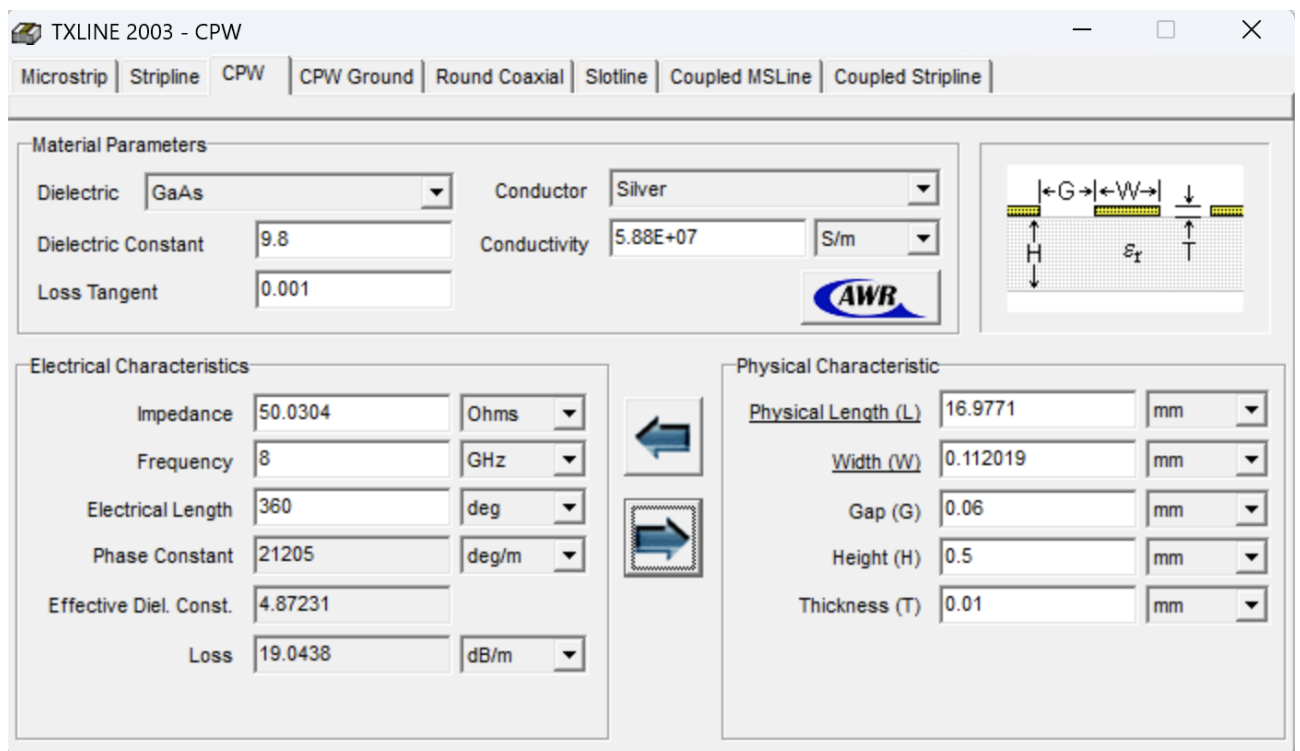


Рисунок 2.3 – Откорректированные результаты расчёта.

Введём полученные значения в схему.

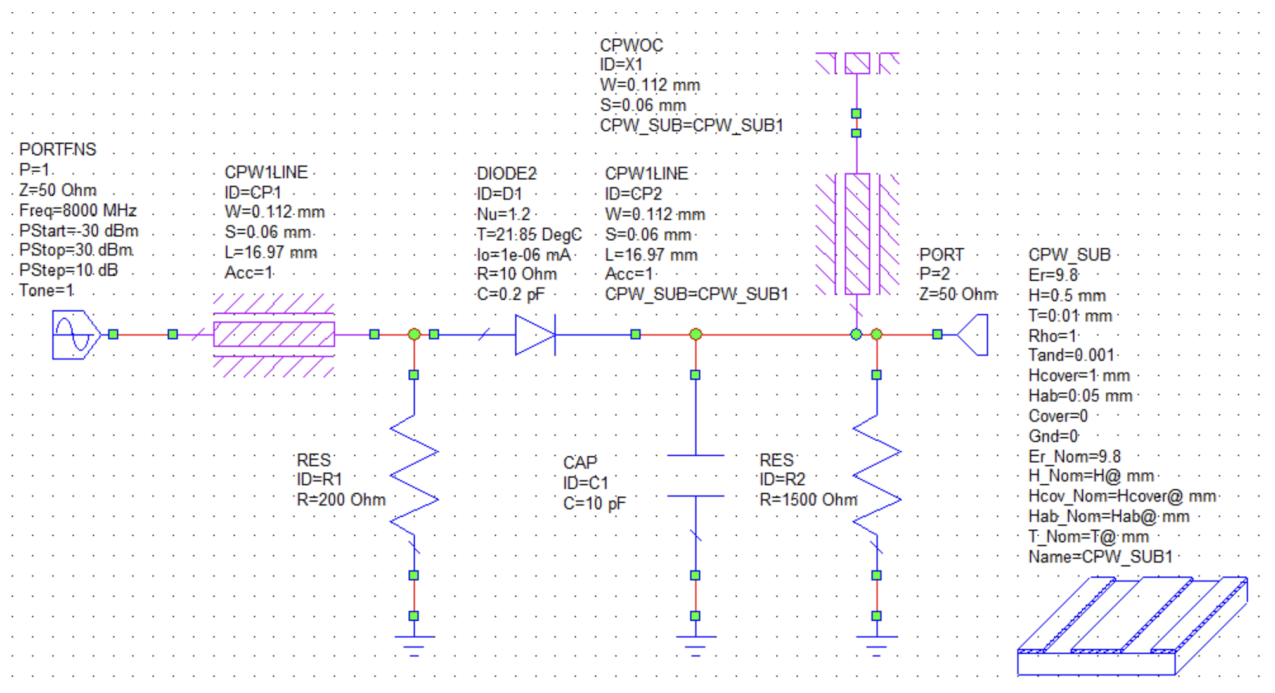


Рисунок 2.4 – Схема с обновленными параметрами.

Построим график передачи мощности.

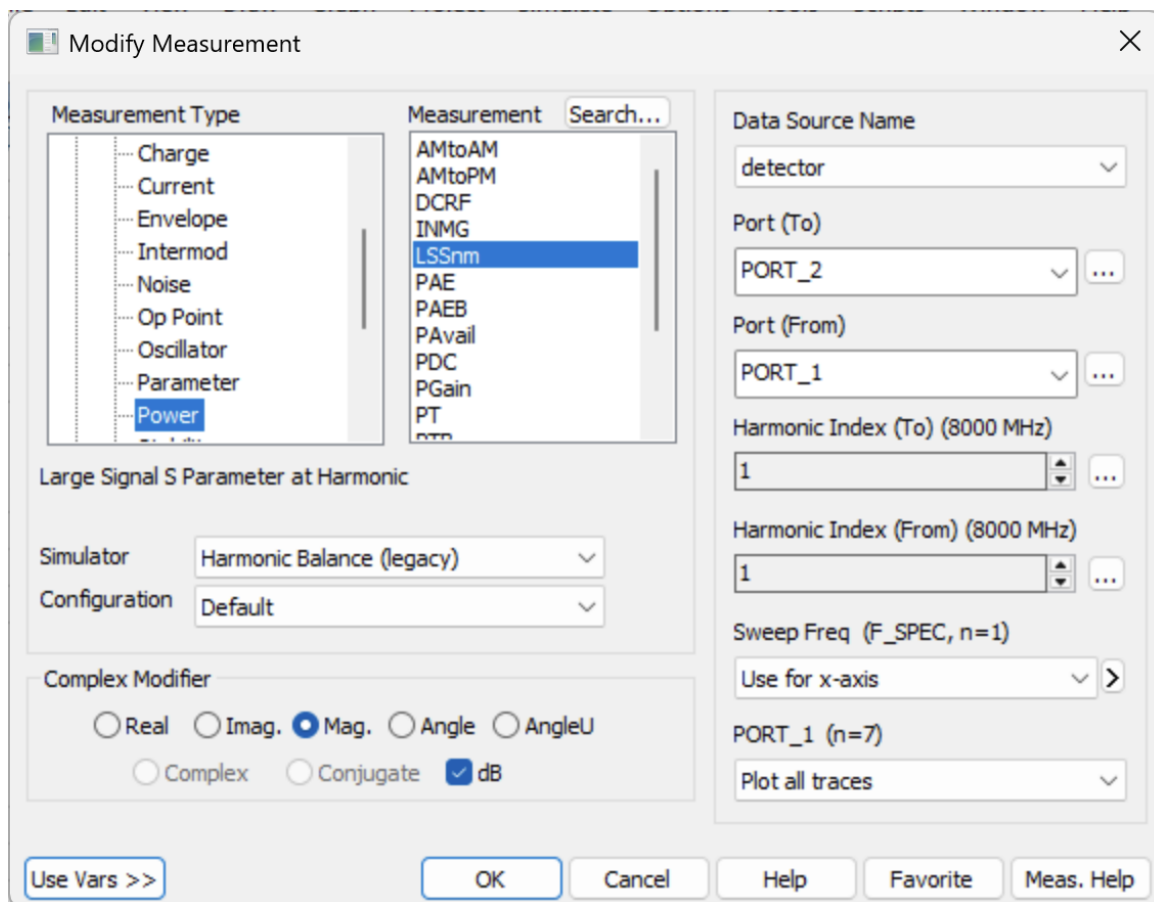


Рисунок 2.5 – Параметры графика.

В результате получим:

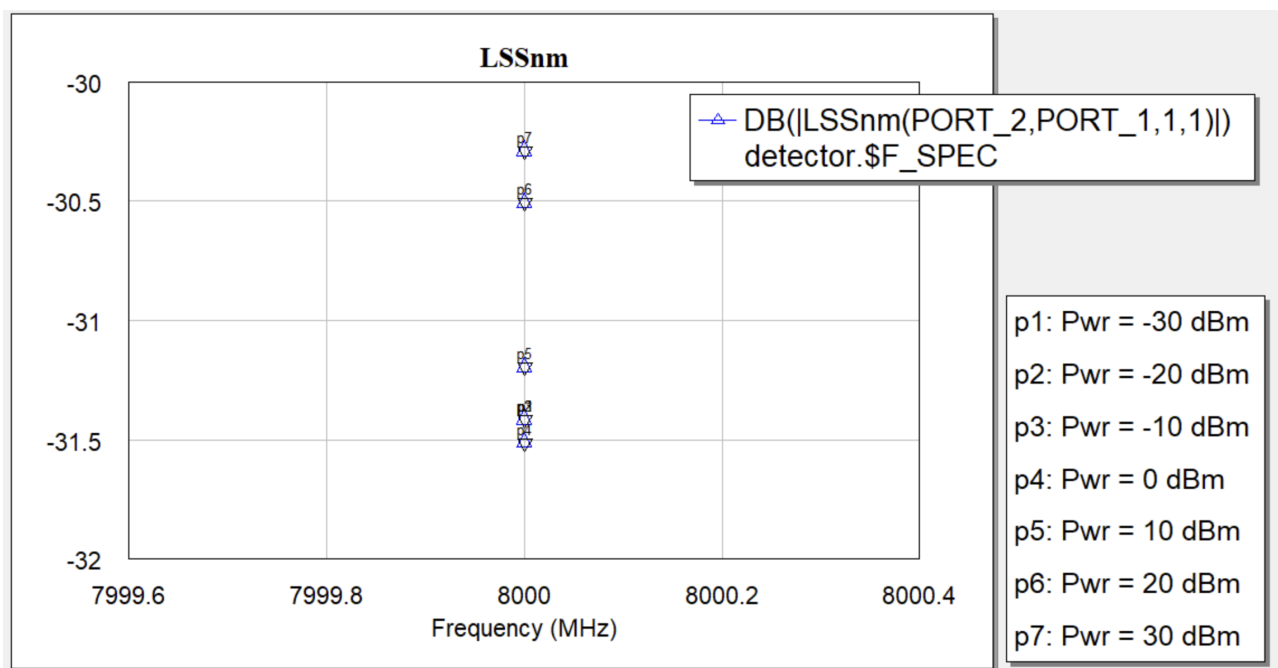


Рисунок 2.6 – График LSSnm.

Найдём S-параметры. Для этого заменим порт PORTFNS на порт PORT_PS1.

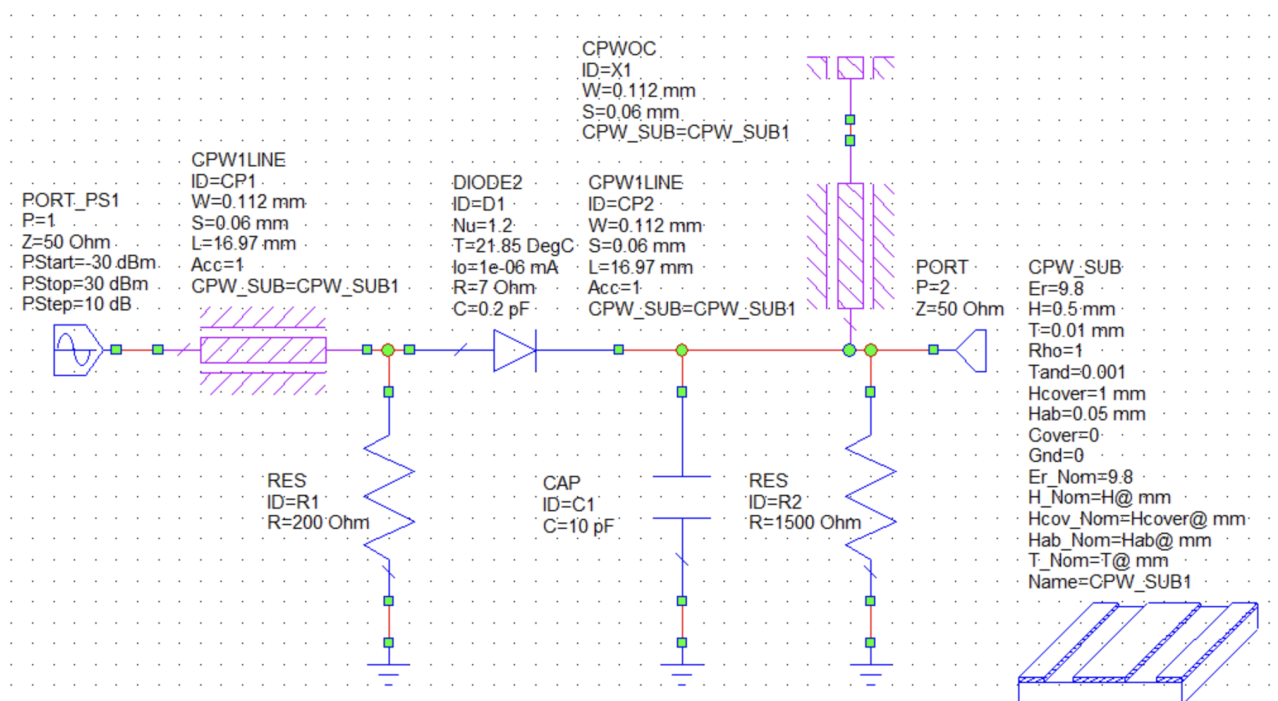


Рисунок 2.7 – Схема с изменённым портом №1.

Построим график передачи мощности.

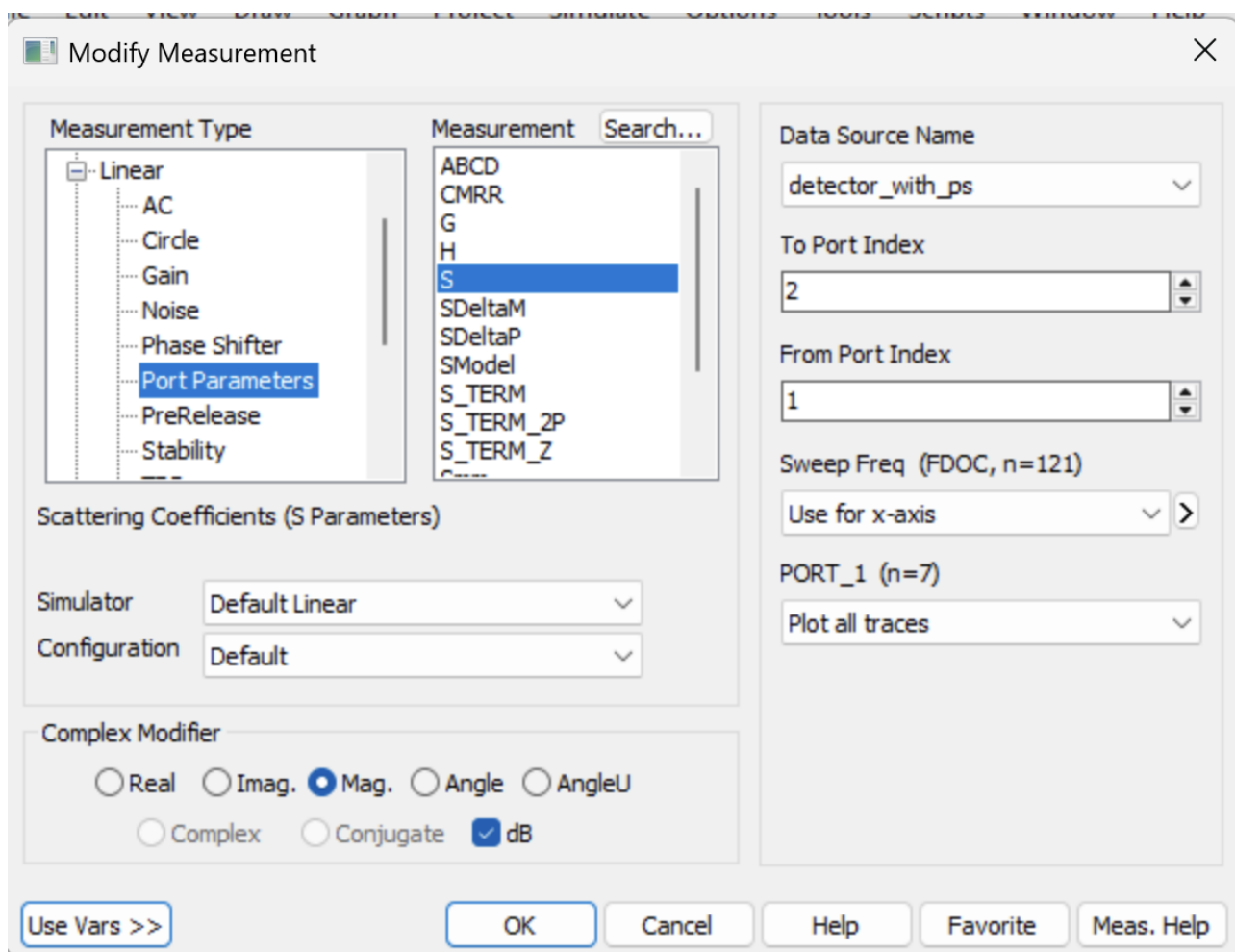


Рисунок 2.8 – Параметры графика.

В результате получим:

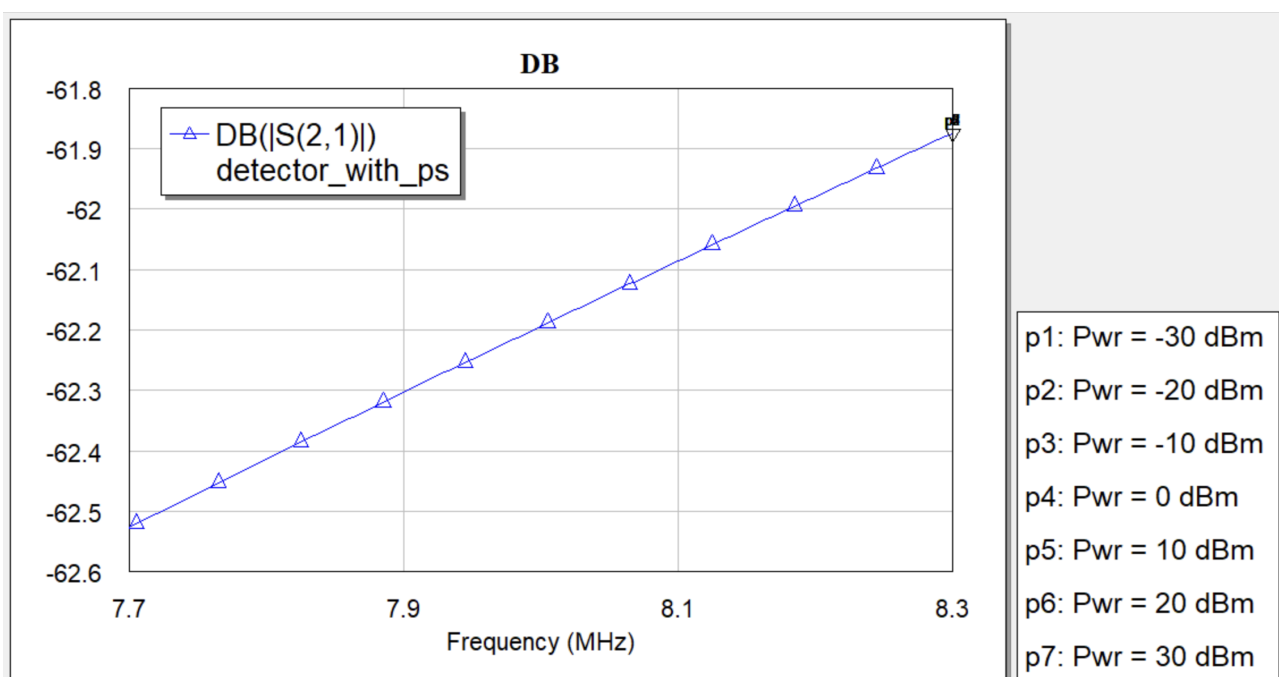


Рисунок 2.9 – График DB.

3 Расчет рабочих параметров.

4 Анализ влияния ПД на параметры диода на рабочие характеристики устройства.

5 Технология изготовления.

Список литературы

- [1] Твердотельные устройства в технике связи/ Л.Г. Гассанов и др. – М.: Радио и связь, 1988.
- [2] Малорацкий Л.Г., Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ., М., «Сов. Радио», 1976.
- [3] Бушминский И.П., Гудков А.Г., Дергачев В.Ф. Конструкторское проектирование микросхем СВЧ: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1991, 225 с.
- [4] Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / С.И.Бахарев, В.И.Вольман и др.: Под. ред. В.И.Вольмана. М.: Радио и связь, 1982, 328 с.
- [5] Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды. Справочник /Б.А. Наливайко и др. Под ред. Б.А. Наливайко. – Томск: МГП «РАСКО», 1992.
- [6] ГОСТ 2.734 – 68. Обозначения условные графические в схемах. Линии сверхвысокой частоты и их элементы.
- [7] ОСТ 107.750 878.002 – 87 Технология изготовления толсто пленочных плат.
- [8] Изображение с рисунка 1.1
- [9] 3A206A-6 параметры диода