

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАССЕЯНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ТРАССИРОВКУ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЦЕПЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Проектирование современных цифровых устройств предполагает использование различных стандартов интерфейсов, таких как *USB, CAN, Ethernet, LVDS* и т.д. Данные интерфейсы используют дифференциальную передачу сигналов. При трассировке дифференциальных сигналов необходимо обеспечить заданное волновое сопротивление на всей длине проводника [1, 2]. При расчете волнового сопротивления важную роль играют характеристики применяемого диэлектрика, в частности коэффициент рассеяния (диссипации) [3, 4]. Коэффициент рассеяния – это отношение потерянной в диэлектрике энергии к энергии, накапливаемой в диэлектрике за один цикл [4].

Моделирование зависимости ключевых параметров (ширины проводников и расстояния между ними) дифференциальной пары от коэффициента рассеяния диэлектрического материала было выполнено в программе *HyperLynx*. Исследование выполнялось для дифференциальной пары с

волновым сопротивлением в 100 Ом, которая растрассирована на верхнем слое десятислойной печатной платы. Исходный стек слоев представлен в [5].

Для расчета параметров дифференциальной пары помимо стека слоев необходимо учитывать диэлектрическую константу материала препрега, ядра и маски печатной платы. Согласно [6], используемый материал препрега 2x1080 в зависимости от коэффициента рассеяния и частоты может иметь шесть различных значений диэлектрической константы. Первое исследование проводилось для препрега 2x1080 $Er = 4,11$, что соответствует частоте 100 МГц. Стек слоев исследуемой печатной платы в программе *HyperLynx* с заданными параметрами приведен на рисунке 1.

Layer Name	Usage	Thickness mils	Er	DF 20 GHz	Width mils	Gold mils	Z0 Curve
1	Solder Mask	0.3	1.5				
2	Prep Layer	1.37	4.11	100			
3	1080_1	Substrate	6	4.11			
4	Inner_1	Plane	1.37	4.11	100		Vers
5	Core_1	Substrate	5	4.3			
6	Inner_2	Signal	1.37	4.11	100		Vers
7	1080_2	Substrate	6	4.11			
8	Inner_3	Plane	1.37	4.11	100		Vers
9	Core_2	Substrate	5	4.3			
10	Inner_4	Plane	1.37	4.11	100		Vers
11	1080_3	Substrate	6	4.11			
12	Inner_5	Signal	1.37	4.11	100		Vers
13	Core_3	Substrate	5	4.3			
14	Inner_6	Plane	1.37	4.11	100		Vers
15	1080_4	Substrate	6	4.11			
16	Inner_7	Signal	1.37	4.11	100		Vers
17	Core_4	Substrate	5	4.3			
18	Inner_8	Plane	1.37	4.11	100		Vers
19	1080_5	Substrate	6	4.11			
20	Bottom_Layer	Signal	1.37	4.11	100		Vers
21	Solder Mask	0.3	1.5				

Рисунок 1 – Стек слоев печатной платы при частоте 100 МГц

Используя только функционал настройки стека слоев печатной платы в *HyperLynx*, можно получить график зависимости ширины проводников дифференциальной пары от расстояния между ними.

Для дальнейших исследований был использован тот же стек слоев ПП в *HyperLynx*, но с различными значениями диэлектрической константы [6]. Моделирование зависимости ширины проводников дифференциальной пары от расстояния между ними при частоте в 10 ГГц не проводилось, поскольку значение диэлектрической константы в данном случае соответствует Dk при частоте 5 ГГц.

Полученные зависимости при частотах в 100 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц и 5 ГГц представлены на рисунке 2.

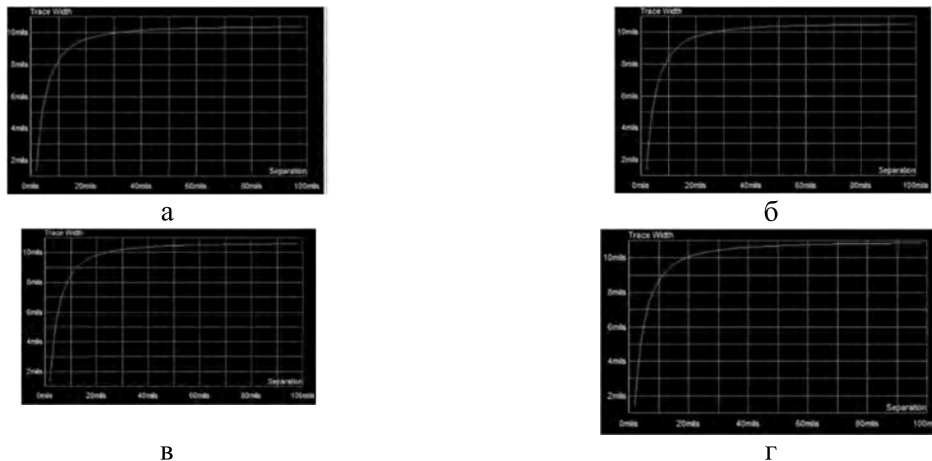


Рисунок 2 – Зависимость ширины проводников дифференциальной пары от расстояния между ними при частоте в 100 МГц (а), 1 ГГц (б), 2 ГГц (в), 5 ГГц (г)

Таким образом, в результате исследований было установлено, что для соблюдения волнового сопротивления дифференциальной пары при трассировке печатной платы необходимо учитывать значение коэффициента рассеяния материала диэлектрика. Данный коэффициент оказывает влияние на значение диэлектрической константы препрега, которая, в свою очередь, является одним из основных параметров для расчета ключевых параметров дифференциальной пары.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alexseev, V. Methods of differential pair's impedance calculation considering the parameters of the printed pattern and the PCB stackup in HyperLynx and Polar SI9000 / V. Alexseev, A. Horbach, K. Khutarnaya // Slovak international scientific journal. – 2020. – Vol. 1, N 37. – P. 18–23.

Информационные технологии и инфокоммуникации

2. Кечиев, Л.Н. Математические модели для расчета значений волнового сопротивления микрополосковых линий передачи [Электронный ресурс] / Кечиев Л.Н. [и др.]. – Режим доступа: <https://elcut.ru/publications/kechiev2.pdf>. – Дата доступа: 26.01.2020.
3. Texas Instruments – High-Speed Interface Layout [Электронный ресурс]. – <https://www.ti.com/lit/an/spraar7h/spraar7h.pdf>. – Дата доступа: 14.09.2020.
4. Справочник по ключевым техническим характеристикам высокочастотных материалов для производства печатных плат [Электронный ресурс]. – <http://www.elm.ru/editor/upload-files/spravochnik.pdf>. – Дата доступа: 14.09.2020
5. Multi-Layer PCB Stackup: .062 Finished Thickness [Электронный ресурс]. – <https://www.4pcb.com/pcb-stack-ups-0.062.html> – Дата доступа: 14.09.2020
6. PCB Material Selection for RF, Microwave and Millimeter-wave Design [Электронный ресурс]. – <https://www.isola-group.com/wp-content/uploads/PCB-Material-Selection-for-RF-Microwave-and-Millimeter-wave-Designs-1.pdf>. – Дата доступа: 14.09.2020