

УДК 658.512.26, 621.3.049.7

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ОСНОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА СОБСТВЕННУЮ ЧАСТОТУ КОНСТРУКЦИИ

Балаханов А.А., Абрамчук А.В., Адамович Н.М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Горбач А.П. – магистр техн.наук, ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. Рассмотрены наиболее распространенные типы материалов для изготовления печатных плат. Проведен сравнительный анализ влияния данных материалов на собственную частоту печатной платы. Даны рекомендации по выбору материала печатной платы.

Ключевые слова: материал печатной платы, частотные характеристики, фенолформальдегидная смола, полиимид, полиэфир, тефлон.

Введение. Печатные платы используются в различных областях промышленности и науки. Базовые материалы, которые используются для создания печатных плат, играют ключевую роль в определении функциональных и электрических характеристик платы.

В процессе эксплуатации и транспортировки печатные платы могут быть подвержены различным механическим нагрузкам, таким как удары и вибрации.

Одним из важных параметров при обеспечении механической прочности конструкции, является обеспечение собственной частоты конструкции. Собственная частота конструкции – это частота, на которой конструкция сама будет колебаться после отклонения от положения равновесия. Одним из параметров, позволяющих обеспечить необходимое значение собственной частоты, является правильный выбор материала основания.

Основная часть. При создании печатных плат используются различные базовые материалы, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и особенности применения. Ниже приведены наиболее распространенные типы материалов для изготовления печатных плат.

1. Фенолформальдегидная смола (ФС)

Фенолформальдегидная смола (ФС) является наиболее распространенным материалом для изготовления печатных плат. Этот материал обладает высокой термостойкостью и прочностью, а также обеспечивает хорошую электроизоляцию. Однако, ФС не имеет высокой диэлектрической постоянной и не подходит для создания высокочастотных плат.

2. Полиимид (PI)

Полиимид (PI) – это материал с высокой термостойкостью, химической стойкостью и прочностью. Он также имеет высокую диэлектрическую постоянную, что делает его хорошим выбором для создания печатных плат, работающих на высоких частотах. Однако, PI дорогой материал, что может повысить стоимость платы [1].

3. Полиэфир (FR-4)

Полиэфир (FR-4) является наиболее распространенным типом материала для создания печатных плат. Он обеспечивает хорошую прочность, термостойкость и электроизоляцию, а также имеет среднюю диэлектрическую постоянную. FR-4 - относительно дешевый материал, что делает его доступным для массового производства печатных плат.

4. Тефлон (PTFE)

Тефлон (PTFE) – это материал с низким коэффициентом диэлектрической потери, что делает его хорошим выбором для создания высокочастотных печатных плат. Он также обеспечивает высокую термостойкость и химическую стойкость. Однако, PTFE - дорогой материал, что может повысить стоимость печатной платы [2].

Важно отметить, что при выборе материала для создания печатной платы необходимо учитывать требуемые характеристики и условия эксплуатации, а также возможные ограничения бюджета и стоимости.

Влияние базовых материалов на частотные характеристики.

Было проведено моделирование собственных частот печатной платы с различными материалами основания. Исследование проводилось в среде *SolidWorks*. Размеры печатной платы составляют 70 x 50 x 1,5 мм. Закрепление осуществлялось вдоль “коротких” сторон печатной платы. Варьируемой характеристикой являлся материал основания. Основные параметры материалов, необходимые для моделирования, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры материалов печатной платы

Материал	Модуль упругости, $E \times 10^9 \text{ Н/м}^2$	Коэффициент Пуассона, ν	Массовая плотность, $\rho \text{ кг/м}^3$
ФС	0,55	0,27	1250
Полиимид	3,0	0,44	1340
FR-4	3,02	0,22	1850
PTFE	0,57	0,45	2200

Одним из наиболее распространенных материалов для изготовления печатных плат является фенолформальдегидная смола (ФС). Она отличается высокой прочностью и устойчивостью к высоким температурам, что позволяет ей использоваться в широком диапазоне приложений. Однако, из-за высокой диэлектрической проницаемости ФС, она имеет ограниченные возможности для работы с высокими частотами [3]. Результат моделирования с использованием данного материала представлен на рисунке 1.

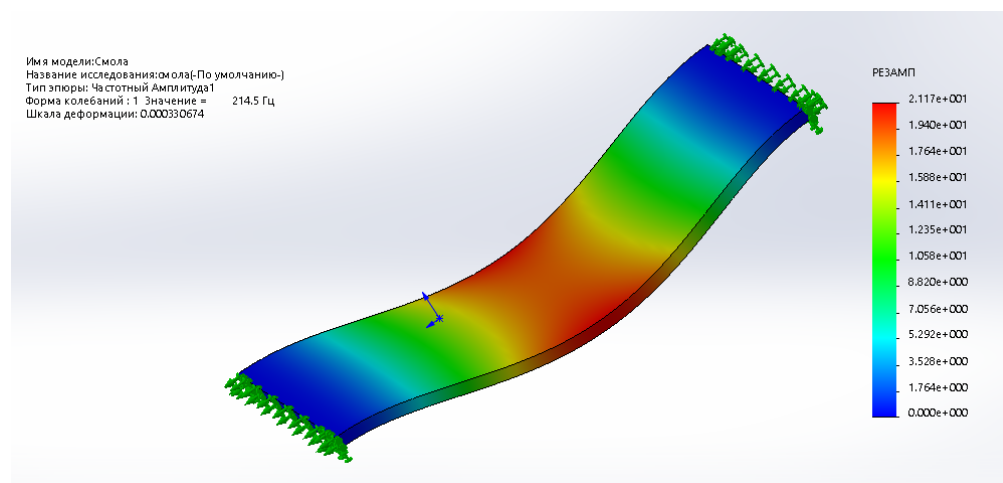


Рисунок 1 – частотный анализ платы (ФС)

Полиимидные материалы (PI), такие как каптон, обычно имеют более высокую температурную стойкость и лучшую диэлектрическую проницаемость, чем ФС, что обеспечивает ему возможность работать в области высоких температур и с высокими частотами. Они также обладают меньшим коэффициентом теплового расширения, что может улучшить совместимость с другими компонентами в системе. Результат моделирования с использованием данного материала представлен на рисунке 2.

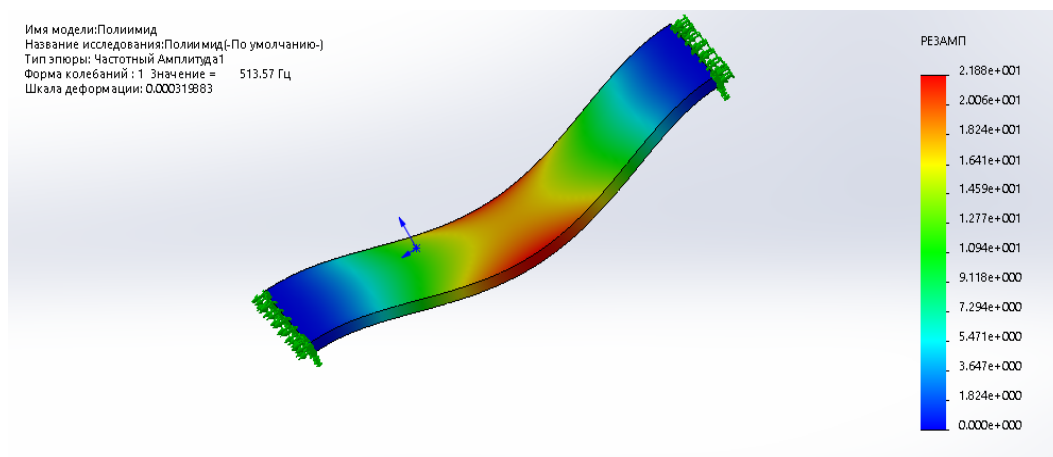


Рисунок 2 – частотный анализ платы

Полиэфирные материалы (*PE*), такие как *FR4*, являются одними из самых распространенных материалов для печатных плат. Они имеют высокую термическую стабильность, низкий коэффициент теплового расширения и хорошую диэлектрическую проницаемость, что позволяет им использоваться в широком диапазоне частот. Однако, диэлектрическая проницаемость *FR4* слишком высока для использования в высокочастотных приложениях [4]. Результат моделирования с использованием данного материала представлен на рисунке 3.

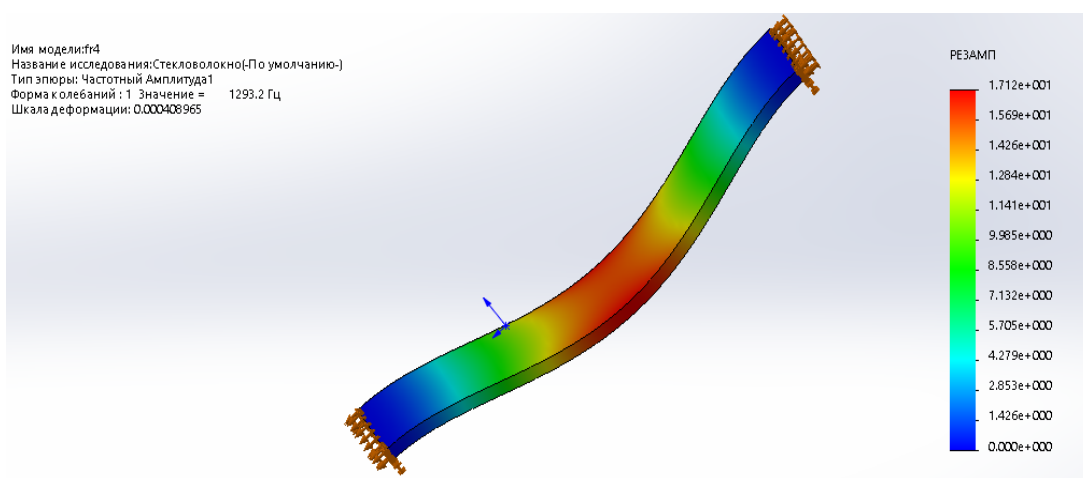


Рисунок 3 – частотный анализ платы

Тефлон (*PTFE*) является материалом с низкой диэлектрической проницаемостью, что делает его идеальным выбором для приложений с высокими частотами. Кроме того, *PTFE* отличается хорошей устойчивостью к температурам и химическим воздействиям. Однако, из-за высокой цены, *PTFE* используется главным образом в высокочастотных приложениях, где требуется высокая производительность [5]. Результат моделирования с использованием данного материала представлен на рисунке 4.

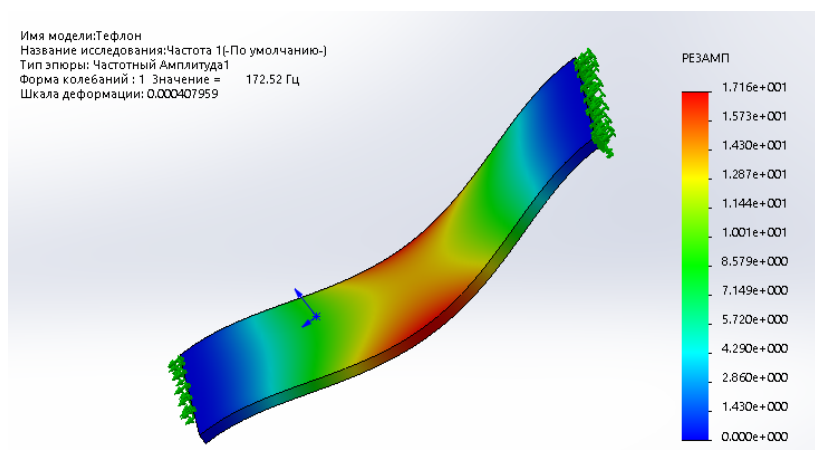


Рисунок 4 – частотный анализ платы

По результатам моделирования получили наименьшую деформацию платы, изготовленную из полиимида, а наибольшую – платы из *FR4*. Наибольшая собственная частота у печатной платы из *ФС*, а наименьшая – у печатной платы из *PTFE*.

Заключение. В рамках проведенного исследования были рассмотрены основные типы материалов для изготовления печатных плат и их влияние на собственную частоту конструкции. На основании результатов моделирования можно сделать вывод, что в условиях, где необходимы обеспечить высокое значение собственной частоты для изготовления печатных плат лучше использовать полиэфирные материалы и материалы на базе фенолформальдегидной смолы. Если же жестких требований к частоте нет, то можно использовать материалы на основе полиимидов и тефлона.

Список литературы

1. Технология изготовления печатных плат / Брусницына Л.А., Степановский Е.И. // Издательство Уральского университета. - 2015. - Екатеринбург.
2. Печатные платы. Конструкции и материалы / Медведев А. // Техносфера. - 2005.
3. Галецкий Ф. П. Характеристики современных технологий печатных плат // Технологическое оборудование и материалы. - 2000. № 12. - С. 16–20.
4. Воробьев З. Н., Ушанова Л. Л., Вишнякова Е. П. и др. Материалы для производства печатных плат // Технология и строительство в электронной аппаратуре. - 1993. № 2. - С. 47–50
5. Дятленко В. А., Киричек В. А. Материалы для изготовления печатных плат // Обмен науч.-техн. опытом в радиопромышленности. - 1985. № 10. - С. 37–40.

UDC 658.512.26, 621.3.049.7

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE BASE MATERIAL OF THE PRINTED BOARDS ON THE NATURAL FREQUENCY OF THE STRUCTURE

Balakhonov A.A., Abramchuk A.V., Adamovich N.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus;

Horbach A.P. – master of technical sciences, associate professor of the Department of ICSD

Annotation. The most common types of materials for the manufacture of printed circuit boards are considered. A comparative analysis of the influence of these materials on the natural frequency of the printed circuit board has been carried out. Recommendations on the choice of printed circuit board material are given.

Keywords: printed circuit board material, frequency response, phenol-formaldehyde resin, polyimide, polyester, teflon.