

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

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

Каминский Е.С.

Алексеев В.Ф. – канд. техн. наук, доцент

Применение конечно-элементного моделирования позволяет анализировать сложные конструкции РЭС, что является существенным преимуществом по сравнению с классическими аналитическими методами расчета механических процессов возникающих в конструкциях РЭС. Классические методы расчета для расчета используют несколько вариантов закрепления, и только конечно-элементное моделирование позволяет оценить эффективность вибропрочности, в зависимости от способа крепления, и подобрать и применить наиболее эффективные и оптимальные решения при проектировании конструкций РЭС с условием обеспечения защищенности устройства от механических воздействий.

Первый этап – определение собственных частот и форм колебаний. Для обнаружения собственных резонансных частот конструкции РЭС необходимо провести расчет собственных частот и форм колебаний с помощью модального анализа пакета Pro/MECHANICA. Модальный (Modal) анализ собственных частот и вынужденных форм колебаний. Для этого анализа задаются следующие исходные данные:

-*граничные условия*;

-*диапазон частот*, в котором анализируются частоты и формы вынужденных колебаний, Гц. Значение выбирается в нормативно-технической документации, в зависимости от степени жесткости, при этом его значение необходимо указать в два раза выше, для удобства анализа полученных результатов [1].

Для получения точных результатов используется многопроходная сходимости: степень полиномов – максимум 9, степень сходимости – 10%. Если сходимости не будет достигнута, рекомендуется увеличить частоту сетки конечных элементов.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета собственных частот колебаний

Данные	Значение
Граничные условия	Закрепление в четырех местах
Диапазон частот, Гц	от 0,5 до 400 включ.

Результатами расчета будут частоты собственных (резонансных) колебаний. В заданном диапазоне частот были обнаружены 5 мод колебаний. Первая форма колебаний с частотой 216,9 Гц, представленная на рисунке 1. Так же в диапазоне от 0,5 до 400 Гц найдены еще 4 моды колебаний конструкции печатного узла: 254,61 Гц, 289,69 Гц, 359,89 Гц, 361,83. Это собственные частоты колебаний мод печатного узла, а так же компонентов, обладающие большими массогабаритными показателями и выводами, располагающимися с одной стороны: конденсаторы и светодиоды.

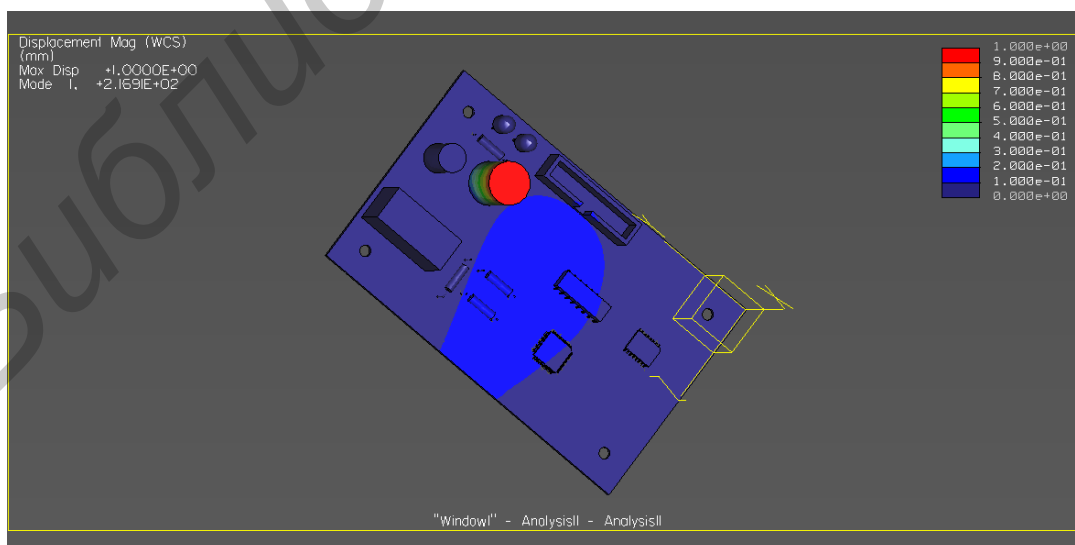


Рисунок 1 – Визуализация расчета среднеквадратических смещений первой моды колебаний печатного узла при анализе собственных резонансных частот

На рисунке 1 представлена визуализация смещений при первой моде собственных колебаний модели конденсатора. Вторая мода колебаний, – первая резонансная частота колебания самой печатной платы.

Остальные три, – резонансные частоты мод колебаний конденсаторов и светодиодов. Как видно из результатов моделирования компоненты конструкции имеющие односторонне направленные выводы имеют заниженное значение собственной резонансной частоты. Модели резисторов и микросхем, напротив, не имеют резонансных частот в исследуемом диапазоне. Микросхемы имеют высокую резонансную частоту из-за низкой массы и большого числа выводов, увеличивающих жесткость крепления к печатной плате.

Таким образом, проведен анализ печатного узла. Выявленные недостатки, а именно, высокие напряжения возникающие при вибрационных воздействиях.

Список использованных источников:

1. Минеев, М.А. PRO/ENGINEER WILDFIRE 2.0/3.0/4.0. Самоучитель. Книга + видеокурс/ М.А. Минеев, Р.Г. Прокиди. – СПб.: Наука и Техника, 2008. – 432с.

## ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЛОЕВ ОКСИДА ЦИНКА

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

Дятчик А. Ю., Романович А.С.

Дик С. К. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Для приборных задач большой интерес представляет ZnO. Оксид цинка благодаря своим уникальным оптическим, акустическим и электрическим свойствам широко применяется в газовых сенсорах, варисторах, устройствах генерации поверхностных акустических волн.

Использование методов IBAD (ионно-ассистированного нанесения) позволяет увеличить плотность упаковки, повысить устойчивость к механическим воздействиям и долговечность, модифицировать напряжения и улучшить стехиометрию тонкопленочных слоев. Отсутствие нагрева подложек позволяет получать различные покрытия на различных поверхностях твердых тел (РИСУНОК 1).

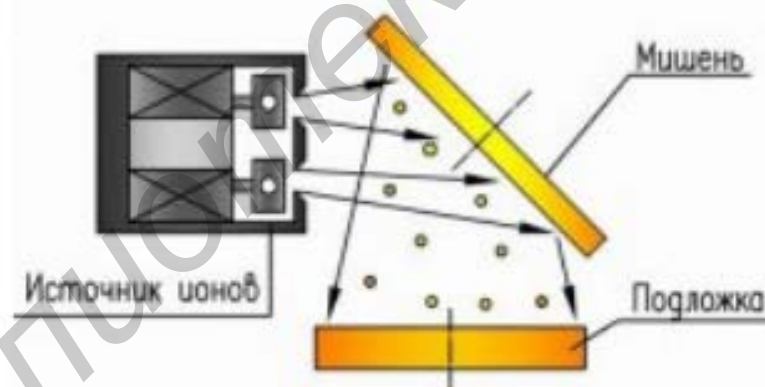


Рисунок 1 – Конфигурация процесса IBAD

Распыление металлической цинковой мишени осуществлялось в среде Ar с различным содержанием реактивного газа ( $O_2$ ). В качестве подложек использовались стекло прозрачное марки М1 и кремниевые подложки.

При нанесении слоев методом ионно-лучевого распыления оксидной мишени проведено две серии экспериментов при различных режимах распыления:

1. Напряжение разряда  $U_d = 4.5$  кВ, ток разряда  $I_d = 120 - 150$  мА; ток соленоида  $I_c = 10$  А; расстояние мишень – подложка 27 см, время нанесения 30 мин.

2. Напряжение разряда  $U_d = 5$  кВ, ток разряда  $I_d = 200$  мА; ток соленоида  $I_c = 10$  А; расстояние мишень – подложка 27 см, время нанесения 20 мин.

Содержание кислорода в  $Ag/O_2$  смеси газов изменялось от 0 до 100 % при общем расходе газов 25 мл/мин. Скорость нанесения пленок оксида цинка из мишени монотонно уменьшалась при увеличении содержания кислорода. При изменении параметров разряда ионного источника скорость нанесения изменялась практически пропорционально мощности разряда.

Спектры оптического пропускания пленок оксида цинка в диапазоне 200 – 900 нм, нанесенных при различном содержании кислорода в  $Ag/O_2$  смеси газов. Для этого пленки наносились на подложки из стекла М1. Средний коэффициент пропускания в видимой области спектра находился на уровне 0,8 – 0,85. Положе-