

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЕМКОСТИ ПЬЕЗОРЕЗОНАТОРА

Ковалёва М.А., Григорьев А.С.

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

Петрович В.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент;

Волчэк С.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

В работе представлены результаты регистрации значения емкости кварцевого пьезорезонатора в диапазоне частот 50кГц-500кГц. В районе резонансной и антирезонансной частот подробно исследовано поведение диэлектрической проницаемости в области основной (80 кГц) и утроенной (240кГц) резонансной и антирезонансной частот, а также за пределами этих частот. На антирезонансных частотах зафиксированы отрицательные значения емкости. Полученные результаты сравниваются с поведением эквивалентной емкости обычного резонансного LC-контура.

С помощью измерителя иммитанса Е7-29 были исследованы следующие характеристики для кварцевого пьезорезонатора: ёмкость в последовательной схеме замещения, тангенс угла потерь, индуктивность в последовательной схеме замещения, активное сопротивление в последовательной схеме замещения, угол фазового сдвига комплексного сопротивления, модуль комплексного сопротивления. На основе анализа этих параметров было установлено, что использованный пьезорезонатор характеризуется наличием резонансных и антирезонансных частот: минимальная основная резонансная частота 80кГц, антирезонансная – 80,013кГц; утроенная резонансная частота - 243,664кГц, антирезонансная – 243,671кГц. Кроме этого, была построена зависимость эквивалентной ёмкости пьезорезонатора за пределами резонансных и антирезонансных частот. Результаты представлены на рисунке 1.

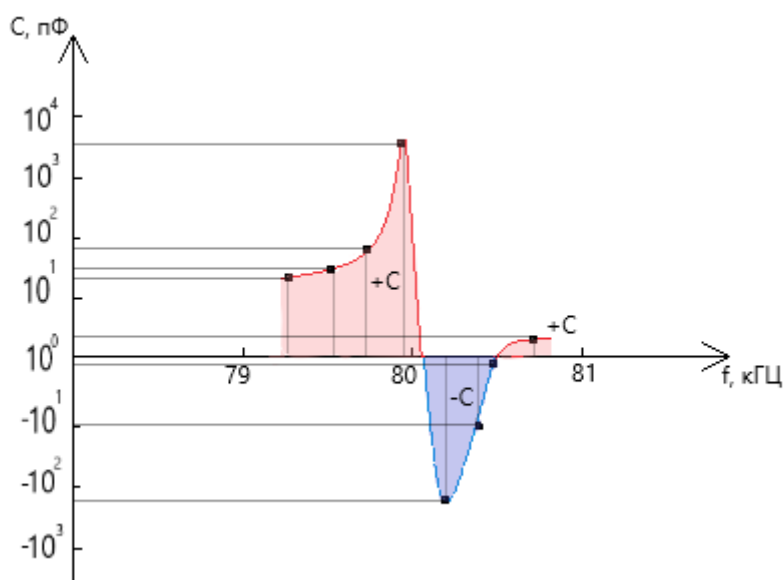


Рисунок 1 – Зависимость эквивалентной ёмкости пьезорезонатора от частоты в области основной резонансной и антирезонансной частоты.

Из рисунка 1 видно, что в области основной резонансной частоты эквивалентная ёмкость увеличивается. Эквивалентная ёмкость зависит от частоты так же, как и диэлектрическая проницаемость. Из рисунка можно судить об изменении диэлектрической проницаемости. Видно, что в области нерезонансных частот ёмкость составляет 25пФ, на резонансной частоте она достигает своего максимума– 1300пФ. В области антирезонансной частоты значения ёмкости, как и диэлектрической проницаемости, уходят в область отрицательных значений – (-180пФ). Зная геометрические размеры исследуемого образца, было установлено, что диэлектрическая проницаемость в области нерезонансных частот равна 3,35. Соответственно, в максимуме эквивалентной ёмкости диэлектрическая проницаемость увеличивается до значения в 476 единиц, а в минимуме до (-66). Возрастание диэлектрической проницаемости на резонансных частотах в 7 раз больше, чем «возрастание» на антирезонансных частотах.

Кроме этого, было зафиксировано, что до резонансной частоты наблюдаются положительные значения емкости, а после антирезонансной частоты значения емкости, при увеличении частоты возвращаются из области отрицательных значений в область положительных значений. Причины возникновения отрицательных значений диэлектрической проницаемости продолжают изучаться.

В сравнении с обычным резонансным LC-контуром (рисунок 2), в котором в области резонансной частоты значение ёмкости приобретает свой положительный максимум равный 25. На антирезонансной частоте значение емкости уходит в область отрицательных значений – (-94). Из рисунка 2 также видно, что при дальнейшем увеличении частоты значения остаются отрицательными. Такое поведение обычного резонансного LC-контра объясняется тем, что конденсатор, присутствующий в колебательном контуре на частотах, ниже резонансной, формирует общее мнимое емкостное сопротивление, это сопротивление и регистрируется как положительное значение эквивалентной емкости. На частотах выше резонансной индуктивное сопротивление контура превышает емкостное. Измеритель иммитанса регистрирует это как отрицательное значение емкости. В пьезоэлектрическом резонаторе такого не наблюдается.

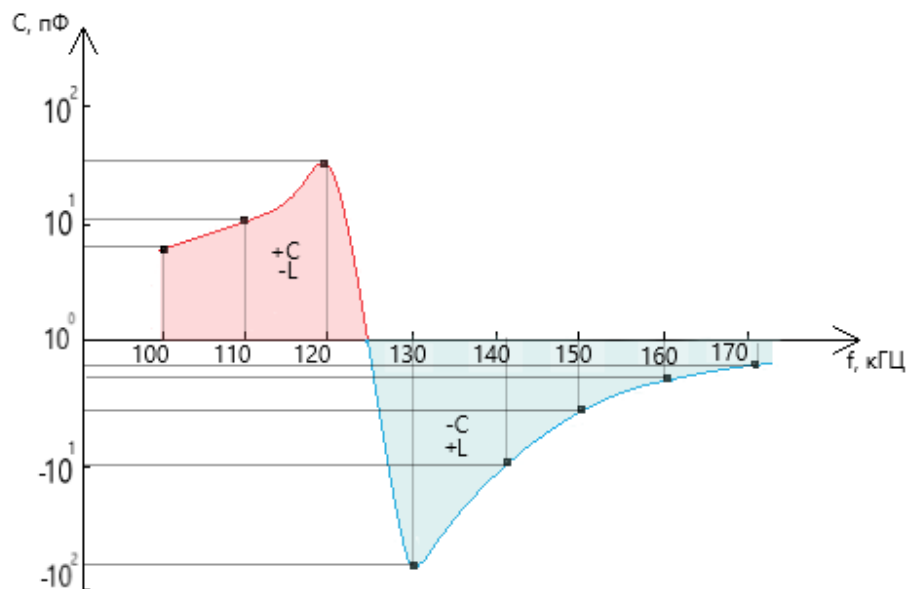


Рисунок 2 – Зависимость эквивалентной емкости обычного резонансного LC-контра от частоты в области основной и единственной резонансной и антирезонансной частоты.

Зарегистрированные значения эквивалентной ёмкости, для пьезорезонатора и классического LC-контра, представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Зависимость эквивалентной ёмкости от частоты для пьезорезонатора

f , кГц	79,3	79,5	79,6	79,89	80,2	80,4	80,5	80,7
C , пФ	25,7	33,5	89,2	1300,0	-179,2	-9,8	-1,2	3,2

Таблица 2 – Зависимость эквивалентной ёмкости от частоты для обычного резонансного LC- контра

f , кГц	100	110	120	130	140	150	160	170
C , пФ	8,2	12,3	25,1	-94,2	-9,8	-4,3	-2,8	-1,6

Результаты данной работы являются основой для создания новых фронтальных лабораторных работ по дисциплинам «Физика твердого тела» и «Физика конденсированного состояния» кафедры микро- и наноэлектроники БГУИР.

Кроме этого, измерители иммитанса E7-25, E7-28, E7-29 производства МНИИПИ РБ очень удобны для модернизации лабораторных и практических работ по другим дисциплинам: Основы радиотехники, Теория электрических цепей и т.п.

Список использованных источников:

1. Хиппель А.Р. Диэлектрики и волны./ М.: Из-во иностр. литературы, 1960. – 438 с.
2. Петрович В.А., Волчэк С.А. Физика диэлектриков; Методическое пособие по курсу «Физика твердого тела»/ Изд-во БГУИР, Минск, 2003. - 80 с.