Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Микроэлектромеханика», 8 семестр

1. Методика оценки

Выполнение контрольной работы является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа направлена на закрепление и проверку уровня владения учебным материалом по теоретическим темам и темам практических занятий, а также формирование навыков самостоятельного анализа процессов и явлений. Контрольная работа проводится по темам: динамические характеристики микроэлектромеханических систем, электростатические силы при постоянном напряжении, электростатические силы при постоянном заряде, плоскопараллельный актюатор, эффект схлопывания и способы его устранения, встречно-штыревые актюаторы, виды конструкций и эффекты нестабильности в них, эффект электростатического размягчения в МЭМС, эффекты масштабирования в МЭМС, масштабирование геометрических размеров и механических систем.

Включает 10 заданий, выполняется самостоятельно письменно на занятии.

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Контрольная работа выполнена **на продвинутом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует об уровне сформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 17 до 20 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на базовом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит единичные не принципиальные ошибки, исправленные после замечаний преподавателя. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует об уровне сформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на базовом уровне. Оценка составляет *от 13 до 16 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на пороговом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит ошибки, неоднократно исправляемые после замечаний преподавателя. Части контрольной работы в целом согласованы. Присутствуют ссылки на актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует об уровне сформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 12 баллов*.

Контрольная работа считается **не выполненной,** если структура, содержание и оформление работы не соответствует требованиям, работа содержит существенные ошибки, не исправленные после замечаний преподавателя. Части контрольной работы не

согласованы. Отсутствуют ссылки на актуальную литературу. Работа не представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы позволяет сделать вывод о несформированности у студента компетенций и соотнесенных с ними индикаторов. Оценка составляет *менее 10 баллов*.

3. Шкала оценки

Контрольная работа как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем ее заданиям составляет от 10 до 20 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение контрольной работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

4. Примерный перечень заданий (вариантов) контрольной работы

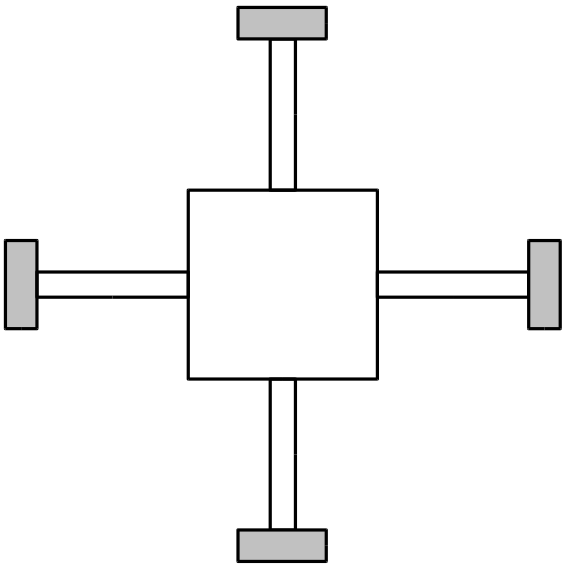
1. Для консольной балки длиной l, шириной w и толщиной t какое из следующих утверждений не является правильным, если одновременно уменьшить все размеры балки в 100 раз? (*0.5 балла*)

а) Уменьшится коэффициент жёсткости балки;
б) Увеличится резонансная частота колебаний;
в) Уменьшится устойчивость к разрушению;
г) Увеличится отношение площадь/объём.

2. Имеются две пластины плоскопараллельного конденсатора площадью 1 мм^2, расстояние между ними 1 мкм заполнено воздухом. Одна из пластин неподвижная, другая держится на механическом упругом элементе с коэффициентом жёсткости 1 Н/м. Чему равна ёмкость конденсатора, если между пластинами не приложено напряжение? (*0.5 балла*)

а) 8.85 пФ;
б) 8.85 нФ;
в) 8.85 мкФ;
г) 0 Ф.

3. На рисунке ниже изображён плоскопараллельный конденсатор, имеющий четыре кремниевые упругие балки (вид сверху). Площадь одной обкладки 1 мм^2, длина каждой балки 500 мкм, ширина 5 мкм и толщина 0.3 мкм. Каким коэффициентом силы упругости обладает плоскопараллельный конденсатор, если модуль упругости Юнга кремния принять 120 ГПа. (*1 балл*)

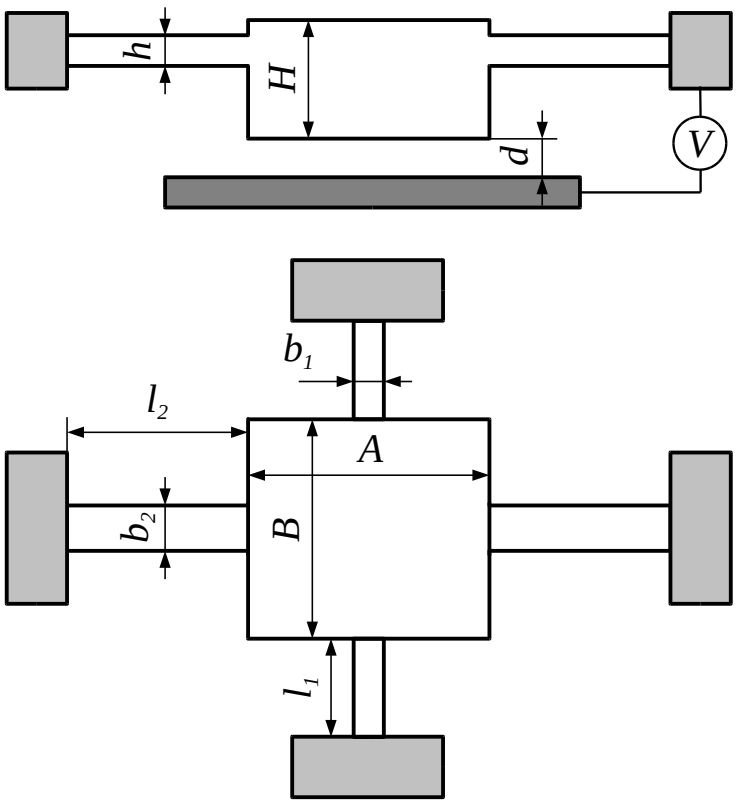


а) 0.1 Н/м;
б) 0.4 Н/м;
в) 0.00013 Н/м;
г) 0.00052 Н/м;
д) 0.00003 Н/м.

4. Если в предыдущей задаче длина балок уменьшится в два раза, то какое из следующих утверждений будет верно? (*1 балл*)

а) Напряжение схлопывания увеличится в 4 раза;
б) Пластины сомкнутся, когда смещение балки превысит величину $y/6$;
в) Коэффициент упругости увеличится в 8 раз;
г) Резонансная частота устройства уменьшится.

5. На рисунке ниже изображена кремниевая микроструктура, где $A = 2.4$ мм, $B = 1.2$ мм, $b_1 = 50$ мкм, $b_2 = 100$ мкм, $l_1 = 100$ мкм, $l_2 = 150$ мкм, $h = 5$ мкм, $d = 3$ мкм, $H = 250$ мкм, модуль Юнга $E = 170$ ГПа. Найти критическое напряжение (схлопывания) прикладываемое между подвижной и неподвижной пластинами $V_{кр}$. (*2 балла*)



6. Как изменится частота собственных колебаний микроструктуры в предыдущей задаче, если между электродами приложить напряжение?

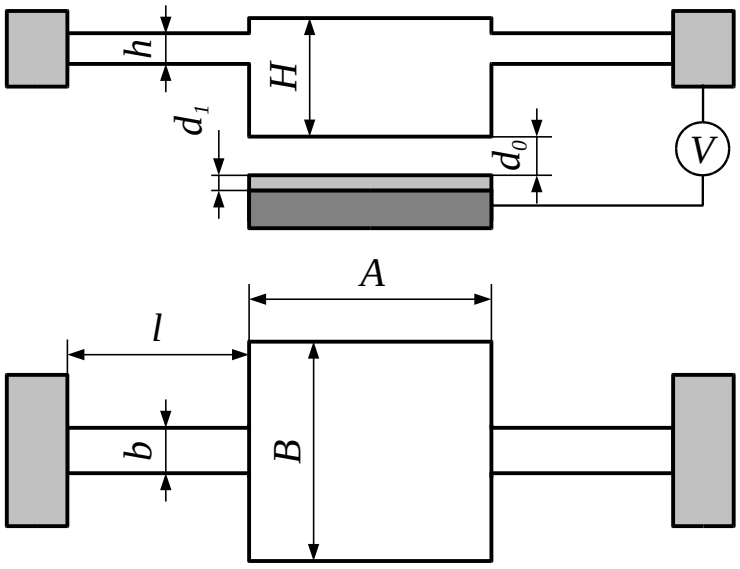
а) Увеличится;

б) Уменьшится;

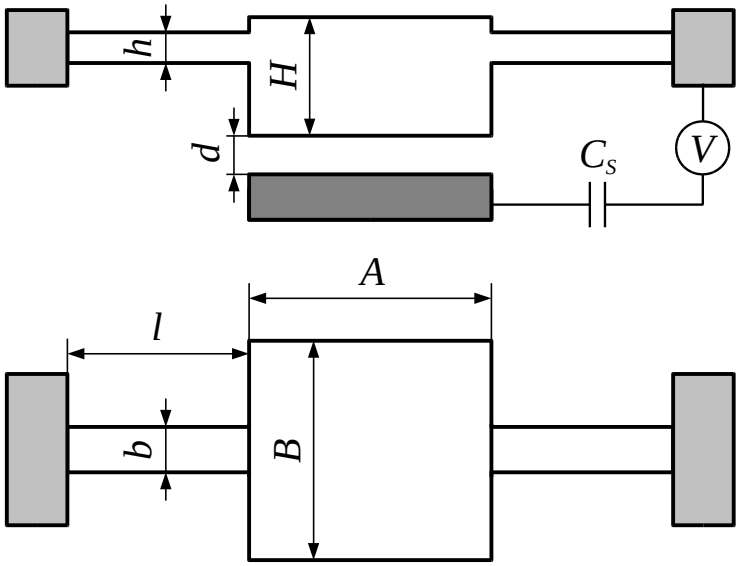
в) Не изменится.

Рассчитать частоту собственных колебаний микроструктуры из предыдущей задачи, когда напряжение между электродами отсутствует и когда приложено напряжение $V = 0.9V_{кр}$. Плотность кремния $\rho = 2.33$ г/см^3. (*2 балла*)

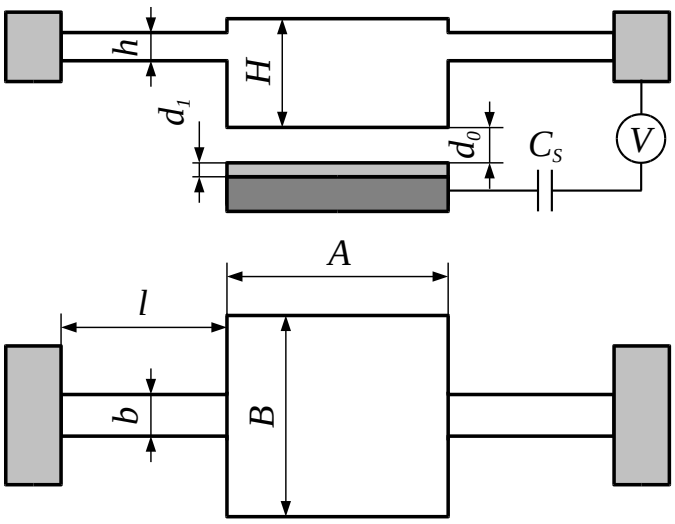
7. На рисунке ниже изображена кремниевая микроструктура, где $A = B = 2$ мм, $b = 100$ мкм, $l = 500$ мкм, $h = 10$ мкм, $d_0 = 4$ мкм, $d_1 = 1$ мкм (SiO_2), модуль Юнга кремния $E = 170$ ГПа, диэлектрическая проницаемость SiO_2 $\varepsilon_1 = 3.8$. Найти: а) максимальное смещение $y_{\max}$; б) критическое напряжение (схлопывания) $V_{кр}$. (*3 балла*)



8. На рисунке ниже изображена кремниевая микроструктура, где $A = B = 2$ мм, $b = 50$ мкм, $l = 500$ мкм, $h = 10$ мкм, $d = 3$ мкм, модуль Юнга кремния $E = 170$ ГПа. Последовательно включён конденсатор $C_S = 25$ пФ. Найти: а) максимальное смещение $y_{\max}$; б) критическое напряжение (схлопывания) $V_{кр}$. (*3 балла*)



9. На рисунке ниже изображена кремниевая микроструктура, где $A = B = 2$ мм, $b = 50$ мкм, $l = 500$ мкм, $h = 10$ мкм, $d_0 = 3$ мкм, $d_1 = 1$ мкм (SiO_2), модуль Юнга кремния $E = 170$ ГПа, диэлектрическая проницаемость SiO_2 $\varepsilon_1 = 3.8$. Последовательно включён конденсатор $C_S = 100$ пФ. Найти: а) максимальное смещение $y_{\max}$; б) критическое напряжение (схлопывания) $V_{кр}$. (*4 балла*)



10. На рисунке ниже изображён кремниевый емкостной акселерометр, где $A = B = 100$ мкм, $H = 2$ мкм, $d = 10$ мкм, $l = 400$ мкм, $b = 20$ мкм, $h = 0.1$ мкм, модуль Юнга $E = 150$ ГПа, плотность кремния $\rho = 2.33$ г/см^3. Определить приложенное к сенсору ускорение, если после этого ёмкость увеличилась на 40%. (*4 балла*)

