

Численное моделирование емкостного датчика давления

Д. С. Бесараб, А. В. Леонтьев

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: denisbesarab73@gmail.com; avl141055@gmail.com

Данная работа посвящена численному моделированию функционирования емкостного датчика давления. Емкостные датчики давления широко используются в различных технических и промышленных приложениях для измерения давления в жидких и газообразных средах. Однако их точность и надежность зависят от множества параметров, таких как геометрия датчика, электрические характеристики материалов и окружающей среды, а также условия эксплуатации.

Ключевые слова: емкостной датчик давления; COMSOL Multiphysics; МЭМС структуры; моделирование.

Numerical simulation of capacitive pressure sensor

D. S. Besarab, A. V. Leontiev

Belarusian State University, Minsk, Belarus,
e-mail: denisbesarab73@gmail.com; avl141055@gmail.com

This paper is devoted to numerical modeling of capacitive pressure sensor functioning. Capacitive pressure sensors are widely used in various technical and industrial applications to measure pressure in liquid and gaseous media. However, their accuracy and reliability depend on many parameters such as sensor geometry, electrical characteristics of materials and environment, and operating conditions.

Keywords: capacitive pressure sensor; COMSOL Multiphysics; MEMS structures; modeling.

Введение

Современное инженерное и промышленное производство неразрывно связано с разработкой и применением высокотехнологичных датчиков, способных обеспечивать точное и надежное измерение параметров окружающей среды. В этом контексте емкостные датчики давления [1, 2] занимают важное место, предоставляя возможность измерения давления в жидких и газообразных средах с высокой чувствительностью и точностью. Однако, точность и надежность работы емкостных датчиков давления зависят от множества факторов, включая их геометрию, электрические характеристики материалов, взаимодействие с окружающей средой и условия эксплуатации. Для оптимизации и улучшения производительности таких датчиков требуется глубокое понимание их функционирования.

Comsol Multiphysics – это программный пакет для моделирования многих физических явлений и процессов, который позволяет инженерам и ученым разрабатывать новые устройства и оптимизировать уже существующие. Доступ к этим мощным возможностям не требует углубленного знания математики или числен-

ного анализа. COMSOL Multiphysics позволяет добавлять произвольные уравнения, характеризующие свойства материалов, вводить граничные условия и отдельные члены уравнений, описывающие источники и теплоотдачу, и даже системы уравнений в частных производных. На основе введенных уравнений могут создаваться новые физические объекты. Расчет выходных характеристик емкостных датчиков давления в аналитическом или численном варианте предлагается студентам в качестве лабораторной работы по курсу «Физико-химические основы сенсорики».

1. Результаты расчетов

Емкостные датчики измеряют изменение емкости между двумя электродами, вызванное изменением расстояния или диэлектрической проницаемости. В данной работе был смоделирован емкостной датчик давления в программном пакете COMSOL Multiphysics. Моделирование проводилось с помощью имеющихся в пакете шаблонов.

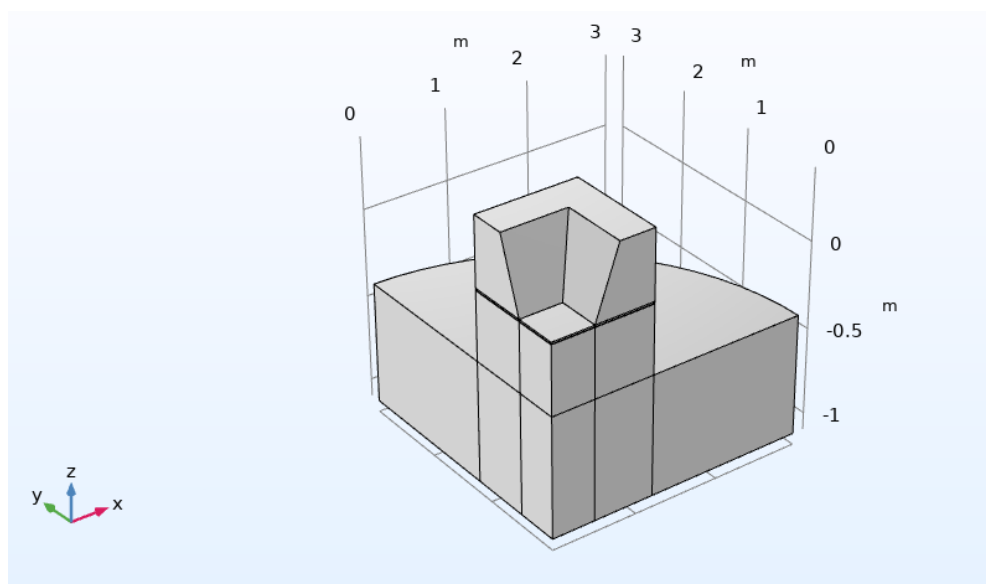


Рис. 1. Геометрическая модель датчика

Сам датчик сделан из кремния, материал для подложки – сталь. Следующий этап в создании модели – это задание переменных для датчика: диэлектрическая проницаемость, напряжения и давления тестируемого датчика.

Одна из важнейших характеристик емкостного датчика давления является материал, из которого изготовлена мембрана. Для изучения данной характеристики была взята мембрана одного размера (0.5×0.5 мм), зазор между подвижной и неподвижной частью 3 мкм, в зазоре вакуум с диэлектрической постоянной $\epsilon = 1$. Выбранный материал мембраны: германий (Ge), кремний (Si) и алмаз. Ещё одной важной характеристикой для изучения емкостного датчика является материал диэлектрика, помещенного в зазор между подвижной и неподвижной частью.

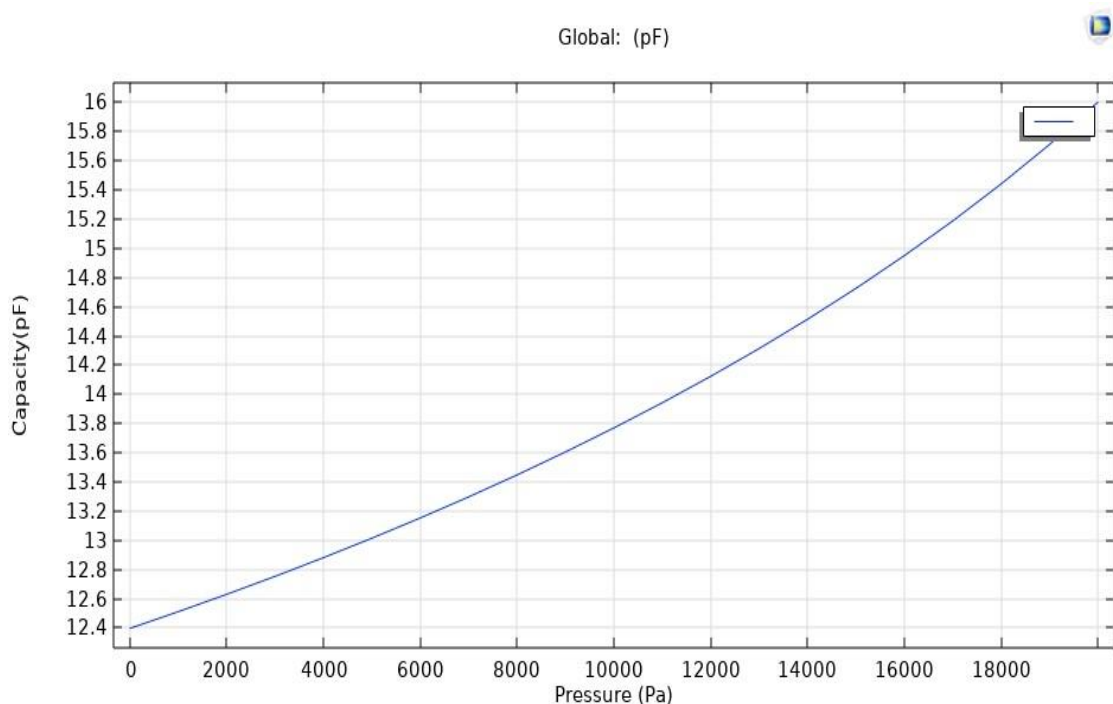


Рис. 2. Зависимость емкости от давления для оксида кремния (SiO_2) в качестве диэлектрика

В качестве материала диэлектрика можно выбрать оксид алюминия (Al_2O_3), нитрид кремния (Si_3N_4) и оксид кремния (SiO_2).

Полученные в ходе выполнения студентами расчетов результаты позволяют наглядно представить основные принципы формирования емкостного датчика давления, изучить влияние на его параметры геометрических размеров, материалов мембраны, диэлектрика и других характеристик.

Библиографические ссылки

1. Hussain A. M., Hussain M. M. CMOS- Technology-Enabled Flexible and Stretchable Electronics for Internet of Everything Applications // Adv. Mater. 2016. Vol. 28, № 22. P. 4219–4249.
2. Mukhopadhyay S. C. Wearable Sensors for Human Activity Monitoring: A Review. IEEE Sens. J. 2014. № 15, P. 1321–1330.