



УДК 681.586
doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-2-11



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Особенности современных емкостных датчиков силы

Александр Андреевич Тугускин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
mr.marcel@rambler.ru

Дмитрий Владиславович Тразанов

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
dtrazanov00@mail.ru

Илья Николаевич Пасхин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
luha1.1000@mail.ru

Тина Бакировна Неврюзина

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
tina_nevruzina@mail.ru

Аннотация. Для обнаружения нормальных и сдвигающих усилий, а также деформации часто используются емкостные датчики. Благодаря своим небольшим размерам они имеют высокое пространственное разрешение. Емкостные датчики также нашли широкое применение в обнаружении и различении сил во всех направлениях.

Ключевые слова: емкостные датчики силы, емкость

Для цитирования: Тугускин А. А., Тразанов Д. В., Пасхин И. Н., Неврюзина Т. Б. Особенности современных емкостных датчиков силы // Инжиниринг и технологии. 2023. Т. 8 (2). С. 1–3. doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-2-11

Features of modern capacitive force sensors

Alexander A. Tuguskin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
mr.marcel@rambler.ru

Dmitry V. Trazanov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
dtrazanov00@mail.ru

Ilya N. Paskhin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
luha1.1000@mail.ru

Tina B. Nevruzina

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
tina_nevruzina@mail.ru

Abstract. Capacitive sensors are often used to detect normal and shear forces, as well as deformation. Due to their small size, they have a high spatial resolution. Capacitive sensors are also widely used in detecting and distinguishing forces in all directions.

Keywords: capacitive force sensors, capacity

For citation: Tuguskin A.A., Trazanov D.V., Paskhin I.N., Nevruzina T.B. Features of modern capacitive force sensors. *Inzhiniring i tekhnologii* = *Engineering and Technology*. 2023;8(2):1–3. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-2-11

Распространенным материалом, используемым для разработки датчиков силы, является полидиметилсилоксан (ПДМС). В настоящее время разработан простой полипропиленовый конденсатор



с ПДМС в качестве диэлектрика, а также изучено влияние его толщины на отклик емкостного датчика силы (рис. 1).

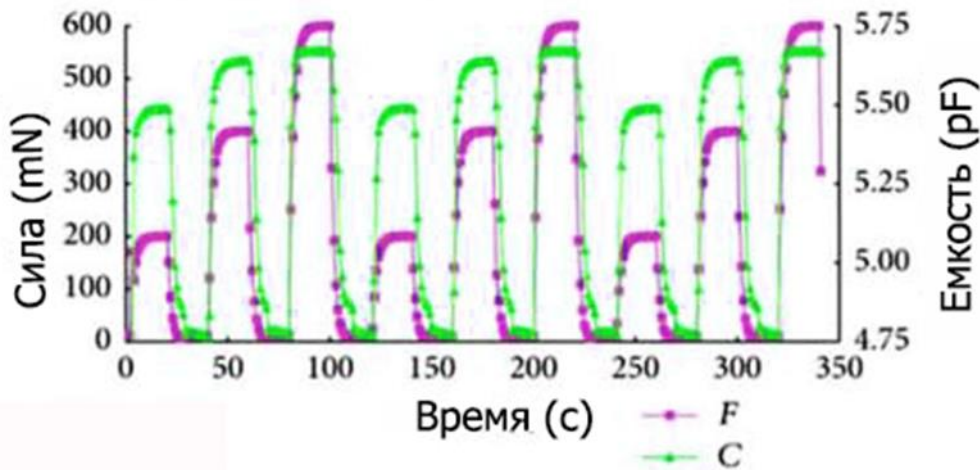


Рис. 1. Динамический отклик датчика силы с полидиметилсилоксаном

Пленки ПДМС были помещены на фольгу со слоем полиамида и меди, который выступает в виде нижнего электрода, а струйным образом напечатан верхний электрод, на обратной стороне пленки ПДМС, с использованием центрифужного покрытия. Чувствительность ~ 3 пФ/Н наблюдалась у датчика с ПДМС толщиной 45 мкм, это приводило к 45 % изменению емкости. Увеличивая толщину ПДМС, можно наблюдать, как снижается чувствительность сенсора к воздействующей на него силе. Однако, стоит отметить, что наиболее тонкие пленки могут обеспечивать наивысшую чувствительность, но для восстановления их исходной емкости требуется куда больше времени. Наиболее подходящий консенсус между динамическим откликом и чувствительностью достигается при использовании пленки толщиной от 100 мкм. Такая пленка подойдет датчику с нелинейностью чувствительности около 1,1 пФ/Н и время, затрачиваемое на восстановление, будет составлять менее 15 с. Рассматривая датчик с микроконтроллером на подложке из полиэтилентерефталата, можно определить взаимосвязь между струйной печатью и наночастицами серебра. Таким образом, можно сделать вывод, что данная технология может применяться для изготовления искусственной кожи. Емкостной датчик, способный выявлять двусосные силы, можно описать используя данные материалы и методы (рис. 2).

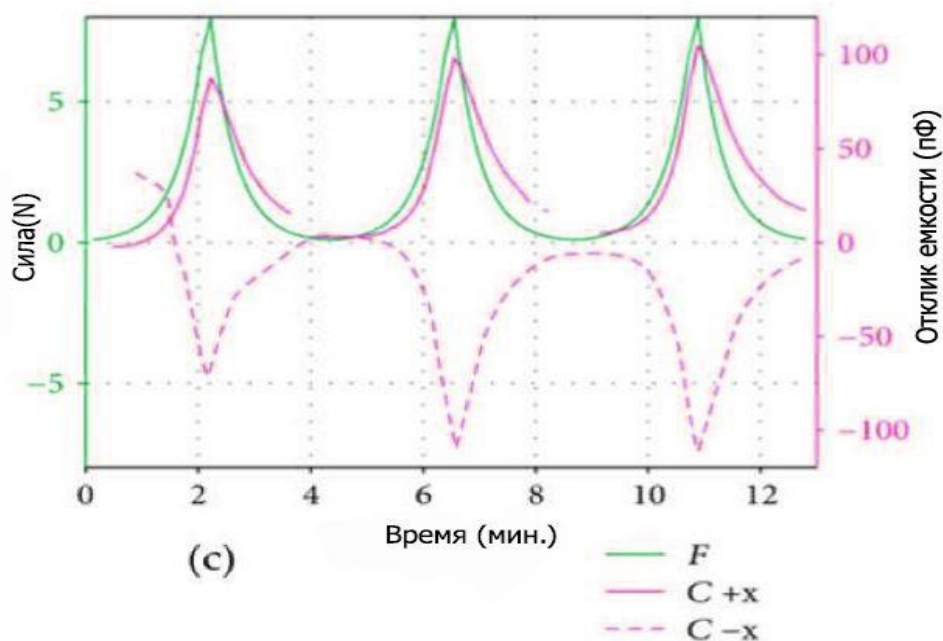


Рис. 2. Временная зависимость емкости (красного цвета) на нормальную силу (зеленого цвета)



Для линий с толщиной, равной 500 нм и шириной 60 мкм, с использованием метода струйной печати были выявлены структурированные фотонные спеченные серебряные электроды на ПЭТ-фольге. Для создания такого датчика необходимо соединить клеем два листа ПЭТ, напечатав их с использованием структурированного электрода, они также склеены с прокладкой из ПДМС между собой. В основном было необходимо обнаружить поперечные и нормальные силы в схожих областях, что помогло установить расположение 4 датчиков (2×2) для выявления поперечных и нормальных сил. При чувствительности 13,1 фФ/Н для сдвигающих сил и с чувствительностью 5,2 фФ/Н для нормальных сил, можно сказать, что хоть полученные емкости в ходе эксперимента и оказались ниже теоретических, все же была выявлена линейно-возрастающая зависимость в пределе от 0,1 до 8 Н. Эти данные могут подойти лишь $\frac{1}{4}$ размера датчика (примерно 80 мм²).

Показывая каждый элемент массива в разной плоскости, можно увидеть общую картину и сделать вывод, в 2 раза выросла чувствительность к сдвигающим силам, а чувствительность поперечной силы к нормальным силам увеличилась в 4 раза. Сопоставление характеристик с прошлыми датчиками проводились с той особенностью, что использовались только методы аддитивного осаждения с экономически эффективными материалами.

Список литературы

1. Риваденейраа А., Лопес-Вильянуэва Х. А. Последние достижения в области печатных емкостных датчиков. URL: <https://www.mdpi.com/2072-666X/11/4/367/htm#B100-micromachines-11-00367>
2. Шарапов В. М., Полищук Е. С., Кошевой Н. Д., Ишанин Г. Г., Минаев И. Г., Совлуков А. С. Книга Датчики / под общ. ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. М.: Техносфера, 2017.
3. Ломтева Е. А., Дмитриенко А. Г. Датчики и системы: методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации (Датчики и системы – 2012): тр. Междунар. науч.-техн. конф. с элементами научной школы для молодых ученых (г. Пенза, 22–26 октября 2012 г.). Пенза: Изд-во ПГУ, 2013.

References

1. Rivadeneira A., Lopes-Vil'yanueva Kh.A. *Poslednie dostizheniya v oblasti pechatnykh emkostnykh datchikov = Recent advances in printed capacitive sensors.* (In Russ.). Available at: <https://www.mdpi.com/2072-666X/11/4/367/htm#B100-micromachines-11-00367>
2. Sharapov V.M., Polishchuk E.S., Koshevoy N.D., Ishanin G.G., Minaev I.G., Sovlukov A.S. *Kniga Datchiki = Book Sensors.* Moscow: Tekhnosfera, 2017. (In Russ.)
3. Lomteva E.A., Dmitrienko A.G. *Datchiki i sistemy: metody, sredstva i tekhnologii polucheniya i obrabotki izmeritel'noy informatsii (Datchiki i sistemy – 2012): tr. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. s elementami nauchnoy shkoly dlya molodykh uchenykh (g. Penza, 22–26 oktyabrya 2012 g.) = Sensors and systems: methods, tools and technologies for obtaining and processing measurement information (Sensors and systems – 2012): tr. International Scientific and Technical conference with elements of a scientific school for young scientists (Penza, October 22–26, 2012).* Penza: Izd-vo PGU, 2013. (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 20.06.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 20.07.2023

Принята к публикации / Accepted 02.08.2023