Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

**PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS
OF THE STUDY OF CLUSTERS,
NANOSTRUCTURES AND
NANOMATERIALS**

**FIZIKO-HIMIČESKIE ASPEKTY
IZUČENIÂ KLASTEROV,
NANOSTRUKTUR I NANOMATERIALOV**

выпуск 12

ТВЕРЬ 2020

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения о рецензировании статей и материалов для опубликования в журнале «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

Официальный сайт издания в сети Интернет:

<https://www.physchemaspects.ru>

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2020. – Вып. 12. – 908 с.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-47789 от 13.12.2011.

Издание составлено из оригинальных статей, кратких сообщений и обзоров теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Журнал предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

Переводное название: Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials

Транслитерация названия: Fiziko-himičeskie aspekty izučeniâ klasterov, nanostruktur i nanomaterialov

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Print ISSN 2226-4442

Online ISSN 2658-4360

© Коллектив авторов, 2020

© Тверской государственный университет, 2020

УДК 681.3

Оригинальная статья

РАЗРАБОТКА ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНОВЫХ МОЛЕКУЛ

Г.А. Мустафаев¹, А.Г. Мустафаев², В.А. Панченко¹, Н.В. Черкесова¹

¹ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»

360004, Россия, Нальчик, ул. Чернышевского, 173

²ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства»

367008, Россия, Махачкала, ул. Джамалутдина Атаева, 5

arслан_mustafaev@mail.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2020.12.662

Аннотация: Большое энергопотребление изделий интегральной электроники и дорогостоящие методы их производства, делает масштабирование кремниевых полупроводниковых устройств до размеров менее 50 нм непростой технологической и конструкторской задачей. В последнее время были достигнуты значительные успехи в разработке и исследовании изделий молекулярной электроники: молекулярных проводов, молекулярных диодов, изготовленных из отдельных молекул. Также были получены хорошие результаты в технологии формирования надежного электрического контакта с электропроводящими молекулами. Достижения в области нанoeлектроники делают возможным разработку более сложных молекулярных электронных структур, например, цифровых логических схем. В данной работе проведено квантово-химическое моделирование молекулы, выполняющей функцию логического элемента, выполнена оптимизация равновесной пространственной конфигурации молекулы, разработана конструкция и синтезирована топология слоев для изготовления подложки для монтажа молекулы и создания внешних интерфейсов. Полученные результаты демонстрируют перспективность органической электроники как альтернативы кремниевым полупроводниковым материалам при разработке интегральных схем.

Ключевые слова: моделирование, молекулярная электроника, логический элемент, нанoeлектроника, молекулярный диод, цифровая логика, функциональная электроника.

Традиционная кремниевая электроника продолжает доминировать в промышленности, однако для преодоления физических ограничений и экономических барьеров современных полупроводниковых технологий требуются новые решения в области нанoeлектроники. Лимитирующим фактором являются принципиальные физические ограничения, которые проявляются при уменьшении геометрических размеров элементов интегральной схемы: флуктуация концентрации и поверхностная диффузия легирующей примеси, изменение механизма переноса зарядов, ограничения, накладываемые на допустимый ток, необходимость теплоотвода и другое. Классические и квантовые размерные эффекты, проявляются при размерах элемента интегральной схемы менее 50 нм, и ограничивают возможности миниатюризации. Несмотря на то, что альтернативные технологические решения находятся в начальном состоянии, они демонстрируют потенциал для увеличения уровня плотности упаковки, маломощных вычислений и тесной интеграции с

биологическими и химическими системами, такими как различные датчики. Прогресс в области молекулярной наноэлектроники дает надежду на то, что технологии формирования функциональных наноразмерных интегральных схем будут доступны в ближайшем будущем [1, 3]. Основным направлением в молекулярной электронике является органическая электроника и создание молекулярных материалов для электроники, которые далее используются для создания электронных устройств, функционирующих по принципу р–п перехода. Главная задача – сборка отдельных молекулярных элементов в функциональное устройство – интегральную схему. Органическая электроника является перспективной альтернативой кремниевым полупроводниковым материалам при разработке транзисторов и интегральных схем [4– 6]. Базовые материалы электроники такие как диэлектрики, полупроводники и металлы в органической электронике получают методом химического конструирования органических молекул на основе углерода [7– 10]. Важной, особенностью технологии молекулярной электроники является создание функциональных структур на основе принципа самосборки. Способность атомов и молекул при определенных условиях самопроизвольно соединяться в заранее заданные молекулярные образования является средством организации наноразмерных функциональных структур и возможностью получить идеальную воспроизводимость последних [11–13]. Прогнозируемые степень интеграции и частота работы наноразмерных функциональных структур достигают величин 10^{12} см⁻² и 10^{14} Гц соответственно [14].

Моделирование молекулярной структуры, выполняющей функцию логического элемента «2ИЛИ», структурная формула которой показана на рис. 1, проводилось в среде для молекулярного моделирования и квантово-химических расчетов HyperChem.

Скриншот среды HyperChem с изображением этой молекулярной структуры приведен на рис. 2.

Оптимизация молекулы проводилась по критерию минимума свободной энергии системы. В результате было получено значение свободной энергии 308,861 ккал/моль.

Были определены координаты атомов на входах и выходах молекулы, относительно внутренней системы координаты программы HyperChem, результаты представлены в Таблице 1. В процессе моделирования был рассчитан вибрационный спектр отдельных частей молекулы. Значение наиболее характерных частот, приведены в Таблице 2. Дипольный момент и вибрационный спектр молекулы могут быть использованы для координации молекулярной структуры при монтаже молекулярной структуры на подложку.

Рис. 1. Структурная формула молекулярного элемента, выполняющего функцию «2ИЛИ».

Рис. 2. Изображение молекулярной структуры, выполняющей функцию «2ИЛИ» в программе HyperChem.

Как показало предварительное моделирование, возможностями современной технологии крайне затруднительно создать подложку для данной молекулярной структуры в виду достаточно малых расстояний между контактными областями молекул. Поэтому было принято решение удлинить входные и выходные области молекулы путем присоединения к ним цепочек на основе полифениленовых молекул. Данные молекулярные структуры не изменяют характер функционирования молекулы и являются проводниками зарядов.

Таблица 1. Координаты атомов молекулярной структуры.

№	Наименование	Тип атома	X , нм	Y , нм	Z , нм
1	Вход A	S	0,352751	-0,0074844	1,43498
2	Вход B	S	2,01272	0,292225	-0,899858
3	Выход C	S	1,58256	0,759328	1,04855
4	Смещение -V	S	0,238453	0,980867	0,509653

Таблица 2. Характерные частоты вибрационного спектра молекулы.

Колеблющаяся структура	Частота, см ⁻¹
Колебания входов и мостика $CH_2 - CH_2$	1817,87
Продольные колебания атомов серы на входе	1064,63
Колебания колец выходной части молекулы	874,52
Колебания входов и входа смещения	745,84
Колебания всех входов	507,14
Колебания входов и входа смещения	244,72
Поперечные колебания всех входов с высокой амплитудой	17,63

Вид молекулярной структуры после оптимизации геометрии приведен на рис. 3. Координаты атомов на входах и выходах оптимизированной молекулярной структуры, относительно внутренней системы координаты программы HyperChem, приведены в Таблице 3.

Таблица 3. Координаты атомов оптимизированной молекулярной структуры.

№	Наименование	Тип атома	X , нм	Y , нм	Z , нм
1	Вход A	S	5,94218	-2,70087	-4,52669
2	Вход B	S	1,31992	2,12665	-1,82268
3	Выход C	S	7,63412	1,89527	-3,91241
4	Смещение -V	S	8,04236	-1,17768	-0,204621

Как показали результаты квантово-химического моделирования молекула, выполняющая функцию логического элемента «2ИЛИ» имеет сложную пространственную геометрию, что обуславливает определенную трудность в проектировании, а главное, в изготовлении подходящей подложки. Поэтому с помощью математического пакета Mathcad были предварительно проведены расчеты координат контактных областей

подложки. В начале, предполагалось пересчитать координаты атомов молекулы таким образом, чтобы три входа молекулы были бы расположены в одной плоскости. Однако в дальнейшем выяснилось, что такая конфигурация не может быть оптимальной с точки зрения последующего монтажа молекулы на подложку. Некоторые части молекулы имеют изгибы, которые могут вызвать зависание молекулы на внутренних областях. В результате может быть не обеспечен надежный контакт входов и выходов молекулярной структуры с подложкой. Кроме того, ориентацию молекулы с помощью электрического поля, используя дипольный момент молекулы более целесообразно проводить при наклонной ориентации молекулы относительно плоскости подложки.

Рис. 3. Оптимизированная геометрия молекулярной структуры после присоединения полифениленовых молекул.

Рис. 4. Трехмерный график первоначальных координат молекулы в осях XOY , XOZ , YOZ .

Рис. 5. Графики координат в осях XOY , XOZ , YOZ после сдвига атома входа A , в начало координат (стрелка указывает направление сдвига).

Рис. 6. Общий вид топологии кристалла подложки.

Таблица 4. Назначение комплекта фотошаблонов для изготовления подложки молекулярной структуры.

№	Назначение слоя	Размер элемента на шаблоне, нм	Размер элемента на пластине, нм	Порядок совмещения
1	Маркерный слой	15	15	-
2	Контакт входа А	15	1	По первому
3	Контакт входа В	15	1	По первому
4	Контакт входа С	15	1	По первому
5	Контакт входа СМ	15	1	По первому
6	Вскрытие области молекулы	15	15	По первому

Доводка топологических размеров на пластине проводилась с использованием спейсерных слоев. На рис. 7 в качестве примера показаны этапы формирования контакта к входу A . В полевом окисле, нанесенном поверх слоя нитрида кремния с помощью фотолитографии и последующего ионно-лучевого травления формируется окно, размером 15 нм. Затем по всей поверхности наносится слой диоксида кремния толщиной 7 нм. Следом наносится слой золота толщиной около 30-40 нм.

Процесс формирования заканчивается химико-динамической полировкой поверхности покрытой золотой пленкой до слоя диоксида кремния. В результате получаются полосы металла шириной около 1 нм, заглубленные в слой диоксида кремния.

Рис. 7. Схема формирования металлического контакта к входу А: а) травление диоксида кремния, нанесение спейсера из диоксида кремния, нанесение золота, б) химико-динамическое полирование пленки золота.

Выполнение металлических контактов к остальным входам молекулярной структуры проводится аналогично с использованием дополнительных слоев из диоксида либо нитрида кремния для создания контактов разнесенных по высоте. Схематический разрез готовой структуры показан на рис. 8.

Рис. 8. Схематический разрез структуры после изготовления всех контактов и вскрытия области размещения молекулы.

По итогам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Проведено квантово-химическое моделирование молекулы, выполняющей функцию логического элемента «2ИЛИ» с целью оптимизации равновесной пространственной конфигурации молекулы.
2. Вычислены координаты входных и выходных атомов молекулы для оптимизации монтажа молекулы на твердотельную подложку.
3. Разработана конструкция и синтезирована топология слоев для

изготовления подложки для монтажа молекулы и создания внешних интерфейсов.

4. Предложен технологический маршрут изготовления с использованием разработанного комплекта шаблонов и современных процессов, характерных для производства приборов микроэлектроники.

Библиографический список:

1. **Weiss, P.** Designing, measuring, and controlling molecular- and supramolecular-scale properties for molecular devices / P.S. Weiss // 2010 3rd International Nanoelectronics Conference (INEC), Hong Kong, China, 3-8 January 2010. – 2010. – P. 50-51. DOI: 10.1109/INEC.2010.5424442.
2. **Kelly, K.** The booms and busts of molecular electronics / K.F. Kelly, C.C.M. Mody // IEEE Spectrum. – 2015. – V. 52. – I. 10. – P. 52-60. DOI: 10.1109/MSPEC.2015.7274196.
3. **Song, H.** Observation of orbital gate modulation in molecular junctions / H. Song, Y. Kim, Y.H. Jang, et al. // 10th IEEE International Conference on Nanotechnology, Seoul, South Korea, 17-20 August 2010. – 2010. – P. 928-931. DOI: 10.1109/NANO.2010.5697843.
4. **Mahmoud, A.** Toward circuit modeling of molecular devices / A. Mahmoud, P. Lugli // IEEE Transactions on Nanotechnology. – 2014. – V. 13. – I. 3. – P. 510-516. DOI: 10.1109/TNANO.2014.2308257.
5. **Tarakeshwar, P.** Electrode–molecule interface effects on molecular conductance / P. Tarakeshwar, J.J. Palacios, D.M. Kim // 2006 IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference, Gyeongju, South Korea, 22-25 October 2006. – 2006. – P. 156-157. DOI: 10.1109/NMDC.2006.4388726.
6. **Ghasemi, M.** Analytical performance evaluation of molecular logic circuits / M. Ghasemi, M.H. Moaiyeri, K. Navi // The 16th CSI International Symposium on Computer Architecture and Digital Systems (CADS 2012), Shiraz, Fars, Iran, 2-3 May 2012. – 2012. – P. 104-108. DOI: 10.1109/CADS.2012.6316428.
7. **Kumar, M.** Molecular diodes and applications / M.J. Kumar // Recent Patents on Nanotechnology. – 2007. – V. 1. – I. 1. – P. 51-57. DOI: 10.2174/187221007779814790.
8. **Vuillaume, D.** Molecular nanoelectronics / D. Vuillaume // Proceedings of the IEEE. – 2010. – V. 98. – I. 12. – P. 2111-2123. DOI: 10.1109/jproc.2010.2063410.
9. **Bystrov, V.** Modeling of switching and piezoelectric phenomena in polyvinylidenefluoride (PVDF) / V.S. Bystrov, R. Pullar, A.L. Kholkin, et al. // 2013 Joint IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectric and Workshop on Piezoresponse Force Microscopy (ISAF/PFM), Prague, Czech Republic, 21-25 July 2013. – 2013. – P. 21-25. DOI: 10.1109/ISAF.2013.6748703.
9. **Noël, S.** Electrical conduction properties of molecular ultrathin layers in a nanocontact / S. Noël, D. Alamarguy, F. Hauquier, et al. // 2010 Proceedings of the 56th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Charleston, SC, USA, 4-7 October 2010 Charleston, SC. – 2010. – P. 1-7. DOI: 10.1109/HOLM.2010.5619517.
10. **Ellenbogen, J.** Architectures for molecular electronic computers. I. Logic structures and an adder designed from molecular electronic diodes / J.C. Ellenbogen, J.C. Love // Proceedings of the IEEE. – 2000. – V. 88. – I. 3. – P. 386-426. DOI: 10.1109/5.838115.
11. **Datta, S.** Current-voltage characteristics of self-assembled monolayers by scanning-tunneling microscopy / S. Datta, W. Tian, S. Hong, et al. // Physical Review Letters. – 1997. – V. 79. – I. 13. – P. 2530-2533. DOI: 10.1103/PhysRevLett.79.2530.

12. **Reed, M.A.** Molecular-scale electronics / M.A. Reed // Proceedings of the IEEE. – 1999. – V. 87. – I. 4. – P. 652-658. DOI: 10.1109/5.752520
13. **Emberly, E.** Theoretical study of electrical conduction through a molecule connected to metallic nanocontacts / E.G. Emberly, G. Kirczenow // Physical Review B. – 1998. – V. 58. – I. 16. – P. 10911-10920. DOI: 10.1103/PhysRevB.58.10911.
14. **Pradhan, M.R.** A System engineering approach to molecular electronics / M.R. Pradhan, E.G. Rajan // International Journal of Computer Applications. – 2010. – V. 3. – I. 8. – P. 14-23. DOI: 10.5120/750-1060.

References:

1. **Weiss, P.** Designing, measuring, and controlling molecular- and supramolecular-scale properties for molecular devices / P.S. Weiss // 2010 3rd International Nanoelectronics Conference (INEC), Hong Kong, China, 3-8 January 2010. – 2010. – P. 50-51. DOI: 10.1109/INEC.2010.5424442.
2. **Kelly, K.** The booms and busts of molecular electronics / K.F. Kelly, C.C.M. Mody // IEEE Spectrum. – 2015. – V. 52. – I. 10. – P. 52-60. DOI: 10.1109/MSPEC.2015.7274196.
3. **Song, H.** Observation of orbital gate modulation in molecular junctions / H. Song, Y. Kim, Y.H. Jang, et al. // 10th IEEE International Conference on Nanotechnology, Seoul, South Korea, 17-20 August 2010. – 2010. – P. 928-931. DOI: 10.1109/NANO.2010.5697843.
4. **Mahmoud, A.** Toward circuit modeling of molecular devices / A. Mahmoud, P. Lugli // IEEE Transactions on Nanotechnology. – 2014. – V. 13. – I. 3. – P. 510-516. DOI: 10.1109/TNANO.2014.2308257.
5. **Tarakeshwar, P.** Electrode–molecule interface effects on molecular conductance / P. Tarakeshwar, J.J. Palacios, D.M. Kim // 2006 IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference, Gyeongju, South Korea, 22-25 October 2006. – 2006. – P. 156-157. DOI: 10.1109/NMDC.2006.4388726.
6. **Ghasemi, M.** Analytical performance evaluation of molecular logic circuits / M. Ghasemi, M.H. Moaiyeri, K. Navi // The 16th CSI International Symposium on Computer Architecture and Digital Systems (CADS 2012), Shiraz, Fars, Iran, 2-3 May 2012. – 2012. – P. 104-108. DOI: 10.1109/CADS.2012.6316428.
7. **Kumar, M.** Molecular diodes and applications / M.J. Kumar // Recent Patents on Nanotechnology. – 2007. – V. 1. – I. 1. – P. 51-57. DOI: 10.2174/187221007779814790.
8. **Vuillaume, D.** Molecular nanoelectronics / D. Vuillaume // Proceedings of the IEEE. – 2010. – V. 98. – I. 12. – P. 2111-2123. DOI: 10.1109/jproc.2010.2063410.
9. **Bystrov, V.** Modeling of switching and piezoelectric phenomena in polyvinylidene fluoride (PVDF) / V.S. Bystrov, R. Pullar, A.L. Kholkin, et al. // 2013 Joint IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectric and Workshop on Piezoresponse Force Microscopy (ISAF/PFM), Prague, Czech Republic, 21-25 July 2013. – 2013. – P. 21-25. DOI: 10.1109/ISAF.2013.6748703.
9. **Noël, S.** Electrical conduction properties of molecular ultrathin layers in a nanocontact / S. Noël, D. Alamarguy, F. Hauquier, et al. // 2010 Proceedings of the 56th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Charleston, SC, USA, 4-7 October 2010 Charleston, SC. – 2010. – P. 1-7. DOI: 10.1109/HOLM.2010.5619517.
10. **Ellenbogen, J.** Architectures for molecular electronic computers. I. Logic structures and an adder designed from molecular electronic diodes / J.C. Ellenbogen, J.C. Love // Proceedings of the IEEE. – 2000. – V. 88. – I. 3. – P. 386-426. DOI: 10.1109/5.838115.
11. **Datta, S.** Current-voltage characteristics of self-assembled monolayers by scanning-

- tunneling microscopy / S. Datta, W. Tian, S. Hong, et al. // Physical Review Letters. – 1997. – V. 79. – I. 13. – P. 2530-2533. DOI: 10.1103/PhysRevLett.79.2530.
12. **Reed, M.A.** Molecular-scale electronics / M.A. Reed // Proceedings of the IEEE. – 1999. – V. 87. – I. 4. – P. 652-658. DOI: 10.1109/5.752520
13. **Emberly, E.** Theoretical study of electrical conduction through a molecule connected to metallic nanocontacts / E.G. Emberly, G. Kirczenow // Physical Review B. – 1998. – V. 58. – I. 16. – P. 10911-10920. DOI: 10.1103/PhysRevB.58.10911.
14. **Pradhan, M.R.** A System engineering approach to molecular electronics / M.R. Pradhan, E.G. Rajan // International Journal of Computer Applications. – 2010. – V. 3. – I. 8. – P. 14-23. DOI: 10.5120/750-1060.

Original paper

DEVELOPMENT OF A LOGICAL ELEMENT BASED ON POLYPHENYLENE MOLECULES

G.A. Mustafaev¹, A.G. Mustafaev², V.A. Panchenko¹, N.V. Cherkesova¹

¹*Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, Russia*

²*Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, Russia*

DOI: 10.26456/pcascnn/2020.12.662

Abstract: The high energy consumption of integrated electronics products and expensive methods of their production makes scaling silicon semiconductor devices to sizes less than 50 nm a difficult technological and design task. Recently, significant advances have been made in the development and research of molecular electronics products: molecular wires, molecular diodes made from individual molecules. Good results also obtained in the technology of forming a reliable electrical contact with electrically conductive molecules. Advances in nanoelectronics make it possible to develop more complex molecular electronic structures such as digital logic circuits. In this work, a quantum-chemical simulation of a molecule performing the function of a logical element is carried out, the equilibrium spatial configuration of the molecule is optimized, the design is developed and the topology of the layers for fabricating a substrate for mounting a molecule and creating external interfaces is developed. The obtained results demonstrate the promise of organic electronics as an alternative to silicon semiconductor materials in the development of integrated circuits.

Keywords: *modeling, molecular electronics, logic element, nanoelectronics, molecular diode, digital logic, functional electronics.*

Мустафаев Гасан Абакарович – д.т.н., профессор кафедры электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Мустафаев Арслан Гасанович – д.т.н., профессор кафедры информационных технологий и информационной безопасности ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства»

Панченко Валерий Александрович – к.т.н., доцент кафедры физических основ микро- и нанoeлектроники ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Черкесова Наталья Васильевна – к.ф.-м.н., доцент кафедры электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Gasana A. Mustafaev – Dr. Sc., Full Professor, Department of Electronics and Information Technologies, Kabardino-Balkarian State University

Arslan G. Mustafaev – Dr. Sc., Full Professor, Department of Information Technologies and Information Security, Dagestan State University of National Economy

Valery A. Panchenko – Ph. D., Docent, Department of Physical Foundations of Micro- and Nanoelectronics, Kabardino-Balkarian State University

Natalya V. Cherkesova – Ph. D., Docent, Department of Electronics and Information Technologies, Kabardino-Balkarian State University

Поступила в редакцию/received: 5.09.2020; после рецензирования/revised: 5.10.2020; принята/accepted 10.10.2020.