

Раздел III. Наноматериалы

УДК 621.382.3

**С.А. Шостаченко, Р.В. Захарченко, С.В. Миннебаев, Р.В. Рыжук,
М.М. Маслов, К.П. Катин, Н.И. Каргин, Н.Г. Ковальчук, И.В. Комиссаров,
В.А. Лабуннов**

ВЛИЯНИЕ ПОДЗАТВОРНОГО ДИЭЛЕКТРИКА НА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРА С КАНАЛОМ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНОСОДЕРЖАЩЕЙ ПЛЕНКИ

Проведено исследования влияния материала и расположения подзатворного диэлектрика на основе пленок Si_3N_4 и SiO_2 на выходные вольт-амперные характеристики полевого транзистора, каналом которого являлась графеносодержащая пленка. Была изготовлена тестовая структура графенового транзистора с верхним и нижним затвором. Графен был получен методом химического осаждения из газовой фазы, и затем перенесен на оксид кремния на кремнии. Канал транзистора был сформирован методом травления в кислородной плазме через фотолитографическую маску. Металлы электродов стока, истока и затвора были нанесены методом резистивного испарения в вакууме. Была выбрана конструкция титан/алюминий с толщинами 50/200 нм. В случае нижнего затвора был использован диоксид кремния, полученный термическим окислением кремниевой подложки. Для верхнего затвора был использован нитрид кремния, нанесенный методом плазмохимического осаждения. Показано, что эффект поля в транзисторной структуре с нижним подзатворным диэлектриком на основе пленки SiO_2 проявляется отчётливее по сравнению со структурой на основе пленки Si_3N_4 к верхнему затвору. При изменении управляющего напряжения затвор-исток от 0 до 40 В ток стока в транзисторной структуре с нижним подзатворным диэлектриком на основе пленки SiO_2 уменьшается от 2 до 3 мА при напряжении сток-исток $U_{\text{cu}} = 2$ В. При сравнимых напряженностях электрического поля в случае транзистора с подзатворным диэлектриком из Si_3N_4 полевой эффект практически не наблюдался. На основании анализа напряжения для минимума передаточной функции делается вывод о недостаточном качестве интерфейса графен-нитрид кремния для эффективного управления каналом.

Нанотехнологии; полевой транзистор; графен; подзатворный диэлектрик; нитрид кремния; диоксид кремния.

**S.A. Shostachenko, R.V. Zakharchenko, S.V. Minnebaev, R.V. Ryzhuk,
M.M. Maslov, K.P. Katin, N.I. Kargin, N.G. Kovalchuk, I.V. Komissarov,
V.A. Labunov**

THE INFLUENCE OF Si_3N_4 AND SiO_2 THIN FILM GATE DIELECTRICS ON THE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF GRAPHENE BASED TRANSISTOR

In this article we have studied the influence of Si_3N_4 and SiO_2 thin film gate dielectrics on the current-voltage characteristics of graphene based transistor. Test structure of graphene transistor was fabricated with the top and back gate. Graphene has been produced by chemical vapor deposition, and then transferred to the silicon dioxide on silicon wafer. The channel of the transistor has been formed by etching in oxygen plasma through a photolithographic mask. Metals electrodes of drain, source and gate were deposited by resistive evaporation in vacuum. It was used titanium / aluminum with a thickness of 50/200 nm. In the case of the back gate silicon dioxide was used, obtained by thermal oxidation of the silicon substrate. For top gate was used silicon nitride deposited by plasma chemical deposition. It was demonstrated that field effect is more pronounced

for the case of SiO_2 back gate compare to the Si_3N_4 top gate. For the SiO_2 back gate we have observed that the source-drain current decreases, from 2 mA to 3 mA, with increasing of the gate voltage, from 0 to 40 V, at constant source-drain voltage, 2 V. In case of Si_3N_4 top gate the modulation of source drain current was not significant for the comparable electric field strength. Based on the value of gate voltage for current minima in transfer function the poor quality of Si_3N_4 – graphene interface is concluded.

Nanotechnology; field-effect transistor; graphene; gate dielectric; silicon nitride; silicon dioxide.

Введение. Уникальные свойства открытого в 2004 г. 2D-материала – графена, такие как высокая подвижность носителей заряда (теоретически до $100000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$), идеальная электронно-дырочная симметрия и линейно пересекающиеся зоны на уровне Ферми, определяющие безмассовое поведение электронов, позволяют использовать его в различных приложениях твердотельной электроники и фотоники [1–3]. Применение графена в качестве канала транзистора позволяет достичь терагерцового диапазона частот [4–6], поскольку пороговая частота прибора пропорциональна подвижности носителей заряда. На сегодняшний день отдельными исследовательскими группами получены полевые транзисторы с каналом на основе графена диапазона частот более 100 ГГц [7–12]. Но на практике подвижность реальных образцов плёнок графена на подложке лежит в диапазоне от 100 до $10000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ [13–17]. Однако уникальные свойства графена, с другой стороны, являются сдерживающим фактором при изготовлении транзисторов на его основе. Одной из основных проблем при формировании таких приборов является проблема сохранения возможности эффективного управления потоком носителей заряда – эффекта поля. Настоящая работа посвящена изучению влияния подзатворного диэлектрика на вольт-амперные характеристики транзистора с каналом на основе графеносодержащей пленки.

В данной работе проведено исследование вольт-амперных характеристик транзисторных структур с каналом проводимости на основе графеносодержащей пленки, отличающихся между собой материалом и расположением подзатворного диэлектрика.

Описание экспериментальной части. Графеносодержащая пленка была получена методом химического парофазного осаждения (ХПО) при атмосферном давлении на подложке из медной фольги толщиной 60 мкм, с использованием метана в качестве углеводородного прекурсора. Синтез осуществлялся при температуре $1050 \text{ }^\circ\text{C}$, в качестве газа носителя использовалась смесь аргона и водорода. После процесса синтеза медная фольга растворялась в растворе FeCl_3 . После промывки в дистиллированной воде графеносодержащая пленка была перенесена на подложку SiO_2/Si с толщиной термически сформированного оксида 300 нм (рис. 1).

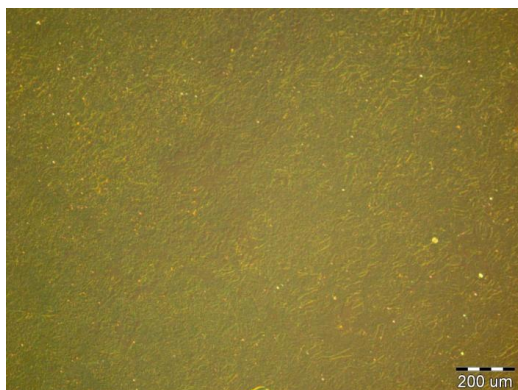


Рис. 1. Изображение графеносодержащей пленки в оптический микроскоп

На рис. 2 представлен выбранный спектр комбинационного рассеяния света графеносодержащей пленки на подложке оксида кремния, записанный с использованием лазера с длиной волны возбуждения 473 нм. Соотношение интенсивностей 2D- и G-полос, >1 , а также полуширина и положение 2D-полосы ($< 40 \text{ см}^{-1}$ и 2706 см^{-1} соответственно) свидетельствуют о наличии в пленке областей монослойного графена. Более детально процесс синтеза, переноса и структурной характеристики графеносодержащей пленки описан в работе [18].

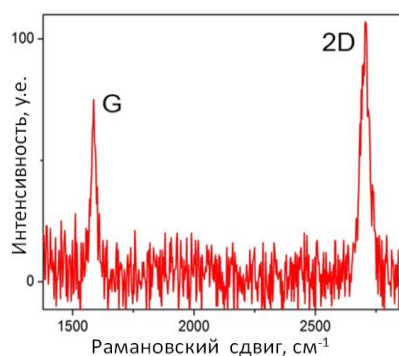


Рис. 2. Спектр комбинационного рассеяния света графеносодержащей пленки

Нижний контакт затвора к пленке оксида кремния представлял сплошной слой металла к обратной стороне пластины. Пленка SiO_2 при этом выполняла роль нижнего подзатворного диэлектрика. Верхний подзатворный диэлектрик – нитрид кремния Si_3N_4 толщиной 40 нм был получен методом осаждения из моносилана и метана на установке SPTS LPX PECVD. Травление графеносодержащей пленки с целью формирования транзисторных структур проводилось в оксидной плазме на установке Diener Nano. Металлические контакты стока, истока и затвора Ti/Al (50/200 нм) наносились методом электроннолучевого испарения на установке Kurt J. Lesker PVD 250. Рабочее давление в камере составляло $2 \cdot 10^{-7}$ торр. При этом верхний контакт затвора к пленке Si_3N_4 формировался в одной плоскости с контактами стока и истока. Таким образом, структуры транзисторов с верхним и нижним затвором были сформированы на одной пластине с использованием стандартных фотошаблонов. В случае верхнезатворной конструкции подзатворным диэлектриком являлся нитрид кремния, а в случае нижнего – оксид кремния. Ширина затвора в обоих случаях составляла 1 мкм (рис. 3).

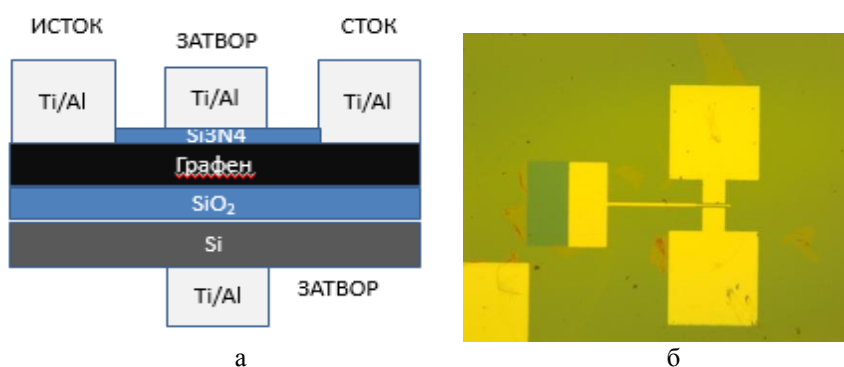


Рис. 3. Схематический профиль (а) и изображение (б) тестового транзистора с каналом на основе графеносодержащей пленки

Обсуждение результатов исследований. Исследование вольт-амперных характеристик проводилось на установке Agilent B1500, оснащенной ручной зондовой станцией EP6 компании Cascade Microtech. На рис. 4 представлены выходные ВАХ-транзистора в диапазоне напряжений сток-исток от 0 до 2 В. Напряжение на затворе изменялось от 0 до 10 В с шагом 2,5 В для случая с верхним затвором и 0 до 40 В с шагом 10 В для случая с нижним затвором.

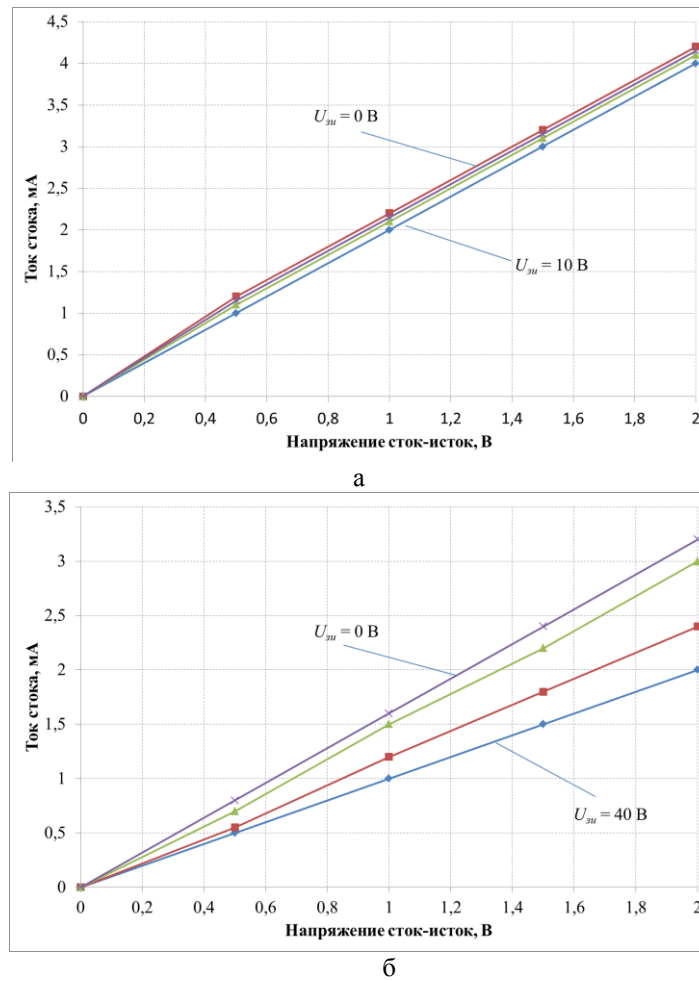


Рис. 4. Выходные ВАХ-транзистора с верхним (а) и нижним (б) затвором соответственно

При изменении напряжения питания сток-исток вольт-амперные характеристики транзисторов с подзатворным диэлектриком на основе пленки Si_3N_4 практически не изменялись при подаче управляющего сигнала $U_{зи}$ от 0 до 10 В. Ток стока изменялся линейно и составил значение $I_c \approx 4$ мА при напряжении питания $U_{си} = 2$ В. При аналогичном напряжении питания ток стока транзисторов с подзатворным диэлектриком на основе пленки SiO_2 изменялся от 3 до 2 мА при изменении управляющего сигнала $U_{зи}$ от 0 до 40 В. При этом эффект поля наблюдался при достаточно высоких значениях напряжения затвор-исток, составляющих десятки вольт.

Приступим к обсуждению полученных результатов. Значительное отличие в уровне изменения тока сток–исток для разных типов затвора может определяться различными факторами. Во-первых, геометрическим фактором, в случае нижнего затвора модуляция заряда происходит во всем канале, тогда как в случае верхнего затвора только часть канала управляется полем. Хотя более существенным нам кажется фактор качества нанесенного диэлектрика. Следует отметить, что при увеличении абсолютного значения потенциала на затворе наблюдается уменьшение значения тока в канале транзистора. Это связано с тем, что минимум значения тока сток–исток передаточной функции смещен в область значений потенциала на затворе более 40 В. Как известно, вследствие переноса заряда, графен на поверхности SiO_2 имеет дырочный тип проводимости, поскольку уровень Ферми находится ниже точки Дирака [19]. С другой стороны, согласно работе [20] нитрид кремния достаточно эффективно легирует графен–электронами. Можно предположить, что относительно высокое значение напряжения для минимума передаточной функции более 40 В, указывает на слабый перенос электронов из нитрида кремния в графен связанный, по-видимому, с недостаточно качественным интерфейсом графен- Si_3N_4 . Этот факт согласуется с тем, что, несмотря на большую предполагаемую емкость системы графен–диэлектрик–затвор, в случае верхнего затвора не происходит достаточной модуляции заряда в графене. Поэтому, несмотря на более высокую диэлектрическую проницаемость нитрида кремния по сравнению с диоксидом кремния, использование Si_3N_4 в качестве подзатворного диэлектрика в транзисторе с каналом из графена с верхним затвором требует дальнейшей оптимизации процесса нанесения.

Заключение. Таким образом, в работе проведено исследование возможности формирования полевого транзистора с каналом на основе графеносодержащей пленки, перспективного для твердотельной электроники терагерцового диапазона частот. Показано, что эффект поля в транзисторной структуре с нижним подзатворным диэлектриком на основе пленки SiO_2 проявляется отчётливее по сравнению со структурой на основе пленки Si_3N_4 к верхнему затвору. При напряжении сток–исток $U_{\text{си}} = 2$ В ток стока $I_{\text{с}}$ превысил 3 мА для транзистора с диэлектрической пленкой из диоксида кремния. Полученные параметры транзистора соответствуют аналогичным результатам, проводимым различными исследовательскими группами, в частности в работе [21]. Более слабый эффект управления током канала в случае верхнего затвора с подзатворным диэлектриком Si_3N_4 мы связываем с качеством нанесенного нитрида кремния.

Работа выполнена с использованием оборудования центра коллективного пользования НИЯУ МИФИ «Гетероструктурная СВЧ-электроника и физика широкозонных полупроводников» при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России, уникальный идентификатор научных исследований (проекта) RFMEFI58414X0001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V.* To-dimensional gas os massless Dirac fermions in graphene // *Nature*. – 2005. – Vol. 438. – P. 197-200.
2. *Chen Z., Lin Y.-M., Rooks M.J.* Graphene nano-ribbon electronics // *Physica E*. – 2007. – Vol. 40. – P. 228-232.
3. *Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V.* Electric field effect in atomically thin carbon films // *Science*. – 2004. – Vol. 306. – P. 666-669.
4. *Novoselov K.S., Fal'ko V.I., Colombo L.* A roadmap foe graphene // *Nature*. – 2012. – Vol. 490. – P. 190-200.
5. *Kawano Y.* Wide-band frequency-tunable terahertz and infrared detection with graphene // *Nanotechnology*. – 2013. – Vol. 24. – P. 1-6.

6. *Lin Y.-M., Dimitrakopoulos C., Jenkins K.A.* 100-GHz transistors from wafer-scale epitaxial graphene // *Science*. – 2010. – Vol. 327. – P. 662.
7. *Schwierz F.* Graphene transistors: status, prospects, and problems // *Proceedings of the IEEE*. – 2013. – Vol. 101. – P. 1567-1584.
8. *Cheng R.* High-frequency self-aligned graphene transistors with transferred gate stacks // *PNAS*. – 2012. – Vol. 109. – P. 11588-11592.
9. *Han S.-J., Garcia A.V.* Graphene radio frequency receiver integrated circuit // *Nature Communications*. – 2014. – Vol. 5. – P. 3086-3091.
10. *Hongming L.* Monolithic Graphene Frequency Multiplier Working at 10GHz Range // *VLSI Technology, Systems and Application (VLSI-TSA), Proceedings of Technical Program - 2014 International Symposium*.
11. *Vicarelli L.* Graphene field-effect transistors as room-temperature terahertz detectors // *Nature Materials*. – 2012. – Vol. 11. – P. 865-871.
12. *Zak A.* 20 um gate width CVD graphene FETs for 0.6 THz detection // *Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz), 2014 39th International Conference*.
13. *Jawad ul-Hassan, Winters M., Ivanov I.G., Habibpour O., Zirath H., Rorsman N. and Janzén Erik.* Quasi-free-standing monolayer and bilayer graphene growth on homoepitaxial on-axis 4H-SiC(0001) layers // *Carbon*. – 2015. – No. 82. – P. 12-23.
14. *Kumari A.* Electrical transport properties of polycrystalline CVD graphene on SiO₂/Si substrate // *Diamond & Related Materials*. – 2015. – Vol. 45. – P. 28.
15. *Лебедев А.А., Агринская Н.В.* Низкотемпературные транспортные свойства плёнок мультиграфена, сформированных сублимацией на поверхности SiC // *Физика и техника полупроводников*. – 2011. – Т. 45. – С. 634-638.
16. *Jouault B.* Interplay between interferences and electron-electron interactions in epitaxial graphene // *Phys. Rev. B*. – 2011. – Vol. 83. – P. 195417.
17. *Агринская Н.В.* Структура и транспортные свойства нанокристаллических плёнок, полученных сублимацией на поверхности на 6H-SiC // *Физика и техника полупроводников*. – 2013. – Т. 47. – С. 273-278.
18. *Komissarov I.V.* Micro Raman Investigation of Graphene Synthesized by Atmospheric Pressure CVD on Copper Foil from Decane // *Physics Procedia*. – 2015. – No. 72. – P. 450-454.
19. Интернет-ресурсы: <http://journals.aps.org/prb/pdf/10.1103/PhysRevB.78.115404>.
20. *Wang, Zegao; Li, Pingjian; Chen, Yuanfu; Liu, Jingbo; Qi, Fei; Tian, Hongjun; Zheng, Binjie; Zhou, Jinhao.* Air-stable n-type doping of graphene from overlying Si₃N₄ film // *Applied Surface Science*. – 2014/7/15. – Vol. 307. – P. 712-715.
21. *Kang H.-C.* Epitaxial graphene top-gate FETs on silicon substrates // *Solid-State Electronics*. – 2010. – Vol. 54. – P. 1071-1075.
22. *Jawad ul-Hassan, Winters M., Ivanov I.G., Habibpour O., Zirath H., Rorsman N. and Janzén Erik.* Quasi-free-standing monolayer and bilayer graphene growth on homoepitaxial on-axis 4H-SiC(0001) layers // *Carbon*. – 2015. – Vol. 82. – P. 12-23.

REFERENCES

1. *Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V.* To-dimensional gas of massless Dirac fermions in graphene, *Nature*, 2005, Vol. 438, pp. 197-200.
2. *Chen Z., Lin Y.-M., Rooks M.J.* Graphene nano-ribbon electronics, *Physica E*, 2007, Vol. 40, pp. 228-232.
3. *Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V.* Electric field effect in atomically thin carbon films, *Science*, 2004, Vol. 306, pp. 666-669.
4. *Novoselov K.S., Fal'ko V.I., Colombo L.* A roadmap for graphene, *Nature*, 2012, Vol. 490, pp. 190-200.
5. *Kawano Y.* Wide-band frequency-tunable terahertz and infrared detection with graphene, *Nanotechnology*, 2013, Vol. 24, pp. 1-6.
6. *Lin Y.-M., Dimitrakopoulos C., Jenkins K.A.* 100-GHz transistors from wafer-scale epitaxial graphene, *Science*, 2010, Vol. 327, pp. 662.

7. Schwierz F. Graphene transistors: status, prospects, and problems, *Proceedings of the IEEE*, 2013, Vol. 101, pp. 1567-1584.
8. Cheng R. High-frequency self-aligned graphene transistors with transferred gate stacks, *PNAS*, 2012, Vol. 109, pp 11588-11592.
9. Han S.-J., Garcia A.V. Graphene radio frequency receiver intergrated circuit, *Nature Communications*, 2014, Vol. 5, pp. 3086-3091.
10. Hongming L. Monolithic Graphene Frequency Multiplier Working at 10GHz Range, *VLSI Technology, Systems and Application (VLSI-TSA), Proceedings of Technical Program - 2014 International Symposium*.
11. Vicarelli L. Graphene field-effect transistors as room-temperature terahertz detectors, *Nature Materials*, 2012, Vol. 11, pp. 865-871.
12. Zak A. 20 um gate width CVD graphene FETs for 0.6 THz detection, *Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz), 2014 39th International Conference*.
13. Jawad ul-Hassan, Winters M., Ivanov I.G., Habibpour O., Zirath H., Rorsman N. and Janzén Erik. Quasi-free-standing monolayer and bilayer graphene growth on homoepitaxial on-axis 4H-SiC(0001) layers, *Carbon*, 2015, No. 82, pp. 12-23.
14. Kumari A. Electrical transport properties of polycrystalline CVD graphene on SiO₂/Si substrate, *Diamond & Related Materials*, 2015, Vol. 45, pp. 28.
15. Lebedev A.A., Agrinskaya N.V. Nizkotemperaturnye transportnye svoystva plenok multigrafena, sformirovannykh sublimatsiey na poverkhnosti SiC [Low-temperature transport properties of films of multigravida formed by sublimation on the surface of the SiC], *Fizika i tekhnika poluprovodnikov* [Semiconductors], 2011, Vol. 45, pp. 634-638.
16. Jouault B. Interplay between interferences and electron-electron interactions in epitaxial grapheme, *Phys. Rev. B*, 2011, Vol. 83, pp. 195417.
17. Agrinskaya N.V. Struktura i transportnye svoystva nanouglerodnykh plenok, poluchennykh sublimatsiey na poverkhnosti na 6H-SiC [Structure and transport properties of nanocarbon films obtained by sublimation on the surface on 6H-SiC], *Fizika i tekhnika poluprovodnikov* [Semiconductors], 2013, Vol. 47, pp. 273-278.
18. Komissarov I.V. Micro Raman Investigation of Graphene Synthesized by Atmospheric Pressure CVD on Copper Foil from Decane, *Physics Procedia*, 2015, No. 72, pp. 450-454.
19. Available at: <http://journals.aps.org/prb/pdf/10.1103/PhysRevB.78.115404>.
20. Wang, Zegao; Li, Pingjian; Chen, Yuanfu; Liu, Jingbo; Qi, Fei; Tian, Hongjun; Zheng, Binjie; Zhou, Jinhao. Air-stable n-type doping of graphene from overlying Si₃N₄ film, *Applied Surface Science*, 2014/7/15, Vol. 307, pp. 712-715,
21. Kang H.-C. Epitaxial graphene top-gate FETs on silicon substrates, *Solid-State Electronics*, 2010, Vol. 54, pp. 1071-1075.
22. Jawad ul-Hassan, Winters M., Ivanov I.G., Habibpour O., Zirath H., Rorsman N. and Janzén Erik. Quasi-free-standing monolayer and bilayer graphene growth on homoepitaxial on-axis 4H-SiC(0001) layers, *Carbon*, 2015, Vol. 82, pp. 12-23.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор А.А. Лаврентьев.

Шостаченко Станислав Алексеевич – Институт функциональной ядерной электроники; e-mail: stas.fizik92@gmail.com; 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31; тел.: +74957885699, доб. 9002; аспирант.

Захарченко Роман Викторович – e-mail: ramzess300391@gmail.com; аспирант.

Миннебаев Станислав Вадимович – e-mail: dr.stason@mail.ru; аспирант.

Рыжук Роман Валериевич – e-mail: ryzhuk-rom@yandex.ru; старший научный сотрудник; к.т.н.

Маслов Михаил Михайлович – e-mail: mike.maslov@gmail.com; кафедра физики конденсированных сред; к.ф.-м.н.; доцент.

Катин Константин Петрович – e-mail: kpkatin@yandex.ru; кафедра физики конденсированных сред; к.ф.-м.н.; ассистент.

Каргин Николай Иванович – e-mail: krgn@yandex.ru; и.о. первого зам. директора; д.т.н.; профессор.

Ковальчук Николай Георгиевич – Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; e-mail: nikolapiterski87@mail.ru; 220013, г. Минск, Республика Беларусь, ул. П. Бровки, 6; тел.: +375172938803; НИЛ 4.6 НИЧ; младший научный сотрудник.

Комиссаров Иван Владимирович – e-mail: komissarov@bsuir.by; НИЛ 4.6 НИЧ; ведущий научный сотрудник; к.ф.-м.н.

Лабунов Владимир Архипович – e-mail: labunov@bsuir.by; тел.: +375172021005; Центр взаимодействия с научно-техническими программами европейского союза; директор; д.т.н.; профессор; академик Национальной академии наук Беларуси.

Shostachenko Stanislav Alekseevich – Institute of Functional Nuclear Electronics; e-mail: stas.fizik92@gmail.com; 31, Kashirskoe highway, Moscow, 115409, Russia; phone: +74957885699, extens. 9002; postgraduate student.

Zakharchenko Roman Victorovich – e-mail: ramzesss300391@gmail.com; postgraduate student.

Minnebaev Stanislav Vadimovich – e-mail: dr.stason@mail.ru; postgraduate student.

Ryzhuk Roman Valerievich – e-mail: ryzhuk-rom@yandex.ru; senior researcher; cand. of eng. sc.

Maslov Mikhail Mikhailovich – e-mail: mike.maslov@gmail.com; the department of condensed matter physics; cand. of phis.-math. sc.; associate professor.

Katin Konstantin Petrovich – e-mail: kpkatin@yandex.ru; the department of condensed matter physics; cand. of phis.-math. sc.

Kargin Nikolay Ivanovich – e-mail: krgn@yandex.ru; deputy director; professor.

Kovalchuk Nikolay Georgievich – Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; e-mail: nikolapiterski87@mail.ru; 6, P. Brovka street, Minsk, 220013, Republic of Belarus; phone: +375172938803; R&D Department; Research laboratory 4.6; junior researcher.

Komissarov Ivan Vladimirovich – e-mail: komissarov@bsuir.by; R&D Department; Research laboratory 4.6; leading researcher; cand. of phis.-math. sc..

Labunov Vladimir Arkhipovich – e-mail: labunov@bsuir.by; phone: +375172021005; Center 4.0 «Center for Participation in Science and Technology Programs of European Union»; director; Academician of NASB; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 544.537

**А.О. Кучерик, С.В. Кутровская, А.В. Осипов, А.В. Истратов, А.Ю. Шагурина,
А.В. Подлесный**

ЛАЗЕРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В рамках данной работы исследована степень влияния морфологии (диаметр частиц в коллоиде, расстояние между осажденными частицами, количество слоев и т.д.) на оптические и электрические свойства осаждаемых тонких кластерных биметаллических пленок. Для формирования квазипериодически расположенных кластеров использовался метод осаждения частиц из коллоидных систем, позволяющий осаждавать наночастицы из коллоидов за счет локального нагрева и явления аномальной диффузии частиц вблизи поверхности. Было продемонстрировано изменение оптических свойств осаждаемых биметаллических пленок и проведено моделирование наблюдаемых оптических явлений с использованием FDTD-метода. Расчетные спектры пропускания качественно