

Исмайлова Г.А.,
Яр-Мухамедова Г.Ш.,
Мұрадов А.Д., Умітханова Г.Е.

**Жарықшығаратын
құрылымдардың
электролюминесценциясының
спектрлік сипаттамалары**

Ismailova G.A.,
Yar-Mukhamedova G.Sh.,
Muradov D.A., Umitkhanova G.E.

**Spectral characteristics of
electroluminescence light-
emitting structures**

Исмайлова Г.А.,
Яр-Мухамедова Г.Ш.,
Мұрадов А.Д., Умитханова Г.Е.

**Спектральные характеристики
электролюминесценции
светоизлучающих структур**

Энергиясы 200 кэВ $1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ дозалы, термоөңдеу ауада 60 минут аралығында 900 °С-та Sn иондары кремний диоксид қабаттарына имплантация нәтижесінде алынған нанокристалдармен SiO_2/Si үлгілерінен жасалған, тесттік жарық шығаратын спектрлік электролюминесценция сипаттамаларына зерттеу жүргізілді. Бұл үлгілер интенсивті жарқыраумен, жай көзбен қарағанда көрінетін күлгін немесе көк лазермен сипатталды. Осы үлгілерден сынау құрылымдар электролюминесценцияны зерттеу үшін дайындалған, алайда – 30-дан 30 В аралығында қолданбалы кернеулер диапазонында байқалмады. Бұл жеткілікті жоғары кернеудің болмауынан болды. Сынақ үлгілеріндегі кремний оксиді қабатының қалыңдығы 600 нм болды. Осы қалыңдығы қабаттар электролюминесценция қозғау үшін электролюминесценция спектрін шығару үшін қолданыстағы жүйелерді мүмкіндіктерін шеңберінен шықпайтын әлдеқайда жоғары кернеуі қажет.

Түйін сөздер: монокристалдық кремний, жарық диодтары, иондық имплантация, электролюминесценция.

Investigation of the spectral characteristics of electroluminescence test light emitting structures made of SiO_2/Si simple nanocrystals obtained as a result of implantation Sn ions into the layer of silicon dioxide, with an energy of 200 keV, a dose of $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ and heat treatment at 900 °C for 60 minutes in air. These samples were characterized by an intense glow, visible to the naked eye when illuminated with blue or violet laser. Using these samples, we have manufactured the initial model for electroluminescence studies, but we have not seen the light of the samples in a voltage range of -30 to 30V. The lack of light with low voltage. The thickness of the layer of silicon oxide test samples was 600 nm. For the appearance of electroluminescence in the layers of this thickness we need higher voltages, our device does not have enough voltage range.

Key words: monocrystalline silicon, light-emitting diodes, ion implantation, electroluminescence.

Проведено исследование спектральных характеристик электролюминесценции тестовых светоизлучающих структур, изготовленных из образцов SiO_2/Si с нанокристаллами, полученными в результате имплантации в слой диоксида кремния ионов Sn с энергией 200 кэВ дозой $1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и термообработки при 900 °С в течение 60 минут на воздухе. Эти образцы характеризовались интенсивным свечением, видимым невооруженным глазом при освещении фиолетовым или синим лазером. Из данных образцов были изготовлены тестовые структуры для исследования электролюминесценции, однако видного невооруженным глазом свечения в интервале прикладываемых напряжений от минус 30 до 30 В обнаружено не было. Это с недостаточно высоким прикладываемым напряжением. Толщина слоя оксида кремния для исследованных образцов составляла 600 нм. Для возбуждения электролюминесценции в слоях такой толщины необходимы гораздо более высокие напряжения, что выходит за пределы возможностей имеющейся установки для снятия спектров электролюминесценции.

Ключевые слова: монокристаллический кремний, светодиоды, ионная имплантация, электролюминесценция.

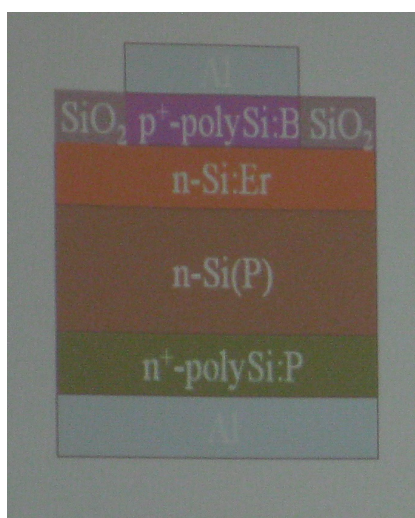
**ЖАРЫҚШЫҒАРАТЫН
ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ
ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕС-
ЦЕНЦИЯСЫНЫҢ
СПЕКТРЛІК
СИПАТТАМАЛАРЫ****Кіріспе**

Кремниймен бірге бір кристаллдағы A^3B^5 негізіндегі оптоэлектронды құрылғылардың интеграциясы көптеген жылдар бойы жоғары дәрежелі қызығушылықтар тудырды. Бірінші зерттеушілер кремнийдегі A^3B^5 материалының қабықшаларын өсіруге талпынды, бірақ, кейіннен кремний кристалдық тор құрылымының A^3B^5 қосылысына сәйкес еместігінің үлкендігі оптоэлектронды және электронды қасиеттерімен қабықшалар өсіруді әлдеқайда қиындатты. Мысалы, алып қарайтын болсақ Si және InAs тор параметрлерінің бір-біріне деген сәйкессіздігі 10,6%-ды құрайды. Кванттық нүктелерді зерттеудің басталуымен жаңа көптеген мүмкіндіктер пайда бола бастады. Жалпы кристаллдық кремнийде A^3B^5 кванттық нүктесінің тік өсіруі кремнийдің интеграциясындағы және A^3B^5 материалындағы басты бағыт болып саналады. Осындай кванттық нүктелердің үйлесімділігі толқын ұзындығының инфрақызыл диапазонндағы оптоэлектронды құрылғыларды (яғни, жартылайөткізгіш лазерлер, фотодиодтар, фотодетекторлар,) шығаруда аса зор қызығушылық туғызды. Кванттық нүктелердің массивтерін жасаудағы ең басты мәселе өлшемі бойынша кванттық нүктелердің таралуын жоғары құрылымдық жетілуі және олардың эффективті басқаруы болып отыр. Кванттық нүктелердің біртекті өлшемі оптоэлектроникада пайдалануда аса маңызды рөл атқарады. Бір жағынан көпөлшемді кванттық нүктелерді пайдаланғанда, мысалыға алатын болсақ ИҚ фотодетекторларында детекторлы жүйесінде «көптүстілікті» қамтамасыз етуге болады [1].

Эксперимент нәтижелері мен оны талдау

Ауада өңделген қалайы және жылу алмастырылған кремний диоксидінің зерттеулер қабаттары көрінетін диапазоннда қарқынды фотолюминесценция болуын көрсетті. Алайда, интегралдық микросхемаларды әлеуетті пайдалану үшін, онда электр өрісінің оқшаулаушы қабаты люминесценция қолданылды, яғни электролюминесценция. Электролюминесценциясын көрсету үшін зерттелетін қабат негізіндегі диодтық құрылым-

ды құру керек, ол үшін қозатын жарық эмиссиясын фотодетекторда тіркей алу үшін жоғарғы өткізгіш қабат мөлдір болуы керек [2]. Электролюминесценцияны зерттеуге арналған диодтық тест құрылымының топологиясы әр түрлі болуы мүмкін. Жұмыста эрбиймен ионды-алмастырылған кремний қабаттарының электролюминесценция спектрлерін түсіру үшін, 1-суретте көрсетілгендей диодты құрылымдардың топологиясы қолданылған [3].



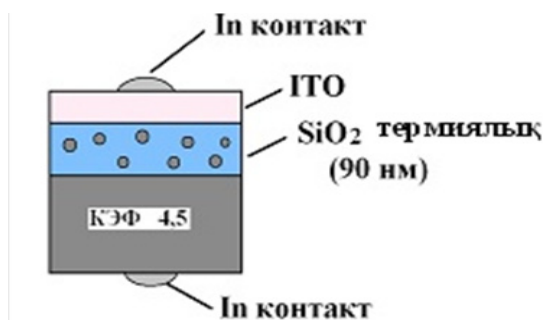
1-сурет – [3] жұмыстағы электролюминесценцияның қозуы үшін тесттік құрылымның топологиясы

Бұндай жазық топологиялық құрылымды құру үшін жазық кремнийлі технология әдістері қолданылады: активті қабатқа жұқа мөлдір жабындыны жағу (бұл жерде – диоксид кремний қабаты), содан кейін жоғары дәрежеде бормен легирленген, поликристалмен толтырылған ою жүргізіледі. Сенімді электрлік қабатпен қамтамасыз ету үшін тесттік құрылымның артқы жағына фосформен қатты легирленген кремний поликристалының қабатын жағады, одан кейін беткі жазық және тесттік құрылымның артқы жағына алюминий қабаттарымен тозаңдатылады [4].

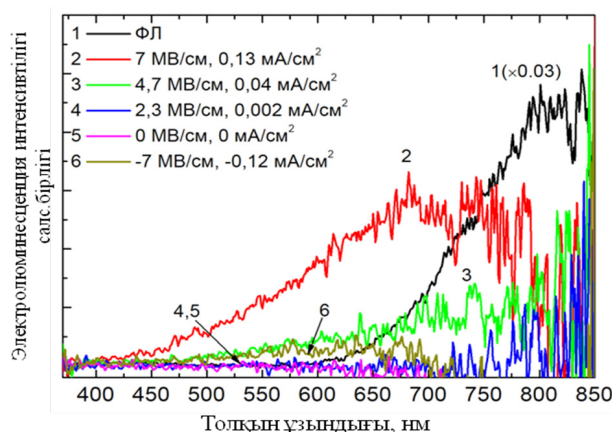
Берілген топология бойынша тесттік құрылымдарды жасау үшін кремний подложкаларының диаметрі 100 мм және жоғары болатын кремний поликристалдары, оттегі қабаттарын жағу және фотолитография процесін жүргізуге көмектесетін өнеркәсіптік технологиялық желісі қолданылуы керек. Бұндай топологияны іске асыру қымбат материалдарды қажет етеді, оптималды режимді таңдаудың бастапқы саты-

сында жарық шығаратын материал жасау мүмкін емес. Электролюминесценцияны зерттеуге арналған зертханалық тесттік құрылым [5] көрсетілген.

Осы құрылымды қолданудан алынған электролюминесценция 3-суретте көрсетілген.



2-сурет – [5] Кремний нанокристалдары бар кремний оксиді қабатында электролюминесценцияны қоздыруға арналған топологиялық тесттік құрылым

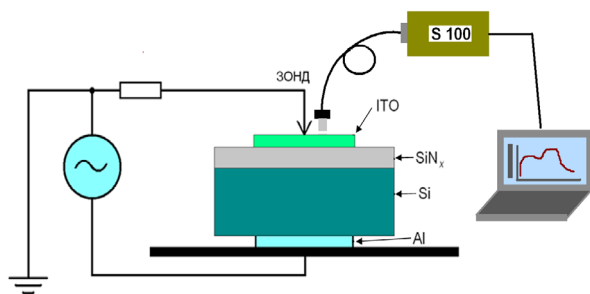


3-сурет – кремний оксиді қабаты негізінде кремний нанокристалдары бар диодты құрылымның электролюминесценция спектрі, [6]-жұмыстан

Суретте көрсетілген схемаға сәйкес құрылымға кернеу 30 В дейін берілді. Спектрометрге радиация кварцтік оптикалық талшық арқылы жүзеге асырылды. Электролюминесценцияның спектрлерін тіркеу үшін S100 спектрометрі қолданылды. S100 спектрометрін қолдану кезінде кең оптикалық диапазоны 190 нан 1100 нм дейін, рұқсат етілуі 1 нм арқылы бір уақытта және жоғары сапалы тіркеуге мүмкіндік береді.

Кремний негізінде диэлектрлік материалдарды шығаратын жарық электр өрісінің оқшаулаушы қабаты, яғни электролюминис-

ценция интегралдық схемаларды пайдалану үшін қажет. Көрінетін аймақта электролюминесценция спектрлік сипаттамаларын зерттеу үшін SiO_2 / Si , энергиясы $200 \text{ кэВ } 1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ дозалы иондармен имплантирленген, ауада 60 минут аралығында $900 \text{ }^\circ\text{C}$ -та жылулық өңделген қалайы таңдалып алынды. Бұл үлгілер интенсивті жарқыраумен, жай көзбен қарағанда көрінетін күлгін немесе көк лазермен сипатталды.



4-сурет – электролюминесценцияны түсіруге арналған қондырғының эксперименттік схемасы

Осы үлгілерден сынау құрылымдар электролюминесценцияны зерттеу үшін дайындалған, алайда – 30-дан 30 В аралығында қолданбалы кернеулер диапазонында байқалмады.

Бұл жеткілікті жоғары кернеудің болмауынан болды. Сынақ үлгілеріндегі кремний окси-

ді қабатының қалыңдығы 600 нм болды. Осы қалыңдығы қабаттар электролюминесценция қозғау үшін электролюминесценция спектрін шығару үшін қолданыстағы жүйелерді мүмкіндіктерін шеңберінен шықпайтын әлдеқайда жоғары кернеуі қажет. Қолданбалы кернеулер диапазонында люминесценция үшін 30 V қалайы иондары имплантациялау үшін пайдаланылатын құрылымдар SiO_2/Si жылы кремний диоксиді қабатының, тәртібін қалыңдығы азайту (үшін, сондай-ақ назарға SiO_2 шағын қалыңдығы отырып имплантациялау жаңа режимдерін әзірлеу қажет.

Электролюминесценцияны зерттеу үшін берілген үлгілерден сынау құрылымдары дайындалды, алайда қолданбалы кернеуі –30-дан 30 В интервалында көзбен көрінетін жарқырау көрінбеді.

Бұл жоғары қолданбалы кернеудің жетіспеушілігіне байланысты болады. Кремний оксидінің қабатының қалыңдығы зерттеу үлгілері үшін 600 нм болды. Мұндай қабаттағы қалыңдықты электролюминесценцияны қоздыру үшін, көбірек кернеу қажет. Қолданбалы кернеуі $\pm 30 \text{ В}$ диапазонында жарқырауды алу үшін, SiO_2/Si құрылымдағы кремний диоксид қабатының қалыңдығын бір ретке түсіру қажет. Сонымен қатар SiO_2 кіші қалыңдығын үйлестіре отырып, имплантацияның жаңа режимдерін қалыптастыру қажет.

Әдебиеттер

- 1 Lalic N., Linnros J., Light emitting diode structure based on Si nanocrystals formed by implantation into thermal oxide // Journal Lumin. – 1999. – V. 80. – P. 263-269.
- 2 Kenny M.J., Wielunski L.S., Tendys J., Collins G.A. Surface layer impurities on silicon spheres used in determination of the Avogadro constant // Nucl. Instr. Meth.- 1993. – Vol. B80/81. – P. 262–266.
- 3 Qin S., Jin Z., Chan C. J. Efficient Biginelli reaction catalyzed by sulfamic acid or silica sulfuric acid under solvent-free conditions // Appl. Phys.-1995. –Vol. 78, N1. – P. 55–60.
- 4 Jones E.C., Linder B.P., Cheung N.W. Jpn. J. Plasma immersion ion implantation for electronic materials // Appl. Phys.- 1996. –Vol. 35, Part I, N2B. P. 1027–1036.
- 5 Chu P.K., Qin S., Chan C. et al. Plasma immersion ion implantation – a fledgling technique for semiconductor processing // Mater. Sci. Eng.- 1996. Vol. – R17. – N6-7. P. 207– 277.
- 6 Prucnal S., Zhou S., Ou X., Reuther H., Liedke M.O., Mücklich A., Helm M., Zuk J., Pyszniak K., Skorupa W. InP nanocrystals on silicon for optoelectronic applications // Nanotechnology. – 2012. – V. 23. – P. 485204 – 485211.

References

- 1 N. Lalic, J. Linnros, Journal Lumin, 80, 263-269, (1999).
- 2 M.J. Kenny, L.S. Wielunski, J. Tendys, G.A. Collins, Nucl. Instr. Meth. B80/81, P. 262–266, (1993).
- 3 S. Qin, Z. Jin, C.J. Chan, Appl. Phys., 78(1), 55–60, (1995).
- 4 E.C. Jones, B.P. Linder, N.W. Cheung, J. Jpn., Appl. Phys., 35, I(2B), 1027–1036, (1996).
- 5 P.K. Chu, S. Qin, C. Chan et al., Mater. Sci. Eng., 17(6-7), 207– 277, (1996).
- 6 S. Prucnal, S. Zhou, X. Ou, H. Reuther, M.O. Liedke, A. Mücklich, M. Helm, J. Zuk, K. Pyszniak, W. Skorupa, Nanotechnology, 23, 485204–485211, (2012).

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Раздел 1

Жылу физикасы және Теплофизика и теориялық жылу техникасы теоретическая теплотехника

<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Алдиярова А.Н., Шортанбаева Ж.К., Арыстан А.</i> Создание трехмерных концентрационных и температурных поверхностей в топочной камере котла ПК-39 Аксуйской электростанции	4
<i>Коршиков Е., Дробышев А., Алдияров А., Курносое В., Стржемечный Ю., Наумов А., Кимбалл Дж., Доан Х.</i> Энергетические спектры криоконденсационного излучения закиси азота и этанола	12

2-бөлім Раздел 2

Плазма физикасы Физика плазмы

<i>Амиров С.М., Рамазанов Т.С., Молдабеков Ж.М.</i> Эффективные потенциалы взаимодействия частиц водородно-гелиевой плазме	20
<i>Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланулы Е.</i> Получение мелкодисперсных микросфер на основе методов механической и плазменной сепараций	32
<i>Жукешов А.М., Сундетов Т.Р., Ерлан С.</i> Расчет ветровой нагрузки и испытания двухосевого трекера	38
<i>Бастыкова Н.Х., Коданова С.К., Рамазанов Т.С., Донко З.</i> Манипуляция пылевыми частицами в комбинированном RF+DC разряде	44

3-бөлім Раздел 3

Конденсирленген күй физикасы және Физика конденсированного состояния и материалтану проблемалары проблемы материаловедения

<i>Ильин А.М., Kudryashov V.V., Guseinov N.R. Toganbayeva L.K.</i> Study of Defective Few-Layer Graphene Intercalated with Lithium	52
<i>Ильясов Б.Р., Ибраев Н.Х.</i> Влияния времени синтеза наностержней ZnO на рекомбинационные процессы в сенсублизированных красителем солнечных ячейках	56
<i>Мукаш Ж.О., Даутбекова Н.К., Саитова Н.К., Гриценко Л.В., Гусейнов Н.Р., Кумекоев С.Е., Абдуллин Х.А.</i> Зависимость оптических и электрических свойств слоёв ZnO:В от температуры гидротермального синтеза	64
<i>Мукаш Ж.О., Саитова Н.К., Гриценко Л.В., Калкозова Ж.К., Кумекоев С.Е., Абдуллин Х.А.</i> Влияние продолжительности гидротермального синтеза на свойства прозрачных проводящих слоёв на основе оксида цинка	70
<i>Партизан Г., Мансуров Б.З., Медянова Б.С., Кошанова А.Б., Мансурова М.Е., Алиев Б.А.</i> Исследование электровзрывных нанопорошков железа	78
<i>Түсіпжанов А.Е., Әлихан Ж., Кантай Н., Бектасова Г.С.</i> Легірлеуші элементтер қосылған қоланың физикалық механикалық қасиеттерін зерттеу	86
<i>Saymbetov A.K., Japashov N.M., Sissenov N.K., Mukhametkali B.K., Kuttybay N.B., Tulkibayuly Ye., Nurgaliyev M.K., Mansurova A.A.</i> The influence of inhomogeneities of materials on spectrometric characteristics of silicon detectors	96
<i>Мясникова Л.Н., Сагимбаева Ш.Ж., Шункеев К.Ш.</i> Определение вклада экситон-фононного взаимодействия в процессы автолокализации электронных возбуждений в щелочногалогенидных кристаллах	102
<i>Секербаев К.С., Таурбаев Е.Т., Ефимова А.И., Ботантаева Г.Е., Ермұхамед Д., Мұсабек Г.К., Диханбаев К.К., Тимошенко В.Ю., Таурбаев Т.И.</i> Күн элементтері және ИҚ фотоника үшін жартылайөткізгіштік нанокұрылымдар	110
<i>Исмайлова Г.А., Яр-Мухамедова Г.Ш., Мұрадов А.Д., Үмітханова Г.Е.</i> Жарықшығаратын құрылымдардың электролюминесценциясының спектрлік сипаттамалары	118

CONTENTS

Section 1 Thermal physics and theoretical thermal engineering

Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov V.V., Aitbaeva A.N., Shortanbaeva Zh.K., Arystan A.
The creation of three-dimensional concentration and temperature surfaces in the combustion chamber of the boiler PK-39 of Aksu power plant..... 4

Korshikov Ye., Drobyshchey A., Aldiyarov A., Kurnosov V. Strzhemechny Y., Naumov A., Kimball J., Doan H.
Spectra energyi in cryocondensate emission nitrogen oxide and ethanol..... 12

Section 2 Plasma Physics

Amirov S.M., Ramazanov T.S., Moldabekov Zh.A.
Effective interaction Potentials in H-He Plasmas..... 20

Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolaev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye.
Obtaining of small-dispersed microspheres using the method of mechanical and plasma separations..... 32

Zhukeshov A.M., Sundetov T.R., Erlan S.
Wind load calculation and testing of dual-axis tracker..... 38

Bastykova N.Kh., Kodanova S.K., Ramazanov T.S., Donko Z.
Manipulation of dust particles in RF+DC discharge 44

Section 3 Condensed matter physics and materials science problems

Ilyin A.M., Kudryashov V.V., Guseinov N.R. and Toganbayeva L.K.
Study of Defective Few-Layer Graphene Intercalated with Lithium 52

Il'yasov B.R., Ibrayev N.Kh.
Influence of hydrothermal reaction period of ZnO nanorod arrays on recombination processes in dye sensitized solar cell 56

Mukash Zh.O., Dautbekova N.K., Saitova N.K., Gritsenko L.V., Guseinov N.R., Kumekov S.E., Abdullin Kh.A.
Dependence of optical and electrical properties of ZnO:B thin layers on the hydrothermal synthesis temperature..... 64

Mukash Zh.O., Saitova N.K., Gritsenko L.V., Kalkozova Zh.K., Kumekov S.E., Abdullin Kh.A.
Effect of hydrothermal synthesis duration on the properties of transparent conductive coatings based on zinc oxide 70

Partizan G., Mansurov B.Z., Medyanova B.S., Koshanova A.B., Mansurova M.E., Aliyev B.A.
Study on the iron nanopowders obtained by the method of electric explosion of wires 78

Tussupzhanov A.E., Alihan Z., Kantai N., Bektasova G.S.
Investigation of physical and mechanical properties of bronze alloying elements 86

Saymbetov A.K., Japashov N.M., Sissenov N.K., Mukhametkali B.K., Kuttybay N.B., Tulkibayuly Ye., Nurgaliyev M.K., Mansurova A.A.
The influence of inhomogeneities of materials on spectrometric characteristics of silicon detectors..... 96

Myasnikova L.N., Sagimbaeva Sh.Zh., Shunkeyev K.Sh.
Determination of the contribution of the exciton-phonon interaction in the processes of electronic excitations self-trapping in alkali halide crystals..... 102

Sekerbayev K.S., Taurbaev Ye.T., Efimova A.I., Botantayeva G.Ye., Yermukhamed D., Mussabek G.K., Dikhanbayev K.K., Timoshenko V.Yu., Taurbaev T.I.
Semiconductor Based Nanostructures for Solar Cells and Infrared Photonics..... 110

Ismailova G.A., Yar-Mukhamedova G.Sh., Muradov D.A., Umitkhanova G.E.
Spectral characteristics of electroluminescence light-emitting structures 118

УСПЕЙТЕ ПОДПИСАТЬСЯ НА СВОЙ ЖУРНАЛ

АКЦИЯ!!!

**Каждому подписчику
ПУБЛИКАЦИЯ СТАТЬИ
БЕСПЛАТНО!!!**

- Акция действительна при наличии квитанции об оплате годовой подписки.
- Статья должна соответствовать требованиям размещения публикации в журнале.
- Статья печатается в той серии журнала, на которую подписался автор.
- Все нюансы, связанные с публикацией статьи, обсуждаются с ответственным секретарем журнала.

Издательский дом
«Қазақ университеті»
г. Алматы,
пр. аль-Фараби, 71
8 (727) 377 34 11, 221 14 65

АО «КАЗПОЧТА»
г. Алматы,
ул. Боғенбай батыра, 134
8 (727 2) 61 61 12

ТОО «Евразия пресс»
г. Алматы,
ул. Жибек Жолы, 6/2
8 (727) 382 25 11

ТОО «Эврика-пресс»
г. Алматы,
ул. Қожамқұлова, 124, оф. 47
8 (727) 233 76 19, 233 78 50