

<https://doi.org/10.15407/sofs2022.02.114>

УДК 546.123.2:548.55

В.Ф. ЗІНЧЕНКО¹, доктор хімічних наук, професор, завідувач відділу
e-mail: vfzinchenko@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-4778-495X>

І.Р. МАГУНОВ¹, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник
e-mail: igmagua@ukr.net

Г.В. ВОЛЬЧАК¹, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник
e-mail: volchakganna@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8999-7318>

В.П. СОБОЛЬ², заступник головного технолога з оптики
e-mail: department.nptk5@gmail.com

Б.А. ГОРШТЕЙН², начальник лабораторії вакуумних покриттів
e-mail: borisgor@i.com.ua

О.В. МОЗКОВА², провідний технолог
e-mail: olgamozk@ukr.net

Є.П. ГАЛЬКЕВИЧ³, кандидат технічних наук, заступник директора
e-mail: nmt@paco.net

Г.І. КОЧЕРБА³, головний технолог
e-mail: nmt@paco.net

¹ Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України
Люстдорфська дорога, 86, м. Одеса, 65080, Україна

² Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал»
вул. Московська, 8, Київ, 02010, Україна

³ СНВП «Нові матеріали і технології»
Люстдорфська дорога, 86, Одеса, 65080, Україна

РОЗВИТОК ЗВ'ЯЗКІВ «НАУКА—ВИРОБНИЦТВО» ПРИ СТВОРЕННІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОЇ ОПТИКИ

Розглянуто становлення зв'язків науки з виробництвом на прикладі розроблення матеріалів для інтерференційної оптики. Продемонстровано, як у навіть найскладніші періоди історії налагоджена співпраця між академічним інститутом та державним підприємством може приносити вагомі позитивні результати. Проаналізовано еволюцію зв'язків між науковою

Цитування: Зінченко В.Ф., Магунов І.Р., Вольчак Г.В., Соболев В.П., Горштейн Б.А., Мозкова О.В., Галькевич Є.П., Кочерба Г.І. Розвиток зв'язків «наука—виробництво» при створенні матеріалів для інтерференційної оптики. *Наука та наукознавство*. 2022. № 2 (116). С. 114—123. <https://doi.org/10.15407/sofs2022.02.114>

та виробничою складовими в зазначеній галузі у період до і після здобуття Україною незалежності, коли зникли старі напрацьовані схеми, характерні для адміністративної системи, і натомість стали налагоджуватися нові зв'язки, здатні дати ефект у ринкових умовах. Але найголовнішим чинником успішної діяльності в галузі залишається наявність неперервної співпраці за будь-яких умов.

Визначено, що впродовж 30-річного періоду незалежності України співпраця між наукою та виробництвом при створенні матеріалів для інтерференційної оптики відбувалася у таких формах: робота у межах спільної державної програми; участь у спільному проєкті Українського науково-технологічного центру; виконання інноваційного (науково-технічного) проєкту НАН України за активної підтримки з боку партнерів від виробництва; господарські договори з розроблення матеріалів для вирішення різних проблем; робота за договором про наукову і науково-технічну співпрацю. Результатом проведеної роботи стали такі досягнення, як здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки, успішне застосування розроблених спільно матеріалів у оптиці космічного базування супутників «ЕгиптSat-1» та «Січ-2». Інші розробки матеріалів використано для виготовлення світлопоглинального покриття для інфрачервоного діапазону спектра, створення тривкого багатошарового покриття для відрізного фільтра та фотоприймача тієї ж області спектра. Розроблено й випробувано новий клас матеріалів на основі компонентів германій — оксид (сульфід) металу для нанесення алмазоподібних покриттів. Завдяки зазначеним розробкам Україна змогла по-стійно провідні позиції в цій галузі.

Зроблено висновок, що постійна робота у зв'язці «наука—виробництво» уможливила досягнення суттєвих результатів у створенні матеріалів для інтерференційної оптики ІЧ-діапазону спектра.

Ключові слова: наука, виробництво, Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України, Спільне українсько-американське науково-виробниче підприємство «Нові матеріали і технології», Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», матеріали для інтерференційної оптики, господарські договори, оптика інфрачервоного діапазону.

Вступ. Поняття інтерференційного, або просвітлювального, покриття виникло у першій половині ХХ сторіччя, коли багато хто з дослідників намагався покращити властивості тогочасної оптики, насамперед зменшуючи розсіювання й відбиття від поверхні оптичних елементів. Найбільших успіхів у цьому досяг наш співвітчизник Олександр Смакула, більш відомий як розробник методів вирощування монокристалів [1]. У 1935 р. він уперше в світі запатентував спосіб зменшення оптичних втрат завдяки нанесенню на оптичний елемент зі скла тонкоплівкового покриття з нижчим показником заломлення шляхом термічного випаровування й наступної конденсації у вакуумі флюориду магнію на оптичний елемент зі скла [2].

У подальшому цей напрям було розвинуто й сформовано під назвою «інтерференційна оптика». З часом інтерференційні покриття почали робити багатошаровими та змінної товщини, а також збільшилася й урізноманітнілася кількість матеріалів, використовуваних для їх виготовлення.

Наразі достатньо чітко окресленим залишається коло матеріалів для інтерференційної оптики залежно від спектрального діапазону її функціонування. Це флюориди металів (далекій УФ-, видимий, ближній та середній ІЧ-діапазони), оксиди металів (ближній УФ-, видимий, ближній та серед-

ній ІЧ-діапазони), халькогеніди (сульфіди, селеніди, іноді телуриди) металів (видимий, середній й дальній ІЧ-діапазони спектра). Зрозуміло, що вони відрізняються й значеннями показників заломлення (n): флюоридам металів притаманні найнижчі значення n , оксидам металів — проміжні, халькогенідам металів — найвищі. Вони мають також відповідати певним вимогам щодо технологічності процесів нанесення покриттів і низці експлуатаційних параметрів (адгезія до підкладки, кліматична стійкість й механічна міцність тощо).

У цьому плані важливе значення має посилення взаємодії фахівців із матеріалознавства та технологів-оптиків, а також взаємозв'язків «наука—виробництво» для вирішення нагальних проблем такої високотехнологічної галузі, як оптичне приладобудування.

Мета статті — викласти результати дослідження еволюції зв'язків науки з виробництвом на прикладі розроблення матеріалів для інтерференційної оптики.

Викладення основного матеріалу. Процес налагодження стосунків між наукою та виробництвом у цій сфері на прикладі Фізико-хімічного інституту ім. О.В. Богатського НАН України (далі — Інститут) досліджено в [3]. У період 1977—1991 рр., а саме на початку 70-х років, у лабораторіях Інституту загальної і неорганічної хімії АН УРСР (це попередник Інституту) розпочалися роботи з розроблення та одержання напівпромислових партій високочистих матеріалів за договорами з Міноборонпромом СРСР. Потреба у матеріалах зростала і в 1978 р. дослідну ділянку було перетворено на цех Дослідного заводу Інституту. Виконувалися господарські договори з низкою підприємств Міноборонпрому СРСР: Державним оптичним інститутом ім. С.І. Вавілова, Ленінградським оптико-механічним об'єднанням, Державним інститутом прикладної оптики, Уральським оптико-механічним заводом, НВО «Астрофізика», НДІ космічного приладобудування, НВО «Платан», ВО «Арсенал». Обсяг поставок матеріалів (близько 50 найменувань) становив 2—3 тони на рік, або приблизно 90 % сукупних потреб Міноборонпрому СРСР. Як видно зі списку замовників продукції, переважна більшість матеріалів споживалася військово-промисловим комплексом (ВПК) колишнього СРСР і була спрямована на створення оптичних приладів військового призначення, особливо оптики ІЧ-діапазону спектра (тепловізори, теплові детектори тощо).

У 1989 р. створено координаційний орган — Міжвідомчий науково-технічний центр «Оптовак» АН УРСР та Міноборонпрому СРСР (керівник від АН УРСР — канд. техн. наук Г.О. Тетерін), який існував до 1991 р. За цикл робіт із розроблення матеріалів для інтерференційної оптики «Матеріали на основі оксидів цирконію та гафнію — хімія, технологія та застосування у народному господарстві» співробітникам Інституту — завідувачу відділу, канд. техн. наук Г.О. Тетеріну та завідувачу лабораторії, канд. техн. наук Р.Л. Магунову — у 1990 р. присуджено премію Ради Міністрів СРСР.

Проте, незважаючи на значні обсяги матеріалів, що постачалися для потреб ВПК колишнього СРСР, його взаємодія з наукою мала характер нерівних стосунків, у тому числі щодо обміну інформацією за результатами випробувань матеріалів. Хімія, технологія і матеріалознавство розвивалися своїм шляхом, натомість розробки в галузі інтерференційної оптики через відсутність зворотного зв'язку спиралися переважно на традиційні матеріали, розроблені ще з повоєнних часів.

Починаючи з 1991 р. в Інституті відбулися суттєві зміни. На базі одного із цехів Дослідного заводу у 1993 р. було створено Спільне українсько-американське науково-виробниче підприємство (СНВП) «Нові матеріали і технології» (заступник директора — канд. техн. наук Є.П. Галькевич, головний технолог — Г.І. Кочерба), яке продовжує випуск переважно традиційних матеріалів; також відкрито нові ринки (Ізраїль, США, Польща, Естонія), що призвело до підвищення вимог до традиційних матеріалів, а також налагодження випуску нових матеріалів. Інститут став головною організацією з розділу «Технології плівкоутворюючих матеріалів» програми «Приладобудування України».

У 2000—2003 рр. виконано спільний проєкт з Українським науково-технологічним центром (УНТЦ, згодом НТЦУ) за № 1356 «Інтерференційні покриття для оптичних елементів і плівкоутворюючі матеріали на основі вуглецевих сполук і сполук рідкісноземельних металів». Його співвиконавцями були: Казенне підприємство «Центральне конструкторське бюро (КП ЦКБ) «Арсенал» (з 2009 р. — Казенне підприємство спеціального приладобудування (КП СПБ) «Арсенал»), Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка та Інститут надтвердих матеріалів (ІНМ) ім. В.М. Бакуля НАН України. Керівник проєкту — В.П. Соболев, виконавці — канд. фіз.-мат. наук Н.М. Білявіна, Б.А. Горштейн, д-р хім. наук Н.П. Єфрюшина, канд. фіз.-мат. наук М.І. Захаренко, д-р хім. наук В.Ф. Зінченко, Г.І. Кочерба, В.І. Максименко, канд. фіз.-мат. наук В.Я. Марків, О.В. Мозкова. З використанням концепції стабілізації валентного стану розроблено низку матеріалів на основі складних сполук — флюоридів, оксидів, халькогенідів, які пройшли успішне випробування методом термічного випаровування у вакуумі.

Створено покриття для експериментальних дзеркал гелій-неонового лазера [4] на основі складного оксиду, що володіє наднизькими значеннями коефіцієнтів розсіювання та поглинання, на заміну діоксиду титану. На основі складного флюориду, розробниками якого є Г.І. Кочерба, В.Ф. Зінченко, Є.П. Галькевич, створено матеріал для оптики космічного базування (супутник «*Egypt.Sat-1*», рис. 1).

У 2008 р. при виконанні інноваційного проєкту «Плівкоутворюючі матеріали та багатошарові покриття інтерференційної оптики ІЧ-технологічних лазерів» за підтримки КП ЦКБ «Арсенал» та СНВП «Нові матеріали і технології» розроблено технічні умови й технологічні регламенти [5]

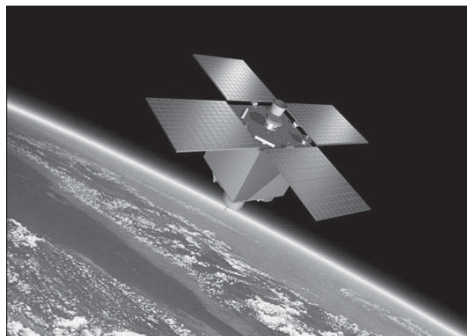


Рис. 1. Застосування флюоридного матеріалу в оптиці супутника *EgyptSat-1*

Джерело: <https://space.com.ua/2021/04/17/made-in-ukraine-egyptsat-1/> (дата звернення: 16.12.2021).

ім. О.В. Богатського НАН України д-р хім. наук професору В.П. Антоновичу, д-ру хім. наук В.Ф. Зінченку та співробітникам КП ЦКБ «Арсенал» канд. фіз.-мат. наук М.І. Лихоліту, В.П. Соболю, О.В. Мозковій та ін. присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки за 2008 р. (фото 1).

Подальші зв'язки набули форми науково-технічної співпраці і полягали у випробуванні на КП ЦКБ (у подальшому КП СПБ) «Арсенал» розроблюваних у Інституті матеріалів, оприлюдненні найбільш визначних результатів у вигляді спільних наукових статей або патентів. У той час значні напрацювання намітилися у двох напрямках: а) одержання вільного від оксидних домішок сульфіді цинку; б) зв'язування оксидних домішок у сульфіді цинку, а також флюориді магнію введенням добавок сполук рідкісноземельних елементів. Для швидшої реалізації нових матеріалів у 2015—2016 рр. виконано господарський договір «Розробка технологічних основ одержання високочистого цинк сульфіді — матеріалу для інтерференційної оптики ІЧ-діапазону спектра» (керівник д-р хім. наук, професор В.Ф. Зінченко), який завершився створенням лабораторного регламенту на спосіб одержання високочистого (без оксидних домішок) цинк сульфіді [6]. Технологія очистки ґрунтується на застосуванні методів обмінних реакцій та *CVD* (*Chemical Vapor Deposition*) процесу. Матеріал успішно застосовано у світлопоглинальному покритті для ІЧ-діапазону спектра на заміну високовартісного германію [7].

На базі зазначеної концепції розроблено матеріали нового типу на основі систем германій — халькогенід (оксид) металу, які отримали назву *CVD*-композитів [8].

Один із *CVD*-композитів зі складом германій — сульфід цинку успішно застосовано в оптиці космічного базування [9] (супутник «Січ-2», рис. 2).

У 2017 р. виконано господарський договір «Розробка матеріалу на основі сполук германію для інтерференційного покриття з поліпшеними ха-

на створені матеріали для застосування у технологічних (CO_2) лазерах ІЧ-діапазону спектра на основі сульфідного композиту й складного флюориду. Із їх застосуванням створено оптичні елементи з високими експлуатаційними характеристиками.

За розробку матеріалів і покриттів зі складних оксидів, флюоридів та халькогенідів металів, а також елементів інтерференційної оптики ІЧ-діапазону спектра для тепловізійних приладів співробітникам Фізико-хімічного інституту



Фото 1. Лауреати Державної премії України в галузі науки і техніки 2008 року з Головою Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки, Президентом НАН України, академіком Б.Є. Патонем, зліва направо:

Попереду: С.А. Клименко, д-р техн. наук, заступник директора Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України; В.Ф. Зінченко, д-р хім. наук, завідувач відділу Фізико-хімічного інституту ім. О.В. Богатського НАН України; Б.Є. Патон, академік НАН України, Президент НАН України; співробітники КП ЦКБ «Арсенал» — М.І. Лихоліт, канд. фіз.-мат. наук, директор — головний конструктор; О.В. Мозкова, провідний конструктор; В.П. Соболев, начальник відділення; В.В. Фесенко, провідний конструктор.

Позаду: В.П. Антонович, д-р хім. наук, завідувач відділу Фізико-хімічного інституту ім. О.В. Богатського НАН України; В.В. Полежаєв, начальник відділу КП ЦКБ «Арсенал».

Джерело: власні архіви авторів.

рактеристиками, прозорого у діапазоні 3—5 мкм» (керівник д-р хім. наук, професор В.Ф. Зінченко) на заміну монооксиду силіцію, який виявився нетривким у покриттях на оптичних елементах з великою поверхнею з лейкосапфіру. Згідно з концепцією стабілізації валентного стану розроблено альтернативний матеріал — монооксид германію з додаванням оксиду бору, що має високу адгезію, кліматичну стійкість і механічну міцність [10, 11].

Одержаний з альтернативного матеріалу зразок відрізаючого фільтра вже декілька років зберігається, не втрачаючи своїх параметрів [12]. Успішним виявилось застосування розробленого матеріалу в оптичних елементах фотоприймачів [13] ближнього ІЧ-діапазону спектра на базі арсеніду індію.

Упродовж останніх 2—3 років розроблено низку матеріалів на основі сульфїду цинку, у яких застосовано зв'язування оксидних домішок добавкою оксиду бору [14, 15]. Досягнуто суттєві позитивні зміни, зокрема майже двадцятиразове підвищення механічної міцності покриттів. Із СНВП «Нові



Рис. 2. Супутник «Січ-2» з оптикою, що містить *CVD*-композит

Джерело: https://spacecenter.gov.ua/?attachment_id=196#main (дата звернення: 16.12.2021).

будування та пов'язане з ним хімічне матеріалознавство, виявило широке розмаїття зв'язків між наукою та виробництвом упродовж доволі тривалого періоду. Вони трансформувалися від планових науково-технічних завдань, притаманних командно-адміністративній системі, до участі науковців та інженерів у спільних проєктах і програмах, виконання господарських договорів, договорів про науково-технічну співпрацю, ліцензійних договорів та інших видів кооперації в умовах ринкового господарювання. Це свідчить, що той науково-технічний напрям (наукова школа), який складався десятиліттями, витримав випробування і намагається вижити та розвиватися за вельми непростих умов сьогодення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Smakula A. Einkristalle. Wachstum, Herstellung und Anwendung. Berlin-Göttingen-Heidelberg-München: Springer-Verlag, 1962.
2. Smakula A. Patent Deutsches Reich No 685767. 01.11.1935.
3. Недоступ В.И., Зінченко В.Ф., Ефрюшина Н.П., Соснин О.В., Галькевич Е.П. Пленкообразующие оптические материалы: состояние исследований, перспективы производства. *Технологические системы*. 2002. № 5. С. 37—40.
4. Zinchenko V.F., Maksimenko V.I., Sobol V.P., Sadkovska L.V., Timukhin Ye.V. Application of $\text{Sm}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ in technology of mirrors for He-Ne laser. *5th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL'2010*. Sevastopol, 10—14 September 2010. IEEE, 2010. P. 233—235.
5. Зінченко В.Ф., Антонович В.П., Магунов І.Р., Кочерба Г.І., Соболев В.П., Мозкова О.В., Горштейн Б.А. Плівкоутворюючі матеріали та багатошарові покриття інтерференційної оптики технологічних ІЧ-лазерів. *Наука та інновації*. 2009. Т. 5. № 6. С. 5—10. <http://dx.doi.org/10.15407/scin5.06.005>
6. Патент України на корисну модель № 78486. Зінченко В.Ф., Магунов І.Р., Чигринов В.Е., Садковська Л.В. Спосіб очистки оптичного матеріалу цинку сульфідів від оксидних домішок.

матеріали і технології» підписано ліцензійний договір на право використання матеріалів для інтерференційних покриттів за патентом [16]. На нашу думку, це має сприяти підвищенню конкурентоспроможності продукції, що випускається згаданим підприємством.

На завершення слід зазначити, що завдяки тісній співпраці з виробництвом протягом 1991—2018 років захищено 10 кандидатських та одну докторську дисертації.

Висновки. Дослідження, виконане на прикладі такої високотехнологічної галузі, як оптичне приладо-

7. Патент України на корисну модель № 91274. Чигринов В.Е., Зінченко В.Ф., Мозкова О.В. Застосування високочистого сульфїду цинку як матеріалу для світлопоглинальних покриттів.
8. Чигринов В.Е. Взаємодія в системах германій — халькогенід (оксид) металу II—V груп, структура й оптичні властивості композитів та покриттів на їх основі: дис. ... канд. хім. наук: 02.00.01. Одеса, 2017. 170 с. URL: http://pci.nas.gov.ua/Disertations/Disser_2017_004/Disser.20170913_02.pdf (дата звернення: 16.12.2021).
9. Соболев В.П., Горштейн Б.А., Мозковая О.В., Зинченко В.Ф., Кочерба Г.И. Технологические аспекты изготовления светоделиителя с уменьшенной степенью поляризации. *Українська науково-технічна конференція «Авіакосмічне приладобудування», присвячена 250-річчю Арсеналу та 60-річчю ЦКБ «Арсенал»*. Київ: КП СПБ «Арсенал», 2014. С. 113—114
10. Зінченко В.Ф., Соболев В.П., Магунов І.Р., Мозкова О.В. Монооксид германію — перспективний матеріал інтерференційної оптики інфрачервоного діапазону спектра. *Питання хімії і хімічної технології*. 2018. № 6. С. 29—33. <http://doi.org/10.32434/0321-4095-2018-121-6-29-33>
11. Зінченко В.Ф., Магунов І.Р., Мозкова О.В., Нечипоренко Г.В., Стоянова І.В. Вивчення взаємодії у системі GeO — V₂O₃ спектроскопічними методами. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2018. Т. 19. № 2. С. 163—170. <https://doi.org/10.15330/pcss.19.2.163-170>
12. Патент України на винахід № 121777. Зінченко В.Ф., Мозкова О.В., Соболев В.П., Горштейн Б.А., Магунов І.Р. Багатошарове інтерференційне покриття як компонент відрізаючого оптичного фільтра.
13. Патент України на винахід № 121896. Зінченко В.Ф., Мозкова О.В., Соболев В.П., Горштейн Б.А., Магунов І.Р. Просвітлювальне покриття для оптичного елемента фотоприймача.
14. Патент України на винахід № 118882. Зінченко В.Ф., Магунов І.Р., Мозкова О.В., Соболев В.П., Горштейн Б.А. Матеріал для інтерференційних покриттів та тонкоплівкове одношарове покриття.
15. Патент України на винахід № 141027. Зінченко В.Ф., Магунов І.Р., Мозкова О.В., Садковська Л.В. Матеріал для інтерференційних покриттів.
16. Патент України на корисну модель № 123291. Зінченко В.Ф., Магунов І.Р., Мозкова О.В., Садковська Л.В. Матеріал для інтерференційних покриттів.

Одержано 05.02.2022

REFERENCES

1. Smakula, A. (1962). *Einkristalle. Wachstum, Herstellung und Anwendung*, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg-München.
2. Smakula, A. *Patent Deutsches Reich No 685767*. 01.11.1935.
3. Nedostup, V.I., Zinchenko, V.F., Efrushina, N.P., Sosnin, O.V., & Galkevich E.P. (2002). Film-forming optical materials: state of research, production prospects. *Tekhnologicheskii sistemy*, 5, 37—40 [in Russian].
4. Zinchenko, V.F., Maksimenko, V.I., Sobol, V.P., Sadkovska, L.V., & Timukhin, Ye.V. (2010). Application of Sm₂Ti₂O₇ in technology of mirrors for He-Ne laser. Proceedings from: *5th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL 2010*. 10—14 September 2010, 233—235. Sevastopol: IEEE.
5. Zinchenko, V.F., Antonovich, V.P., Magunov, I.R., Kocherba, G.I., Sobol, V.P., Mozkova, O.V., & Gorshtein, B.A. (2009). Film-Forming Materials and Multilayer Coatings of Interference Optics for IR-Technological Lasers. *Science and Innovation*, 5 (6), 5—10. <http://doi.org/10.15407/scin5.06.005> [in Ukrainian].

6. Zinchenko, V.F., Magunov, I.R., Chygrynov, V.E., & Sadkovskaya, L.V. *Patent of Ukraine for the utility model No. 78486*. Method for purification of zinc sulfide optical material from oxide impurities [in Ukrainian].
7. Chygrynov, V.E., Zinchenko, V.F., & Mozkova, O.V. *Patent of Ukraine for utility model No. 91274*. The use of high-purity zinc sulfide as a material for light-absorbing coatings [in Ukrainian].
8. Chygrynov, V.E. (2017). *Interaction in systems Germanium — II—V groups metal chalcogenide (oxide), structure and optical properties of composites and coatings on their base*. Candidate's thesis. URL: http://pci.nas.gov.ua/Disertations/Disser_2017_004/Disser.20170913_02.pdf (last accessed: 16.12.2021) [in Ukrainian].
9. Sobol, V.P., Gorshtein, B.A., Mozkova, O.V., Zinchenko, V.F., & Kocherba, G.I. (2014) Technological aspects of manufacture of a beam splitter with a reduced degree of polarization. *Ukrainian Science and Technology Conference "Aerospace Instrumentation" dedicated to the 250th anniversary of the Arsenal and the 60th anniversary of the Central Design Bureau "Arsenal"*, 113—114. Kyiv: SE SIM "Arsenal" [in Russian].
10. Zinchenko, V.F., Sobol, V.P., Magunov, I.R., & Mozkova, O.V. (2018). Germanium monoxide — the promising material for interference optics in the infrared spectrum. *Issues of Chemistry and Chemical Technology*, 6, 29—33. <http://doi.org/10.32434/0321-4095-2018-121-6-29-33> [in Ukrainian].
11. Zinchenko, V., Magunov, I., Mozkova, O., Nechyporenko, G., & Stoianova, I. (2019). Interaction Studying in System GeO — B₂O₃ by Spectroscopic Methods. *Physics and Chemistry of Solid State*, 19, 163—170. <https://doi.org/10.15330/pcss.19.2.163-170> [in Ukrainian].
12. Zinchenko, V.F., Mozkova, O.V., Sobol, V.P., Gorshtein, B.A., & Magunov, I.R. *Patent for invention No. 121777*. Multilayer interference coating as a component of the cutting optical filter [in Ukrainian].
13. Zinchenko, V.F., Mozkova, O.V., Sobol, V.P., Gorshtein, B.A., & Magunov, I.R. *Patent of Ukraine for invention No. 121896*. Illumination coating for the optical element of the photodetector [in Ukrainian].
14. Zinchenko, V.F., Magunov, I.R., Mozkova, O.V., Sobol, V.P., & Gorshtein, B.A. *Patent of Ukraine for invention No. 118882*. Material for interference coatings and thin-film single-layer coating [in Ukrainian].
15. Zinchenko, V.F., Magunov, I.R., Mozkova, O.V., & Sadkovska, L.V. *Patent of Ukraine for invention No. 141027*. Material for interference coatings [in Ukrainian].
16. Zinchenko, V.F., Magunov, I.R., Mozkova, O.V., & Sadkovska, L.V. *Patent of Ukraine for the utility model No. 123291*. Material for interference coatings [in Ukrainian].

Received 05.02.2022

*V.F. Zinchenko*¹, Dsc (Chemistry), professor, department head

e-mail: vfzinchenko@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-4778-495X>

*I.R. Magunov*¹, PhD (Chemistry), senior researcher

e-mail: igmagua@ukr.net

*G.V. Volchak*¹, PhD (Chemistry), senior researcher

e-mail: volchakganna@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8999-7318>

*V.P. Sobol*², deputy chief technologist in optics

e-mail: department.nptk5@gmail.com

*B.A. Gorshtein*², head of vacuum coating laboratory

e-mail: borisgor@i.com.ua

*O.V. Mozkova*², leading technologist

e-mail: olgamozk@ukr.net

*Ye.P. Halkevich*³, PhD (Engineering), deputy director

e-mail: nmt@paco.net

*H.I. Kocherba*³, chief technologist

e-mail: nmt@paco.net

¹O.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of the NAS of Ukraine

Lustdorfska road, 86, Odesa, 65080, Ukraine

²State Enterprise of Special Instrument Making “Arsenal”

Moskovska str., 8, Kyiv, 02010, Ukraine

³Joint Ukrainian-American Research and Production Enterprise

“New Materials and Technologies”

Lustdorfska road, 86, Odesa, 65080, Ukraine

DEVELOPING SCIENCE-INDUSTRY LINKS IN CREATING MATERIALS FOR INTERFERENCES OPTICS

The formation of links between science and industry is analyzed on the example of the development of materials for interference optics. It is demonstrated that even in the most difficult periods of history the established cooperation between an academic institute and a state enterprise can bring significant positive results. The evolution of “science-industry” links within the above sector in the period before and after Ukraine’s independence was analyzed, to show that the old schemes of relations specific for the administrative system were destroyed, and new ones were established and revived in new realities. The most important factor of high performance remains the existence of continuous cooperation under any circumstances.

During the 30-year period of cooperation since the independence of Ukraine, it took place in the following forms: work in a joint state program; participation in a joint project of the Science and Technology Center in Ukraine; implementation of an innovative (science and technology) project of the National Academy of Sciences of Ukraine with the active support of industry partners; economic contracts for the development of materials to address various aspects; works on line of science or science and technology cooperation agreements. These works resulted in the award of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, with the jointly developed materials successfully used in the space-based optics of the EgyptSat-1 and Sich-2 satellites. Other material developments were used in making light-absorbing coatings for the infrared range of the spectrum, creating a durable multilayer coating for the cut-off filter and photodetector of the same spectrum. A new class of materials based on germanium — metal oxide (sulfide) components for diamond-like coatings was developed and tested. These developments allowed Ukraine to have a leading position in this field.

It is concluded that constant effort in R&D and industry enabled to achieve significant results in the creation of materials for interference optics of IR-spectrum.

Keywords: *science, production, O.V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of the NAS of Ukraine, Joint Ukrainian-American Research and Production Enterprise “New Materials and Technologies”, State enterprise of special instrument making “Arsenal”, materials for interferential optics, business contracts, infrared optics.*