

<https://doi.org/10.15407/sofs2023.03.166>
УДК 53(091)

В.С. СОЛНЦЕВ, кандидат фізико-математичних наук, завідувач відділу
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України
проспект Науки, 41, Київ, 03028, Україна
e-mail: solarstar@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-4441-2667>

П.С. СМЕРТЕНКО, кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України
проспект Науки, 41, Київ, 03028, Україна
e-mail: petrosmertenko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8793-302X>

НАУКОВИЙ ВНЕСОК ВАДИМА ЄВГЕНОВИЧА ЛАШКАРЬОВА У РОЗВИТОК ФІЗИКИ І ТЕХНІКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ (до 120-річчя від дня народження)

Стаття присвячена дослідженню та популяризації життєвого і творчого шляху дійсного члена Академії наук УРСР Вадима Євгеновича Лашкарьова, видатного українського вченого у галузі фізики і техніки напівпровідників. Її мета — показати видатні успіхи В.Є. Лашкарьова в науковій, технічній та науково-організаційній діяльності на території України. Джерельну базу дослідження склали наукові публікації вченого, його колег і учнів у галузі фізики дифракції електронів, фотоелектричних явищ, фізики росту монокристалічних напівпровідників, вивчення транспорту носіїв заряду в напівпровідниках р- та n- типу. В основу методології дослідження покладено принципи історизму, об'єктивності та достовірності;

Цитування: Солнцев В.С., Смертенко П.С. Науковий внесок Вадима Євгеновича Лашкарьова у розвиток фізики і техніки напівпровідників (до 120-річчя від дня народження). *Наука та наукознавство*. 2023. № 3 (121). С. 166–185. <https://doi.org/10.15407/sofs2023.03.166>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2023. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

використано спеціальні історичні методи: класифікації, синтезу, аналізу, проблемно-хронологічний, порівняльно-історичний. Показано, що наукова діяльність В.Є. Лашкарьова складалась із чотирьох основних періодів: перший період — становлення творчого потенціалу (1924—1935), другий — випробування під час архангельського заслання (1935—1939), третій — досягнення творчої зрілості (1939—1944) та четвертий — творчий розвиток і створення інтелектуальної спадщини (1945—1970). Наведено результати наукометричного аналізу профілю В.Є. Лашкарьова в базі даних Web of Science, зокрема дані щодо цитування його статей в останні роки, які свідчать, що праці вченого залишаються актуальними і сьогодні. Розкрито роль ученого у створенні Інституту напівпровідників АН УРСР та утвердженні демократичних засад управління установою, яких дотримуються його послідовники й донині. Показано, що видатні лідерські та організаційні риси дали В.Є. Лашкарьову змогу закласти основи власної інтелектуальної спадщини в Києві в 40—70-х роках минулого століття: 1) наукову школу теоретичної та експериментальної фізики напівпровідників; 2) кафедру фізики напівпровідників Київського університету імені Т.Г. Шевченка; 3) Інститут напівпровідників АН УРСР.

Ключові слова: В.Є. Лашкарьов, дифракція електронів, p - n перехід, фізика і техніка напівпровідників, Інститут напівпровідників АН УРСР.

Вступ. 7 жовтня 2023 р. виповнюється 120 років від дня народження доктора фізико-математичних наук (1935), професора (1949), академіка АН УРСР (1945), директора Інституту напівпровідників АН УРСР (1960—1970) Вадима Євгеновича Лашкарьова, всесвітньо відомого українського вченого у галузі фізики і техніки напівпровідників. Винайшовши незалежно від американських учених p - n перехід у напівпровідникових матеріалах, В.Є. Лашкарьов увійшов до світової історії науки як видатний фізик та організатор науки [1—5].

Продовжуючи розпочаті академіком АН УРСР О.Г. Гольдманом дослідження фізичних явищ у напівпровідниках [6—8], В.Є. Лашкарьов започаткував разом із учнями та колегами такі наукові напрями: 1) розроблення методів дослідження дифракції електронів та приладів на їх основі; 2) прилади для випрямлення змінного струму; 3) фотоелектричні детектори; 4) поверхневі явища у напівпровідниках; 5) вплив адсорбції газів на поверхневу провідність та контактну різницю потенціалів; 6) розроблення методик вирощування монокристалічних зразків халькогенідів цинку та кадмію; 7) дослідження генераційно-рекомбінаційних процесів та електронного транспорту у напівпровідниках і напівпровідникових структурах; 8) теоретичні та експериментальні дослідження електронного перенесення двовимірних вільних носіїв заряду в напівпровідникових наноструктурах; 9) дослідження електрофізичних і фотоелектричних ефектів в органічних напівпровідниках та шаруватих структурах на їхній основі; 10) визначення впливу зовніш-



В.Є. Лашкар'ов, дійсний член АН УРСР, доктор фізико-математичних наук, 1948, Київ, Україна

Джерело: Центральний державний аудіовізуальний та електронний архів України, од. обл. 0-181738, А-35, П-17.

ніх факторів на характеристики поверхнево-бар'єрних структур із включеннями нанокристалічних напівпровідників і використання таких ефектів для сенсорики; 11) розроблення фізичних моделей і методів дослідження параметрів глибоких енергетичних центрів у напівпровідникових матеріалах; 12) розроблення та виробництво германієвих транзисторів [8—10].

За наукову діяльність і високі професійні досягнення В.Є. Лашкар'ов отримав державні нагороди — орден «Знак Пошани» (01.10.1944) та медаль «За доблесну працю у Великій Вітчизняній війні 1941—1945 рр.» (06.06.1945). Національна академія наук України, високо оцінюючи його інтелектуальну спадщину, заснувала 2000 року Премію імені В.Є. Лашкар'ова за видатні роботи в галузі фізики напівпровідників і напівпровідникового приладобудування. 2002 року створеному Вадимом Євгеновичем Лашкар'овим Інституту напівпровідників АН УРСР було присвоєно його ім'я — Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкар'ова Національної академії наук України [9].

Аналіз досліджень і публікацій. Незважаючи на вагомий внесок В.Є. Лашкар'ова в розвиток фізики напівпровідників, його наукове значення у вітчизняній історіографії розкрито недостатньо, що, на нашу думку, насамперед пов'язано з тим, що він — учень репресованого академіка АН УРСР О.Г. Гольдмана, чиї наукові праці було вилучено з усіх літературних джерел інформації, а посилання на нього заборонені [6, 7]. Підвищенню міжнародної репутації вченого заважали відсутність вільного обміну результатами наукових досліджень з іноземними вченими в епоху холодної війни.

Життєвому та науковому шляху В.Є. Лашкар'ова присвячено низку публікацій після його смерті, серед яких статті його пам'яті в «Українському фізичному журналі» (1974) та журналі «Успіхи фізичних наук» (1975), ювілейний буклет «Академік АН УРСР Вадим Євгенович Лашкар'ов» (2003), а також роботи [11—15].

Мета статті — детально розкрити науковий внесок В.Є. Лашкар'ова в розвиток фізики і технології напівпровідників, який призвів до організації Інституту напівпровідників АН УРСР, показати видатні успі-

хи вченого в науковій, технічній та науково-організаційній діяльності на території України.

Викладення результатів. В.Є. Лашкарьов народився 7 жовтня 1903 р. у Києві в родині дворян. Його батько, Є.І. Лашкарьов, був юристом за освітою та під час революції — прокурором Київського окружного суду. Мати, О.П. Лашкарьова, мала дворянське коріння по лінії батька — полковника Запорізької Січі Івана Коробка. У родовому дереві Вадима Лашкарьова є згадка про відомого дипломата-східознавця кінця XVIII — початку XIX століть, титулярного радника С.Л. Лашкарьова [16]. Після революції 1917 р. сім'я Лашкарьових була вимушена приховувати своє дворянське походження, тому батько працював чоботарем. А Вадим Лашкарьов, щоб уникнути переслідування з боку нової влади, зазначав у документах, що батько був простим робітником-чоботарем. Юність В.Є. Лашкарьова припала на період революції та політичної нестабільності в Україні.

У 1920 р. після закінчення першої гімназії у м. Київ Вадим Лашкарьов був рекомендований професору О.Г. Гольдману як видатний учень із поглибленою зацікавленістю до фізики. Того ж року він вступає до Київського інституту народної освіти¹ на факультет професійного навчання з фізико-математичного циклу підготовки. Спілкування з відомим фізиком О.Г. Гольдманом напевно сприяло формуванню у В.Є. Лашкарьова широких наукових інтересів і методичних підходів до вирішення поставлених завдань, а також демократичних засад спілкування, науково-організаційної роботи, поглядів на подальший розвиток науки та суспільства.

Становлення творчого потенціалу (1924—1935). У 1924—1927 рр. В.Є. Лашкарьов навчався в аспірантурі на кафедрі фізики електричного факультету Київського політехнічного інституту², де здобуває знання в сфері теоретичної фізики (зокрема теорії гравітації, матерії та руху світла в ній), а також прикладні навички експериментальних досліджень у галузі рентгенівських променів. Це був період, коли необхідно було самостійно створювати вимірювальні прилади, відпрацьовувати методики досліджень і проводити експерименти.

Відомостей про захист кандидатської дисертації В.Є. Лашкарьовим сьогодні майже немає. Однак із використанням порівняльно-історичного методу вдалось виявити раніше невідомі дані про наукову діяльність В.Є. Лашкарьова в ранній період становлення його творчого потенціалу. Порівняльне дослідження автобіографій вченого з особою

¹ Раніше Імператорський університет Святого Володимира, нині Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

² Нині Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

справи Архангельського медінституту та Інституту напівпровідників АН УРСР (м. Київ) показало, що у 1927 р. він захистив тези (дисертаційної роботи) «Спроба тлумачення теорії відносності з точки зору ньютонівської механіки» та «Новий метод визначення показника заломлення рентгенівських променів». Дисертаційні матеріали були представлені на основі перших публікацій Лашкарьова у провідних вітчизняних і закордонних виданнях [17—23]. З великою ймовірністю слід вважати першого директора Інституту фізики АН УРСР Олександра Генріховича Гольдмана науковим керівником В.Є. Лашкарьова [9]. Проте спільних робіт В.Є. Лашкарьова та О.Г. Гольдмана у зарубіжних виданнях, де вилучення інформації неможливе, також не виявлено.

Після закінчення аспірантури В.Є. Лашкарьов працював у Київському політехнічному інституті на посадах доцента та наукового співробітника кафедри фізики, брав участь в організації Інституту фізики АН УРСР, де після його відкриття працював завідувачем рентгенівського відділу. Проведена ним науково-дослідна робота не залишилася непоміченою, і в 1930 р. академік АН СРСР А.Ф. Іоффе запросив В.Є. Лашкарьова на роботу в Ленінградський фізико-технічний інститут на посаду завідувача відділу рентгенівського випромінювання.

У Ленінградському інституті В.Є. Лашкарьов створив першу в СРСР експериментальну лабораторію з фізики дифракції електронів і почав отримувати перші експериментальні результати й публікувати наукові роботи з розподілу електронної густини та потенціалу в твердому тілі [24—30], за результатами яких опублікував першу в СРСР монографію з цієї тематики «Дифракція електронів» [31]. У березні 1935 р. Лондонське Фарадеевське товариство запросило В.Є. Лашкарьова зробити доповідь про результати його робіт із дифракції електронів. Учений був заарештований ще в лютому 1935 р. і перебував у той час у в'язниці, але доповідь підготував і надіслав.

Вітчизняні дослідники [8, 11—15] вказують, що у 1935 р. В.Є. Лашкарьов отримав науковий ступінь доктора фізико-математичних наук без публічного захисту на основі написання монографії, однак в автобіографії вченого (1937 р.) сказано, що у січні 1935 р. він захистив дисертацію «Дифракція повільних електронів» на здобуття ступеня доктора наук. Отже, публічний захист докторської дисертації В.Є. Лашкарьова відбувся, але у зв'язку з подальшим його арештом це замовчувалось.

В.Є. Лашкарьов у той час займався викладацькою діяльністю у Ленінградському політехнічному інституті на посаді доцента. У житті Вадима Євгеновича все складалося добре і ніщо не віщувало зловісних змін. З огляду на те, що він уже був доктором фізико-математичних наук, для нього настав час формувати власну наукову школу, але

доля склалася інакше. У серпні 1935 р. науково-педагогічна діяльність В.Є. Лашкарьова була раптово перервана його арештом і подальшим засланням до Архангельської області без позбавлення виборчих прав за звинуваченням в «участі в теософському гуртку Лесьмана», про яку відомо і з його автобіографій^{3,4}.

Випробування під час архангельського заслання (1935—1939). У засланні В.Є. Лашкарьов продовжував займатися науково-педагогічною діяльністю в Архангельському державному медичному інституті (АДМІ) на посаді завідувача кафедри фізики упродовж 1935—1939 рр., вивчаючи біофізику нервових волокон. У цей час в Архангельську працювали чи були в засланні також інші відомі фізики: Б.Л. Розінг, винахідник телевізійної трубки, П.П. Покатило, завідувач кафедри фізики Архангельського лісотехнічного інституту, та С.М. Мерцалова, яка стала «правою рукою» Вадима Євгеновича. Кафедри фізики обох інститутів активно взаємодіяли, маючи спільну експериментальну базу та однаковий професорсько-викладацький склад. Таке спілкування сприяло професійному зростанню та підтримувало у скрутні часи заслання.

Одним зі студентів В.Є. Лашкарьова був майбутній академік АН УРСР М.М. Амосов. Майбутній кардіохірург і кібернетик Амосов у 1930-х рр. навчався в АДМІ, де у 1935 р. познайомився із професором В.Є. Лашкарьовим. Вони потоваришували, що відображено у спогадах Амосова [12, с. 96]: «У ту першу зиму я познайомився з Вадимом Євгеновичем Лашкарьовим. Його заслали у 1935 р. з Ленінграду, від академіка Йоффе, начебто за спіритизм. Можливо так і було, “ворога народу” засадили до табору. А тут — навіть на кафедру, до молодого покоління, допустили. Та дві кімнати виділили. Пішов до нього здавати фізику без підготовки і отримав “четвірку”, було соромно для мене, просив про перездачу. Тоді ж почав мудрувати з штучним серцем. Видумка нісенітна, але ідея логічна <...> Креслення показав Вадиму Євгеновичу, він схвалив та п’ятірку у заліковій книжці поставив не питаючи. Серця я не зробив, але знайомство відбулось. І слід — на все життя». Дуже символічним стало і те, що біографії Вадима Євгеновича та Миколи Михайловича тісно перетинаються не тільки в Архангельську, а й у Києві — місті, уродженцем якого був В.Є. Лашкарьов і куди жити та працювати переїхав Амосов у другій половині ХХ століття. У столиці України за вагомий внесок учених у розвиток наукових досліджень їхніми іменами названо започатковані ними академічні інститути.

³ Лашкарёв Вадим Евгеньевич. 05.11.1935—07.09.1939. Министерство здравоохранения. Архангельский медицинский институт, 43 л. Архангельск.

⁴ Личное дело академика АН УРСР Лашкарёва В.Е. 26.06.1939—18.12.1974. Центральный научный архив Академии Наук УССР, оп. 1, д. 478а, 100 л. Киев.

Після року роботи в АДМІ в листопаді 1936 р. у співпраці з колегами з кафедри нормальної фізіології В.Є. Лашкар'юв організував новий напрям наукових досліджень у галузі біофізики. У ньому він провів наукову роботу з вивчення фізіології нервової системи за допомогою механізму збудження нервових тканин електричним струмом. Проте відсутність чутливих приладів, як-то осцилографи, недоступність сучасної зарубіжної літератури, неможливість обміну результатами роботи та власним досвідом із науковцями інших установ значно гальмували виконання таких новітніх досліджень. Їхні результати представлено лише через кілька років на семінарі у Ленінградському державному інституті рефлексології з вивчення головного мозку у вигляді трьох доповідей: «Механізм електричного збудження», «Розподіл струму в нервовій тканині» та «Прийомування м'язового нерву до дії постійного електричного струму». Наукові статті на їхній основі було опубліковано в 1940 р. після повернення В.Є. Лашкар'юва до Києва [32—34]. Отже, у період випробувань завдяки своїй цілеспрямованості та самоорганізованості В.Є. Лашкар'юв зміг не лише вистояти, а й започаткувати новий науковий напрям досліджень і зробити вагомий внесок у вивчення фізіології нервової системи.

У 1936 р. В.Є. Лашкар'юв одружився з Н.Л. Яснопольською, дочкою відомого економіста Л.М. Яснопольського. У 1937 р. у сім'ї Лашкар'ювих народився син Георгій, який пішов по стопах батька⁵. В.Є. Лашкар'юв повернувся до родини лише наприкінці травня 1939 р., хоча заслання закінчилося наприкінці 1938 р. На нашу думку, це могло бути пов'язано із закінченням навчального року в медінституті, що свідчить про його відповідальне ставлення до роботи, учнів, обов'язків. Такий стиль був притаманний Вадиму Євгеновичу в його подальшому житті.

Становлення творчої зрілості (1939—1944). Весною 1939 р., ще перебуваючи в Архангельську, В.Є. Лашкар'юв подає запит до Президіуму АН УРСР про можливість продовжити роботу в Інституті фізики (ІФ) АН УРСР. Президент АН УРСР О.О. Богомолець разом із в. о. директора ІФ АН УРСР О.Г. Міселюком надали В.Є. Лашкар'юву позитивну відповідь. На його запит вони запропонували йому очолити один із відділів Інституту фізики та забезпечили житлом. Крім роботи в ІФ АН

⁵ Георгій Вадимович Лашкар'юв (1937—2019) — професор, доктор фізико-математичних наук, завідувач відділу фізики і технології фотоелектронних та магнітоактивних матеріалів Інституту проблем матеріалознавства імені І.М. Францевича Національної академії наук України. Джерело: Пономаренко Л.Д. Лашкар'юв Георгій Вадимович. Енциклопедія сучасної України. За ред. І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016. URL: <https://esu.com.ua/article-53468> (дата звернення: 30.06.2023).



В.Є. Лашкарьов із викладачами та студентами Архангельського державного медичного інституту (1939, Архангельськ)

Джерело: Архівний фотоальбом Архангельського державного медичного інституту.

УРСР, В.Є. Лашкарьов після повернення до Києва розпочав педагогічну діяльність на посаді завідувача кафедри фізики Київського державного університету.

Аналіз публікацій із цитуванням робіт ученого показує, що видатний український фізик ХХ ст. Вадим Євгенович Лашкарьов є першовідкривачем p - n -переходу у напівпровідниках і піонером інформаційних технологій у галузі створення елементної бази для розроблення електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Світове наукове визнання відкриття нобелівського рівня та створення на його основі першого у світі напівпровідникового діода В.Є. Лашкарьов отримує тільки в наш час. Наведемо декілька прикладів таких робіт.

Учень В.Є. Лашкарьова, відомий український фізик, член-кореспондент НАН України В.Г. Литовченко у своїй роботі зазначає: «Використовуючи розроблений ним метод диференціальної термо-ерс (структура з подвійним зондом), вперше в світі спостерігав зміну знака ефекту, пов'язану з формуванням поблизу поверхні напівпровідників p - n -переходу (1940 рік) і дав фізично обґрунтоване пояснення його дії.

Ці результати були опубліковані у відомому фізичному журналі [1, Доклади АН СССР, 1941] <...> Відкриття Нобелівського рівня відбулося в Києві, в передвоєнний час (1940—1941 рр.). На жаль, світова війна не дозволила світовій науці достойно оцінити цей результат нобелівського рівня. І хоча робота В.Є. Лашкарьова не мала широкого розголосу, вона була важливим етапом у формуванні сучасної твердотільної (напівпровідникової) електроніки, яка нині є домінуючим напрямком сучасної електроніки» [15, с. 187].

Інший відомий український вчений, член-кореспондент НАН України Б.М. Малиновський, намагаючись відтворити невідомі та забуті події, пов'язані зі становленням в Україні сучасного напрямку — інформаційних технологій, пише: «За п'ятдесят років застосування транзисторів у них не з'явилося серйозних конкурентів. Постає запитання: хто ж був першовідкривачем фізичних ефектів, на використанні яких ґрунтується дія транзистора? Це ще одна "біла пляма" у розвитку інформаційних технологій в Україні. Вона пов'язана з ім'ям та діяльністю видатного українського фізика Вадима Євгеновича Лашкарьова (1903—1974). Він по праву мав би разом з групою американських учених (Джон Бардин, Вільям Шоклі, Уотер Браттейн) одержати у 1956 р. Нобелівську премію з фізики за відкриття транзисторного ефекту» [13, с. 43].

В. Guo, T. Liu та С. Yu, цитуючи роботи В.Є. Лашкарьова та Джона Бардіна [1, 35] про створення перших напівпровідникових приладів — діода та транзистора, зазначають: «Створення приладів, які використовують ефективне управління електроенергією або виконання логічних операцій, привело до електронної інформаційної революції минулого століття» [36, с. 032112].

Під час війни у 1941—1944 рр. В.Є. Лашкарьов працював у м. Уфа, куди був евакуйований як співробітник ІФ АН УРСР. Паралельно з роботою в АН УРСР він обіймав посаду керівника галузевої лабораторії науково-дослідного відділу Міністерства електроніки СРСР, основним напрямом досліджень якої було покращення напівпровідникових приладів для потреб оборонної галузі.

У цей період під керівництвом В.Є. Лашкарьова працював видатний фізик-теоретик, академік АН УРСР С.І. Пекар [37]. В Уфі В.Є. Лашкарьов та С.І. Пекар у науково-дослідному відділі Міністерства електроніки СРСР змогли вирішити складну науково-технічну задачу щодо створення мідь-оксидних (CuO_x) діодів для польових військових радіостанцій. На підставі непрямих джерел можна зробити припущення, що лабораторія В.Є. Лашкарьова крім випуску випрямлячів займалась ще й виробництвом більш досконалих детекторних діодів. С.І. Пекар і В.Є. Лашкарьов також працювали в Уфі над вирішенням важливих науково-технічних задач, пов'язаних зі створенням надійних і високоякіс-

них електронних компонентів для радіостанцій. Фактично вони змогли розробити та впровадити технологію виготовлення випрямляючих і детекторних напівпровідникових діодів для систем радіозв'язку на підприємстві Міністерства електронної промисловості СРСР. Отже, експериментатори та теоретики спільно вирішували важливі практичні науково-технічні проблеми для підвищення обороноздатності країни⁶. Дружні відносини між В.Є. Лашкарьовим і С.І. Пекарем збереглися до кінця життя. У 1943 р. В.Є. Лашкарьов разом із сім'єю повертається з евакуації спочатку до Москви, а потім до Києва.

У 1945 р. розпочався новий етап його наукової діяльності — *створення інтелектуальної спадщини (1945—1970)*. В.Є. Лашкарьовим було закладено основи майбутньої наукової школи фізики напівпровідників, головним результатом якої на початковому етапі стало створення феноменологічної теорії фотопровідності напівпровідників, що містять центри рекомбінації й прилипання кількох типів; розроблено нові стаціонарні та кінетичні методи дослідження таких об'єктів і за їх допомогою отримано великий масив нової інформації про механізми фотопровідності та люмінесценції у напівпровідниках A_2B_6 та інших типів. Завдяки вагомому внеску В.Є. Лашкарьова у розвиток фізики напівпровідників та приладобудування, на урочистому зібранні АН УРСР у 1945 р. вченого обрано її дійсним членом.

У цей період В.Є. Лашкарьов активно продовжував повномасштабні теоретичні та експериментальні дослідження з фізики фотопровідності, впливу контактних явищ у системах метал-напівпровідник, поверхневих явищ і впливу на них адсорбції газів, а також педагогічну діяльність у Київському державному університеті на посаді завідувача кафедри фізики. Він розробив оригінальний курс лекцій з фізики напівпровідників і у 1951 р. організував і очолив кафедру напівпровідників. У 1956 р. з ініціативи В.Є. Лашкарьова засновано «Український фізичний журнал».

Розпочаті під керівництвом В.Є. Лашкарьова дослідження германієвих і кремнієвих діодів, транзисторів та інтегральних схем сприяли подальшому підвищенню авторитету його наукової школи як у СРСР, так і у світі. Тоді було налагоджено весь цикл виготовлення германієвих транзисторів: спроектовано і виготовлено установки для вирощування германієвих монокристалів із розплаву, розроблено технології вирощування досконалих монокристалів, налагоджено дослідження напівпровідникових властивостей германію, розроблено технології виготовлення власне транзисторів і виготовлено досить великі їх партії,

⁶ Пилипенко О. Телекоммуникации Второй мировой войны и катастрофа 1941 года. 2016. URL: <https://www.imena.ua/blog/telecom-at-wwii/> (дата звернення: 30.06.2023).

налагоджено вимірювання їхніх характеристик і навіть виготовлення приладів на їхній основі. Блискуче виконання поставленого завдання стало результатом злагодженої роботи великого колективу фахівців різного профілю, згуртованих для вирішення спільного наукового завдання, а організація цієї роботи залишається взірцевим прикладом наукового менеджменту.

Інтелектуальна спадщина Вадима Євгеновича Лашкарьова складається зі 135 наукових праць, з яких 6 монографій та підручників [8]. Його публікації відрізнялись оригінальністю та не втратили актуальності донині, про що свідчать їх цитування в останні роки у статтях [39—43], у реферативних наукометричних базах даних *Web of Science* (WoS)⁷ та *Scopus*⁸. Наукометричний аналіз профілю В.Є. Лашкарьова в базі даних WoS показує 44 публікації, причому 40 з них індексується WOS. На ці роботи зроблено 361 посилання з інших журналів, індекс Хірша вченого складає 8. Цікаві результати дає аналіз залежності між кількістю опублікованих робіт та їх цитуванням у часі. Графік такої залежності фактично відображає основні періоди життя і наукової праці В.Є. Лашкарьова. З періоду становлення творчого потенціалу (1924—1935) проіндексовано 13 робіт вченого в провідних міжнародних наукових журналах — «*Zeitschrift für Physik*», «*Transactions of the Faraday Society*», «*Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*», «*Nature*». У період випробування під час Архангельського заслання (1935—1939) спостерігається повна інформаційна тиша — у вченого немає жодної опублікованої роботи. У третій період — становлення творчої зрілості (1939—1944) — роботи, на жаль, не проіндексовані WoS, але В.Є. Лашкарьов вже знову почав публікуватись [1, 32—34, 38]. В останній, четвертий період наукової діяльності (1945—1970) В.Є. Лашкарьов розпочав активно формувати власну інтелектуальну спадщину, але його публікації були тільки в радянських журналах: «Журнал експериментальної та теоретичної фізики», «Журнал технічної фізики», «Відомості Академії наук СРСР», «Доповіді Академії наук СРСР», «Фізика твердого тіла». Міжнародна наукова спільнота мала можливість ознайомитись з роботами вченого через переклади цих журналів. Проведений аналіз публікацій у наукометричному профілі вченого дав можливість знайти раніше невідому статтю В.Є. Лашкарьова «*Effect of Temperature on Diffraction of Slow Electrons and its Application*», опубліковану в 1934 р. у найбільш рейтинговому міжнародному науковому журналі «*Nature*» [24].

⁷ Lashkarev V. Web of Science Researcher ID: AAC-6872-2019. URL: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2484137> (дата звернення: 30.06.2023).

⁸ Laschkarew W.E. ScopusID: 16649479300. URL: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=16649479300> (дата звернення: 30.06.2023).

Наприкінці 50-х — на початку 60-х років ХХ ст. спеціалізовані інститути та фірми в галузі напівпровідників створювались у всьому світі. У США у 1957 р. засновано *Shockley Semiconductor Laboratory (Beckman Instruments)*, у 1960 р. — *Fairchild Semiconductor Corporation*, у 1961 р. — компанію «Amelco», яка пізніше перетворилася на «Teledyne Semiconductor», у 1964 р. — компанію «Union Carbide Electronics», у 1967 р. — компанію «Intel» («Integral Electronics»). У Європі крім відомих фірм, як-то «Siemens» чи «Philips», де є спеціалізовані відділи з вивчення властивостей та застосування напівпровідників, цією тематикою продовжують займатися передусім університети. Наприклад, в Австрії Інститут мікроелектроніки створено при Віденському технічному університеті. Діють також спеціалізовані інститути при державних установах на кшталт Академії наук України. У Греноблі (Франція) створено Інститут мікроелектроніки, електромагнетизму та фотоніки Національного центру наукових досліджень (*Centre national de la recherche scientifique, CNRS*). Інститут електроніки, мікроелектроніки та нанотехнологій (*Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie, IEMN*) функціонує від 1992 р. при CNRS в університетському містечку в м. Лілль. До сфери його досліджень входять фізика, електроніка, мікротехнології та нанотехнології. У Китаї створено Інститут напівпровідників у Тяньцзині (1959) та Інститут напівпровідників Китайської академії наук (1960). 1962 року засновано Інститут фізики напівпровідників Сибірського відділення Академії наук СРСР, 1967 р. — Інститут фізики напівпровідників Литовської РСР у м. Вільнюс [9].

Тому поява Інституту напівпровідників у Києві була питанням часу. Ще на стадії ідеї його створення передбачалося, що лабораторії різного профілю так само злагоджено працюватимуть над вирішенням ще складніших наукових завдань (одним із яких могла бути технологія вирощування монокристалів кремнію та розроблення на його основі напівпровідникових елементів). Логічним продовженням розширення досліджень у галузі фізики напівпровідників стала організація у 1960 р. під керівництвом В.Є. Лашкарьова нового науково-дослідного інституту в м. Київ — Інституту напівпровідників АН УРСР [9, 10]. За основними напрямками досліджень було започатковано відділи теоретичної фізики (керівник С.І. Пекар) та теорії напівпровідникових приладів (Е.Й. Рашба), а також лабораторії фотоелектричних явищ (керівник В.Є. Лашкарьов), фізики фотоелектричних приладів (Г.А. Федорус), оптики (І.Д. Роговий), електричних властивостей напівпровідників (О.Г. Міселюк), фізики радіотехнічних приладів (Р.Л. Томашевська), радіоспектроскопії напівпровідників (М.Ф. Дейген), електроніки поверхні напівпровідників (В.І. Ляшенко), фізики захисту поверхні напівпровідників (В.Є. Примаченко), напівпровідникової металургії

(В.Ю. Косенко), хімії напівпровідників (І.Б. Мізецька), застосування напівпровідникових приладів (Н.Б. Лук'янчикова) та структурних досліджень напівпровідників (Л.І. Даценко). Цей перелік назв структурних підрозділів показує, наскільки далекоглядним було бачення В.Є. Лашкарьовим розвитку фізики і техніки напівпровідників. В Інституті напівпровідників було остаточно сформовано наукову школу з фізики напівпровідників, керівником якої став В.Є. Лашкарьов, а його найближчими послідовниками — В.О. Романов, М.К. Шейнкман, Є.А. Сальков, Ю.О. Тхорик, Л.Й. Зарубін, П.І. Баранський, К.Д. Глинчук, В.К. Малютенко, Ю.І. Карханін, В.І. Стріха, В.М. Добровольський, Г.П. Пека, О.О. Птащенко та інші.

Вадим Євгенович Лашкарьов помер 1 грудня 1974 року на 71 році життя у м. Києві.

За спогадами його колег та учнів [8—15] можна дійти висновку, що попри зовнішню суворість, Вадиму Євгеновичу були притаманні такі риси, як глибока інтелігентність і принциповість, далекоглядність й мудрість, уважність до людей та доброзичливість, а також повсякчасне бажання допомогти. Він ніколи не обмежував активність співробітників, сприяв розвитку духу змагань, звертав увагу на головні напрями досліджень, очолював і спрямовував роботу з інтерпретації експериментальних результатів.

Висновки. Життєвий шлях видатного фізика, академіка АН УРСР В.Є. Лашкарьова був типовим для радянської інтелігенції того часу: яскравим, драматичним і успішним. Завдяки наполегливій праці в несприятливих умовах заслання та війни йому вдалося зробити внесок у вивчення гравітації, рентгенівського випромінювання, дифракції електронів, фізіології нервової системи та нової галузі фізики напівпровідників. В.Є. Лашкарьов відкрив біполярний ефект (*p-n-перехід*), став одним із засновників нової галузі промисловості у СРСР — напівпровідникової мікроелектроніки. Поряд із видатними науковими результатами В.Є. Лашкарьов залишив зріцевий приклад інноваційного менеджменту створення в СРСР германієвих і кремнієвих діодів, транзисторів та інтегральних схем. Цитування наукових статей В.Є. Лашкарьова в останні роки показує, що праці вченого залишаються актуальними і сьогодні. Ліdersькі та організаційні риси характеру видатного вченого дали йому змогу в 40—60-х роках минулого століття закласти основи його інтелектуальної спадщини в місті Києві: 1) наукову школу з теоретичної та експериментальної фізики напівпровідників; 2) кафедру фізики напівпровідників у Київському університеті ім. Т.Г. Шевченка; 3) Інститут напівпровідників АН УРСР. Започатковані наукові напрями діяльності та демократичні принципи управління академічною установою дозволили інституту

успішно розвиватися і вистояти у важкі 90-ті роки минулого століття. Численні дослідники в галузі фізики і техніки напівпровідників продовжують надалі успішно розвивати інтелектуальну спадщину академіка АН УРСР В.Є. Лашкарьова.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лашкарёв В.Е. Исследования запорного слоя методом термозонда. *Изв. АН СССР. Сер. физ.* 1941. Т. 5. № 4—5. С. 442—456.
2. Lashkarev V.E. Investigation of the barrier layer. *J. of Phys. USSR*. 1941. No. 4 (1—2). P. 172—173.
3. Bardeen J., Brattain W.H. The transistor, a semi-conductor triode. *Phys. Rev.* 1948. No. 74. P. 230—231. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.74.230>
4. Brattain W.H., Bardeen J. Nature of the Forward Current in Germanium Point Contacts. *Phys. Rev.* 1948. No. 74. P. 231—232. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.74.231>
5. Shockley W. The Theory of p - n Junctions in Semiconductors and p - n Junction Transistors. *Bell labs Technical Journal*. 1949. No. 28 (3). P. 435—489. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1949.tb03645.x>
6. Григор'єв М.М., Кравецький М.Ю., Матіюк І.М., Оніщенко В.Ф., Сукач А.В., Тетюркін В.В. Олександр Генріхович Гольдман — засновник фізики та техніки напівпровідників в Україні (Огляд. Частина I). *Оптоелектроника и полупроводниковая техника*. 2019. № 54. С. 5—50. <https://doi.org/10.15407/iorpt.2019.54.005>
7. Григор'єв М.М., Кравецький М.Ю., Матіюк І.М., Оніщенко В.Ф., Сукач А.В., Тетюркін В.В. Академік О.Г. Гольдман у заслання. Тривалий і важкий шлях повернення в Україну (Огляд. Частина II). *Оптоелектроника и полупроводниковая техника*. 2020. № 55. С. 9—47. <https://doi.org/10.15407/iorpt.2020.55.009>
8. Лень А.Е. Вадим Евгеньевич Лашкарёв: первый директор ИФП НАН Украины. Киев, 2010. 108 с.
9. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України 1960—2020 / Ред. Беляєв О.Є., Кладько В.П., Смертенко П.С., Солнцев В.С., Кінько Т.А., Кияк Ю.П. Київ: Академперіодика, 2020. 290 с. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.413.290>
10. Мачулін В. Напівпровідники в усіх вимірах (Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України — 50 років). *Вісник НАН України*. 2010. № 10. С. 42—46. URL: <http://visnyk-nanu.org.ua/uk/node/2027>
11. Боголюбов Н.Н., Вул Б. М., Калашников С. Г., Пекар С.И., Рашба Э.И., Снитко О.В. и др. Памяти Вадима Евгеньевича Лашкарёва. *Успехи физических наук*. 1975. № 117 (10). С. 377—379.
12. Амосов Н.М. Голоса времен. 1937 г. Профессор Лашкарёв. «Другая физика». Квартира. Киев: Оранта-Пресс, 1998. 491 с.
13. Малиновський Б.М. Відоме та невідоме в історії інформаційних технологій. *Вісник НАН України*. 2001. № 1. С. 40—54.

14. Андреева А.В., Андреев К.В. 110 лет со дня рождения академика Вадима Евгеньевича Лашкарёва (1903—1974). *Юбилейные и памятные даты медицины и здравоохранения Архангельской области за 2013 год*. Архангельск, 2013. С. 248—256.
15. Литовченко В.Г. Академік НАН України Вадим Євгенович Лашкарьов — видатний фізик ХХ століття, першовідкривач р-n-переходу. *Український фізичний журнал*. 2016. Т. 16. № 2. С. 187—190. <https://doi.org/10.15407/ujpe61.02.0181>
16. Кессельбрэннер Г.Л. Хроника одной дипломатической карьеры. Дипломат-востоковед С.Л. Лашкарёв и его время. Москва: Наука, 1987. 280 с.
17. Laschkarew W. Zur Theorie der Gravitation. *Zeitschrift für Physik*. 1926. Vol. 35. Is. 6. P. 473—476. <https://doi.org/10.1007/BF01385424>
18. Laschkarew W. Zur Theorie der Bewegung von Materie und Lichtim Gravitationsfelde. *Zeitschrift für Physik*. 1927. Vol. 44. Is. 4—5. P. 361—368. <https://doi.org/10.1007/BF01391203>
19. Laschkarew W. Ableitung des Fresnelschen Mitführungskoeffizienten aus der Lichtquantentheorie. *Zeitschrift für Physik*. 1927. Vol. 44. Is. 4—5. P. 359—360. <https://doi.org/10.1007/BF01391202>
20. Linnik W., Laschkarew W. (1926). Die Bestimmung des Brechungsindex der Röntgenstrahlen aus der Erscheinung der Totalreflexion. *Zeitschrift für Physik*. 1926. Vol. 38. Is. 9—10. P. 659—671. <https://doi.org/10.1007/BF01397358>
21. Лінник В.П., Лашкарьов В.Є. Методи фокусування рентгенівських променів. *Укр. Фіз. Зап.* 1926. Т. 1. С. 5—8.
22. Лінник В.П., Лашкарьов В.Є. Знаходження показника заломлення рентгенівських променів з явищ цілковитого середового відбиття. *Укр. Фіз. Зап.* 1927. Т. 1. Зшиток 2. С. 3—11.
23. Лашкарьов В.Є. До теорії руху матерії та світла в гравітаційному полі. *Укр. Фіз. Зап.* 1927. Т. 1. Зшиток 2. С. 12—21.
24. Laschkarew W., Kuzmin G. Effect of Temperature on Diffraction of Slow Electrons and its Application. *Nature*. 1934. No. 134. P. 62. <https://doi.org/10.1038/134062a0>
25. Laschkarew W.E. Zur Struktur AlCl_3 . *Zeitschrift für Physik*. 1930. Vol. 193. Is. 3. P. 270—276. <https://doi.org/10.1002/zaac.19301930123>
26. Laschkarew W., Alichanian A. Asterismus der Laueaufnahmen des Steinsalzes und innere Spannungen. *Zeitschrift Für Kristallographie — Crystalline Materials*. 1931. Vol. 80. Is. 3—4. P. 353. <https://doi.org/10.1524/zkri.1931.80.1.353>
27. Laschkarew W.E., Bärgarten E.W., Kuzmin G.A. Beugung langsamer Elektronen an Graphiteinkristallen. *Zeitschrift für Physik*. 1933. Vol. 85. Is. 9—10. P. 631—646. <https://doi.org/10.1007/BF01331004>
28. Laschkarew W.E. Zur Bestimmung des inneren Potentials aus Elektronenbeugung. *Zeitschrift für Physik*. 1933. Vol. 86. Is. 11—12. P. 797—801. <https://doi.org/10.1007/BF01337882>
29. Laschkarew W.E. Über die Bestimmung des Ganges des inneren Potentials in einem Kristallgitter aus den Abweichungen vom Bragg'schen Gesetz bei Elektronenbeugung. II. Teil. *Zeitschrift für Physik*. 1934. Vol. 89. Is. 11—12. P. 820—825. <https://doi.org/10.1007/bf01341395>
30. Laschkarew W.E. Inner potentials of crystals and the electron diffraction. *Trans. Faraday Soc.* 1935. Vol. 31. P. 1081—1095. <https://doi.org/10.1039/TF9353101081>

31. Лашкарєв В.Е. Дифракция электронов. Под общ. ред. акад. А.Ф. Иоффе, проф. С.Ф. Васильева, Д.З. Будницкого. *Проблемы новейшей физики*. Ленинград; Москва: ГТТИ, 1933. 127 с.
32. Лашкарєв В.Е. О ветвлении тока в нервном стволе. *Бюлл. Экспер. Биол. и Мед.* 1940. Т. 9. № 2—3. С. 99—102.
33. Лашкарєв В.Е., Мерцалова С.Н. Законы раздражения и электрическое сопротивление мякотного нерва в свете конденсаторной теории. *Бюлл. Экспер. Биол. и Мед.* 1940. Т. 9. № 2—3. С. 103—105.
34. Лашкарєв В.Е. Адаптация нерва к постоянному току секундной длительности. *Бюлл. Экспер. Биол. и Мед.* 1940. Т. 9. № 5. С. 345—347.
35. Bardeen J., Brattain W.H. The transistor, a semiconductor triode. *Proc. IEEE*. 1998. No. 86. P. 29.
36. Guo B., Liu T., Yu C. Multifunctional quantum thermal device utilizing three qubits. *Physical Review E*. 2019. Vol. 99. Is. 3. P. 032112-1-8.
37. Храмов Ю.О. Соломон Исакович Пекар і його наукова школа (до 100-річчя від дня народження). *Наука та наукознавство*. 2017. №. 4. С. 107—121. <https://doi.org/10.15407/sofs2017.04.107>
38. Lashkarev V.E., Kossonogova K.M. Influence of impurities on the rectifier photoeffect in cuprous-oxide. *J. of Phys. USSR*. 1941. Vol. 4. No. 1—2. P. 174—189.
39. Saha A., Nia S.S., Rodríguez J.A. Electron Diffraction of 3D Molecular Crystals. *Chemical Reviews*. 2022. Vol. 122 (17). P. 13883—13914. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00879>
40. Varga Z., Kolonits M., Hargittai M. Comprehensive study of the structure of aluminum trihalides from electron diffraction and computation. *Structural Chemistry*. 2012. Vol. 23 (3). P. 879—893. <https://doi.org/10.1007/s11224-011-9943-4>
41. Wang G., Mudring A.-V. The missing hydrate $\text{AlF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{F}_3$: Iono-thermal synthesis, crystal structure and characterization of aluminum fluoride hexahydrate. *Solid State Sciences*. 2016. Vol. 61. P. 58—62. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2016.09.007>
42. Adekunle B.A., Adeniyi O.S. Effects of aluminium chloride exposure on the histology of spleen of Wistar rats. *Research Journal of Medical Science*. 2012. Vol. 6 (6). P. 275—280. URL: <https://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/rjmsci/2012/275-280.pdf>
43. Andrew J.S. Hamilton, Jason P. Lisle. The river model of black holes. *American Journal of Physics*. 2008. Vol. 76 (6). P. 519—532. <https://doi.org/10.1119/1.2830526>

Одержано 03.07.2023

REFERENCES

1. Lashkarev, V. (1941). Follow-up of the locking ball by the thermoprobe method. *Vidomosti AN SRSR. Ser. Physics*, 5, 4—5, 442—456 [in Russian].
2. Lashkarev, V. (1941). Investigation of the barrier layer. *J. of Phys. USSR*, 4 (1—2), 172—173 [in Russian].
3. Bardeen, J., & Brattain, W.H. (1948). The transistor, a semi-conductor triode. *Phys. Rev.*, 74, 230—231. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.74.230>

4. Brattain, W.H., & Bardeen, J. (1948). Nature of the Forward Current in Germanium Point Contacts. *Phys. Rev.*, 74, 231—232. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.74.231>
5. Shockley, W. (1949). The Theory of p - n Junctions in Semiconductors and p - n Junction Transistors. *Bell Labs Technical Journal*, 28 (3), 435—489. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1949.tb03645.x>
6. Grigoryev M.M., Kravetskii, M.Yu., Matiyuk, I.M., Onyshchenko, V.F., Sukach, A.V., & Tetyorkin, V.V. (2019). Academician O.G. Goldman — the founder of semiconductor physics and technology in Ukraine (Review. Part I). *Optoelectron. Semicond. Tech.* 54, 5—50. <https://doi.org/10.15407/iopt.2019.54.005> [in Ukrainian].
7. Grigoryev, M.M., Kravetskii, M.Yu., Matiyuk, I.M., Onyschenko, V.F., Sukach, A.V. & Tetyorkin, V.V. (2020). Academician O.G. Goldman in exile. The long and difficult way to return to Ukraine (Review. Part II). *Optoelectron. Semicond. Tech.* 55, 9—57. <https://doi.org/10.15407/iopt.2020.55.009> [in Ukrainian].
8. Len, A.Ye. (2010). Vadim Yevgeniyevich Lashkaryov: The First Director of the Institute for Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv [in Russian].
9. Belyaev, O.E., Kladko, V.P., Smertenko, P.S., Solntsev, V.S., Kinko, T.A., & Kyyak, Yu.P. (Eds.) (2020). *V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine 1960—2020*. Kyiv: Akadempriodika. <https://doi.org/10.15407/akadempriodyka.413.290> [in Ukrainian].
10. Machulin, V. (2010). Semiconductor in all dimensions (50 anniversary of V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, 10, 42—46. URL: <http://visnyk-nanu.org.ua/uk/node/2027> [in Ukrainian].
11. Bogolyubov, N.N., Vul, B.M., Kalashnikov, S.G., Pekar, S.I., Rashba, E.I., & Snitko, O.V. (1975). In memory of Vadim Yevgeniyevich Lashkaryov. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*, 117 (2), 377—378 [in Russian].
12. Amosov, N.M. (1998). Voices of time. 1937. *Professor Lashkaryov. "Another physics"*. Kiev: Oranta-Pres [in Russian].
13. Malinovskiy, B. (2001). The known and the unknown in the history of information technologies. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, 1, 40—54 [in Ukrainian].
14. Andreeva, A.V., & Andreev, K.V. (2013). 110 years since the birthday of Academician Vadim Yevgeniyevich Lashkaryov (1903—1974). *Anniversary and commemorative dates in the medical and health care sector in the Arkhangelsk region for 2013*. Arkhangelsk, 248—256 [in Russian].
15. Litovchenko, V.G. (2016). Academician of the NAS of Ukraine Vadym Evgenovych Lashkaryov: the Outstanding Physicist of the 20th Century, the Discoverer of a p - n -Junction *Ukrainian Journal of Physics*, 61 (2), 181. <https://doi.org/10.15407/ujpe61.02.0181> [in Ukrainian].
16. Keselbrenner, G.L. (1987). *Chronicle of one diplomatic career. Diplomat-orientalist S.L. Lashkaryov and his time*. Moscow: Nauka [in Russian].
17. Laschkarew, W. (1926). Zur Theorie der Gravitation. *Zeitschrift für Physik*, 35 (6), 473—476. <https://doi.org/10.1007/BF01385424>
18. Laschkarew, W. (1927). Zur Theorie der Bewegung von Materie und Lichtim Gravitationsfelde. *Zeitschrift für Physik*, 44 (4—5), 361—368. <https://doi.org/10.1007/BF01391203>

19. Laschkarew, W. (1927). Ableitung des Fresnelschen Mitführungskoeffizienten aus der Lichtquantentheorie. *Zeitschrift für Physik*, 44 (4—5), 359—360. <https://doi.org/10.1007/BF01391202>
20. Linnik, W., & Laschkarew, W. (1926). Die Bestimmung des Brechungsindex der Röntgenstrahlen aus der Erscheinung der Totalreflexion. *Zeitschrift für Physik*. 38 (9—10), 659—671. <https://doi.org/10.1007/BF01397358>
21. Linnik, V.P., & Lashkarev, V.E. (1926). Methods of fixation of x-ray changes. *Ukr. Phys. Zap.*, 1, 5—8 [in Ukrainian].
22. Linnik, V.P., & Lashkarev, V.E. (1927). Significance of the indicator of broken x-ray changes from the manifestations of a splendid mid-battle. *Ukr. Phys. Zap.*, 2, 3—11 [in Ukrainian].
23. Lashkaryov, V. (1927). Introduction to the theory of the movement of matter and light in the gravitational field. *Ukr. Phys. Zap.*, 1 (2), 12—21 [in Ukrainian].
24. Laschkarew, W., & Kuzmin, G. (1934). Effect of Temperature on Diffraction of Slow Electrons and its Application. *Nature*, 134, 62. <https://doi.org/10.1038/134062a0>
25. Laschkarew W.E. (1930). Zur Struktur $AlCl_3$. *Zeitschrift für Physik*, 193 (3), 270—276. <https://doi.org/10.1002/zaac.19301930123>
26. Laschkarew W., & Alichanian A. (1931). Asterismus der Laueaufnahmen des Steinsalzes und innere Spannungen. *Zeitschrift Für Kristallographie — Crystalline Materials*, 80 (3—4), 353. <https://doi.org/10.1524/zkri.1931.80.1.353>
27. Laschkarew, W.E., Bäregarten, E.W., & Kuzmin, G.A. (1933). Beugung langsamer Elektronen an Graphiteinkristallen. *Zeitschrift für Physik*, 85 (9—10), 631—646. <https://doi.org/10.1007/BF01331004>
28. Laschkarew, W.E. (1933). Zur Bestimmung des inneren Potentials aus Elektronenbeugung. *Zeitschrift für Physik*, 86 (11—12), 797—801. <https://doi.org/10.1007/BF01337882>
29. Laschkarew, W.E. (1934). Über die Bestimmung des Ganges des inneren Potentials in einem Kristallgitter aus den Abweichungen vom Bragg'schen Gesetz bei Elektronenbeugung. II. Teil. *Zeitschrift für Physik*, 89 (11—12), 820—825. <https://doi.org/10.1007/bf01341395>
30. Laschkarew, W.E. (1935). Inner potentials of crystals and the electron diffraction. *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1081—1095. <https://doi.org/10.1039/TF9353101081>
31. Lashkarev, V.E. (1933). Diffraction of electrons. *Problems of Advanced Physics*. Leningrad; Moscow: GTTI [in Russian].
32. Lashkarev, V. (1940). Branching of current in the nerve trunk. *Bull. Experim. Biol. and Med.*, 9 (2—3), 99—102 [in Russian].
33. Lashkarev V., & Mertsalova, S.M. (1940). The laws of irritation and the electric resistance of the medulla based on capacitor theory. *Bull. Experim. Biol. and Med.*, 9(2—3), 103—105 [in Russian].
34. Lashkaryov, V. (1940). Nerve adaptation to direct current by second width. *Bull. Experim. Biol. and Med.*, 9 (5), 345—347 [in Russian].
35. Bardeen, J., & Brattain, W.H. (1998). The transistor, a semiconductor triode. *Proc. IEEE*, 86, 29.
36. Guo, B., Liu, T., & Yu C. (2019). Multifunctional quantum thermal device utilizing three qubits. *Physical Review E*. 99 (3), 032112-1-8.

37. Khramov, Yu.O. (2017). Solomon Isakovych Pekar and his academic school (the 100th anniversary since the birthday). *Science and Science of Science*, 4, 107—121 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/sofs2017.04.107>
38. Lashkarev, V.E., & Kossonogova, K.M. (1941). Influence of impurities on the rectifier photoeffect in cuprous-oxide. *J. of Phys. USSR*, 4 (1—2), 174—189.
39. Saha, A., Nia, S.S., & Rodríguez, J.A. (2022). Electron Diffraction of 3D Molecular Crystals. *Chemical Reviews*, 122 (17), 13883—13914. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00879>
40. Varga, Z., Kolonits, M., & Hargittai, M. (2012). Comprehensive study of the structure of aluminum trihalides from electron diffraction and computation. *Structural Chemistry*, 23 (3), 879—893. <https://doi.org/10.1007/s11224-011-9943-4>
41. Wang, G., & Mudring A.-V. (2016). The missing hydrate $\text{AlF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{F}_3$: Ionothermal synthesis, crystal structure and characterization of aluminum fluoride hexahydrate. *Solid State Sciences*, 61, 58—62. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2016.09.007>
42. Adekunle, B.A., & Adeniyi O.S. (2012). Effects of aluminium chloride exposure on the histology of spleen of Wistar rats. *Research Journal of Medical Science*, 6 (6), 275—280. URL: <https://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/rjmsci/2012/275-280.pdf>
43. Andrew, J.S. Hamilton, Jason P. Lisle. (2008). The river model of black holes. *American Journal of Physics*, 76 (6), 519—532. <https://doi.org/10.1119/1.2830526>

Received 03.07.2023

V.S. Solntsev, PhD (Phys.-Math.), department head

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics

of the NAS of Ukraine

41, Nauka avenue, Kyiv, 03028, Ukraine

e-mail: solarstar@ukr.net,

<https://orcid.org/0000-0003-4441-2667>

P.S. Smertenko, PhD (Phys.-Math.), senior researcher

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics

of the NAS of Ukraine

41, Nauka avenue, Kyiv, 03028, Ukraine

e-mail: petrosmerstenko@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0001-8793-302X>

VADYM LASHKARYOV'S SCIENTIFIC CONTRIBUTION IN SEMICONDUCTOR PHYSICS AND TECHNOLOGY (DEVOTED TO THE 120th ANNIVERSARY OF HIS BIRTH)

The article investigates and popularizes the life and work of Vadym Yevhenovych Lashkaryov, an acting member of the Academy of Sciences of the UkrSSR, and a brilliant Ukrainian scientist in semiconductor physics and technology. Its purpose is to show V. Lashkaryov's outstanding success in activities pertaining to R&D performance and management on the territory of Ukraine. The source base of the research consists of research publications of the scientist, his colleagues and disciples, devoted to

electron diffraction physics, photoelectric phenomena, physics of semiconductor single-crystal growth, and charge carrier transport in p- and n-type semiconductors. The research methodology is based on the principles of historicism, objectivity and reliability. Specific historical methods such as classification, synthesis, analysis, and problem-chronological and comparative-historical methods were used. It is shown that the research carrier of V. Lashkaryov's was divided into four main periods: (i) formation of his research potential (1924—1935); (ii) his trials during the exile to Arkhangelsk (1935—1939); (iii) achievement of his research maturity (1939—1944); and (iv) creation of his intellectual heritage (1945—1970). Results of a scientometric analysis of the V. Lashkaryov's profile in the Web of Science citation database are given, with focus on recent citation data of his articles, giving evidence that his works still remain relevant today. It is shown that outstanding leadership and organizational traits of V. Lashkaryov's allowed him to lay the foundations of his intellectual heritage in Kyiv in the 40–70s of the last century: (i) the academic school for theoretical and experimental semiconductor physics; (ii) the Department of Semiconductor Physics at Taras Shevchenko Kyiv State University; and (iii) the Institute of Semiconductors of the Academy of Sciences of the UkrSSR.

Keywords: *V. Lashkaryov, electron diffraction, p-n junction, current injection, semiconductor physics and technology, Institute of Semiconductors of the Academy of Sciences of UkrSSR.*