

© 2023

Светлана Ильина

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

Института экономики Российской академии наук (г. Москва, Российская Федерация)

(e-mail: sailyina@inecon.ru)

АКТИВИЗАЦИЯ НИОКР В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ

Статья посвящена комплексному исследованию состояния и перспектив развития российского электронного машиностроения на примере полупроводниковых литографических систем. На основе анализа глобального рынка выявлено, что порядка 98% выпускаемых полупроводниковых литографических систем находится под санкциями и китайское оборудование является практически единственным доступным вариантом для импорта. Исследование показало, что в России сохранились и продолжают работать научные школы и организации, имеющие потенциал разрабатывать и производить такое сложное оборудование. Поскольку государственные меры поддержки отечественных разработчиков носят, скорее, точечный характер, необходим переход от точечной к комплексной системе поддержки полного цикла. Одним из решений обеспечения системной поддержки может стать реализация концепции «сквозных проектов».

Ключевые слова: микроэлектроника, полупроводники, литографические системы, фотолитографические системы, электронное машиностроение, импортозамещение, технологическая независимость, технологический суверенитет.

DOI: 10.31857/S020736760027454-8

Усиление геополитической напряженности между Россией и Западом показало необходимость обеспечения научно-технологического развития нашей страны для достижения технологического суверенитета. Прежде всего это означает, что необходимо достичь независимости от поставок микроэлектроники – критически важного компонента любых современных электронных систем и изделий, которые, в свою очередь, являются неотъемлемой частью современной техносферы. Для выполнения такой задачи требуется развитие в стране электронного машиностроения, которое позволит обеспечить независимость российской микроэлектроники от импорта оборудования и технологий, главной из которых является фотолитография [9]. *Фотолитография* (именуемая также *литография*) – это процесс изготовления чипов с использованием света для формирования заданного изображения на кремниевой пластине (подложке) для получения необходимой топологии [24. С. 276].

Эксперты отмечают, что создание современной отечественной литографической системы будет являться не локальным достижением, а событием планетарного масштаба. Ее успешное промышленное внедрение приблизит Россию к достижению полного технологического суверенитета, что поможет избежать многих значимых рисков для национальной безопасности и экономики страны

[21]. Продукция микроэлектроники становится все более востребованной в различных сферах промышленности – таких как медицина, телекоммуникации, приборостроение, станкостроение, автопром и др., поэтому создание собственного литографического оборудования позволит России укрепить свои позиции и в этих областях.

Целью настоящего исследования является анализ состояния и перспектив развития отечественного электронного машиностроения на примере полупроводниковых литографических систем. Для анализа были использованы нормативные правовые документы, данные компаний полупроводниковой отрасли, оценки экспертов, научная литература и другие источники. Методология исследования базируется на общенаучных методах познания: логическом и системном анализе, синтезе, методах сравнения, сбора и описания данных.

Полупроводниковые литографические системы (Semiconductor Lithography Systems) – это ключевое производственное оборудование, которое является самым сложным и дорогостоящим элементом любого процесса производства микроэлектроники [21]. Такие установки производят всего несколько компаний в мире (табл. 1).

Таблица 1

Сегментирование полупроводниковых литографических систем по технологиям в разбивке по основным производителям

| Тип источника излучения | Этапы развития технологии | Технология | Длина волны, нм | ASML (Нидерланды) | Nikon (Япония) | Canon (Япония) | SMEE (Китай) |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| EUV | Конец 2010-х | EUV Low-NA 0.33 | 13,5 | + | – | – | – |
| DUV | Конец 2000-х | ArFi | 193 | + | + | – | – |
| DUV | Начало 2000-х | ArF | 193 | + | + | – | + |
| DUV | Конец 1990-х | KrF | 248 | + | + | + | + |
| DUV | Начало 1990-х | i-line | 365 | + | + | + | + |

Источник: составлено автором по данным [28; 29; 30; 32; 34; 35].

Около 98% мирового рынка полупроводникового литографического оборудования в 2019 г. контролировали три крупнейших производителя – *ASML*, *Nikon* и *Canon* [33]. *ASML* является абсолютным монополистом в сегменте EUV-литографии (позволяет выпускать чипы по техпроцессу 7-нм и ниже), а также

крупнейшим поставщиком DUV-систем. *Nikon* производит всю линейку DUV-литографии. *Canon* специализируется только на двух наиболее зрелых технологиях – KrF и i-line. Чтобы удерживать рыночные позиции, ведущие производители продолжают из года в год вкладывать значительные средства в НИОКР. Несмотря на то что представленные в табл. 2 компании производят, помимо литографического оборудования, иные оптические и электронные продукты, представленный объем инвестиций дает представление о масштабе цены их успеха.

Таблица 2

Инвестиции в НИОКР производителей полупроводникового литографического оборудования, в млн долл.*

| Компания | Страна | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. |
|----------|------------|---------|---------|---------|
| ASML | Нидерланды | 2 397,3 | 2 774,4 | 3 544,0 |
| Nikon | Япония | 415,2 | 399,8 | 407,2 |
| Canon | Япония | 1 851,7 | 1 953,9 | 2 085,8 |

* Пересчитано из евро и японской иены в доллары США по курсу ЦБ РФ на 01.09.2023.

Источник: составлено автором по данным годовых отчетов компаний [25; 26; 27].

В последние годы Китай активно подключился к исследованиям в области фотолитографии, чтобы снизить свою зависимость от иностранного оборудования. Так, молодой китайский производитель *SMEE*, основанный в 2002 г., уже планирует до конца 2023 г. представить свою первую иммерсионную литографическую машину (технология ArFi), способную производить чипы по технологическому процессу 28-нм, что станет большим прорывом для компании, которая в настоящее время производит литографы, подходящие для выпуска чипов 90-нм и выше. Благодаря освоению новой технологии китайский производитель сможет превзойти *Canon*, сравняться по своим возможностям с *Nikon*, а также сократить разрыв с *ASML* [36]. Однако, несмотря на стремительный прорыв, *SMEE* не смог заслужить статуса ведущего производителя даже на внутреннем рынке в связи с тем, что по качеству и надежности китайское оборудование пока уступает зарубежным аналогам [20].

В 2022 г., после начала СВО, Россия подверглась беспрецедентному геополитическому и экономическому давлению. Власти США, ЕС и ряда других стран ввели несколько пакетов экономических санкций, расширяя сферу их действия на виды деятельности, организации и физические лица, подпадающие под те или иные ограничения. Кроме того, иностранные корпорации взяли на себя добровольные обязательства, связанные с прекращением или приостановкой своей деятельности в России [23. С. 4]. Международные санкции в сфере микроэлектроники стали одним из главных направлений удара по отечественной экономике среди всех ограничительных мер, которые заключаются

в запрете или значительном сдерживании экспорта полупроводников, технологий и оборудования для их производства. Введенные ограничения затронули не только сектор микроэлектроники, но и практически все отрасли промышленности и сферы общественной жизни, так как сложно представить область, где можно было бы обойтись без мобильных телефонов, компьютеров, телекоммуникационного оборудования, транспортных средств — чипы встроены даже в рабочие электронные пропуска и проездные билеты, которыми ежедневно пользуются миллионы людей [4].

Недружественными странами, в число которых вошли Нидерланды и Япония, был введен полный запрет на экспорт полупроводниковых литографических систем в Россию. Однако проблемы с поставками оборудования для отечественной микроэлектроники возникли значительно раньше — уже в 2010 г. появились серьезные ограничения, хотя и до этого можно было приобрести только устаревшее оборудование, отстававшее на два-три поколения от новейших технологий. Наша страна оказалась в крайне сложном положении, поскольку такое оборудование никогда не производилось в России, даже во времена СССР его выпускали лишь на территории Белоруссии [21]. Согласно оценкам экспертов, сейчас в России имеется порядка 35–40 литографических установок, отработавших по 15–20 лет и требующих замены на новое оборудование [9], и с этим у нашей страны возникли серьезные проблемы.

Когда весной 2022 г. возник ажиотажный спрос со стороны отечественных дизайн-центров на производственные мощности внутри страны, возникший из-за прекращения сотрудничества с ними производителей микрочипов из недружественных стран, у нашей страны появилась уникальная возможность локализовать сегмент контрактного производства, но, к сожалению, реализовать ее мы не смогли. Зеленоградский «Микрон», единственный в России контрактный производитель, выпускающий чипы по технологиям 180–90-нм в промышленных масштабах для гражданской продукции, был перегружен. Хотя «Микрон» и запланировал расширение мощностей, но только к 2025 г., причем на тот момент было непонятно, каким образом решать вопрос с закупкой импортного оборудования для новых линий. Данная ситуация вынудила отечественных разработчиков искать зарубежные фабрики для переноса выпуска своей продукции, в первую очередь в Китае [5].

Снижение зависимости от импорта оборудования и компонентов стало критически важным в условиях усиления геополитической напряженности и санкций со стороны США и их союзников. Для обеспечения технологической независимости возникла необходимость в активизации НИОКР по созданию собственного оборудования для производства микроэлектроники. Однако это очень сложная задача, которая требует времени, значительных инвестиций, наличия квалифицированных кадров и развития компетенций в данной области. Стоит отметить, что в нашей стране сохранились и работают научные

школы и организации, способные разрабатывать и выпускать такое сложное оборудование, а также имеется определенный научный задел в этой области. В настоящее время исследования и разработки по созданию собственных полупроводниковых литографических систем при поддержке государства ведутся параллельно несколькими группами российских ученых:

- команда разработчиков нижегородского Института прикладной физики РАН осенью 2022 г. представила демоверсию своей установки с рентгеновским источником излучения. Планируется к 2024 г. разработать альфа-машину, к 2026 г. – бета-машину, а к 2028 г. создать промышленный образец литографа. Ожидается, что нижегородская разработка будет обходиться дешевле в производстве, компактнее по размерам и эффективнее в 1,5–2 раза, чем мировые аналоги, а также будет иметь уникальную оптическую систему [21];

- в зеленоградском МИЭТ ведется поисковый аванпроект концепции безмасочной рентгеновской литографии на базе источника синхротронного излучения, не имеющей мировых аналогов. В кооперации с МИЭТ над проектом работают завод «Микрон», ЗНТЦ, ИПФ РАН, НПП ЭСТО, ИСАН РАН. Следует подчеркнуть, что у МИЭТ уже имелся научный задел – совместные исследования по данной тематике ведутся не один десяток лет учеными этого института и других научных организаций. Инвестиции в проект от Минпромторга составили 670 млн руб. [2; 22];

- Зеленоградский нанотехнологический центр (ЗНТЦ) в 2021 г. выиграл два конкурса Минпромторга на разработку отечественных фотолитографических установок. Осуществить запуск серийного производства планируется к 2026 г. Совокупная стоимость инвестиций составит более 6 млрд руб. [1].

Помимо этого, при консолидации усилий Минпромторга, Минобрнауки, профильных вузов и производителей полупроводников в России планируется осуществить строительство сети технологических полигонов, которые будут использоваться для отладки и тестирования оборудования для микроэлектроники и подготовки кадров. Строительство одного полигона, с учетом затрат на сложную инженерную инфраструктуру, включающую оборудование «чистой комнаты», оценивается порядка 5 млрд руб. Один из полигонов планируется запустить осенью 2026 г. на базе зеленоградского МИЭТ после реконструкции корпуса завода «Протон», который станет площадкой для разработки и трансфера базовых технологических процессов на основе нового оборудования, в т. ч. для фотолитографических установок. Участники проекта полагают, что это позволит примерно на год ускорить начало серийного выпуска таких систем [7].

Вместе с тем для успешной разработки и внедрения литографических систем необходима государственная поддержка. Некоторые меры уже реализуются, однако они носят, скорее, точечный характер. Необходим переход от точечной к комплексной системе поддержки полного цикла – от НИОКР до внедрения в производство.

Еще в 2021 г. Правительством РФ была предложена концепция «сквозного проекта», ориентированная на создание максимально полной вертикально-интегрированной цепочки создания электронной продукции за счет согласования мер поддержки на всех этапах и обеспечения массового спроса на нее, что позволило бы осуществить максимальную локализацию сегментов цепочки и увеличить долю российских компаний в конечной продукции [11].

Логика механизма «сквозных проектов» предполагает формирование мер поддержки по трем основным блокам:

- *стимулирование разработчиков.* В рамках первого блока предусматривается субсидирование части затрат (до 70–90%) в процессе реализации комплексных проектов (включающих в себя НИОКР, технологические работы, выпуск опытных образцов, организацию серийного выпуска и коммерциализацию произведенной продукции) на:

- создание научно-технического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры – до 350 млн руб. ежегодно по одному проекту [13];

- обеспечение мероприятий по проведению НИОКР в области средств производства электроники (оборудования, систем автоматизированного проектирования (САПР), материалов) – до 500 млн руб. ежегодно по одному проекту [14];

- создание электронной компонентной базы (ЭКБ) и модулей – до 1500 млн руб. ежегодно по одному проекту [15];

- разработку конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей искусственного интеллекта – до 500 млн руб. ежегодно по одному проекту [16];

- *стимулирование внедрения.* В рамках второго блока предусматривается субсидирование части затрат, связанных с внедрением российской продукции радиоэлектронной промышленности в конечную продукцию (готовое промышленное изделие, предназначенное для реализации) – до 4 млрд руб. ежегодно по одному проекту [17];

- *стимулирование спроса.* В рамках третьего блока в октябре 2021 г. Минцифры был подготовлен проект документа, замыкающего механизм «сквозных проектов» (регламентирующий участников, порядок отбора, рассмотрения и реализации сквозных проектов) [18], однако принят он так и не был.

Осуществить запуск механизма «сквозных проектов» изначально планировалось до конца 2021 г. В 2021 г. было рассмотрено 19 проектов, 8 из них на общую сумму 147 млрд руб. были одобрены, и еще 51 проект на сумму более 360 млрд руб. находился на рассмотрении в начале 2022 г. [19]. Однако до февраля 2022 г. финансирование из бюджета на них так и не было выделено, а после этой даты реализацию «сквозных проектов» приостановили для доработки, что было связано как с изменением конъюнктуры после начала СВО, так и с рядом выявленных недочетов реализации проектов – таких как нечеткое определение

ролей всех участников, отсутствие регламентации ответственности разработчиков и поставщиков за конечный результат, а также отсутствие четкого определения того, что должно считаться российской продукцией [6; 12]. В связи с этим в течение 2022 г. велась работа над доработкой механизма «сквозных проектов», а сроки его запуска неоднократно откладывались; о перезапуске механизма Минцифры вновь объявило в апреле 2023 г. Изменения должны коснуться крупномасштабной поддержки как покупателей, так и производителей – планируется компенсировать разницу расходов на закупку отечественного оборудования, в случае если оно окажется по стоимости дороже импортного. Для реализации данной меры потребуются длинный форвардный контракт, значимые объемы и верификация по качеству [10]. Более актуальных сведений по реализации данной концепции в открытом доступе не найдено.

В то же время Китай, также находящийся под санкциями, проводит проактивную экономическую политику по развитию всех секторов национальной полупроводниковой отрасли. В частности, страна только за последние два года (2021–2022 гг.) реализовала 56 инвестиционных проектов в сегменте полупроводникового оборудования совокупным объемом 7,8 млрд долл. (56,7 млрд юаней) [31]. Более того, Китай планирует в течение следующих пяти лет выделить новый пакет финансовой помощи в размере 143 млрд долл., большая часть которой будет направлена на субсидирование закупок отечественного полупроводникового оборудования местными производителями [37]. Весьма значительная комплексная поддержка государства обеспечила стремительное развитие китайской полупроводниковой отрасли, что позволило восточной стране продолжить экспансию на российский рынок, теперь и в сегменте полупроводникового оборудования.

В июне 2023 г. в печати появилась информация о том, что зеленоградский контрактный производитель «Микрон» в рамках программы увеличения производительности перешел на китайское и белорусское оборудование, а также оборудование других стран [8]. Хотя в статье не раскрываются типы поставленных машин, наверняка среди них была литографическая установка, без которой едва ли возможен запуск новой технологической линии. В том случае если литограф был китайский, то ситуация складывается двоякая. С одной стороны, нашей стране на сегодняшний момент крайне необходимо полупроводниковое оборудование для импортозамещения компонентной базы. С другой стороны, несколько десятков видов полупроводниковых машин, которые изначально проектируются с учетом их совместимости, комплектуются в единую технологическую линию. Если в такие линии будут встраиваться китайские литографы, то непонятно, каким образом мы будем внедрять отечественные аналоги, когда они будут готовы к промышленному использованию, если российская ниша будет уже занята. При этом успешное взаимодействие с разделением сегмента между Китаем и Россией в данном случае вряд ли получится, т. к. обе страны не

отступятся от разработки литографических систем как критической технологии полупроводниковой отрасли.

В свете проведенного исследования в отношении НИОКР, реализуемых российскими научными коллективами и организациями, можно отметить следующие положительные аспекты. Во-первых, поддерживаются проекты по разработке целой линейки оборудования – как с применением более зрелых технологий для производства товарных чипов, используемых в бытовой, промышленной, автомобильной и космической электронике, так и с применением передовых технологий, необходимых для потребительской электроники. Во-вторых, параллельная разработка альтернативных технологий повышает шансы на успешное доведение хотя бы одной из них до готовности к коммерческому использованию. В-третьих, конечно, мы не сможем создать собственный литограф в краткосрочной перспективе, однако существует вероятность получить определенные результаты в разумные сроки – к 2026–2028 гг.

В то же время необходима скорейшая доработка и реализация механизма «сквозных проектов», т. к. точечные меры поддержки не способны запустить локальную вертикально-интегрированную цепочку создания стоимости электроники. Остается открытым вопрос по объемам финансирования как НИОКР в области полупроводниковых литографических систем, так и всей электронной промышленности России в целом ввиду ограниченного доступа к такого рода информации. По подсчетам представителя «Ассоциации разработчиков и производителей электроники», в электронике 21 технологическое направление, и для поддержания технологий на уровне глобальных корпораций на каждое требуются инвестиции в объеме от одного до десятков млрд долл. в год [3].

Нельзя не отметить и потенциальные риски, связанные с экспансией Китая на российский рынок полупроводникового оборудования. Дальнейшее развитие этого процесса может привести к тому, что мы поменяем одних иностранных производителей на других, вместо того чтобы развивать собственный сегмент локальной цепочки.

Литература

1. В Зеленоградском нанотехнологическом центре началась разработка отечественного оборудования для фотолитографии. Zelenograd.ru. 2022. 02 фев. URL: <https://www.zelenograd.ru/hitech/v-zelenogradskom-nanocentre-startovala-razrabotka-otechestvennogo-fotolitograficheskogo-oborudovaniya/>.
2. В МИЭТе по госконтракту разработают концепцию безмасочного фотолитографа – для выпуска микросхем 28 нанометров и ниже. Zelenograd.ru. 2022. 30 марта. URL: <https://www.zelenograd.ru/hitech/v-miete-razrabotayut-koncepciyu-bezmasochnogo-fotolitografa-dlya-vypuska-mikroshem/>.
3. Доморошенный кремний. Сможет ли Россия обойтись без импортных микрочипов. // РИА новости. 2022. 21 апр. URL: <https://ria.ru/20220421/mikrochipy-1784536026.html>.
4. *Ильина С.А.* Российская микроэлектроника: в поисках альтернативных поставщиков на востоке / В сборнике: Экономическая и технологическая модернизация России: уроки

- истории и современные вызовы. Памяти Д.Е. Сорокина / Под ред. Н.Ю. Ахапкина. М.: ИЭ РАН, 2022. С. 202–214.
5. *Ильина С.А.* Электронная промышленность в условиях санкций: Россия и Китай – партнеры или конкуренты? // Научные исследования и разработки. Экономика. 2022. Т. 10. № 5. С. 48–55. DOI: 10.12737/2587-9111-2022-10-5-48-55.
 6. *Исакова Т., Королев Н., Галиева Д.* В проектах сквозит. Механизм их финансирования в электронике признали недоработанным // Коммерсантъ. 2022. 04 фев. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5195502?ysclid=I93wbxmzv7153451034>.
 7. *Королев Н.* Оборудование загрузят на полигон. В РФ строят инфраструктуру для ускорения выпуска фотолитографов // Коммерсантъ. 2023. 31 июля. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6135519?ysclid=llm1nj07zu619689271>.
 8. *Королев Н., Тишина Ю.* Завод «Микрон» перешел на китайское производственное оборудование // Коммерсантъ. 2023. 1 июня. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6015501>.
 9. *Механик А.* Фотолитография с пятнадцатилетним опозданием // СТИМУЛ. Журнал об инновациях в России. 2022. 21 мар. URL: <https://stimul.online/articles/science-and-technology/fotolitografiya-s-ryatnadtsatiletnim-opozdaniem/>.
 10. Минцифры РФ перезапустит механизм «сквозных проектов» в области электроники. Интерфакс. 2023. 26 апр. URL: <https://www.interfax.ru/digital/897931>.
 11. Отечественной радиоэлектронике обеспечат сквозную поддержку. Интерфакс. 2021. 03 ноября. URL: <https://www.interfax.ru/russia/801260>.
 12. *Петракова А.* Покупателей «суверенной» электроники оставляют без госсубсидий и переведут на кредиты // CNews. 2022. 26 мая. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2022-05-26_pokupatelej_suverennoj?ysclid=I8bctnzhyw223174670.
 13. Постановление Правительства РФ от 17.02.2016 № 109 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на создание научно-технического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры». Гарант. URL: <https://internet.garant.ru>.
 14. Постановление Правительства РФ от 16.12.2020 № 2136 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение мероприятий по проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области средств производства электроники». Гарант. URL: <https://internet.garant.ru>.
 15. Постановление Правительства РФ от 24.07.2021 № 1252 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на создание электронной компонентной базы и модулей». Гарант. URL: <https://internet.garant.ru>.
 16. Постановление Правительства РФ от 23.08.2021 № 1380 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на разработку конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей искусственного интеллекта». Гарант. URL: <https://internet.garant.ru>.
 17. Постановление Правительства РФ от 27.09.2021 № 1619 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским компаниям на финансовое обеспечение части затрат, связанных с внедрением российской продукции радиоэлектронной промышленности». Гарант. URL: <https://internet.garant.ru>.

18. Проект Распоряжения Правительства Российской Федерации «О порядке управления сквозными проектами в области сквозными проектами по внедрению российской радиоэлектронной продукции и программного обеспечения российского происхождения» (ID проекта: 01/23/10-21/00121355). Федеральный портал проектов нормативных правовых актов. URL: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=121355>.
19. Россия может запустить новый национальный проект в сфере радиоэлектроники. РИА Новости. 2022. 12 фев. URL: <https://ria.ru/20220212/elektronika-1772446714.html?ysclid=1941obljfg599978108>.
20. Степанов Д. Китай придумал, как пережить санкции США. SMIC, Huawei и другим избранным дадут доступ к «бесконечным» деньгам // CNews. 2023. 21 марта. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2023-03-21_vlasti_knr_pridumali-kak?ysclid=lfjyn1h7gv98162993.
21. То, что nano! Стратегия развития Нижегородской области. 2022. 18 окт. URL: <https://strategy.government-nnov.ru/ru-RU/longread/nano?ysclid=ldvf4pe03t839018504>.
22. Ученые университета проводят исследования для создания отечественного безмасочного литографа. МИЭТ. 2022. 4 мая. URL: <https://www.miet.ru/news/143217>.
23. Экономика России в условиях новых вызовов: от адаптации к развитию: Доклад / Отв. ред. М.Ю. Головин, Е.Б. Ленчук. М.: Институт экономики РАН, 2023. 132 с.
24. 2021 Annual Report. ASML. URL: <https://www.asml.com/en/investors/annual-report/2021>.
25. Annual Reports. ASML. URL: <https://www.asml.com/en/investors/annual-report>.
26. Annual Reports. Canon. URL: <https://global.canon/en/ir/library/annual.html>.
27. Annual Reports. Nikon. URL: <https://www.nikon.com/company/ir/management/nikon-report/backnumber/>.
28. Castellano R. ASML: Not Just A Monopoly In EUV Lithography // Seeking Alpha. Jun 15, 2020. URL: <https://seekingalpha.com/article/4354007-asml-not-just-monopoly-in-euv-lithography>.
29. DUV lithography systems. ASML. URL: <https://www.asml.com/en/products/duv-lithography-systems>.
30. EUV lithography systems. ASML. URL: <https://www.asml.com/en/products/euv-lithography-systems>.
31. Lin J. China invested US\$290.8 billion in semiconductor projects between 2021–2022 // DigiTimes. Jun 27, 2023. URL: <https://www.digitimes.com/news/a20230627VL205/china-ic-manufacturing-semiconductor-chips+components.html?chid=10>.
32. Lithography. SMEE. URL: http://www.smee.com.cn/eis.pub?service=homepageService&method=indexinfo&onclicknodeno=1_4_4.
33. Photolithography Equipment Market. MarketsandMarkets. Jan 2021. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/photolithography-equipment.asp>.
34. Semiconductor Lithography Equipment. Canon. URL: <https://global.canon/en/product/indtech/semicon/>.
35. Semiconductor Lithography Systems. Nikon. URL: <https://www.nikon.com/products/semi/lineup/#ls>.
36. Shilov A. Chinese Firm's 'Breakthrough' 28nm Chipmaking Tool to Debut Soon: Report // Tom's Hardware. Aug 2, 2023. URL: <https://www.tomshardware.com/news/chinese-lithography-firm-to-debut-28nm-capable-scanner-report>.
37. Zhu J. Exclusive: China readying \$143 billion package for its chip firms in face of U.S. curbs // Reuters. Dec 14, 2022. URL: <https://www.reuters.com/technology/china-plans-over-143-bln-push-boost-domestic-chips-compete-with-us-sources-2022-12-13/>.

Svetlana Ilyina (e-mail: sailyina@inecon.ru)

Ph.D. in Economics, Senior Researcher,

Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences (RAS)

(Moscow, Russian Federation)

ACTIVATION OF R&D IN THE FIELD OF ELECTRONIC ENGINEERING TO ENSURE TECHNOLOGICAL INDEPENDENCE

The article is devoted to a comprehensive study of the state and development prospects for Russian electronic engineering, in particular semiconductor lithography systems. Based on the analysis of the global market, it is stated that about 98% of the semiconductor lithography systems manufactured are under sanctions, and Chinese equipment is almost the only available option for import. The study showed that scientific schools and organizations with the potential to develop and produce such complex equipment have been preserved and continue to work in Russia. At the same time, state measures to support domestic developers are more of a selective nature, a transition to a comprehensive full-cycle support system is necessary. One of the solutions to provide system support can be the implementation of the concept of "cross-cutting projects".

Keywords: microelectronics, semiconductors, lithography systems, photolithography systems, electronic engineering, import substitution, technological independence, technological sovereignty.

DOI: [10.31857/S020736760027454-8](https://doi.org/10.31857/S020736760027454-8)