

# Отраслевая лаборатория испытаний и нанодиагностики спецтехнологического оборудования (ОЛИН СТО)

С. Аваков, д. т. н.<sup>1</sup>, В. Матюшков, д. т. н.<sup>2</sup>, А. Вискушенко<sup>3</sup>, А. Казаков<sup>4</sup>

УДК 531.7.08 | ВАК 05.11.01

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.02.2017 № 110 в сентябре 2017 года в г. Минске в ОАО «КБТЭМ-ОМО» холдинга «Планар» была создана отраслевая лаборатория испытаний и нанодиагностики спецтехнологического оборудования (ОЛИН СТО). Согласно Постановлению, отраслевой лабораторией является подразделение, создаваемое в структуре научной организации для обеспечения выполнения научно-исследовательских (НИР), опытно-конструкторских (ОКР) и опытно-технологических (ОТР) работ, научного сопровождения инновационных проектов, опытно-промышленных лабораторий и внедрения в производство результатов научной и научно-технической деятельности в организациях профильной области или отрасли, осуществляющей свою деятельность на основе плана совместных работ с республиканскими органами государственного управления и иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, Национальной академии наук Беларуси, реализующими государственную политику в соответствующей сфере. Рассмотрим организационную структуру, цели и задачи ОЛИН СТО.

Организационная структура ОЛИН СТО приведена на рис. 1.

В ОАО «КБТЭМ-ОМО» аттестованы на соответствие международным и национальным требованиям стандартов два структурных подразделения предприятия:

- центральная испытательная лаборатория (аттестат аккредитации ВУ/112 2.3734, действующий до 19 марта 2022 года) на соответствие требованиям СТБ ИСО/МЭК 17025;
- отдел метрологии (аттестат аккредитации № ВУ/112 3.0256, действующий до 30 августа 2020 года) на соответствие требованиям СТБ ИСО МЭК 17025.

Эти структурные подразделения выполняют следующие виды работ:

- испытания технических средств на соответствие требованиям электромагнитной совместимости, электробезопасности;

- измерения и исследования вредных факторов производственной среды (физических и химических) на соответствие требованиям технических, нормативных и правовых актов в области охраны труда, санитарно-промышленного и экологического контроля;
- измерения элементов топологии на фотошаблонах и на полупроводниковых пластинах в нанометровом диапазоне; измерения линейных и угловых размеров, формы и расположения поверхностей деталей; измерения геометрических размеров деталей оптического производства.

Финансирование работ ОЛИН СТО осуществляется по двум направлениям:

- в рамках государственных научно-технических программ (ГНТП) Республики Беларусь и в рамках научно-технических программ Союзного государства (разработка и производство испытательного оборудования);
- приобретение метрологического и испытательного оборудования за собственные средства, а также из бюджетных источников: республиканского централизованного инновационного фонда, инновационного фонда Минского горисполкома, а также фонда развития материально-технической базы научных организаций.

<sup>1</sup> ОАО «КБТЭМ-ОМО», директор.

<sup>2</sup> ОАО «КБТЭМ-ОМО», первый заместитель директора, главный инженер.

<sup>3</sup> ОАО «КБТЭМ-ОМО», главный контролер, начальник отраслевой лаборатории испытаний и нанодиагностики СТО.

<sup>4</sup> ОАО «КБТЭМ-ОМО», инженер по метрологии.

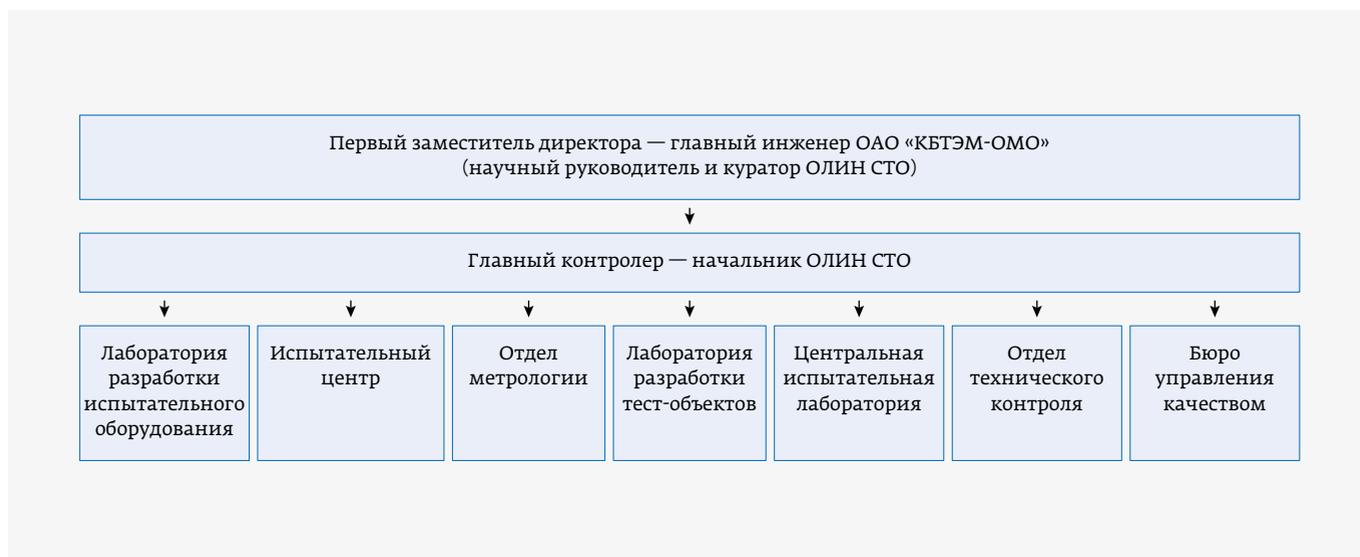


Рис. 1. Организационная структура ОЛИН СТО

Создание ОЛИН СТО преследует две цели:

- подтверждение соответствия требованиям отечественных и международных технических регламентов (директив);
- метрологическое обеспечение геометрических измерений топологии полупроводниковых пластин и фотошаблонов в субмикрометровом и нанометровом диапазонах.

Для достижения первой цели в ОАО «КБТЭМ-ОМО» ведутся работы по созданию автоматизированного диагностического комплекса для оценки помехоустойчивости и помехоизлучаемости автомобильной электроники по требованиям Правил ЕЭК ООН № 10 в рамках научно-технической программы Союзного государства «Автоэлектроника».

Предыдущие 13 работ были выполнены в период с 1985 по 2017 год. Каждая из них предусматривала создание не менее шести наименований испытательного оборудования. За все это время в общей сложности разработано и освоено более 150 наименований испытательного оборудования по следующим видам испытаний: электромагнитная совместимость, электробезопасность, влагозащита, механическая прочность и пожаробезопасность.

Оснащение испытательных подразделений ОЛИН СТО испытательным оборудованием, как разработанным и произведенным в рамках ОКР, так и приобретенным у сторонних организаций, позволило решить проблему подтверждения соответствия требованиям следующих технических регламентов:

- ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств»;
- ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования».

Данные документы – практически полные аналоги соответствующих директив Европейского сообщества.

В настоящее время в ОАО «КБТЭМ-ОМО» ведутся работы:

- по внесению в реестр средств измерений Республики Беларусь и Российской Федерации контрольно-измерительного оборудования собственного производства;
- получению сертификата соответствия со знаками «СЕ» (Евросоюз), UL (США), а также соответствия требованиям ассоциации поставщиков оборудования для производства полупроводников (SEMI).

Все приборы при поставках проходят аттестацию (калибровку) согласно утвержденным в Белорусском государственном институте метрологии (БелГИМ) методикам аттестации (калибровки), которые признаются во всех странах ЕвроЗЭС.

За последние несколько лет испытательное оборудование, разработанное в ОАО «КБТЭМ-ОМО», неоднократно экспортировалось на предприятия стран СНГ: в Российской Федерации (ООО «Прибор-Тест», ОАО «Альфа-Серт», ОАО «ВНИКТИ», АО «Научно-исследовательский центр «Прикладная Логистика», ООО «АлМакс-Ком», ООО «ТестСертифико», ООО «Радиофизические Тестовые Технологии», ООО «МАКСМЕДТЕХ», ООО «Медико-технологическое агентство», ООО «Стандарт-Групп», ООО «МедТестПрибор», ООО «Вега-Абсолют», ООО «Поток», ООО «Мостандарт»); в Казахстане (ТОО «Казпромэлектроника», ТОО «Сертек», ТОО «КазТест-Электроника»); в Узбекистане (Государственное предприятие «Республиканский центр испытаний и сертификации агентства «Узстандарт», ООО TAROZI STANDART SERVIS).

Таблица 1. Приобретенное оборудование

Название	Назначение
Профилометр Talysurf CCI Lite (set)	Для бесконтактного измерения параметров шероховатости (разрешение по оси Z: 0,01 нм; воспроизводимость (ось Z): <0,02 нм; диапазон измерений по оси Z: до 2,2 мм; максимальные размеры детали: 150×150 мм)
Электронный микроскоп Nova Nano Sem 650 (FP2054 / 25)	Для исследования критических размеров микроизображений на фотошаблонах при проведении фотолитографических испытаний оптико-механического оборудования, изготовлении оптических деталей методом фотолитографии (разрешение: 1,0 нм (макс.); диапазон увеличений: 12–900 000 крат)
Спектрофотометр PhotonRT фирмы «ЭссентОптикс»	Для измерения коэффициентов отражения и пропускания оптических покрытий (спектральный диапазон: 190...1 100 нм; точность установки длины волны: 0,24 нм; спектральное разрешение: 1,2 нм)
Микроскоп MA 300 с функцией ультрафиолета	Для контроля элементов топологического рисунка ИС на полупроводниковой пластине с топологической нормой от 0,18 мкм и более на базе микроскопа, работающего в УФ-области спектра ( $\lambda = 365$ нм)
Установка монтажа пелликов	Для защиты фотошаблонов с помощью пелликов (совместима с технологическими процессами уровня 90 нм)
Камера микроклиматическая	Для размещения оборудования в соответствии с классом чистоты 4 ИСО по ГОСТ 18664 2000
Автоматический сферометр Ultra Spherotronic	Для измерений радиусов кривизны сферических поверхностей и калибровок пластин с самыми высокими требованиями, позволяет проводить измерения с минимальной погрешностью 0,005%
Интерферометр ZYGO VeriFire	Для контроля точности формы сферических и асферических поверхностей диаметром до 300 мм и радиусом кривизны до 4 500 мм (комплект объективов с погрешностью волнового фронта менее $\lambda / 20$ )
Комплект мер	Для проведения калибровки электронной и атомно-силовой микроскопии (мера высоты ступени H8: 8 нм; мера ширины MRS-6: 80 нм)
Профилометр-профилограф SurfTest SJ-411	Для высокоточных, оперативных измерений параметров шероховатости методом ошупывания алмазной иглой (разрешение: 0,01 мкм; диапазон датчика: $\pm 150$ мкм; длина трассы ошупывания: 0,25...25,4 мм)
Координатно-измерительная машина ZEISS DuraMax	Для быстрого контроля между операциями для малогабаритных деталей, а также для контроля объемных партий в процессе производства (максимально допустимый диапазон измерений: $2,4 + L / 300$ мкм; максимальный габаритный размер детали: 500×500×500 мм)
Лазерный сканирующий микроскоп LSM 800 Axio Imager.Z2 Vario	Для визуального контроля микроизображений при проведении фотолитографических испытаний оптико-механического оборудования, изготовлении оптических деталей методом фотолитографии (размеры контролируемой пластины: до 300×300 мм)
Установка ионно-лучевой обработки для изготовления высокопрецизионных оптических линз OMF 450 комплектации BUHLER ALZENU	Для прецизионной обработки оптических деталей с повышенным требованием по качеству оптической поверхности (на уровне не менее $\lambda / 200$ и выше)
Установка электронно-лучевой литографии EBP5200	Для экспонирования пучком электронов изображения в фоторезисте, нанесенном на фотошаблонные заготовки или полупроводниковые пластины для нужд полупроводниковой промышленности в области нанолитографии, создания тест-шаблонов для испытания СТО, а также создания эталонных мер ширины для калибровки измерительного оборудования (минимальная ширина линии: не более 8 нм; величина сшивания: не более 10 нм; точность совмещения второго слоя: не более 5 нм)



ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ГЕНЕРАЦИЯ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ



КОНТРОЛЬ  
ФОТОШАБЛОНОВ



РЕМОНТ  
ФОТОШАБЛОНОВ



ФОТОЛИТОГРАФИЯ



КОНТРОЛЬ  
ПЛАСТИН

### БЕЗМАСОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Многоканальные лазерные генераторы изображений
- Проектная норма 0.35, 0.6  $\mu\text{m}$
- Опция прямого рисования
- $\varnothing 200, 150, 100$  мм
- Высокая точность совмещения



### КОНТАКТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Ручная и автоматизированная загрузка
- Двусторонняя литография
- Высокая точность совмещения
- Низкий уровень генерации дефектов
- Высокая энергоэффективность



### ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- Диапазон UV, DUV
- Проектная норма 90, 130 нм
- 16/32-лучевая архитектура
- Фазосдвигающие шаблоны
- Быстрая переналадка пластина — шаблон



### СТЕПЕРЫ

- Проектная норма 0.35, 0.8  $\mu\text{m}$
- Автоматический масштаб
- Двустороннее совмещение
- $\varnothing 100, 150, 200$  мм
- Твердотельный источник света



### КОНТРОЛЬ ФОТОШАБЛОНОВ

- Проектная норма 90, 130, 250 нм
- Твердотельный лазер
- Контроль методом Die-to-DB, Die-to-Die
- Высокая производительность
- Контроль неплоскостности



### КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ

- Контроль привносимых дефектов пластин без топологии
- Автоматический микро и макро контроль дефектов пластин с топологией
- Высокая производительность



### РЕМОНТ ФОТОШАБЛОНОВ

- Фемтосекундный лазер
- 0.1/ 0.2/ 0.5  $\mu\text{m}$  min элемент
- Размер шаблона до 9" x 9"
- Ремонт копированием
- Ремонт через пелликл
- Прозрачные / непрозрачные дефекты



### АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

- Контроль микrorазмеров
- Контроль неплоскостности
- Контроль координат
- Контроль толщины
- Контроль рассовмещения



- Единое таможенное пространство
- 58 лет опыта в разработке и производстве прецизионного оптико-механического оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства
- Высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами
- Возможность комплексной поставки оборудования, в том числе адаптированного для Российского рынка программного обеспечения для поддержки процессов изготовления фотошаблонов и 3D-моделирования для фотолитографии компании GenlSys (Германия) 



Таблица 2. Планируемое к закупке оборудование

Название	Назначение
Оптический профилометр для бесконтактной 3D-профилометрии	Для исследования поверхностей, измерения параметров объектов на поверхности, таких как расстояние от точки до точки, радиус, угол и т. д. (размер исследуемых образцов: до 300 мм; разрешение по осям X/Y: 0,5 мкм; разрешение по оси Z: 10 нм)
Микроскоп измерительный МС-70Т	Для измерения линейных размеров и глубины рельефа растровых оптических элементов, вакуумных столиков-держателей, сеток, шкал (измерительный микроскоп отраженного и проходящего света с тринокулярной насадкой)
Интерферометрическая измерительная установка VeriFire Asphere	Для быстрого, бесконтактного, высокоточного трехмерного измерения асферических поверхностей (диаметр тестового пучка: 152 мм; простая воспроизводимость измерений: не более 1 нм (RMS); диаметр детали: от 1 до 130 мм)
Профилометр-профилограф Mag Surf LD260	Для комплексного измерения формы (контура) и шероховатости поверхности (скорость измерения: 0,02–10 мм/с; скорость позиционирования: 0,02–200 мм/с; дискретность отсчета: 0,8 нм)
Калибратор поворотных осей XR20-W	Для бесконтактного эталонного измерения с высокой достоверностью на удалении от проверяемой поворотной оси (точность измерения: $\pm 1$ угл. с)
Кругломер Taylor Hobson Surtronic R50	Для измерения скругления (скорость измерения, включая время подготовки, составляет 3 детали/мин; радиальная точность для шпинделя: $\pm 25$ нм)
Спектрофотометр LINZA 150	Для измерения спектральных характеристик пропускания и зеркального отражения на сферических и цилиндрических поверхностях (шаг сканирования спектра: от 0,5 до 100 нм; скорость сканирования спектра: 3 000 нм/мин (при шаге сканирования 5 нм); размер светового пятна на измеряемом образце: пропускание – $4,0 \times 2,5$ мм, отражение – $1,0 \times 1,0$ мм)
Станция серии OptiSurf LTM для бесконтактного измерения толщины одиночных линз	Для бесконтактного измерения толщины одиночных линз (диаметр объектива: 1...350 мм; толщина стекла: от 0,2 до 50 мм (опционально до 150 мм); точность измерения толщины центра (геометрическая толщина): 0,5 мкм; разрешение: 75 нм)
КИМ портално-мостовой конструкции суперпрецизионной точности ZEISS XENOS	Координатно-измерительная машина позволяет проводить контроль деталей с максимальной точностью (предельное значение погрешности линейного измерения (МРЕЕ) по нормам ISO 10360–2009: не более $(0,3 + L/1500)$ мкм, где L – измеряемая длина в мм)

Для достижения второй цели (нанодиагностики) необходимо решить ряд задач:

- изготовление или приобретение эталонных мер ширины и высоты нанометрового диапазона;
- приборное обеспечение методик измерения в нанометровом диапазоне;
- исследование геометрических форм топологии на полупроводниковых пластинах и фотошаблонах;
- разработка методик измерения геометрических размеров в нанометровом диапазоне на полупроводниковых пластинах и фотошаблонах;
- аттестация (калибровка) средств измерения геометрических размеров;
- аккредитация отраслевой лаборатории испытаний и нанодиагностики спецтехнологического

оборудования (ОЛИН СТО) в части нанометрологии на полупроводниковых пластинах и фотошаблонах.

Первая задача решается путем приобретения следующих эталонных мер: ширины MRS-6 (Geller MicroAnalytical Laboratory) и высоты H8 (NANOSENSORS).

Наличие калибровочных сертификатов для этих мер позволяет провести калибровку измерительной техники.

Для решения второй задачи составлен план оснащения ОЛИН СТО на 2017–2020 годы, который согласован с Министерством промышленности Республики Беларусь и Национальной академией наук Беларуси. В рамках выполнения этого плана и создания ОЛИН СТО уже закуплена часть оборудования (табл. 1), остальное будет приобретено в ближайшее время (табл. 2).

Данное оборудование позволяет выполнять измерения элементов на полупроводниковых пластинах и фотошаблонах, производить прецизионную обработку оптических деталей с повышенным требованием к качеству оптической поверхности (на уровне не менее  $\lambda/200$  и выше) и экспонировать пучком электронов изображения в фоторезисте, нанесенном на фотошаблонные заготовки или полупроводниковые пластины. Причем микроскоп Nova Nano Sem 650 и профилометр Talysurf CCI Lite прошли калибровку с помощью эталонных мер длины и высоты. На эти приборы получены свидетельства калибровки, выданные РУП «БелГИМ».

Оснащение предприятия оборудованием позволит решить задачи по исследованию геометрических форм топологии, разработке и метрологическому обеспечению методик измерения геометрических размеров элементов на полупроводниковых пластинах и фотошаблонах в нанометровом диапазоне. Наряду с этим будет обеспечиваться контроль качества технологических процессов изготовления деталей и узлов спецтехнологического оборудования для производства изделий микроэлектроники, в частности, технологических процессов изготовления оптических деталей и узлов оборудования, что в перспективе даст возможность выйти на технологический уровень производства СБИС 90...45 нм.

Таким образом, достижение первой цели позволит:

- создать материальную базу для испытательного центра (ИЦ) предприятия;
- аккредитовать ИЦ на проведение испытаний, подтверждающих соответствие: техническим регламентам ЕвроЗЭС (знак ЕАС), директивам ЕС (знак ЕС), законам США (знак UL), требованиям нормативных документов SEMI;
- оказывать услуги сторонним организациям в части испытаний бытовой, вычислительной, медицинской и другой техники.

Достижение второй цели позволит:

- создать материальную базу отдела метрологии предприятия;
- обеспечить технический контроль производства на различных стадиях изготовления высокоточных оптических и механических деталей СТО;
- аккредитовать центр нанодиагностики (отдел метрологии) на право проведения геометрических измерений элементов в нанометровом диапазоне на полупроводниковых пластинах и фотошаблонах в соответствии с разработанными и утвержденными методиками при испытаниях спецтехнологического оборудования для производства изделий микроэлектроники.

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 840 руб.

### ЭТАЛОНЫ И СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ. ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

Лукашкин В. Г., Булатов М. Ф.

*Издание осуществлено при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России (2012–2018 годы)»*

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2018. – 402 с.  
ISBN 978-5-94836-512-1

В книге рассмотрены общие вопросы метрологического обеспечения и единицы физических величин. Изложены основные задачи технических средств метрологического обеспечения в области электрорадиоизмерений. Даны оценки погрешности и неопределенности первичных и рабочих эталонов.

Книга может быть полезна студентам и аспирантам при выборе и обосновании эталонной базы в области электрорадиоизмерений, а также специалистам, занимающимся вопросами разработки, производства и оценки качества средств измерений, контроля и испытаний.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ [knigi@technosphere.ru](mailto:knigi@technosphere.ru), [sales@technosphere.ru](mailto:sales@technosphere.ru)