

он не является безупречным. не нужно забывать и о том, что практически любой международный рейтинг – это во многом субъективный взгляд на проблему, основывающийся не только на анализе объективных данных, но и на экспертных оценках. Поэтому анализ положения страны в рейтинге может помочь выявить слабые места в определенной сфере экономики страны, но политика, проводимая страной в этой области, должна быть направлена в первую очередь не на улучшение места в рейтинге, а на решение насущных проблем и обеспечение развития данной сферы экономики.

УДК 389.14 – ОТИ

АНАЛИЗ ЭТАЛОНОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ В НАНОДИАПАЗОНЕ

Егошина Е.В.

Санкт-Петербургский горный университет

В настоящий момент на рынке появляется все больше видов продукции, изготовленных с применением нанотехнологий. В области метрологического обеспечения nanoиндустрии точные, достоверные и прослеживаемые измерения являются основой для успешного и безопасного развития нанотехнологий. Высокий уровень точности измерений содействует развитию экономики.

Метрологии (нанометрии) принадлежит особая роль ключевых основополагающих элементов приборно-аналитической, технологической и интеллектуальной составляющих нанотехнологий и nanoиндустрии [1]. Из определения нанотехнологии следует первоочередная задача измерений геометрических параметров объекта, что обуславливает необходимость обеспечения единства линейных измерений в диапазоне 1-100 нм [2].

Результаты измерений размеров в нанометровом диапазоне должны быть прослеживаемы к единице длины в системе СИ – метру. В настоящее время наиболее широкое распространение для практической реализации метра получило излучение гелий-неонового лазера, стабилизированного по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127, с длиной волны $\lambda = 632,99139822$ нм с относительной стандартной неопределенностью $2,5 \cdot 10^{-11}$ [3-4].

Схема обеспечения прослеживаемости измерений линейных размеров в нанометровом диапазоне представлена на рис. 1.

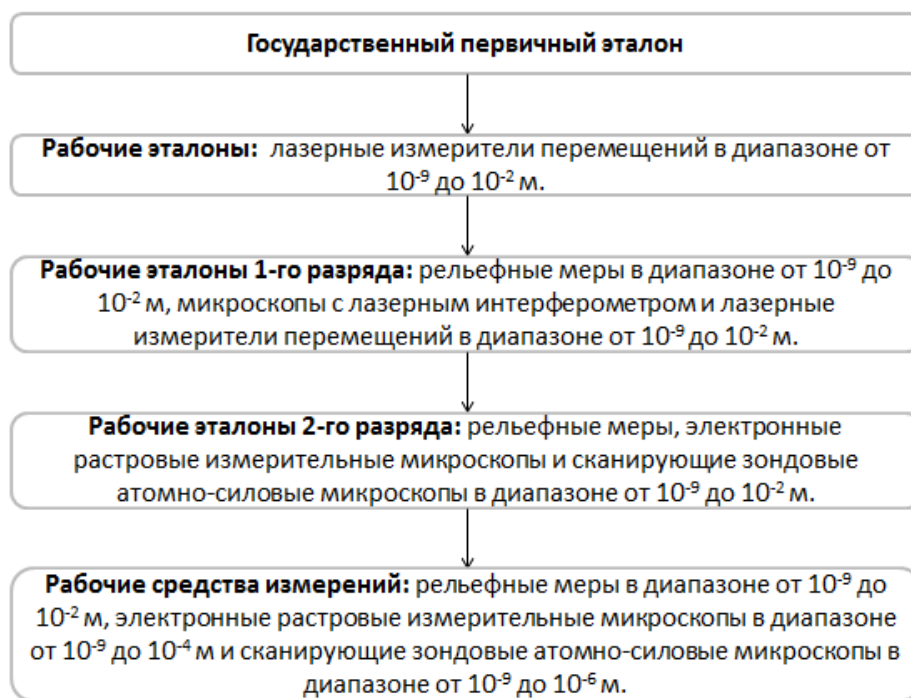


Рисунок 1 – Схема обеспечения прослеживаемости измерений линейных размеров в нанометровом диапазоне

На практике чаще всего измерения геометрических параметров объектов в нанометровой области проводятся с помощью растровых электронных (РЭМ) и сканирующих зондовых (СЗМ) микроскопов, расположенных у потребителя.

К сканирующей зондовой микроскопии относят сканирующие электронные микроскопы (СЭМ), просвечивающие электронные микроскопы (ПЭМ), сканирующие туннельные микроскопы (СТМ) атомно-силовые микроскопы (АСМ), микроскопы ближнего поля и ряд других приборов, обеспечивающих наивысшее разрешение по измеряемым физическим величинам при нанометровых размерах исследуемого объекта.

Растровый электронный микроскоп: Электронный микроскоп, формирующий изображение объекта при сканировании его поверхности электронным зондом.

Сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп: Зондовый атомно-силовой микроскоп с нормированными метрологическими характеристиками, предназначенный для измерения линейных размеров элементов рельефа поверхности и/или расстояний между ними путем сканирования поверхности острием зонда.

РЭМ и СЗМ только тогда могут считаться средствами измерений, когда их параметры соответствующим образом аттестовываются, калибруются и контролируются, причем последнее осуществляется непосредственно в процессе измерений. Важнейшей задачей метрологического обеспечения линейных измерений в нанометровом диапазоне является создание вещественных носителей размера – мер с программируемым нанорельефом поверхности, обеспечивающих калибровку средств измерений с наивысшей точностью. Рельефная мера нанометрового диапазона: мера, содержащая элементы рельефа, линейный размер хотя бы одного из которых менее 10^{-6} м. Именно такие трехмерные меры малой длины (рис. 2), например, МШПС, остаются единственным возможным средством калибровки СЗМ и РЭМ конечных пользователей [6-10].

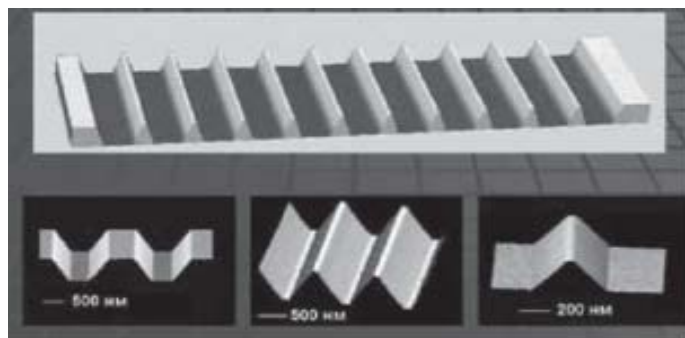


Рисунок 2 – Рельефная мера малой длины

Конструктивно мера, получившая название МШПС-2.0К (мера ширины и периода, специальная, номинальный размер 2,0 мкм, кремниевая), сформирована на поверхности монокристаллического кремния. Кремниевый чип с мерой имеет размер 10×10 мм² и толщину 500 мкм. Мера состоит из пяти одинаковых модулей, расположенных по четырем углам квадрата 1×1 мм² и в его центре [11].

Модуль представляет собой три шаговые рельефные структуры на поверхности кремния, каждая из которых состоит из 11 канавок. Элементы рельефа структуры имеют профиль в форме трапеции с равными боковыми сторонами и заданным углом их наклона. Номинальный размер шага структуры составляет 2 мкм. Глубину рельефа структуры и ширину линии задают при изготовлении меры в зависимости от решаемых задач в диапазоне 100-1500 нм. Длина элементов рельефа шаговой структуры составляет 100 мкм, а погрешность аттестации 1 нм [12].

С помощью данной меры возможно осуществлять калибровку увеличения и измерение диаметра электронного зонда РЭМ, а в случае атомно-силовых микроскопов – еще и радиусы острия зондов, линейность шкал и ортогональность сканеров [13].

Так, при геометрических измерениях нанообъектов возникают наибольшие проблемы, поскольку это требует разработки теории, методов и инструментов для измерения парамет-

ров таких объектов в нанодиапазоне, а также создания соответствующих эталонных установок и стандартных образцов сравнения. Все это в совокупности составит основу для обеспечения единства и повышения качества измерений в нанометрологии [14].

УДК 339.56.055

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ТОРГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

Жевлакова А.Ю., Бровка Г.М.

Белорусский национальный технический университет

Евразийский экономический союз представляет собой международную организацию региональной экономической интеграции, которая была создана в соответствии с Договором о Евразийском экономическом союзе.

Основными целями при создании ЕАЭС были определены модернизации, кооперации и повышение конкурентоспособности национальных экономик, а также создания условий для стабильного развития в целях повышения уровня жизни населения государств-членов.

Одним из показателей эффективности функционирования Союза является развитие торговых отношений как между его участниками, так и с третьими странами.

Торговые потоки в странах ЕАЭС ориентируются преимущественно на рынки вне Союза в соответствии с рисунком 1.

За последние пять лет наибольший объем импорта и экспорта приходится на 2014 год для стран Евразийского экономического пространства. Далее в течение двух лет наблюдается отрицательная динамика. Уже в 2015 году было отмечено серьезное падение, которое продолжилось и в 2016 году. Только в 2017 году страны ЕАЭС сумели выйти из внешнеторговых проблем предшествующих двух лет [1]. Причины оживления – рост цен на нефть, которые превысили значение в 65 долларов в декабре 2017 года, адаптация к кризисным условиям, повлекшая более эффективную деятельность на внешних рынках, рост цен на мировых рынках на важные в экспортных поставках стран ЕАЭС позиции помимо нефти и нефтепродуктов. Тенденция роста объемов внешней торговли наблюдается и в 2018 году. Внешняя торговля ЕАЭС за январь-сентябрь 2018 г. по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года увеличилась на 21,4%, достигнув 548,4 миллиардов долларов США. При этом экспорт рос втрое быстрее импорта.

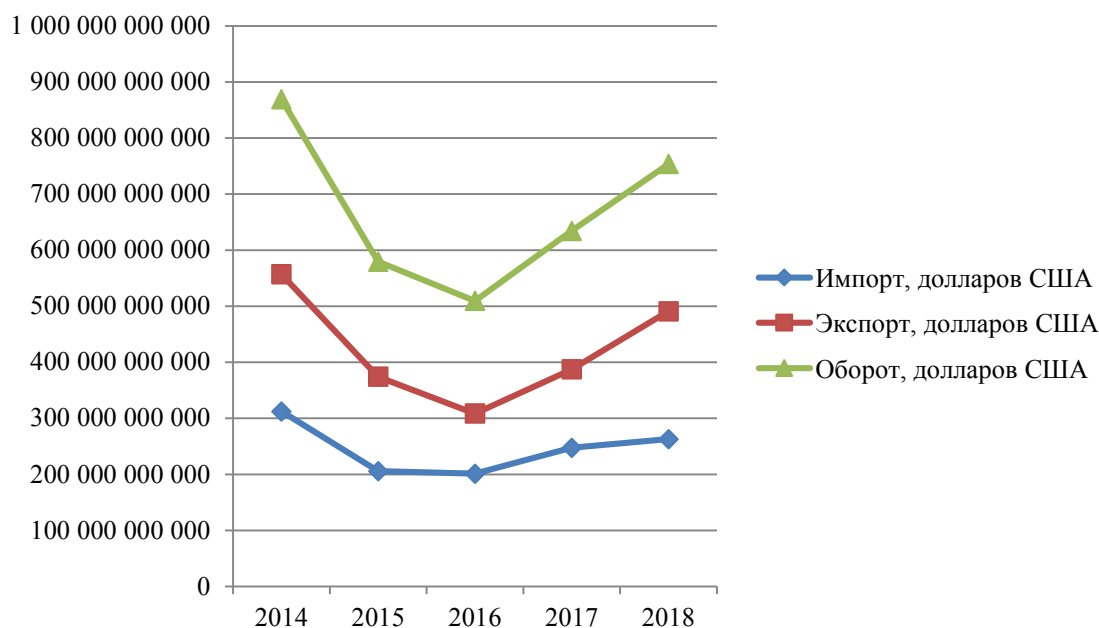


Рисунок 1 – Динамика внешней торговли ЕАЭС с 2014 по 2018 годы