



Получено: 17.03.2022 г. | Принято: 22.03.2022 г. | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.2.88.94>

Научная статья

СЛОВА И СЛАВА ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ: ЯЗЫК ДО ПЕКИНА ДОВЕДЕТ

А.А.Трухова^{1,2}, студент, ORCID: 0000-0002-1695-287X

А.С.Филонов², вед. программист, ORCID: 0000-0003-2956-1744

И.В.Яминский^{1,2,3}, д.ф.-м.н., проф. МГУ имени М.В.Ломоносова, физический и химический факультеты, генеральный директор Центра перспективных технологий, директор Энергоэффективных технологий, ORCID: 0000-0001-8731-3947 / yaminsky@nanoscopy.ru

Аннотация. В этой статье мы поговорим не о приборах, а о языке сканирующей зондовой микроскопии: об используемых словах, терминах, обозначениях. Программное обеспечение "ФемтоСкан Онлайн" широко используется в научных сообществах и до недавнего времени было представлено на двух языках: русском и английском. Теперь "ФемтоСкан Онлайн" стало доступно и на китайском языке, самом распространенном языке в мире. О том, как был произведен перевод интерфейса программы, мы расскажем в этой статье. В 1990 году МГУ посетил Нобелевский лауреат Хайнрих Рорер. На память осталась фотография и воспоминания об обаянии этого замечательного ученого и человека. А также дарственная надпись I wish all the best in local probing. В 1990 году еще не появился ни термин scanning probe microscopy, ни "сканирующая зондовая микроскопия". В 1993 году в журнале "Электронная промышленность" вышла серия статей, где мы описали методы локального зондирования поверхности [1]. Краткая триада "сканирующая зондовая микроскопия" появилась позже.

Ключевые слова: сканирующая зондовая микроскопия, Фемтоскан Онлайн, сканирующий туннельный микроскоп, автоматизированный перевод, наноскоп

Для цитирования: А.А.Трухова, А.С.Филонов, И.В.Яминский. Слова и слава зондовой микроскопии: Язык до Пекина доведет. НАНОИНДУСТРИЯ. 2022. Т. 15, № 2. С. 88–94. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.2.88.94>

Received: 17.03.2022 | Accepted: 22.03.2022 | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.2.88.94>

Original paper

THE WORDS AND GLORY OF PROBE MICROSCOPY: LANGUAGE WILL TAKE YOU TO BEIJING

A.A.Trukhova^{1,2}, student, ORCID: 0000-0002-1695-287X

A.S.Filonov², Leading programmer, ORCID: 0000-0003-2956-1744

I.V.Yaminsky^{1,2,3}, Doct. of Sci. (Physics and Mathematics), Prof. of Lomonosov Moscow State University, Physical and Chemical departments, Director of Advanced Technologies Center, Director of Energy Efficient Technologies, ORCID: 0000-0001-8731-3947 / yaminsky@nanoscopy.ru

Abstract. In this paper we will not talk about the instruments, but about the language of the scanning probe microscopy software: the words used, the terms and the notation. The FemtoScan Online software is widely used

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова, физический и химический факультеты, Москва, Россия / Lomonosov Moscow State University, Physical and Chemical departments, Moscow, Russia

² ООО НПП "Центр перспективных технологий", Москва, Россия / Advanced Technologies Center, Moscow, Russia

³ ООО "Энергоэффективные технологии", Москва, Россия / Energy Efficient Technologies, Moscow, Russia



in the scientific community and, until recently, was available in two languages: Russian and English. FemtoScan Online is now also available in Chinese, the most widely spoken language in the world. In this paper we will tell you how the interface was translated. In 1990, Nobel laureate Heinrich Rohrer visited Moscow State University. A photograph and memories of the charm of this remarkable scientist and man are left as a memento. There is also a dedicatory inscription "I wish all the best in local probing". In 1990 the term "scanning probe microscopy" or its Russian equivalent had not yet appeared. In 1993 a series of papers was published in the journal "Electronic Industry" where we described the methods of local surface sensing [1]. The short triad "scanning probe microscopy" appeared later.

Keywords: scanning probe microscope, FemtoScan Online, scanning tunnel microscope, automatic translation, nanoscope

For citation: A.A.Trukhova, A.S.Filonov, I.V.Yaminsky. The words and glory of probe microscopy: language will take you to Beijing. NANOINDUSTRY. 2022. V. 15, no. 2. PP. 88–94. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.2.88.94>

ВВЕДЕНИЕ

Сканирующая зондовая микроскопия – это чудо и радость новых открытий. Сканирующая зондовая микроскопия – это новые возможности исследований, великолепный мир широкого разнообразия экспериментальных установок и приборов.

Первым из семейства сканирующих зондовых микроскопов появился сканирующий туннельный микроскоп. Произошло это в 1981 году, когда Герд Бинниг и Хайнрих Рорер на созданной ими экспериментальной установке зарегистрировали экспоненциальную зависимость туннельного тока от расстояния. В 1986 году за изобретение туннельного микроскопа им была вручена Нобелевская премия по физике. В том же году при участии Герда Биннига появился атомно-силовой микроскоп.

Сколько богат современный язык сканирующей зондовой микроскопии? Ответ с некоторой степенью полноты нам удалось получить недавно, когда мы стали переводить программное обеспечение "ФемтоСкан Онлайн" на китайский язык. Активная фаза развития "ФемтоСкан Онлайн" началась в 1996 году и продолжается уже на протяжении двадцати шести лет [2–5]. За это время в микроскопе "ФемтоСкан" появилось более 100 различных режимов измерений и сформировался профессиональный язык общения. Сейчас программное обеспечение "ФемтоСкан Онлайн" доступен уже на трех языках: русском, китайском и английском.

Для локализации ПО "ФемтоСкан Онлайн" на китайский язык понадобилось перевести около 70 файлов формата XML. Как известно, они отвечают за интерфейс программы. Было необходимо перевести все русские слова, которые находились в файле. Они отвечали за названия кнопок и описания функций программы. Было решено

INTRODUCTION

Scanning probe microscopy is the wonder and joy of new discoveries. Scanning probe microscopy is a new research opportunity, a wonderful world of wide-range experimental facilities and instruments.

The first of the family of scanning probe microscopes was the scanning tunneling microscope. It was in 1981 when Gerd Binnig and Heinrich Rohrer used an experimental setup they created to record the exponential dependence of tunnel current on distance. In 1986 they were awarded the Nobel Prize for Physics for the invention of the tunnelling microscope. In the same year Gerd Binnig was involved in the development of the atomic force microscope.

How rich is the modern language of the scanning probe microscopy? We managed to get the answer with a certain degree of completeness recently when we started to translate the FemtoScan Online software into Chinese. The active phase of FemtoScan Online development started in 1996 and has been continuing for twenty-six years [2–5]. During this time over one hundred different measuring modes were introduced to the FemtoScan microscope and a professional communication language was formed. Now the FemtoScan Online software is already available in three languages: Russian, Chinese and English.

To localise FemtoScan Online into Chinese, about 70 XML files had to be translated. As it is known, they are responsible for the program interface. It was necessary to translate all Russian words in the file. They were responsible for the names of buttons and descriptions of the program functions. It was decided to simplify the task and use the Python programming language. Such automation saved more than three hours.

If you take a closer look, you'll notice that the words and phrases that need to be translated are either within or between tags. A tag is a special reserved word



упростить задачу и воспользоваться языком программирования *Python*. Такая автоматизация сэкономила не одну тройку часов.

Если воспользоваться методом пристального взгляда, то можно заметить, что нуждающиеся в переводе слова и фразы заключены либо внутри тегов, либо между ними. Тег – это специальное зарезервированное слово, заключенное в угловые скобки (например, <body>). Это помогло построить логику программы для перевода.

Для корректной работы программы необходимо переформатировать все файлы в .txt формат, что никак не повредит файл, и при обратном преобразовании в xml формат проблем не возникает.

Работа ведется с каждым файлом по очереди. Программа предназначена для классических файлов, описывающих интерфейс и имеющих не более 3 слов подряд в одном предложении. Очевидным минусом является отсутствие возможности переводить сокращенные слова в связи со спецификой автоматического перевода. Поэтому их необходимо исправлять до полной формы вручную.

Кратко опишем принцип работы программы. После прочтения файла обработка слов происходит в несколько этапов. Сначала программа считывает все, что находится между тегами, и заносит в список. Затем обнаруживаются все слова на кириллице внутри тегов и атрибутов. Внутри тегов максимальное количество слов не должно превышать трех. Поэтому сначала происходит поиск и выгрузка в список фраз из 3 слов, затем из двух и одного. Так как при поиске 2 и менее слов обнаруживаются фразы, содержащие 3 или 2 слова, происходит проверка на пересечения.

Для непосредственного перевода используется библиотека *googletrans*. Она интегрирует Google Translate API в нашу программу [6]. Программа переводит список фраз и слов, который мы составили, и заносит переведенные единицы в новый список. Далее мы заменяем в исходном файле все слова на кириллице на соответствующие им переведенные слова. На выходе получаем переведенный файл на нужный язык.

Автоматизированный перевод имеет как плюсы, так и минусы, которые нельзя не учитывать. Главным недостатком является неточность перевода, особенно касательно специализированных терминов и устойчивых, но не очень распространенных выражений. Поэтому при возможности следует производить проверку с помощью специалистов, владеющих нужным языком.

Ниже можно наблюдать диаграмму, на которой можно визуальнo оценить соотношение



Рис.1. Совместное фото сотрудников Центра перспективных технологий с Хайнрихом Рорером (второй слева) на выставке в Швейцарии

Fig.1. Joint photo of the Advanced Technologies Centre staff with Heinrich Rohrer (second from left) at an exhibition in Switzerland

enclosed in angle brackets (e.g. <body>). This helped to build the logic of the program for translation.

All files must be reformatted to .txt format for the software to operate correctly, which does not damage the file in any way and present no problems when converting back to xml format.

Each file is handled in turn. The program is designed for classic files describing the interface and having no more than three words in a row in one sentence. The obvious disadvantage is that there is no possibility to translate abbreviated words due to the specific nature of automatic translation. It is therefore necessary to manually correct them to their full form.

Here is a brief description of how the program works. After reading a file, word processing takes place in several steps. First, it reads all the words between the tags and puts them into a list. Then it detects all Cyrillic words inside the tags and attributes. The maximum number of words inside the tags is three. Therefore, at first the phrases of three words are searched and uploaded to the list, then the phrases of two and one. As the search for 2 and 1 words finds words from phrases containing 3 or 2 words, an overlap check is performed.

The *googletrans* library was used for auto-translation. It integrates Google Translate API into our program [6]. The program translates a list of phrases and words that we have compiled, and puts the translated units into a new list. Then we replace all Cyrillic words in the source file with their corresponding translated words. The output is a translated file in the preferred language.



"подходящих файлов", файлов с фразами длиной более 3 слов и файлов с сокращениями. Очевидно, что автоматизация сильно ускорила и упростила процесс, так как "подходящих" файлов все-таки большинство.

Автоматизированный перевод славится своей скоростью, дешевизной и удобством. Подобные инструменты набирают популярность и в скором времени помогут мгновенно распространить самые новые наработки по всему миру.

Приведем список самых популярных терминов, используемых в ПО "ФемтоСкан":

WLC анализ – функция, предоставляющая непосредственный анализ и параметры кривой в приближении персистентной модели полимерной цепи.

Автокорреляция – операция для меню "Линия" или "Кривая".

Автообновление – операция в меню "Вид". Если отмечена данная операция, то изображение автоматически обновляется.

Анализ выделенных областей – операция в меню "Математика". Предназначена для определения периметра, площади проекции и поверхности объектов, а также их объема по выделенному участку поверхности.

Анализ зерна – операция в меню "Математика". Позволяет анализировать зерна.

Анализ объектов – операция в меню "Математика". Позволяет в автоматическом режиме выделить объекты, вычислить их пространственные характеристики, проанализировать их с помощью гистограммы.

Анализ силовой кривой – операция в меню "Кривая". Рассчитывает в автоматическом режиме такие параметры силовой кривой, как наклон линейной (упругой) части силовой кривой и величину минимальной силы.

Анализ шероховатости – функция в меню "Математика". Позволяет вычислять набор параметров, характеризующих шероховатость поверхности на выделенном участке или на всем изображении.

Арифметика – операция в меню "Математика". Позволяет производить простейшие операции с изображениями: сумма – сложение, разность – вычитание, сложная операция – сложение со смещением.

Высота по интерференционной картине – данная функция предназначена для измерения крутизны ростового холмика на поверхности кристалла по интерференционной картине, зафиксированной при помощи оптического микроскопа.

Выравнивание – операция меню "Математика". Позволяет избавиться от общего наклона (или выпуклости) на изображении.

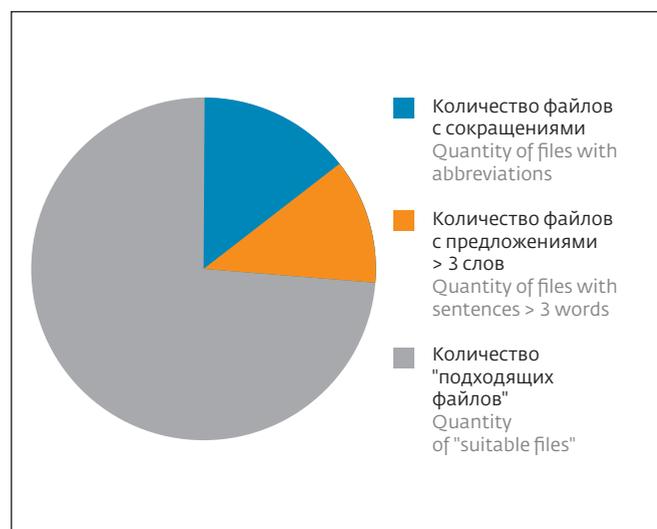


Рис.2. Диаграмма распределения файлов при обработке в ПО "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.2. File distribution diagram for processing by FemtoScan Online software

The automated translation has its advantages and disadvantages that cannot be ignored. The main disadvantage is inaccuracy of the translation, especially with regard to specialised terms and stable, but rather uncommon expressions. If possible, verification should therefore be carried out with the help of experts who are familiar with the language in question.

Below you can see a diagram where you can visually estimate the ratio of "suitable files", files with phrases longer than 3 words and files with abbreviations. It is obvious that automation has greatly accelerated and simplified the process, since the "suitable" files are still in the majority.

The automated translation is renowned for its speed, cheapness and convenience. Such tools are gaining popularity and will soon help to instantly spread the latest developments around the world.

Here is a list of the most popular terms used in FemtoScan software:

WLC analysis is a function that provides direct analysis and curve parameters in the persistence model approximation of the polymer chain.

Autocorrelation is an operation for "Line" or "Curve" menus.

Auto update is an operation in the "View" menu. If this operation is marked, the image is automatically updated.

Analysis of selected areas is an operation in the "Mathematics" menu. It is used to determine the perimeter, projection and surface area of objects, as well as their volume from the selected surface area.



Гистограмма – функция в меню "Операции". Строит распределение точек изображения поверхности по высотам.

Моделирование зонда – функция в меню "Математика". Позволяет создавать и моделировать различные формы зондов (конический, сложный конический, пирамидальный, висцерный) по некоторым известным геометрическим параметрам. Впоследствии созданные изображения зондов можно использовать для морфологических фильтров "Расширение" и "Эрозии".

Медианный фильтр – операция в меню "Математика", которая реализует медианную фильтрацию с квадратной маской с произвольной длиной стороны.

Медиана Х – операция в меню "Математика", которая реализует медианную фильтрацию с маской в форме Андреевского креста размером 3×3 , в центре которого находится обрабатываемая точка.

Медианный фильтр крест – операция в меню "Математика", которая реализует медианную фильтрацию с маской в форме креста размером 3×3 , в центре которого находится обрабатываемая точка.

Построить 3D – команда в меню "Операции". Позволяет построить трехмерное изображение поверхности.

Увеличить резкость – операция в меню "Математика". Позволяет подчеркнуть различия между оттенками смежных пикселей и выделить малозаметные детали.

Фильтр Винера – функция в меню "Математика". Позволяет удалять случайный шум, присутствующий на изображении, с помощью метода фильтрации Винера с маской произвольного размера.

Фурье – функция в меню "Операции". Позволяет получить представление двумерного изображения в фурье-пространстве (строит фурье-образ изображения).

С помощью этих и многих других операций можно обрабатывать изображения, полученные на АСМ, и анализировать их структуру. Правильно применяя различные методы обработки, можно получить большое количество дополнительной информации. Именно поэтому так важно верно передать точный смысл терминов при переводе. Этим отличается научный перевод от художественного. Если в повседневном языке слово может быть многозначным, то в научной терминологии оно является однозначным, и при переводе используется его конкретное значение.

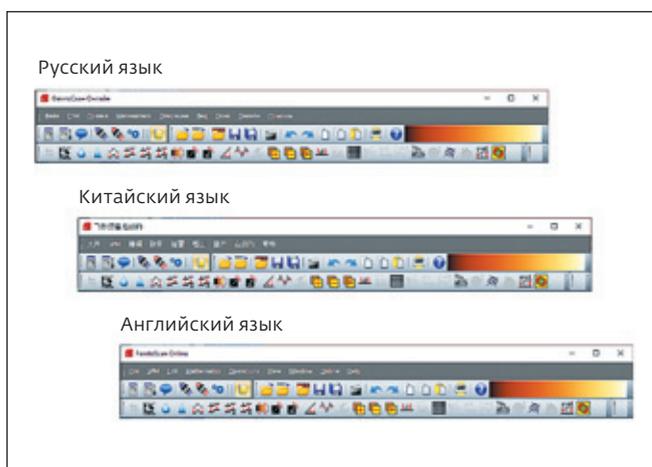


Рис.3. Меню "ФемтоСкан Онлайн" на трех языках

Fig.3. The FemtoScan Online menu is available in three languages

Grain analysis is an operation in the "Mathematics" menu. Allows you to analyse the grains.

Object analysis is an operation on the "Mathematics" menu. It allows to automatically select objects, calculate their spatial characteristics, and analyse them using a histogram.

Power curve analysis is an operation in the "Curve" menu. Calculates automatically the power curve parameters such as the slope of the linear (elastic) part of the power curve and the value of the minimum force.

Roughness Analysis is a function on the "Mathematics" menu. Allows you to calculate a set of parameters that describe the surface roughness in a selected area or in the whole image.

Arithmetic is an operation in the "Mathematics" menu. Allows you to perform simple image operations: sum – addition, difference – subtraction, complex operation – addition with offset.

Interference pattern height. This function is used to measure steepness of the growth spike on the crystal surface from the interference pattern recorded with an optical microscope.

Alignment is a "Mathematics" menu operation. Allows you to get rid of an overall slope (or bulge) in the image.

Histogram is a function in the "Operations" menu. Plots the distribution of surface image points by height.

Probe modelling is a function in the "Mathematics" menu. It allows to create and simulate different probe shapes (conical, complex conical, pyramidal, whisker) according to some known geometrical parameters. Subsequently, the created probe images can be used for the "Expansion" and "Erosion" morphological filters.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С терминологией в СЗМ происходили и забавные случаи. В 1992–1993 годах в Стокгольме в сотрудничестве с Королевским институтом технологии мы проводили совместные измерения. В результате получились интересные результаты по окислению титана. Опубликовали хорошую статью в солидном журнале [7]. По возвращении домой таможня аэропорта Шереметьево арестовала наш атомно-силовой микроскоп Скан-8, сообщив, что если он атомный, то мы должны получить разрешение на ввоз от ведомств атомной промышленности, а поскольку и силовой, то и от силовых ведомств – Министерства внутренних дел и Министерства обороны. "Подождите, — сказали мы. — А как Вы ранее разрешили нам вывезти его за границу?". Подумала таможня и пропустила нас беспрепятственно обратно вместе с микроскопом.

В 1990-х годах американская компания зарегистрировала торговую марку NanoScore для обозначения электронного блока микроскопа. Механическая система имела немного громоздкое название ММАФМ (multimode atomic force microscope). Конечно, многие пользователи стали использовать короткое NanoScore в обозначении и механики, и электроники, и самого микроскопа в целом. В русском языке прижилось

Median Filter is an operation on the "Mathematics" menu that implements a square mask median filter with an arbitrary side length.

Median X is an operation on the "Mathematics" menu that implements median filtering with a 3×3 grid mask, in the centre of which the point to be processed is located.

Median Cross Filter is an operation on the "Mathematics" menu that implements median filtering with a 3×3 cross-shaped mask, with the processed point in the centre.

Build 3D is a command on the "Operations" menu. It allows to build a three dimensional image of the surface.

Increase Sharpness is an operation on the "Mathematics" menu. It allows you to emphasise the differences between the adjacent pixel shades and the highlight subtle details.

Wiener Filter is a function in the "Mathematics" menu. It allows to remove the random noise present in an image using the Wiener Filter method with an arbitrarily sized mask.

Fourier is a function in the "Operations" menu. It allows to get a representation of a 2D image in Fourier space (builds a Fourier image).

These and many other operations can be used to process AFM images and analyse their structure. By applying



ПЕТЕРБУРГСКАЯ
ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЯРМАРКА

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ ПРОЙДЕТ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОНГРЕСС



26–28 АПРЕЛЯ
2022

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»
Петербургское шоссе, 64

ВЕДУЩЕЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ МЕРОПРИЯТИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА

+7 965 772 7759 | a.ilina@restec.ru | ptfair.ru



слово наноскоп, причем не только для наименования зондовых микроскопов, но и оптических микроскопов высокого разрешения.

БЛАГОДАРНОСТИ

На создание программного обеспечения "ФемтоСкан Онлайн" ушло много времени, сил и денег. В 2022 году работа ведется при финансовой поддержке РФФИ и Лондонского Королевского Общества, Проект № 21-58-10005, Российского научного фонда, проект № 20-12-00389, Фонда содействия инновациям, проект № 71108.

ИНФОРМАЦИЯ О РЕЦЕНЗИРОВАНИИ

Редакция благодарит анонимного рецензента (рецензентов) за их вклад в рецензирование этой работы, а также за размещение статей на сайте журнала и передачу их в электронном виде в НЭБ eLIBRARY.RU.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Vasiliev S.I., Kazantsev D.V., Moiseev Yu.N., Panov V.I., Savinov S.V., Yaminsky I.V. Instruments for local surface probing. *Electronic Industry*, 1993, 10/93, PP. 29-33.
2. Yaminsky I., Filonov A., Sinitsyna O., Meshkov G. FemtoScan Online software. *NANOINDUSTRY*. 2016. No. 2(64). PP. 42-46.
3. Akhmetova A., Yaminsky I. 20 years since FemtoScan shows atoms. *NANOINDUSTRY*. 2017. V. 10. No. 2(72). PP. 88-89.
4. Filonov A., Yaminsky I., Akhmetova A., Meshkov G. FemtoScan Online. Why? *NANOINDUSTRY*, 2018. V. 11. No. 5(84). PP. 336-342.
5. Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B. FemtoScan Online Software and Visualization of Nano-Objects in High-Resolution Microscopy. *NANOINDUSTRY*. 2018. V. 11. No. 6 (85). PP. 414-416.
6. Электронный источник: <https://bdtechtalks.com/2021/07/04/google-translate-api-beginners-guide/>
7. Ejov A.A., Savinov S.V., Yaminsky I.V., Pan J., Leygraf C., Thierry D. Ex-situ scanning-tunneling-microscopy investigations of the modification of titanium surface due to corrosion processes. *Journal of Vacuum Science and Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures*, 1994. No. 12(3). PP. 1547-1550. <https://doi.org/10.1116/1.587283>

Декларация о конфликте интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.

various processing methods correctly, a great deal of additional information can be obtained. This is why it is so important to correctly convey the exact meaning of terms in translation. This is the difference between scientific translation and literary translation. While in everyday language a word can have many meanings, in scientific terminology meaning of the word is unambiguous, and its exact one is to be used in translation.

SUMMARY

Funny things have also happened with terminology in SPM. In 1992-1993 we carried out joint measurements in Stockholm with the Royal Institute of Technology. This resulted in interesting observations on titanium oxidation. A presentable article was published in a reputable journal [7]. On our return home, Sheremetyevo airport customs arrested our atomic force microscope Scan-8, saying that if it was atomic, we had to get permission to import it from the departments of the atomic industry, and since it was also power, then from the law enforcement agencies - Ministry of Internal Affairs and Ministry of Defense. "Wait," we said. - "And how did you authorise us to take it abroad earlier?". The customs office thought and let us back freely along with the microscope.

In the 1990s, a US company registered the trademark NanoScope to refer to an electronic microscope unit. The mechanical system had the slightly cumbersome name MMAFM (multimode atomic force microscope). Of course, many users began to use the short NanoScope to refer to both the mechanics and electronics, and the microscope itself in general. In Russian the word nanoscope has caught on not only to name probe microscopes, but also high-resolution optical microscopes.

ACKNOWLEDGMENTS

A lot of time, effort and money went into creating the FemtoScan Online software. In 2022 the work is supported by the RFBR and London Royal Society, Project No. 21-58-10005, the RFBR, Project No. 20-32-90036, the Russian Science Foundation project No. 20-12-00389, and from the Foundation for the Promotion of Innovation, Project No. 71108.

PEER REVIEW INFO

Editorial board thanks the anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work. It is also grateful for their consent to publish papers on the journal's website and SEL eLibrary eLIBRARY.RU.

Declaration of Competing Interest. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.



16-я Международная выставка
вакуумного и криогенного оборудования

12–14 апреля 2022

Москва, ВДНХ, Павильон 57



Представьте
свою продукцию
потенциальным
заказчикам



Вакуумное
оборудование

Криогенное
оборудование

Оборудование
для нанесения
функциональных
покрытий

Забронируйте стенд
vacuumtechexpo.com

Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+ 7 (495) 252 11 07
vacuumtechexpo@mvk.ru

При поддержке

