



# НОВИНКИ И ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО И АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА CONTROL 2017

## NOVELTIES AND TRENDS IN MEASURING AND ANALYTICAL EQUIPMENT AT CONTROL 2017

DOI: 10.22184/1993-8578.2017.77.6.54.63

Д.Георгиев / [printcomrussia@mail.ru](mailto:printcomrussia@mail.ru)  
D.Georgiev



С 9 по 12 мая в Штутгарте (Германия) прошла выставка решений для контроля качества Control 2017. В форуме приняли участие более 900 экспонентов из 31 страны, представившие на площади 52 тыс. м<sup>2</sup> оборудование, технологии, материалы и программное обеспечение для измерений и анализа в различных областях техники. Форум посетило почти 30 тыс. специалистов из 106 стран мира.  
From May 9 to May 12, an exhibition of quality control solutions was held in Stuttgart (Germany). More than 900 exhibitors from 31 countries took part in the forum. They presented on the area of 52 thousand sq.m equipment, technologies, materials and software for measurement and analysis in different fields of technology. The forum was attended by nearly 30 thousand specialists from 106 countries.

**Н**астоящий обзор дополняет интервью с руководителями и специалистами компаний EMCO-TEST, ERICHSEN, Fischer, INNOVATEST, Labortech, Sensofar и Struers, опубликованные в нашем журнале.

### ALICONA

Компания Alicona выпускает системы для бесконтактного контроля формы поверхности изделий. Благодаря инновационной технологии

динамического определения фокусного расстояния Focus Variation одновременно с измерением формы оценивается также шероховатость поверхности.

На выставке Control 2017 компания представила систему Tool Cobot для измерений непосредственно в технологическом оборудовании. Решение основано на использовании 6-осевого робота и надежного оптического 3D-измерительного датчика IF-SensorR25.

Система проста в управлении, обеспечивает высокую точность и повторяемость и может интегрироваться в уже установленные производственные системы.

Другая новинка – мобильное устройство IF-PortableRL, предназначенное для оптического 3D-контроля микроструктурированных поверхностей объектов как плоской, так и более сложной формы. Максимальный размер поля измерения – 50×50×26 мм. Применение аккумуляторов обеспечивает возможность использования устройства вдали от стационарной электрической сети, например, для контроля лопаток турбин, деталей массивных конструкций, покрытий дорог и т.п.

**FEI**

FEI, в 2016 году приобретенная компанией Thermo Fisher Scientific, представила на выставке программную систему Avizo для анализа размерных параметров и структуры изделий и материалов. Avizo может использоваться для обработки данных, полученных с помощью компьютерной томографии, электронной и оптической микроскопии, магнитно-резонансной томографии, радиографии и других методов. Также возможен импорт данных из САПР. Система выполняет 3D-визуализацию объекта и анализирует его размерные и структурные параметры. В число возможностей входят оценка пористости материала (морфологии, распределения и структуры пор), обнаружение дефектов (коррозии, трещин, пустот, расслоений, ошибок склеивания и др.), проверка



Система Alicona Tool Cobot  
Alicona Tool Cobot system

This review complements the interviews with the heads and specialists of EMCO-TEST, ERICHSEN, Fischer, INNOVATEST, Labortech, Sensofar and Struers, published in our magazine.

**ALICONA**

Alicona manufactures systems for contactless surface measurement. Thanks to the innovative Focus-Variation technology, the surface roughness is also assessed along with the form measurement.

At the Control 2017 exhibition, the company introduced the Tool Cobot system for measurements directly in process equipment.

The solution is based on the use of a six-axis robot and a reliable optical 3D sensor IF-SensorR25. The system is easy to operate, provides high accuracy and repeatability and can be integrated into an existing production systems.

Another novelty is the mobile device IF-PortableRL, intended for optical 3D-control of micro structured surfaces of objects of both planar and curved shapes. The maximum size of the measurement field is 50×50×26 mm. The use of batteries provides the possibility of using the device away from a stationary electrical network, for example, for

monitoring turbine blades, parts of massive structures, road surfaces, etc.

**FEI**

FEI, acquired in 2016 by Thermo Fisher Scientific, has presented the Avizo software for dimensional metrology and structure characterization of products and materials. Avizo can be used to process data obtained with computer tomography, electronic and optical microscopy, magnetic resonance imaging, radiography and other methods. It is also possible to import data from CAD. The system performs 3D-visualization of the



Универсальный твердомер KB 3000 MHSR  
 KB 3000 MHSR universal hardness tester

размерных параметров в сравнении с эталонным образцом, анализ волокнистых структур (длины и ориентации волокон, выявление дефектов волокон). Анализ может выполняться в режиме реального времени. Таким образом, система включает набор инструментов, охватывающих весь цикл от исследований материалов в лабораториях до автоматизированного контроля качества в производстве.

### **KB PRÜFTECHNIK**

Компания KB Prüftechnik с 1997 года выпускает несколько линеек приборов для измерения твердости материалов методами Роквелла, Бриннеля, Виккерса и Кнупа, а также универсальные твердомеры. На выставке состоялась премьера универсального твердомера KB 3000 MHSR, предназначенного для измерений при нагрузке от 5 до 3000 кгс. Прибор оснащается восьмипозиционной турелью, пятимегапиксельной цифровой камерой, светодиодным осветителем, объективом с электроприводом, моторизированным столиком и может работать в полностью автоматическом режиме. Управляющее программное обеспечение KB HardWin XL обрабатывает результаты измерений, строит графики, выполняет статистический анализ и архивацию данных.

### **LEICA MICROSYSTEMS**

Компания Leica Microsystems продемонстрировала широкий спектр промышленных

object and analyzes its dimensional and structural parameters. The features include evaluating the porosity of the material (morphology, pore distribution and structure), defect analysis (corrosion, cracks, voids, delamination, gluing errors, etc.), checking dimensional parameters in comparison with the reference sample, fiber analysis (length and orientation of fibers, detection of defects in fibers). The analysis can be performed in real time. Thus, the system provides a set of tools addressing the whole research-to-production cycle from materials research in labs

to automated quality control in production.

### **KB PRÜFTECHNIK**

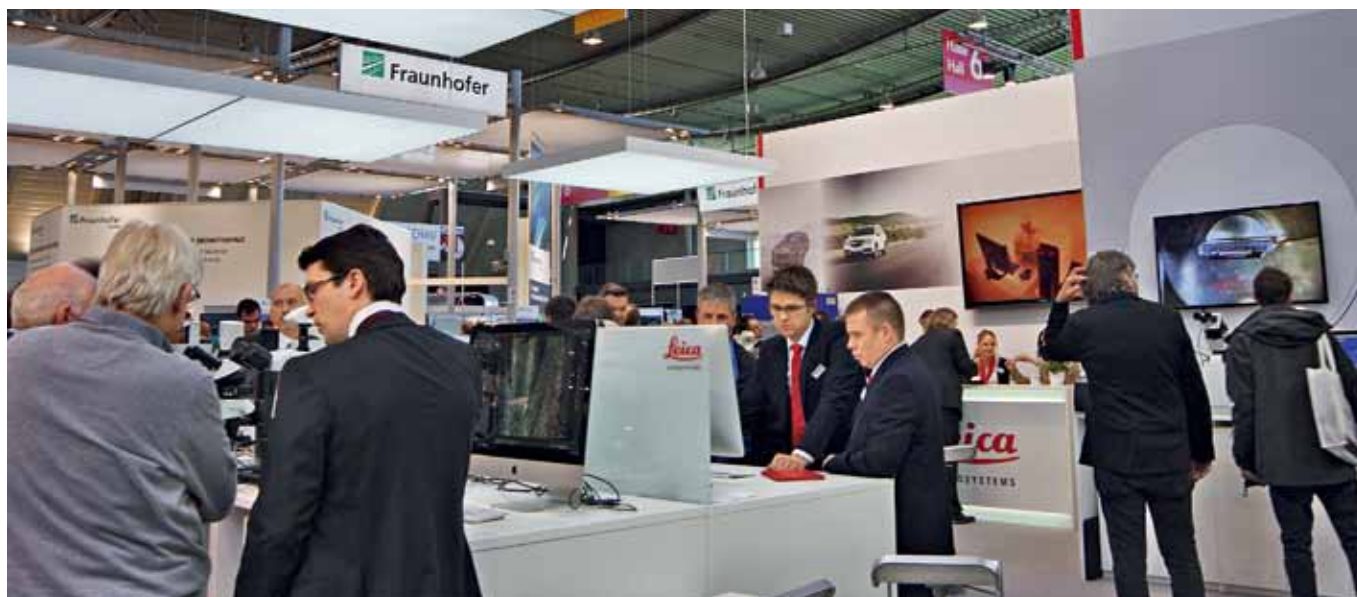
KB Prüftechnik has been producing several ranges of instruments for measuring the hardness of materials by methods of Rockwell, Brinell, Vickers and Knap since 1997, as well as universal hardness testers. The premiere of the universal hardness tester KB 3000 MHSR, intended for measurements at a load from 5 to 3000 kgf, was held at the exhibition. The device is equipped with an eight-fold turret, a five-megapixel digital camera, a LED

illumination, a motorized stage and can operate in fully automatic mode. The management software KB HardWin XL processes measurement results, builds graphs, performs statistical analysis and archives data.

### **LEICA MICROSYSTEMS**

Leica Microsystems demonstrated a wide range of industrial analytical solutions based on optical microscopes. In particular, a new S9 series of Greenough stereomicroscopes was presented. Due to the large magnification range from 6.1x to 55x, the operator can quickly switch from an overview





На стенде Leica Microsystems  
At Leica Microsystems' booth

аналитических решений на базе оптических микроскопов. В частности, была представлена новая серия стереомикроскопов S9, реализующих схему Грену. Благодаря большому диапазону увеличения 6,1x–55x оператор может быстро переключаться с общего обзора на анализ мельчайших деталей. Система стереоканалов Fusion Optics обеспечивает просмотр элементов высотой до 12 мм в фокусе с высоким разрешением. При этом исключение необходимости

подстройки фокуса экономит до 20% рабочего времени. Большое рабочее расстояние (122 мм) обуславливает удобство работы с образцами разных размеров. Стереомикроскопы серии S9 могут комплектоваться встроенной 10-мегапиксельной цифровой камерой.

Д-р Николь Еке представила в ходе выставки разработки Leica Microsystems в области спектроскопии лазерно-индуцированного пробоя (Laser Induced Breakdown Spectroscopy, LIBS). Этот метод

to an analysis of the smallest details. The Fusion Optics technology provides viewing of elements within 12 mm height range in focus with high resolution. At the same time, eliminating the need to adjust the focus saves up to 20% of the working time. A large working distance (122 mm) makes it convenient to work with samples of different sizes. S9 stereo microscope can be equipped with an integrated 10-megapixel digital camera.

Dr. Nicol Ecke presented during the exhibition the development of Leica Microsystems in the field of Laser Induced Breakdown

Spectroscopy (LIBS). This method of atomic emission spectroscopic analysis is based on the use of highly energetic laser pulse (laser spark) and does not require special sample preparation. Analysis of samples of different nature in different aggregate states is carried out in contactless mode at once for all elements with high spatial resolution. Instruments that implement the LIBS method are compact and allow real-time measurement.

Leica Microsystems has presented also a cleanliness analysis workflow, developed in cooperation with PALL. This solution is

intended, first of all, for mechanical engineering. It includes systems for extraction and filtration of contaminant particles, as well as for analysis using microscopy and special software. The joint development of Leica Microsystems and PALL makes it possible to detect the presence of dangerous particles on the parts and components and take countermeasures in a timely manner.

**MTS**

MTS presented equipment for mechanical testing of materials, in particular, electromechanical and hydraulic universal testing



Система 3D-профилометрии *µscan select+*  
*µscan select+ 3D profilometer*

атомно-эмиссионного спектрального анализа основан на использовании спектров плазмы лазерного пробоя (лазерной искры) и не требует специальной пробоподготовки. Анализ образцов различной природы в разных агрегатных состояниях выполняется в бесконтактном режиме сразу на все элементы с высоким пространственным разрешением. Приборы, реализующие метод LIBS, компактны и позволяют получать результаты измерения в реальном времени.

Также на стенде Leica Microsystems состоялась презентация системы контроля чистоты продукции, разработанной совместно с компанией PALL. Данное решение предназначено, в первую очередь, для машиностроения. В его состав входят системы экстракции и фильтрации загрязняющих частиц, а также анализа с применением микроскопии и специального программного обеспечения. Совместная разработка Leica Microsystems и PALL позволяет выявлять наличие на деталях и узлах опасных загрязняющих частиц и своевременно принимать контрмеры.

### MTS

Компания MTS представила оборудование для механических испытаний материалов, в частности, универсальные испытательные машины с электромеханическим и гидравлическим приводом, а также маятниковые копры. С 1966 года MTS разрабатывает и поставляет решения для предприятий автомобилестроения, авиакосмической промышленности и других отраслей,

machines, as well as pendulum coppers. Since 1966, MTS has been developing and supplying solutions for the automotive, aerospace and other industries, where the strength of materials is a critical parameter. Although the testing of materials is a rather conservative area, the company owns several dozen patents protecting its technological and design developments.

### NANOFOCUS

The Nanofocus' booth hosted the debut of the ultra-fast *µscan select+* 3D profilometry system. The high speed of measuring

surfaces with different reflective properties is combined with the resolution at the level of micrometer. The device can be used in the automotive industry, energy, printing industry, medical technology, semiconductor industry, material research.

Also, the *µsurf explorer* device for 3D measurement and analysis of surfaces based on the confocal microscope was demonstrated. The measuring system of the device of the new generation is equipped with HDR function and automatic lens detection. The implementation of HDR allows to capture the information with a depth of 16

bits. Optionally, the device can be equipped with a color digital camera.

### NIKON METROLOGY

Nikon Metrology has focused on solutions for automating quality control in the industry.

The new MV331/351 robotic automatic laser radar system is designed to control the geometry of car bodies. Laser radar allows you to measure almost any surface, including reflective body elements. At the same time, the MV331/351 is a flexible solution and is effective for a large range of parts.

где прочность материалов является критическим параметром. Хотя испытание материалов – достаточно консервативная область, компания владеет несколькими десятками патентов, защищающих ее технологические и конструкторские разработки.

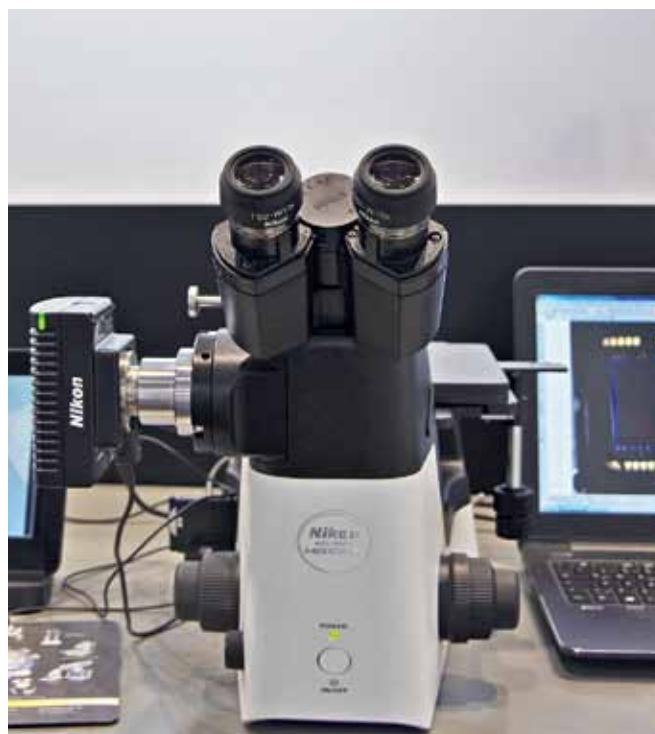
### NANOFOCUS

На стенде компании Nanofocus состоялся дебют сверхбыстрой системы 3D-профилометрии  $\mu$ scan select+. Высокая скорость измерения поверхностей с различными отражающими свойствами сочетается с разрешением на уровне долей микрометра. Прибор может применяться в автомобильной индустрии, энергетике, полиграфии, медицинской технике, полупроводниковой промышленности, материаловедческих исследованиях.

Также демонстрировался прибор для 3D-измерения и анализа поверхностей на базе конфокального микроскопа  $\mu$ surf explorer. Измерительная система устройства нового поколения снабжена функциями HDR и автоматического распознавания объективов. Реализация HDR позволяет считывать детали изображения с глубиной 16 бит. Опционально прибор может комплектоваться цветной цифровой камерой.

### NIKON METROLOGY

Компания Nikon Metrology сделала акцент на решения для автоматизации контроля качества в промышленности.



Микроскоп Nikon ECLIPSE MA100N  
Nikon ECLIPSE MA100N microscope

Новая роботизированная автоматическая лазерная радарная система MV331/351 предназначена для контроля геометрии кузовов автомобилей. Лазерный радар позволяет измерить почти любую поверхность, включая отражающие кузовные элементы. При этом

The automated CT (X-ray Computed Tomography) inspection system is designed for operation in a production environment. Contrary to the prevailing stereotypes about the low measurement speed by this method, the new system can be used for 100% control of the parts both in batch inspection and inline automated inspection.

Another development of Nikon Metrology is the HN-C3030 device for non-contact inspection of gears. It allows you to control complex hypoid, bevel and helical gears, detecting wear and defects.

The new ECLIPSE MA100N inverted microscope is designed for

use in machine building and other high-tech industries. It requires 11% less space than the previous model, and is characterized by reduced power consumption due to the use of LED illumination.

### OGP

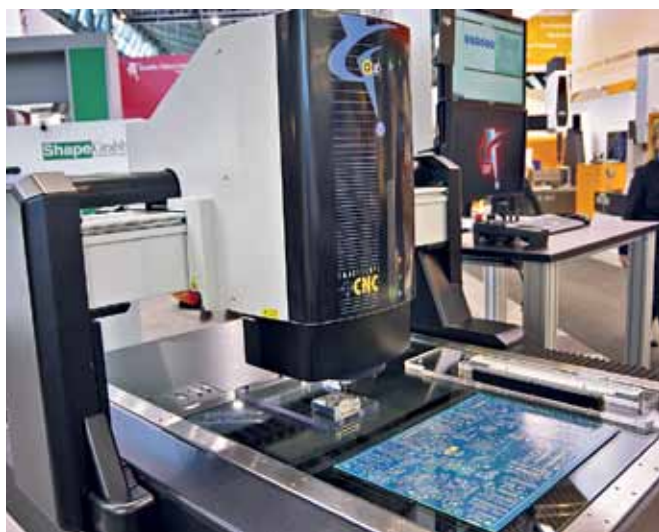
The company from Rochester (USA), which has been operating in the industry for more than 70 years, has introduced the SmartScope CNC 635 system of contactless control of geometric dimensions. The measuring head is mobile in all three axes, while the part during measurement is stationary. The use of carbon

fiber composite X-axis beam provides minimization of noise and an increase in the speed of measurement. The size of the measurement area is 635×635×200 mm. SmartScope CNC 635 is used in engineering, aerospace, semiconductor industry and other fields.

### OXFORD INSTRUMENTS

Oxford Instruments was represented by the Industrial Analysis Division. It should be noted that shortly before the exhibition, it was announced that this business unit would be sold to the Hitachi High-Technologies Group (the deal was completed on July 3).





Система SmartScope CNC 635  
SmartScope CNC 635 system

MV331/351 технологически гибка и эффективна при большой номенклатуре деталей.

Промышленная система компьютерной томографии разработана для работы в условиях поточного производства. Вопреки сложившимся стереотипам о низкой скорости измерения этим методом, новая система может использоваться для контроля 100% деталей как в отдельных партиях, так и для сквозной инспекции.

Еще одна разработка Nikon Metrology – прибор HN-C3030 для бесконтактного контроля элементов передач. Он позволяет проверять в том числе

сложные гипоидные, конические и винтовые передачи, выявляя износ и дефекты.

Новый инверторный микроскоп ECLIPSE MA100N предназначен для применения в машиностроении и других высокотехнологичных отраслях. Он требует на 11% меньше места, чем предшествующая модель, и характеризуется пониженным энергопотреблением благодаря применению светодиодного осветителя.

#### OGP

Компания из Рочестера (США), уже более 70 лет работающая в отрасли, представила систему бесконтактного контроля геометрических размеров SmartScope CNC 635. Измерительная головка подвижна по всем трем осям, тогда как деталь в процессе контроля неподвижна. Применение несущих элементов из углеродного композита обеспечило минимизацию шумов и повышение скорости измерения. Размер области измерения – 635×635×200 мм. SmartScope CNC 635 применяется в машиностроении, аэрокосмической промышленности, производстве полупроводниковых приборов и других областях.

#### OXFORD INSTRUMENTS

Компанию Oxford Instruments представляло подразделение промышленных аналитических решений (Industrial Analysis). Следует отметить, что незадолго до выставки было объявлено о продаже этого направления бизнеса группе Hitachi

The accent in the exposition was made on one of the latest developments of the company – the portable laser device Vulcan, which is one of the fastest metals analyser on the market. The use of LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) provides a faster measurement than XRF (X-ray fluorescence) and eliminates the need for a license for X-ray equipment. A device weighing only about 1.5 kg in a waterproof and dustproof housing allows identifying the steel, as well as the alloys of nickel, cobalt, copper, lead, tin, titanium, zinc, aluminum and magnesium. The

measurement time is only about 1 s. Vulcan can be used to identify alloys in various industries, including in scrap metal processing, and makes it possible to minimize the time spent on inspection and sorting of primary and secondary raw materials and finished products. A simple user interface allows even non-specialists to use the device.

Another interesting development of Oxford Instruments is the FOUNDRY-MASTER Optimum desktop metals analyzer. This instrument implements the method of optical emission spectrometry, used to identify and

analyze alloys of iron, aluminum, copper, nickel, titanium, zinc, lead, tin, magnesium and cobalt. FOUNDRY-MASTER Optimum is an industrial system designed for quality control in metallurgy, metalworking and related industries. The device is compact and easy to operate. The self-diagnostic function is integrated into the control software.

#### POLYTEC

Polytec company presented solutions in the field of surface metrology, as well as optical sensors for vibration and velocity measurement and other tasks.



High-Technologies Group (сделка была завершена 3 июля).

Акцент в экспозиции был сделан на одной из новейших разработок компании – портативном лазерном приборе Vulcan, являющимся одним из самых быстродействующих анализаторов металлов, представленных на рынке. Применение спектроскопии лазерно-индуцированного пробоя LIBS обеспечивает более быстрое получение результата, чем в методе рентгенофлуоресцентной спектрометрии (X-ray fluorescence, XRF) и освобождает от необходимости оформления лицензии на рентгеновское оборудование. Прибор массой всего около 1,5 кг во влаго- и пылезащищенном корпусе позволяет идентифицировать стали, а также сплавы никеля, кобальта, меди, свинца, олова, титана, цинка, алюминия и магния. Время измерения составляет всего около 1 с. Vulcan может применяться для идентификации сплавов на предприятиях различных отраслей, включая переработчиков металлолома, и дает возможность минимизировать затраты времени на входной контроль и сортировку первичного и вторичного сырья, полуфабрикатов, готовой продукции. Простой пользовательский интерфейс позволяет даже неспециалистам быстро осваивать управление прибором.

Еще одна интересная разработка Oxford Instruments – настольный анализатор металлов FOUNDRY-MASTER Optimum. В этом приборе реализован метод оптико-эмиссионной



Анализатор металлов Vulcan  
Vulcan metals analyser

спектрометрии, применяющийся для идентификации и анализа сплавов железа, алюминия, меди, никеля, титана, цинка, свинца, олова, магния и кобальта. FOUNDRY-MASTER Optimum – система промышленного класса, предназначенная для контроля качества в металлургии, металлообработке и смежных отраслях. Прибор компактен и прост в эксплуатации. В управляющее программное обеспечение интегрирована функция самодиагностики.

TMS-500-R TopMap Pro.Surf+ white light interferometer was developed for the non-contact measurement of the form of the surfaces. Thanks to the built-in confocal chromatic sensor, this device also allows you to control the surface roughness. The application of the Michelson method provides resolution at the level of units of nanometers, in particular along the Z axis it is less than 1.5 nm with a scanning range of 70 mm. The telecentric optical system provides high-precision measurement of objects of different shapes. In the area from 44×33 mm to 230×220 mm, about 2 million

points are inspected. Integrated image processing tools simplify and accelerate quality control by simultaneously measuring multiple samples without mechanical fixture. TopMap Pro.Surf + can be used to control the form, dimensions and surface quality of precision parts in both laboratory and production environments.

#### SENTECH

Sentech Instruments develops and manufactures devices for measuring the parameters of thin-film structures by non-destructive ellipsometry and reflectometry. Modular, flexible in use

measuring equipment of the German company finds application both in scientific researches, and in manufacture, in particular, in the semiconductor industry and photovoltaics.

A spectroscopic ellipsometer SENpro, operating in the spectral range 370–1050 nm, was demonstrated at the booth. This budget-class device allows measurements at different angles on different types of surfaces with high-precision assessment of thickness and optical characteristics (refractive and absorption coefficients) of both single-layer films and multi-layer structures.





Интерферометр TopMap Pro.Surf+  
TopMap Pro.Surf+ interferometer

### POLYTEC

Компания Polytec представила решения в области профилометрии, а также оптические датчики для виброметрии, измерения скорости и других задач.

На стенде демонстрировался интерферометр белого света TMS-500-R TopMap Pro.Surf+, предназначенный для бесконтактного измерения формы изделий. Благодаря встроенному конфокальному хроматическому датчику этот прибор позволяет также контролировать шероховатость поверхности. Применение метода Майкельсона обеспечивает разрешение на уровне единиц нанометров, в частности по оси Z оно составляет менее 1,5 нм при диапазоне сканирования 70 мм. Телецентрическая оптическая система обеспечивает высокоточное измерение объектов разной формы. В области размером от 44×33 мм до 230×220 мм контролируется около 2 млн точек. Интегрированные средства обработки изображений упрощают и ускоряют контроль качества путем одновременного измерения нескольких образцов без необходимости их механической фиксации. TopMap Pro.Surf+ может применяться для контроля формы, размеров и качества поверхности прецизионных деталей как в лабораторных, так и в производственных условиях.

### SENTECH

Компания Sentech Instruments разрабатывает и производит приборы для контроля параметров тонкопленочных структур неразрушающими методами эллипсометрии и рефлектометрии.

The RM 1000 series is used to measure transparent, poorly absorbent films from 5 nm to 50 μm on reflective, transparent and absorbing samples by spectroscopic method.

Also, SENTECH Instruments introduced the RT Inline measurement and control module for the in-line inspection of thin-film coatings (TCO, CdS, a-Si, μ-Si, CIGS, CdTe).

### UHL

The German company Walter Uhl technische Mikroskopie has been working in the field of microscopy solutions for more than 70

years, presenting a complete line of instruments and components for scientific and industrial applications. In the 2000s, several business areas in the field of optical microscopes and hardness testers production were transferred from Leica to Uhl.

At the Control 2017 exhibition, Uhl introduced a VMHT microhardness tester designed to use Vickers or Knoop methods with a load from 1 g to 2 kg in semi- or fully automatic modes. Qualitative Leica optics and high-precision load mechanism ensure good repeatability of measurement results. Even the basic model

includes a motorized turret, an focus helper and motorized load selection.

With the use of a modular MS4 microscope, quality control of printed circuit boards was demonstrated. The MS4 is equipped with a digital video camera and has a telecentric optical system that minimizes optical distortion. The size of the measured area is 150×150 mm or 250×150 mm. Motorized stage with three-axis joystick provides fast and convenient positioning of the sample. MS4 can be equipped with exchangeable objectives or a turret. ■



Эллипсометр SENpro  
SENpro ellipsometer

Модульное, гибкое в использовании измерительное оборудование немецкой компании находит применение как в научных исследованиях, так и в производстве, в частности, в полупроводниковой промышленности и фотовольтаике.

На стенде демонстрировался спектроскопический эллипсометр SENpro, работающий в спектральном диапазоне 370-1050 нм. Этот прибор бюджетного класса позволяет проводить измерения под различными углами на разных типах поверхностей с высокоточным определением толщины и оптических характеристик (коэффициентов преломления и поглощения) как однослойных пленок, так и многослойных структур.

Рефлектометр серии RM 1000 применяется для измерения прозрачных, плохо поглощающих пленок толщиной от 5 нм до 50 мкм на отражающих, прозрачных и поглощающих образцах спектроскопическим методом.

Также SENTECH Instruments представила контрольно-измерительный модуль RT Inline, предназначенный для производственного контроля тонкопленочных покрытий (TCO, CdS, a-Si,  $\mu$ -Si, CIGS, CdTe) солнечных элементов в режиме "в линию".

### UHL

Немецкая фирма Walter Uhl technische Mikroskopie уже более 70 лет работает в области решений для



Твердомер VMHT  
VMHT hardness tester

микроскопии, представляя в настоящее время полную линейку приборов и компонентов для научных и промышленных задач. В 2000-х годах к Uhl перешло несколько бизнес-направлений в области оптической микроскопии и производства твердомеров от компании Leica.

На выставке Control 2017 Uhl представила прибор для контроля микротвердости VMHT, предназначенный для проведения испытаний по методам Виккерса или Кнупа с нагрузкой от 1 г до 2 кг в полу- или полностью автоматическом режиме. Качественная оптика Leica и высокоточный механизм регулирования нагрузки обеспечивают хорошую повторяемость результатов измерений. В базовую комплектацию входят моторизованная турель, оптическая система помощи фокусировки и моторизованная регулировка нагрузки.

С применением модульного микроскопа MS4 демонстрировался контроль качества печатных плат. MS 4 оснащен цифровой видеокамерой и имеет телецентрическую оптическую систему, которая минимизирует оптические искажения. Размер измеряемой области - 150×150 мм или 250×150 мм. Моторизованный столик с трехосевым джойстиком обеспечивает быстрое и удобное позиционирование образца. MS 4 может комплектоваться сменными объективами или турелью. ■