

MÉRÉSTECHNIKA

MEASURING TECHNICS

To Metrology and Beyond

New technical advances take industrial surface inspection to the next level

A metrológia és azon túl

Az új műszaki fejlesztések magasabb szintre emelik az ipari felületvizsgálatot

Michael Schiller

Kulcsszavak: konfokális lézer pásztázó mikroszkóp, metrológia, felbontás, nagyítás

Keywords: laser scanning confocal microscope, metrology, resolution, magnification

Introduction

In the modern industrial era, where perfection is expected by the customer, manufacturers are facing increasing pressure to produce components of the highest quality. This coupled with the push for miniaturisation and complexity adds pressure on the R&D and quality checking stages. New product output can therefore be slowed down as researchers check every novel component carefully before going to production. Traditionally, these microscopic features are viewed on instruments which leave a sample unusable after testing; the scanning electron microscope (SEM) for instance. Metrology requires the use of more than just an SEM though, with stereo microscopes and contact profilometers also featuring heavily. To eliminate the need for multiple instruments and destructive processes, a new metrology instrument has been developed by Olympus, which combines a conventional light microscope and a laser scanning confocal microscope.

Analyse, don't annihilate

Metrological analyses are best carried out using the finest possible resolution at a range of magnifications. At present, for many high magnification observations samples are viewed using an SEM. This is a time consuming and destructive process, since the sample must be broken up, coated with a conductive material and can only happen under a vacuum. SEM images also provide very limited opportunities for analysis, acting more as an observational tool than a measuring device. Before reaching the SEM stage, the sample may be viewed under a conventional stereo microscope to look for more obvious surface details. This microscope also acts as a useful tool during the preparation of a sample for SEM or contact profilometry.

OLYMPUS LIFE AND MATERIAL SCIENCE EUROPA GMBH
Microscopy Esther Ahrent Section Manager Marketing
Communication Tel: +49 40 2 37 73 – 5426 Fax: +49 40 2 37
73 – 647 E-mail: microscopy@olympus-europa.com

Bevezetés

A modern ipari korban, ahol a vásárlók tökéletességet várnak el, a gyártók folyamatosan növekvő nyomásnak vannak kitéve a legmagasabb minőségi szintű alkatrészek előállításában. Ehhez társul a miniatürizáció és komplexitás iránti igény, ami további terhet ró a Kutatás-Fejlesztésre és a Minőségbiztosításra. Az új termékek piacéksz állapotának elérését késleltetheti, hogy a kutatóknak minden egyes új komponenst gondosan ellenőrizniük kell, mielőtt az gyártásba kerül. Hagyományosan ezen mikroszkopikus jellemzőket olyan műszereken vizsgálják, ahol a mintadarab a tesztet követően használhatatlanná válik. Ilyen például a pásztázó elektron mikroszkóp (Scanning Electron Microscope – SEM). A SEM mellett a metrológia további eszközök használatát is igényli, jelentős például a sztereó mikroszkópok és a profilométerek szerepe. A különböző mérő eszközök és roncsolással járó folyamatok kiküszöbölésére az Olympus kifejlesztett egy új metrológiai műszert, ami egyesíti a hagyományos fénymikroszkóp és a konfokális lézer pásztázó mikroszkóp (confocal Laser Scanning Microscope – cLSM) előnyeit.

Elemézz, ne roncsolj

A metrológiai elemzések legjobb kivitelezése a használt nagyításhoz tartozó legfinomabb felbontás mellett történhet. Jelenleg a nagy nagyítást igénylő vizsgálatok körében a SEM technológia a jellemző. Ez egy időigényes és roncsolással járó eljárás, mivel a vizsgálni kívánt mintát el kell törni, a felületét be kell vonni vezető anyaggal, ráadásul csak vákuumban végezhető el a vizsgálat. A SEM módszerrel készített képek nagyon csekély mértékben alkalmasak további elemzések kivitelezésére, így inkább vizuális vizsgálati eszköznek, semmint mérőeszköznek tekinthető. A SEM vizsgálatra alkalmas mintaállapot előtt a vizsgálni kívánt tárgy megtekinthető hagyományos sztereó mikroszkóp segítségével, a nyilvánvaló felületi részletek azonosítása érdekében.

The LEXT is designed to essentially replace these three different tools with one single solution. This has required the application of a number of technical advances which allow the system to move easily from lowest magnification – 120x, to the highest 14,400x, whilst providing peerless resolution and analysis capabilities.



1. ábra. Olympus LEXT – Nagy felbontású 3D felületi profil vizsgálat és mérés UV-lézer alapú konfokális mikroszkóppal

Figure 1: Olympus LEXT – High resolution 3D surface profile observation and measurement with UV-laser confocal microscopy

Larger & Clearer

At 120x the LEXT system overlaps with the magnification provided by stereo microscopes making it easy to carry out initial observation of conspicuous surface details. Areas of interest can then be viewed at much higher magnifications (up to 14,400x) which overlap with SEM, by moving through a series of automated parfocal objectives. These are designed so that when changing magnification, no re-focusing is required. This means that keeping track of a specific feature is much easier than normal and also that the user can get as close as they want to the sample without breaking it apart or causing any other damage.

Standard laser confocal systems can achieve resolutions down to 200nm, but the technological advances in the LEXT allow it to reach as low as 120nm in x-/y-direction. Moreover, resolution on the Z-axis is 10nm, due to the use of a new mathematical algorithm and the finely controlled movement of the nosepiece rather than the object stage. In addition, the LEXT used a 408nm laser diode with newly designed and calibrated optical components, which have excellent transmission across the entire visible spectrum.

Ez a fajta mikroszkóp egyben hasznos segéd-eszköz a SEM vagy érintéses profilometria területén alkalmazott minta-előkészítés során is. A LEXT műszert alapvetően arra tervezték, hogy a fenti három különböző eszközt egyetlen megoldásban kiváltsa. Ez technikai fejlesztések sorának alkalmazását tette szükségessé, ami lehetővé teszi a rendszer számára a legkisebb nagyítástól (120x) a legnagyobb nagyításig (14.400x) történő egyszerű átállást, miközben mindvégig páratlan felbontást és elemzési lehetőségeket biztosít.

Nagyobb & Tisztább

A 120x nagyításnál a LEXT rendszer a sztereó mikroszkópok által használt nagyítási tartományban dolgozik, lehetővé téve a feltűnő felületi részletek egyszerű előszűrését. Az érdekes területek sokkal nagyobb nagyítás (akár 14.400x) használatával is vizsgálhatóak, ami pedig már a SEM által használt nagyítási tartományba esik, mindez parfokális objektívek automatikus váltása segítségével. Ezen objektívsorok úgy lettek megtervezve, hogy a nagyítás változtatása során ne legyen szükség a helyes fókuszpozíció ismételt beállítására. Ez lehetővé teszi például egy specifikus jellemző egyszerű nyomon követését, valamint biztosítja, hogy a felhasználó bármilyen közel is megy a mintához a nagyítás növelése során, nem tudja megromcsolni sem a mintát, sem pedig a műszert.

A hagyományos konfokális lézer pásztázó rendszerek felbontóképessége elérheti a 200 nm-t, azonban a LEXT rendszerrel alkalmazott technikai újítások lehetővé tették a 120 nm-es felbontás elérését is X-Y irányban. E mellett a Z-irányú felbontás 10nm az új matematikai algoritmusok használatának és a tárgyasztal helyett az objektívrevolver finom mozgatásának köszönhetően. Ezekhez társul a LEXT által használt 408nm lézerdióda, ami természetesen szükségessé tette az optikai komponensek újratervezését és kalibrálását. Utóbbiaknak kiváló áteresztési tulajdonságai vannak a teljes látható hullámhossztartományban.

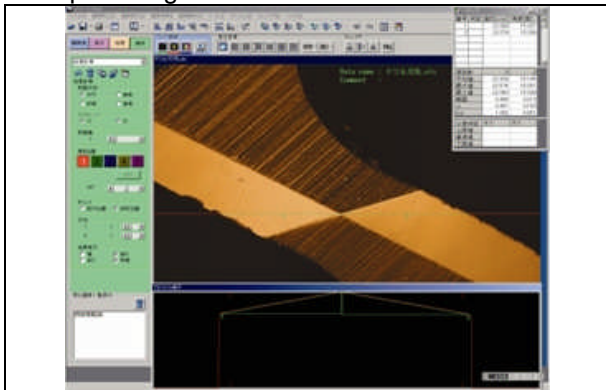
Megjelenítés

E széles nagyítási tartomány lefedése a parfokális objektívek használatával, valamint a hagyományos konfokális lézer pásztázó mikroszkóp technológia alkalmazása együtt nagyban megkönnyíti a LEXT rendszeren történő mintavizsgálatot. A tárgyasztal teherbírása lehetővé teszi akár a 10kg tömegű és 100mm magasságú minták vizsgálatát is, így egy teljes féktárcsa vagy turbina lapát is éppen olyan könnyen elemezhető, mint egy

Visualisation

By covering such a wide magnification range with parfocal objectives and combining a conventional and laser confocal microscope, viewing a sample on this system is very easy. The stage can handle items up to 10kg in weight and 100mm in height, and therefore a complete brake disc or turbine blade can be analysed with the same ease as a micro-electromechanical system (MEMS) device. Using conventional microscopy specific features of a surface can be quickly identified at low magnification. The areas of interest can then be magnified further and analysed using a plethora of powerful, confocal microscopy-based observation and measurement tools.

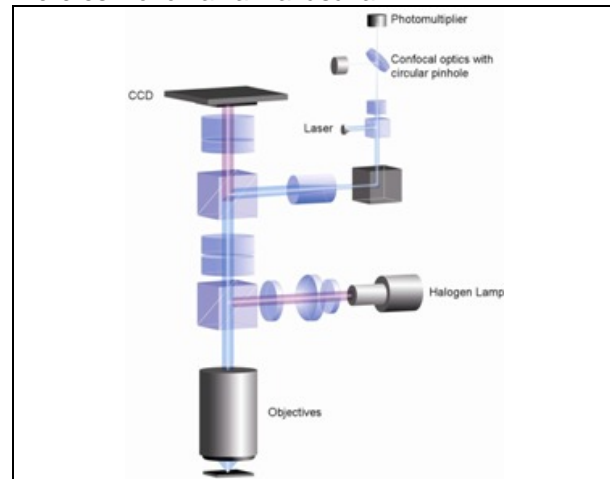
With the majority of surfaces being analysed for contours, special techniques need to be employed at high magnifications since there is very little depth of focus. The LEXT uses confocal optics, each optical slice consists only of in-focus pixels and therefore, by simply combining a stack into one image, a perfect 2D representation of the entire feature is formed. For many of the analyses carried out using LEXT though, it is important to see the object in 3D detail and therefore these same optical slices can easily be arranged into a highly accurate 3D image. Most confocal microscopes carry out these processes post-capture and therefore there is a significant delay between taking the images and seeing the result. Once the top and bottom of the stack has been set the LEXT does not have this delay since it uses a specialised MEMS-based scanning unit and advanced software providing real-time observation.



3. ábra. Ultra precíz fúrás, mélység és szögmérés

Figure 3: Ultra precise drill, depth and angle measurement

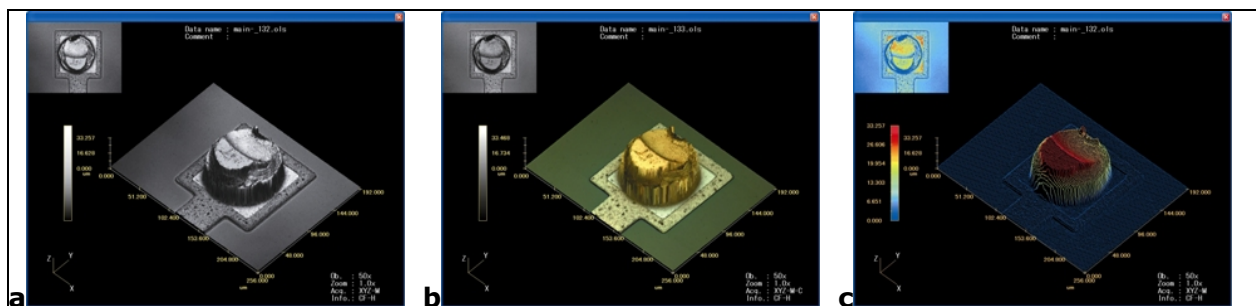
mikro-elektromechanikus rendszer (MEMS) eszköz. A hagyományos mikroszkópia használatával egy felület specifikus jellemzői gyorsan azonosíthatók kis nagyításnál. Az érdekes területek ezután tovább vizsgálhatóak nagyobb nagyításnál a konfokális mikroszkóp-alapú erőteljes vizsgáló és mérő eszközök alkalmazásával.



2. ábra. Egyesített 408 nm-es LSM és hagyományos mikroszkóp optikai rendszere

Figure 2: Combined 408 nm laser confocal and microscope optical system

A kontúrok szempontjából elemzett felületek nagy többségénél speciális technikákat kell alkalmazni nagy nagyításoknál, mivel a mélységélesség nagyon kicsi. A LEXT rendszer konfokális optikai elrendezést használ, amely leképezés során minden optikai szelet kizárólag fókuszban lévő képpontokat (pixel) tartalmaz, ezáltal az azonos XY-pozícióban elkészített Z-irányú képsorozat tagjait egyesítve a leképezett jellemző tökéletes 2D megfelelője nyerhető. E mellett sok LEXT alkalmazás szempontjából fontos az objektumok 3D részleteinek vizsgálata is, ami ugyanezen optikai szeletek használatával nagy pontossággal egyszerűen rekonstruálható 3D képpé. A legtöbb konfokális mikroszkóp ezen műveleteket a képpalkotást követően végzi el, jelentős késést okozva a képpalkotás és a látható eredmény között. Amint a Z-irányú képsorozat alsó és felső határa definiálva van, a LEXT automatikusan, késedelem nélkül végzi a képpalkotást és a 3D rekonstrukciót, amire a speciális MEMS-alapú pásztázó egység és a fejlett valósidejű vizsgálatot lehetővé tevő szoftver teszi képessé.



4. ábra IC Stud Bump: B) valódi színű 3D kép; C) 3D rácshálós kép színekódolt magassági információval; A) 3D szürkeárnyalatos kép

Figure 4: IC Stud Bump:

a) real colour 3D image; b) 3D wireframe image with colour coded height information; C) 3D greyscale image

Analysis and reporting

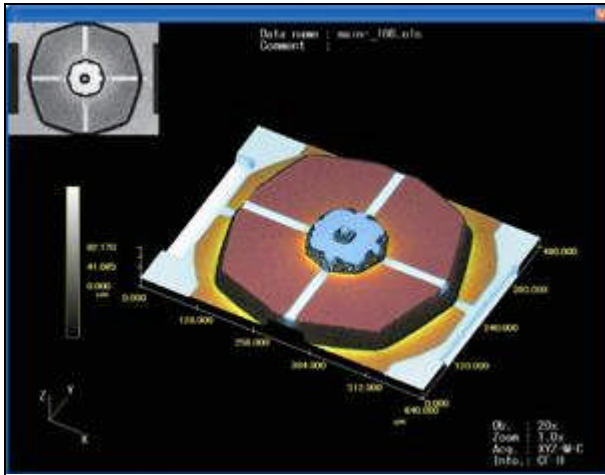
The images produced can be shown in a number of different ways. Not only the standard 2D and 3D images mentioned above, but also as wire mesh and colour contour images. The user can then select areas or cross sections to analyse for height, length, angle and volume data as well as surface roughness. Another impressive feature is the ability to combine the conventional microscopy channel output with that of the laser confocal; this means that true colour can be used to show clearer contrast. This is especially useful if a sample consists of a number of areas at equal heights, but made from different materials. This type of analysis cannot be completed on SEM since the surfaces are all coated with the same compound and therefore would appear to have the same height.

With repeatability and traceability key to the auditing of most manufacturing and R&D procedures, it is essential that any measuring instrument can store the correct information about each and every procedure. This must also be available in printed reports. All analyses completed by the LEXT system conform to international standards such as the United Kingdom Accreditation Service (UKAS), the Japan Quality Assurance Organisation (JQA) and the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Bespoke standards can also be programmed into the system without limiting its operability. Comprehensive reporting via a built-in facility provides users with the flexibility to include all of the data required in a consistent format.

Elemzés és jegyzőkönyv-készítés

Az elkészített képek számos különböző módon megjeleníthetők. Nem csupán a fent említett hagyományos 2D és 3D képek, hanem azokra illesztett rácshálós és színes kontúrképek formájában is. A felhasználó kiválaszthat területeket vagy keresztmetszeteket a magasság, hossz, szög és térfogati adatok elemzéséhez éppúgy, mint akár a felületi durvaság meghatározásához. A rendszer egy másik jelentős jellemzője az a képesség, hogy a hagyományos mikroszkóp módban készített képet egyesíteni képes a konfokális lézerpasztázó módban készült képpel. Ez azt jelenti, hogy valódi színek jeleníthetők meg a részlet gazdag konfokális képre szuperponálva a nagyobb kontraszt elérése érdekében. Ez különösen akkor hasznos, ha a minta több területének is azonos a magassága, de más az anyaga. Ilyen típusú elemzés nem végezhető a SEM eljárással, hiszen ott minden felület azonos összetevőjű bevonatot kap, így látszólag mindennek azonos a magassága.

Mivel a megismételhetőség és a nyomon követhetőség alapvető fontosságú a gyártási és kutatás-fejlesztési folyamatok többségénél, szükséges, hogy minden mérő műszer el tudja tárolni a megfelelő információkat minden egyes folyamatról. Ennek nyomtatott jegyzőkönyvi formában is elérhetőnek kell lennie. A LEXT rendszerrel végzett minden elemzés megfelel a nemzetközi szabványoknak, amilyen például a United Kingdom Accreditation Service (UKAS), a Japan Quality Assurance Organisation (JQA) és a Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). A felhasználó által meghatározott szabványok is alkalmazhatóak a rendszer



5. ábra. MEMS, valódi színű 3D kép
Figure 5: MEMS, real colour 3D image

Conclusions

Whether analysing the roughness of a vehicle brake disc or the angular intricacies of a MEMS micro-weld, the observations required should not cause any damage to the sample – especially during R&D stages where there is often only one unit. Many current procedures though, do exactly this which can escalate the development and production costs. The application of unique optics and specialised mathematical algorithms is set to change all this in the new LEXT from Olympus. Full metrological analysis may currently require the use of a stereo microscope, SEM and contact profilometer. The LEXT can essentially do the work of all three instruments since it covers a magnification range which overlaps with both stereo and scanning electron microscopes. It is also capable of very comprehensive analysis conforming to all international standards and replaces the need for a contact profilometer.

ben anélkül, hogy az annak működését bármilyen formában is korlátozná. Átfogó és rugalmas jegyzőkönyv-készítő modul áll rendelkezésre, aminek segítségével a felhasználó minden szükségesnek ítélt adatot konzisztens formában összegézhet a jelentésben.

Összegzés

Akár egy gépjármű féktárcsájának durvaságvizsgálatáról, akár egy MEMS mikro-hegesztés bonyolult részleteinek vizsgálatáról van szó, a szükséges vizsgálatnak kerülnie érdemes a minta roncsolásával járó eljárásokat – különösen azokon a kutatás-fejlesztési területeken, ahol gyakran csak egy vizsgálható egység áll rendelkezésre. Számos jelenlegi eljárás ennek ellenére pontosan ezt teszi, jelentősen növelve a fejlesztés időtartamát és a gyártási költségeket. Az Olympus LEXT rendszerben megjelenő egyedülálló optika és speciális matematikai algoritmusok alkalmazása ennek a megváltoztatására hivatott. Egy teljes metrológiai elemzéshez jelenleg szükség lehet egy sztereó mikroszkópra, SEM-re és kontakt profilométerre. A LEXT lényegében mindhárom műszer munkáját képes kiváltani önmagában, mivel a nagyítási tartománya átfedi a sztereó- és a pásztázó elektron mikroszkópok közötti intervallumot. Képes átfogó elemzések végrehajtására, ami minden nemzetközi szabványnak megfelel és kiváltja a kontakt profilométer szükségességét.