



- * 본 문서는 Quality Magazine 2018년 6월호 Special Editorial: NDT의 Article를 번역한 것입니다.
- * 번역자: 씨엠아이측정기(주) 영업부장 이정수
- * 단락별로 원문 밑에 번역을 첨가합니다.
- * 문의 사항이 있으시면 연락 주십시오. 02) 2661 1516

XRF coating thickness measurement instrument with silicon drift detector. Periodic inspection of the measurement head is one of the few maintenance tasks needed for this system. *Source: Bowman*

실리콘 드리프트 검출기를 가진 XRF 도금 두께 측정기. 측정 헤드의 주기적인 검사는 측정기의 필요한 몇 가지 유지 보수 항목중의 하나입니다. 출처: Bowman

With XRF Measurement, the Goal is Achieving Low Limits of Detection Precisely—and Fast

XRF 측정, 목표는 신속하고도 정확하게 최소 검출 한계를 달성해 가는 것입니다

Here's how to get there. - By Jun Choi

여기에 그 방법이 있습니다. - Jun Choi

X-ray fluorescence is an elemental analysis tool that has been a mainstay of test labs for decades. A versatile NDT method that demands only minimal sample prep and can be run by novice operators, it is perhaps most valued for delivering accurate results quickly. Today, evolving XRF capabilities are moving this quality assurance workhorse into critical new roles in a widening spectrum of industries.

형광 엑스레이는 수십 년 동안 실험실에서 주를 이루었던 원소 분석 도구입니다. 분석을 위해 필요한 준비 작업이 별로 없고, 초보자도 실행할 수 있는 다재 다능한 비 파괴 측정 방법, 이는 정확한 결과를 신속하게 제공하는 데 있어서 가장 가치가 있습니다. 오늘날 진화하는 XRF 성능은 이 품질 보증 작업을 산업의 광범위한 영역의 중요하고도 새로운 역할로 옮겨가고 있습니다.

XRF is based on the concept that individual atoms, when excited by an external energy source, emit X-ray photons of a specific wavelength. By counting the photons of each energy emitted from a sample, the sample's different elements can be identified.

XRF는 개별 원자가 외부의 에너지 원에 의해 여기 될 때 특정 파장의 엑스레이 광자를 방출한다는 개념에 기초합니다. 시료에서 방출된 각각의 에너지 광자를 계수함으로써 시료의 다른 원소들을 식별할 수 있습니다.

In manufacturing, virtually every metal product is coated (usually electroplated) or treated (anodized or galvanized) to enhance aesthetics, or improve performance properties. XRF is the leading technology worldwide for the measurement and quantification of these finishes. XRF is applicable to the testing of any metallic coating, single or multi-layered, over any metallic or nonmetallic substrate.

제조 과정에서 사실상 모든 금속 제품은 산화와 부식 방지, 혹은 특정 성능의 향상을 위해서 도금(일반적으로 전기 도금) 혹은 처리(산화처리 혹은 아연도금)를 하게 됩니다. XRF는 이 표면처리의 측정 및 정량화를 위한 전세계의 선도적인 기술입니다. XRF는 금속 혹은 비금속의 소재 위에 올라간 단층 혹은 다층의 금속 도금을 테스트하는데 적용할 수 있습니다.

In tech, PCBs, wafers, semiconductors and their components all have "final finishes" that are central to their functionality. Here as well, XRF measurement is the standard technique for determining what does—and does not—meet specifications.

첨단 기술 분야에서 PCB, 웨이퍼, 반도체 및 그 부품들은 모두 그들 기능의 핵심인 "최종의 표면 처리"를 진행합니다. 여기에서도 XRF 측정은 사양의 충족과 미달을 결정하는 표준 기술입니다.

Coating thickness measurement is the most common, and most-discussed function of XRF in industry, but it is not its only purpose. Quality XRF systems also perform alloy analysis, and solutions analysis. XRF can determine the percentage composition for each alloying element and identify the alloy grade number. For solutions analysis, metal ions in plating baths can be quantified for process control.

도금 두께 측정은 업계에서 가장 일반적으로 논의되는 XRF의 기능이지만 이것이 그 유일한 목적은 아닙니다. 품질 XRF 시스템은 합금을 분석하고 도금 용액도 분석합니다. XRF는 각 합금 원소의 조성비를 측정하고 합금의 등급 번호를 확인할 수 있습니다. 도금 용액 분석을 위해서는 용액 내의 금속 이온이 공정 제어를 위해 정량화 될 수 있습니다.

Wherever XRF is used, its two "opposing ends"—emission, where the X-ray is generated, and detection, where the signal is processed—determine what a specific instrument can achieve, how precisely (and cleanly), and how fast.

XRF의 사용에 있어서 꼭 필요한 두 가지 요소가 "양쪽의 끝"에 위치합니다. 하나는 엑스레이를 발생시켜주는 방사장치, 다른 하나는 신호가 처리되는 검출장치입니다. 이 두 요소는 측정기가 얼마나 빠르게, 분명하고도 정확하게 그 성능을 발휘할 수 있는지를 결정합니다.

The Emission Side

엑스레이 발생 부분

Entry level XRF systems use pin hole collimators, which filter the X-rays so that only those traveling parallel to a specified trajectory can pass through. The size of the collimator determines the size of the irradiation spot projected onto the sample. XRF instruments have single or multiple collimators depending on the geometry and the size range of the parts being tested.

초기 낮은 사양의 XRF 시스템은 구멍을 뚫어 놓은 시준기를 사용하는데, 이는 구멍을 평행하게 진행하여 통과한 엑스레이만을 얻기 위한 필터입니다. 그 시준기의 구멍 크기는 엑스레이가 시료에 조사되는 면적을 결정합니다. XRF 측정기는 검사되는 시료의 형상과 크기에 따라 하나 혹은 여러 개의 시준기를 사용합니다.

The alternative to collimation is polycapillary optics. This is X-ray enhancement at its finest, created to compensate for the fact that the X-ray source cannot, on its own, generate a high density beam. Polycapillary optics uses focusing components as opposed to pin holing the X-ray beam to its target.

시준기의 대안은 Poly-capillary Optics 입니다. 이는 더욱 정교해진 엑스레이로 엑스레이 소스 자체로는 고 밀도의 엑스레이를 만들 수 없다는 사실을 보완하기 위해 만들어졌습니다. 시준기는 작은 구멍을 통과한 적은 엑스레이만 시료에 조사되는데 반해 Poly-capillary Optics는 많은 엑스레이를 작은 점에 집중시켜 줍니다.

It was initially employed as a research tool by national labs and others involved with small feature analysis and elemental mapping, but when industry saw its potential for process and quality control, instrument companies rethought the technology, adding features, enhancing image resolution, and boosting measurement speeds.

이 기술은 초기에 작은 시료의 분석이나 원소 맵핑 등을 위해 국가기관이나 연구소에서 사용하는 분석 도구였지만, 산업체의 품질 관리 과정에서 그 활용 가능성이 보였기 때문에 측정기 제조사들은 그 기술을 재검토하였고 현재 여기에 기능들을 추가하고 있으며 이미지 해상도의 향상과 측정 속도의 향상을 이루고 있습니다.

Faster speeds—a particular priority for industry—are enabled by a smaller X-ray beam, and a flux that's 100X higher than a collimator. The higher flux allows the counting of more photons, and greatly enhances the precision of the analysis.

산업체에서 특히 중요한 측정 속도의 향상은 더 작은 면적에 엑스레이가 조사됨에도 불구하고 시준기에 비해 100배가 높은 엑스레이가 조사되기 때문에 가능합니다.

Polycapillary X-ray optics is comprised of hundreds of thousands of stand-alone glass channels that collect a large solid angle of X-rays emitted from a diverging source. The X-rays pass through the optic by total external reflection and are focused to an extremely small spot with ultra-high intensity. These optics also deliver a very clean excitation beam, compared with one from a collimator, because there's no scatter from the pinhole, and the focal spot is extremely well defined.

Poly-capillary Optics는 수십만 개의 독립된 모세관들로 구성되며 엑스레이 발생장치에서 나오는 많은 엑스레이를 한 점에 모아줍니다. 발생된 모든 엑스레이는 Optics를 통해서 극도로 작은 점에 모아지며 매우 높은 강도를 가지게 됩니다. 이 Optics 장치는 시준기의 구멍을 통해 나오는 엑스레이의 산란이 없기 때문에 매우 정교한 엑스레이를 얻을 수 있어서, 시료에 조사되는 점을 매우 정확하게 규정할 수 있습니다.

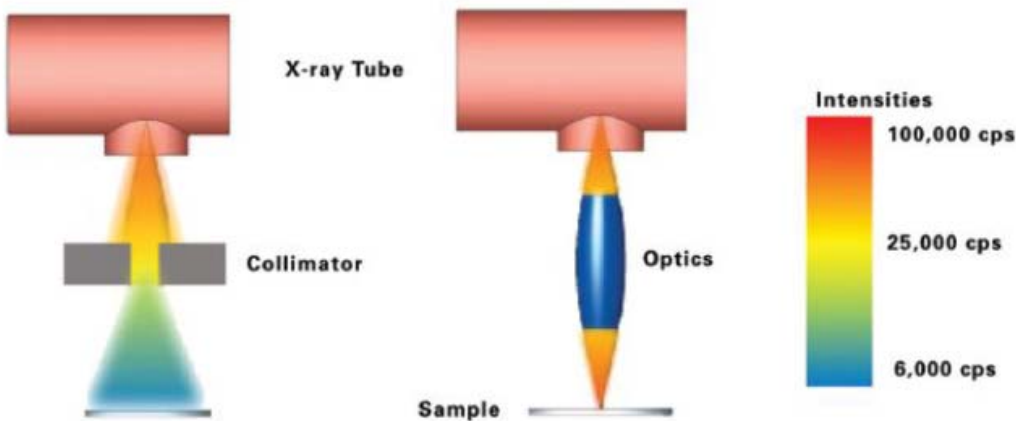
Although it sounds fragile, a polycapillary optics assembly is extremely robust. Users report that the only issue is if someone crashes a sample into it. Customers buy it, and have it for a lifetime.

비록 깨질 수는 있지만, Poly-capillary Optics는 매우 견고합니다. 사용자들은 이 문제가 시료와의 충돌 시에만 발생한다고 이야기 합니다. 고객은 영구적으로 사용할 수 있습니다.

Because the applications that benefit from polycapillary optics are those with very small features, this option has tracked perfectly with the miniaturization that defines electronics manufacturing. The most elite systems can focus X-ray excitation down to sample regions as small as 7µm.

Poly-capillary Optics는 매우 작은 시료를 측정할 때 그 장점을 활용할 수 있기 때문에 소형화되는 전자제품의 제조 업체를 완벽하게 지원합니다. 가장 성능이 뛰어난 시스템은 7um의 매우 작은 크기까지 엑스레이를 집중시킬 수 있습니다.

The Advantage of Poly Capillary Optics



Polycapillary optics substantially accelerates photon counting for XRF measurement devices. *Source: Bowman*

Poly-capillary Optics는 XRF 측정기의 엑스레이 조사량을 증가시킵니다. 출처: Bowman

The Detector Side

검출기 부분

XRF instruments used for coating measurement use one of three types of detectors: a "Prop" (Proportional) Counter, a Silicon PIN Diode or a Silicon Drift Detector (SDD).

XRF 측정기는 도금 두께 측정을 위해서 세가지 유형 중 하나의 검출기를 사용합니다: Proportional Counter(비례계수), Silicon PIN Diode, Silicon Drift Detector(SDD)

Proportional counters are gaseous ionization devices that measure the energy of incident radiation by producing a detector output proportional to the radiation energy.

비례계수 검출기는 방사선 에너지에 비례하는 검출기 출력을 생성하여 입사 방사선의 에너지를 측정하는 가스가 충전된 이온화 장치입니다.

Prop counters have a generous detector window for capturing the fluoresced X-rays. They operate in an intermediate voltage range and are well suited to the measurement of conventional single-layer (and some multi-layer) electroplated deposits.

이 검출기는 형광 엑스레이를 수집할 수 있는 큰 검출기 창(Window)을 가지고 있습니다. 그들은 중간 전압 범위에서 작동하고 기존의 단층 혹은 일부 다층 전기 도금을 측정하는데 적합합니다.

Proportional count instruments are lowest in price of the three, and ideal for simple applications where there's no need for high resolution to see the separation of peaks on the spectrum. Their downsides include high baseline noise, and the need for frequent calibration.

비례 계수 검출기는 세가지 검출기 중 가장 가격이 낮으며, 스펙트럼 상에서 피크를 분리하기 위한 높은 해상도가 필요하지 않은 간단한 도금 사양의 측정에 이상적입니다.

Temperature control for these devices is critical, because the detector uses a gas that's highly sensitive to temperature change—much more than any solid state detector. The gas-filled tube also has a tendency to leak over time. Despite its disadvantages, it has a generally higher flux due to the large window, so it detects a high number of photons. The applications may be limited, but the standard deviation is better.

이 검출기는 온도 변화에 매우 민감한 가스를 사용하기 때문에 사용에 있어서 온도 관리는 중요합니다. 또한 충전된 가스는 시간이 지남에 따라 새어나가는 경향이 있습니다. 이러한 단점에도 불구하고 일반적으로 큰 검출기 창(Window) 때문에 더 많은 광자들을 수집할 수 있습니다. 활용도는 제한적이지만 표준 편차는 더 좋습니다.

The silicon PIN diode provides spectral resolution superior to that of a proportional counter. This means operators can measure thinner deposits and lower element concentrations, and perform more complex measurements such as those on alloys and heavily layered samples and those involving unidentified materials. Silicon PIN detectors are low noise, have excellent resolution, excellent detection limits and are extremely stable, thanks to Peltier (TEC/TEM) cooling.

Silicon PIN Diode는 비례 계수 검출기보다 스펙트럼 분해능력이 뛰어납니다. 이는 더 얇은 도금, 낮은 농도의 원소를 측정할 수 있다는 의미이며 합금 및 다층의 도금, 확인되지 않은 원소들을 포함한 도금 등, 보다 복잡한 측정이 가능하다는 뜻입니다. Silicon PIN 검출기는 노이즈가 낮고, 해상도와 검출 한계가 우수하며, Peltier(TEC/TEM) 냉각 방식으로 매우 안정적입니다.

Silicon drift detectors produce the highest count rates, and the highest spectral resolution—typically 50% higher than silicon PIN diode detectors. They offer significant peak to background ratio improvement compared with prop counters. They have the lowest baseline noise, the best detection limits and the greatest versatility in terms of element testing range.

Silicon Drift Detector는 최고의 계수율과 최고의 분광 해상도를 가집니다. 일반적으로 Silicon PIN Diode 검출기에 보다 50% 더 높은 해상도를 보여줍니다. 이 검출기는 비례 계수 검출기에 비해서 상당히 개선된 백그라운드 대비 피크 비율(Peak to Background Ratio)을 제공합니다. 또한 가장 낮은 노이즈(Baseline Noise), 가장 좋은 검출 한계 및 가장 넓은 측정 원소 범위를 가지고 있습니다.

Because they are most effective at eliminating background noise, SDDs are best able to precisely measure the overlapping elements—those “neighbors” on the periodic table, nickel, copper, zinc and chrome and iron—where the separation of signals between them is minimal. With old technology, there was no way to resolve these overlapping elements without mathematical calculations. Today, the improved resolution provided by both silicon PINs and silicon drift detectors eliminates the need for mathematical calculations or numerical filtering.

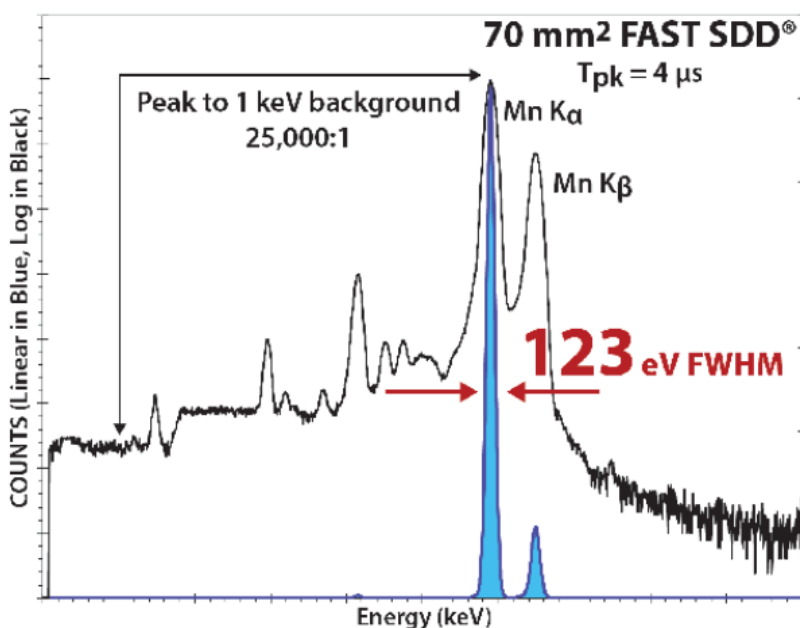
SDD는 백그라운드 노이즈(Background Noise)를 가장 효과적으로 제거하기 때문에 니켈, 구리, 아연, 크롬, 철 등의 주기율표 상에서 이웃하여 스펙트럼 분리가 어려운 원소들을 가장 정확하게 측정할 수 있습니다. 예전의 기술로는 수학적 계산 없이 이러한 중첩되는 원소들을 측정할 수 있는 방법이 없었습니다. 현재는 Silicon PIN과 Silicon Drift Detector에 의해 제공되는 개선된 해결책으로 인해서 수학적 계산이나 수치적 필터링은 더 이상 필요가 없습니다.

Also like Silicon PINs, silicon drift detector chip sets are Peltier cooled, free from climate effects and nitrogen reservoirs. There is virtually no maintenance required for these detectors. SDDs are the detector of choice for films below 50 μm, and complex films used in the technology sector, including ENIG, EPIG and ENEPIG (Electroless Nickel Immersion Gold; Electroless Palladium, Immersion Gold, and Electroless Nickel Electroless Palladium, Immersion Gold, respectively).

또한 Silicon PIN과 같이 Silicon Drift Detector는 Peltier 냉각 방식이기 때문에 온도의 영향에서 자유로우며 냉각 질소를 필요로 하지 않습니다. 사실상 이러한 검출기들은 유지보수가 거의 필요하지 않습니다. SDD는 ENIG, EPIG, ENEPIG 등의 기술에서 사용되는 50nm 이하의 복잡하고 얇은 도금의 측정에 적합한 검출기입니다.

Notably, silicon PIN and silicon drift detectors, the two solid state options, are recommended by new IPC (industry association for printed circuit board and electronics manufacturing manufacturers, their customers and suppliers) standards, 4552 and 4556. These are broadly applicable to specialty coatings used throughout the PCB and the wider electronics sectors.

특히, 이 두 가지 Solid State 옵션인 Silicon PIN과 Silicon Drift Detector는 새로운 IPC Standards 4552와 4556에서 추천하고 있습니다. (IPC는 인쇄 회로 기판 및 전자 제품 제조업체 및 그들의 고객과 공급 업체를 위한 산업 협회입니다.) PCB와 더 넓은 전자 분야 전반에 걸쳐 사용되는 특별한 도금 측정에 폭넓게 활용될 수 있습니다.



Silicon drift detector spectrum shows a highly favorable peak-to-background ratio with suppressed noise and higher resolution. Silicon Drift Detector의 스펙트럼은 노이즈(Noise) 제거에 따른 매우 좋은 백그라운드 대비 피크 비율(Peak to Background Ratio)과 높은 분해능력을 보여줍니다.

Jun Choi is the chief technology officer of Bowman (Schaumburg, IL). For more information, call (847) 781-3523 or email choi@bowmanxrf.com.