

# phoenix|x-ray

## the x-ray times

### termine

Wir sind auf folgenden Messen vertreten:

- 03.-06.09.2002  
Globaltronics, Singapore
- 16.-18.09.2002  
Semicon Taiwan, Taipeh, Taiwan
- 19.09.2002  
2. X-ray Forum, Zentrum für  
Mikrotechnologie der Universität  
Dresden, Dresden, Deutschland
- 01.-03.10.2002  
Nepcon, Birmingham, Groß-  
britannien
- 08.-10.10.2002  
EPC, Köln, Deutschland
- 07.-11.10.2002  
Matelec, Madrid, Spanien
- 22.-24.10.2002  
Salon MSA, Paris, Frankreich
- 05.-07.11.2002  
ISTTFA, Phoenix/Arizona, USA
- 19.-22.11.2002  
BIAS, Mailand, Italien
- 12.-15.11.2002  
MTQ, Dortmund, Deutschland

Für weitergehende Informationen be-  
suchen Sie bitte unsere Webseite  
[www.phoenix-xray.com](http://www.phoenix-xray.com)

### Weltneuheit: Kompaktes Röntgensystem mit „Plug-and-play“-Modulen

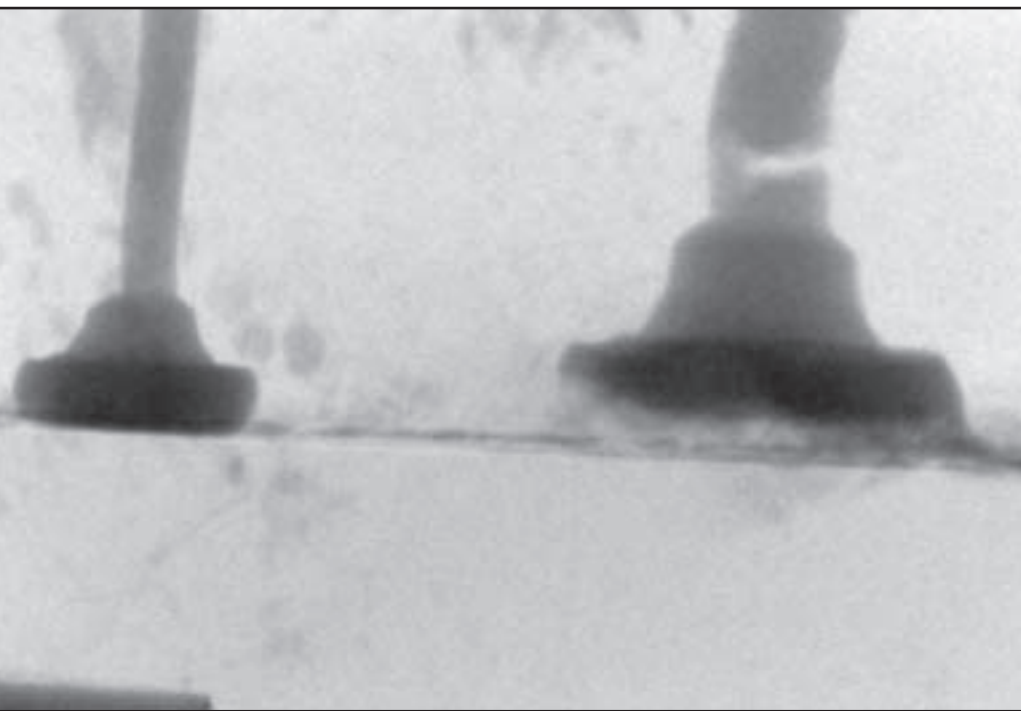


Mit dem bench|mate hat phoenix|x-ray seine Produktpalette erneut um ein innovatives Mikrofokus-Röntgensystem erweitert. Erstmals präsentiert das Unternehmen mit dem neuen bench|mate ein kompaktes Tischröntgensystem, welches standardmäßig mit einer wartungsfreien geschlossenen 90 kV- bzw. optional mit einer 100 kV-Mikrofokusröhre ausgestattet ist. Das Einzigartige an dem System ist die Erweiterbarkeit mit „plug-and-play“-Modulen, welche ohne Hilfe eines Servicetechnikers vom Benutzer montiert werden können. Mit geringem Zeitaufwand kann somit das System veränderten Ansprüchen angepasst werden. Erhältliche Optionen sind z.B. eine motorisierte x-y-Manipulation, eine Fünf-Achsen-Manipulation (inkl. Dreh-Kipp-Einheit), ein 8-bit Bildverstärker, das high-contrast|set mit einem digitalen Detektor so-

wie diverse Bildverarbeitungs-Softwaremodule auf Windows NT Basis.

Aufgrund seiner extrem kompakten Bauweise von 63 x 44 x 55 cm bei 150 kg Gewicht eignet sich der bench|mate vor allem für den Einsatz in Labors und kleineren Produktionslinien mit einem mittleren Prüfaufkommen. Aber auch zu Dokumentationszwecken ist das System hervorragend geeignet, da mit einer Röntgenfilmkassette Übersichtsaufnahmen mit gewünschter Vergrößerung belichtet werden können.

Bei einem Grundpreis von 49.500 EUR ist der bench|mate im Segment der Mikrofokus-Röntgensysteme im „low-budget“-Bereich angesiedelt, ohne dass dabei auf die von phoenix|x-ray bekannte, hohe Bildqualität verzichtet werden muss.



## Röntgen in einer neuen Dimension - mit nanofocus-Technologie

### Das System

Bereits im Juni 2001 brachte phoenix|x-ray die erste industriell einsetzbare Röntgenröhre mit einer nachweisbaren Auflösung im Submikrometer-Bereich auf den Markt und drang somit in neue Bereiche der Röntgentechnik in Bezug auf Bildauflösung und Detailerkennbarkeit vor. Die nanofocus-Röntgenröhre ist für alle Systeme der analyser-Serie erhältlich und kann in verschiedenen Leistungsmodi betrieben werden, so dass auch Proben, die höhere Leistungen im Mikrofokusbereich benötigen, untersucht werden können.

### Die Technik

Das Bildauflösungsvermögen eines Röntgensystems hängt in erster Linie von der Größe des Brennflecks der Röhre ab. Bei bisher erhältlichen Röntgenröhren liegt dieser in einer Größenordnung von wenigen Mikrometern. Durch den Systemaufbau, s. Seite gegenüber, ergibt sich, je nach Größe des Brennflecks, ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Halbschatten, d.h. Unschärfe. Je kleiner der Brennfleck nun ist, umso schärfer wird das Röntgenshattenbild auf dem Detektor. Rein theoretisch könnte die Auflösung demnach beliebig hoch sein, wenn es gelänge, eine quasi punktförmige Strahlungsquelle zu erzeugen. In der Praxis ist dies jedoch nicht möglich, da das Targetmaterial bei der sich ergebenden Strahlungsintensität schmelzen würde.

### Anwendungen

Die nanofocus-Technologie ist eine direkte Antwort auf die neuen Herausforderungen, der sich die Röntgentechnik durch die fortschreitende Miniaturisierung in der Elektronikindustrie zu stellen hat. Wesentlicher Bestandteil von HDI-Leiterplatten ist die **Mikrovia-Technologie**. Die Vias erreichen Durchmesser bis herunter zu 25 Mikrometern, so dass eventuelle Fehler noch deutlich kleiner sein können. Zum Beispiel treten Metallisierungsfehler oder Formabweichungen durch fehlerhaftes Bohren auf, die im Bereich von Mikrometern oder darunter liegen. Da die Kontrastverhältnisse aufgrund der schwachen Absorption der dünnen Plattierungen u.U. ungünstig sein können und Schrägdurchstrahlungen zur Untersuchung der dreidimensionalen Form erforderlich sind, ist die nanofocus-Röhre mit dem high-contrast|set und den ovh|modules kompatibel.

In komplexeren IC-Gehäusen werden zunehmend die Bonddrähte durch **Flip-Chip Lötstellen** ersetzt. Auch hier wird ein Pitchmaß von 50 Mikrometern und kleiner erreicht, wobei beispielsweise Ansammlungen von sehr kleinen Lotporen, Formabweichungen (auch in Schrägdurchstrahlung) und die Landflächenbelegung zu untersuchen sind. Aber auch bei der klassischen Kontaktierung mit **Bonddrähten** waren bisher etwa Ermüdungsbrüche bei den Kontaktstellen nur schwer nachzuweisen, da sich die Bruchstellen nur im unteren

### Produktspezifikationen package|analyser nf

Maße:	1500 x 1800 x 1100 mm
Gewicht:	1700 kg
Durchlichtfläche:	460 x 305 mm
Max. Probengröße:	560 x 405 mm
Röntgenquelle:	Offene nanofocus-Röntgenröhre mit Transmissionstarget
Max. Röhrenspannung:	100/160 kV
Max. Leistung:	50 W
Min. Brennfleck:	900 nm
Detailerkennbarkeit:	300 nm
Echtzeit-Bildkette:	6" single-field Bildverstärker mit CCD-Kamera
Bildverarbeitung:	image assistant
Autopositionierung:	Standard
Dreh-Kipp-Einheit:	Option
Leckstrahlung:	<1 µSv/h



ren Mikrometerbereich öffnen, weil sie durch die Umspritzung in Position gehalten werden (vgl. Bild links).

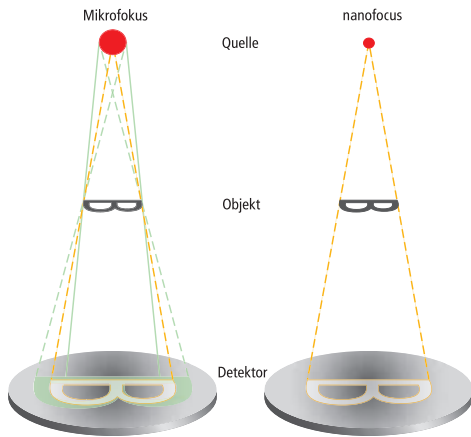
Generell kann man sagen, dass nahezu jede Röntgenuntersuchung, welche eine hohe Vergrößerung erfordert und damit eine hohe Bildschärfe voraussetzt durch die nanofocus-Röhre erleichtert und in ihren Möglichkeiten erweitert wird.

Die neue Technologie findet bereits rege Anwendung in der Industrie: schon jetzt sind 20 % aller von phoenix|x-ray ausgelieferten Transmissionsröhren nanofocus-Röhren.

**nano  
focus**

# Was heißt hier „scharf“?

Die erreichbare Bildscharfe eines Röntgensystems wird oft mit Größen wie Auflösung, Brennfleckdurchmesser, Detailerkennbarkeit usw. spezifiziert, wobei die Begriffe oft willkürlich verwandt werden. Um diesen Nebel etwas zu lichten, sollen hier die physikalischen Zusammenhänge in vereinfachter Form erläutert werden.



Die Bildscharfe hängt hauptsächlich von der Größe der Röntgenquelle ab. Die geometrische Vergrößerung ergibt sich aus dem Abstand des Objektes zur Röhre.

Soll die **Auflösung** eines optischen Systems angegeben werden, so muss zunächst ein Bezugsobjekt definiert werden. Dieses ist im Falle eines Röntgensystems ein feines Gitter von abwechselnd stark und schwach absorbierenden Linien mit der Gitterperiodenlänge  $G$ . In der Praxis können das zum Beispiel Goldstreifen auf einem Kunststoffträger sein.

Beleuchtet man ein solches Gitter bei hoher geometrischer Vergrößerung  $M$  (also bei geringem Abstand zur Röntgenquelle) mit Röntgen-

quellen verschiedener Größe, so wird das Bild des Gitters mit zunehmender Größe  $F$  der Röntgenquelle immer mehr verschwimmen bis es schließlich nicht mehr zu erkennen ist. Zur Beschreibung dieses Vorgangs dient die Kontrasttransferfunktion (CTF). Experimentell wird diese z.B. bestimmt, indem man den Kontrast des Gitter-Bildes misst und durch den Kontrast im Bild eines sehr groben aber sonst gleichartigen Gitters dividiert.

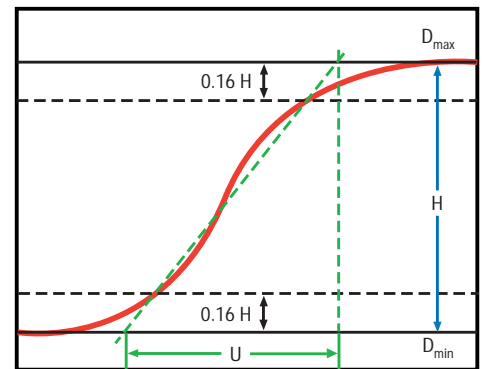
Mathematisch kann man nun zeigen, dass die CTF bei hoher Vergrößerung genau dann null wird, wenn  $G=F(M-1)/M$  ist. Der Kontrast verschwindet demnach, wenn die Größe der Röntgenquelle  $F$  bei hoher Vergrößerung die *Periodenlänge*  $G$  des Gitters erreicht. (In der Praxis verschwindet der Kontrast schon etwas früher, da kleine Intensitätsunterschiede vom Auge nicht mehr wahrgenommen werden.) Umgekehrt kann man auch Gitter mit gestaffelter Periodenlänge benutzen, um die Größe einer gegebenen Röntgenquelle zu ermitteln. Man prüft einfach, welches Gitter gerade noch zu erkennen ist. Als Auflösung wird dann die Linienfrequenz dieses feinsten erkennbaren Gitters in *Linienpaaren pro Millimeter* (LP/mm) oder der Kehrwert, die *Periodenlänge* in Mikrometern ( $\mu\text{m}$ ) angegeben. Die gemessene Auflösung erreicht somit bei hoher Vergrößerung bestenfalls die Größe der Röntgenquelle.

Da die Röntgenstrahlen in den Mikrofokus-Röntgenröhren im wesentlichen nur dort entstehen, wird die Größe der Röntgenquelle (also die Auflösungsgrenze) oft vereinfachend mit dem **Brennfleckdurchmesser** der Röhre gleichgesetzt. Dieses ist bei nanofocus-Röhren nicht mehr ohne weiteres zulässig, da die Größe der Röntgenquelle bei sehr kleinen Brennfleckdurchmessern auch etwas von der Elektronengeschwindigkeit und damit von der Röhrenspannung abhängt.

Wie man sieht, ist der Begriff der Auflösung schon von der Definition her eng mit dem Kontrast (mithin der Objektbeschaffenheit) und der Vergrößerung verwoben. Trotzdem ist die Größe der Röntgenquelle oder der Brennfleckdurchmesser zu einer etablierten Spezifikation geworden, die sich auch mit anderen Methoden messen lässt. Zum Beispiel kann man das Röntgenbild einer scharfen Kante densitometrisch vermessen und die Quellgröße aus dem Schwärzungsverlauf bestimmen (s. Bild unten).

Andere Spezifikationen sind weniger klar durch Messvorschriften definiert. Die **Detailerkennbarkeit** etwa soll beschreiben, wie groß das kleinste noch zu erkennende Objekt ist. Angegeben wird dafür z.B. die Hälfte der Auflösung, d.h. die Breite eines Gitterstriches, oder kleinere Werte, da kleinere unperiodische und kontrastreiche Objekt unter bestimmten Bedingungen immer noch sichtbar sind.

Beim Vergleich von Spezifikationen sollte man also die Definition der angegebenen Größen stets kritisch hinterfragen und sich ggf. auf die Definition der Auflösung zurückziehen. Bei der Detailerkennbarkeit ist die Art des Prüfobjektes mit in Betracht zu ziehen.



Zur Bestimmung des Brennfleckdurchmessers bzw. der Quellgröße aus dem Schwärzungsverlauf im Bild einer scharfen Kante (Densitometerspur). Die Unschärfe  $U$  und die Vergrößerung  $M$  werden bestimmt. Der Brennfleckdurchmesser ist dann  $F = U/(M-1)$ .

## Glossar

**Auflösung** - Periodenlänge des feinsten bei hoher Vergrößerung noch erkennbaren Gitters.

**Bildverstärker** - Elektronenoptisches Gerät, das das unsichtbare Röntgenbild in sichtbares Licht umwandelt und dessen Intensität verstärkt. Das Bild wird am Ausgang des Bildverstärkers mit einer CCD-Kamera aufgenommen.

**Brennfleck** - Annähernd kreisförmige Fläche auf dem Target, auf die der Elektronenstrahl in der Röntgenröhre fokussiert. Der Durchmesser des Brennflecks bestimmt wesentlich die Auflösung, da im Brennfleck die Röntgenstrahlung entsteht.

**CTF** - Contrast Transfer Function, Maß für Auflösung und Kontrastübertragung eines Röntgensystems.

**Detailerkennbarkeit** - Größe des kleinsten im Röntgenbild gerade noch erkennbaren Objektes.

**Geometrische Vergrößerung** - Das Verhältnis des Abstandes von Röntgenquelle zum Detektor und des Abstandes von der Röntgenquelle zum Objekt. Sie muss so groß sein, dass die darzustellenden Objektdetails für den Detektor erkennbar werden.

**high-contrast|detector** - Digitaler Detektor, bestehend aus Szintillator und Photodiodenfeld, der bei 65.000 Graustufen den Kontrastnachweis gegenüber dem Bildverstärker um Faktor 4 verbessert.

**Kontrast** - Maß für Intensitäts- oder Helligkeitsunterschiede im Röntgenbild. Kann definiert werden als  $K = (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} + I_{\text{min}})$ .

**Mikrofokus-Röhre** - Röntgenröhre mit einem Brennfleckdurchmesser von früher unter 200  $\mu\text{m}$  heute im Bereich einiger  $\mu\text{m}$ .

**nanofocus-Röhre** - Röntgenröhre mit einem Brennfleckdurchmesser im Nanometerbereich (1000 nm = 1  $\mu\text{m}$ ).

**Röntgenquelle** - Im engeren Sinn: Bereich des Targets, in dem die Röntgenstrahlung entsteht.

**Target** - Materialschicht auf dem Röhrenaufgangsfenster (Transmissionsröhre), auf das der Elektronenstrahl in der Röhre fokussiert wird und in dem die Röntgenstrahlung entsteht. Wegen seiner hohen Strahlungsausbeute und Temperaturbeständigkeit wird meist Wolfram als Targetmaterial verwendet.

# dienstleistungen

Die nebenstehenden Labors bieten Dienstleistungen zur zerstörungsfreien Röntgenprüfung an, welche die Untersuchung Ihrer Proben durch einen qualifizierten Applikationsingenieur und wahlweise die Ausarbeitung eines umfangreichen Applikationsberichtes beinhalten. Auf Wunsch können Sie die Röntgensysteme in unseren Labors für Ihre eigene Inspektion auf Stundenbasis mieten.



Deutschland, Ost:

## Institut für mikrotechnische Produktion

Technische Universität Dresden

Mommensenstraße 13 | DE- 01062 Dresden

Dietmar Daniel | Tel: +49 351.4 63-3 86 25 | daniel@iet.et.tu-dresden.de

Deutschland, Süd und West:

## phoenix|x-ray Systems + Services GmbH

Motorstraße 49 | DE- 70499 Stuttgart (Industriegebiet Weilimdorf)

Dr. Holger Roth | Tel: +49 711.88 79 61-21 | hroth@phoenix-xray.com

Deutschland, Nord:

## phoenix|x-ray Systems + Services GmbH

Niels-Bohr-Straße 7 | DE- 31515 Wunstorf

Thomas Mayer | Tel: +49 5031.172-146 | tmayer@phoenix-xray.com

Hanna Jacobs | Tel: +49 5031.172-141 | hjacobs@phoenix-xray.com

Schweiz

## TT Novatech - X-ray Service

Rue Baptiste-Savoye 26 | CH- 2610 Saint-Imier

John Chaignat | Tel: +41 32.9 42 42 42 | x-ray@eisi.hes-be.ch

# partner

## schweiz china brasilien russland

### Hilpert Electronics AG

Täferstr. 29  
5405 Baden-Dättwil  
Schweiz

Kontakt: Herr Thomas Marbach  
Tel: +41 56 483 25-09  
marbach@hilpert.ch

Die Hilpert Electronics AG in Baden-Dättwil vertritt seit 1999 die phoenix|x-ray Systems + Services GmbH in der Schweiz. Das Unternehmen wurde im Jahr 1972 gegründet und ist der renommierteste Distributor von Fertigungsanlagen für die Elektronikindustrie in der Schweiz.

### Silicon International Ltd.

Unit C, 11/F, Nathan Com. Bldg.  
430-436 Nathan Road  
Kowloon  
Hong Kong

Kontakt: Herr Alex Wong  
Tel: +852 2314 0586  
alex.wong@siliconinternational.com

Silicon International Ltd., gegründet 1986 in Hong Kong, ist eine Tochtergesellschaft der schweizer PB Technik Group AG. Das Unternehmen vertritt phoenix|x-ray seit dem Jahr 2000 auf dem chinesischen Markt und verfügt über Niederlassungen in allen Wirtschaftszentren Chinas.

### Sistronics Instrumentação e Sistemas Ltda.

Av. Adolfo Pinheiro, 1000 - 9º andar  
CEP - 04734-002 Sao Paulo  
Brasilien

Kontakt: Herr Luiz Fernando Fornoni  
Tel: +55 - 11 - 5687 - 5588  
lff@sistronics.com.br

Sistronics Ltda. ist der jüngste Partner von phoenix|x-ray. Die Firma ist seit 1985 auf dem brasilianischen Markt tätig und Exklusiv-Vertreter einer Reihe namhafter Hersteller von Investitionsgütern für die Elektronikindustrie.

### OSTEC Enterprise Ltd.

4, Ivana Franko Str.  
121108 Moskau  
Russland

Kontakt: Herr Mikhail M. Touzov  
Tel: +7 - 095 146 0704  
ostec.e@ru.net

OSTEC Enterprise Ltd. ist ein junges Unternehmen, welches seit dem Jahr 2001 Mikrofokus-Röntgensysteme von phoenix|x-ray in Russland vertreibt. OSTEC Enterprise Ltd. betreut die Kunden im Bereich Baugruppenmontage und Halbleiterfertigung.



### Impressum

the x-ray times, Kunden- und Mitarbeiterzeitschrift der phoenix|x-ray Systems + Services GmbH

### Anschrift:

Niels-Bohr-Straße 7  
31515 Wunstorf  
Deutschland  
Tel: +49 50 31.1 72-0  
Fax: +49 50 31.1 72-299

### Redaktion:

Ilka Döring - idoering@phoenix-xray.com  
Dr. Holger Roth - hroth@phoenix-xray.com