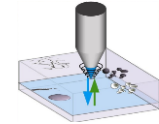


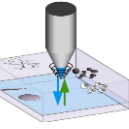
声学显微镜

Acoustic Microscopy



主要内容

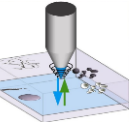
- 一. 基础知识
- 二. 超声波扫描微成像工作原理
- 三. 超声波检测设备的参数
- 四. 超声波成像应用举例



1. 简介

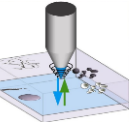
- **声学显微镜**是一种利用**声波对物体进行成像**的显微镜。
- **声波** (Acoustic Wave) 是分子的振动在空间的传播，当某个区域的分子受到强迫振动时，周围的分子也会产生振动而使这种振动向前传播。
- 人耳可以感受的声波频率范围20-20kHz，低于20Hz的声波称为次声音，高于20kHz的称为**超声波**。声学显微镜普遍采用**高频或超高频超声波** (**5M~100GHz**)。





Basics of Ultrasound (超声波基础)

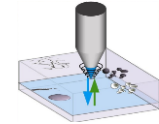
- An ultrasound wave cannot propagate through a vacuum at any frequency or through air at frequencies above 10 MHz.
- (任何频率的超声波都不能穿透真空。当超声波频率大于10MHz时, 也很难穿透空气。)
- The pressures generated at the focal spot are in the micro Joule range and are not harmful to even moderately delicate samples. The pulse in the acoustic microscope has very low energy in comparison.
- (声学显微镜使用的超声波的频率和能量一般对人体和样品无害。)



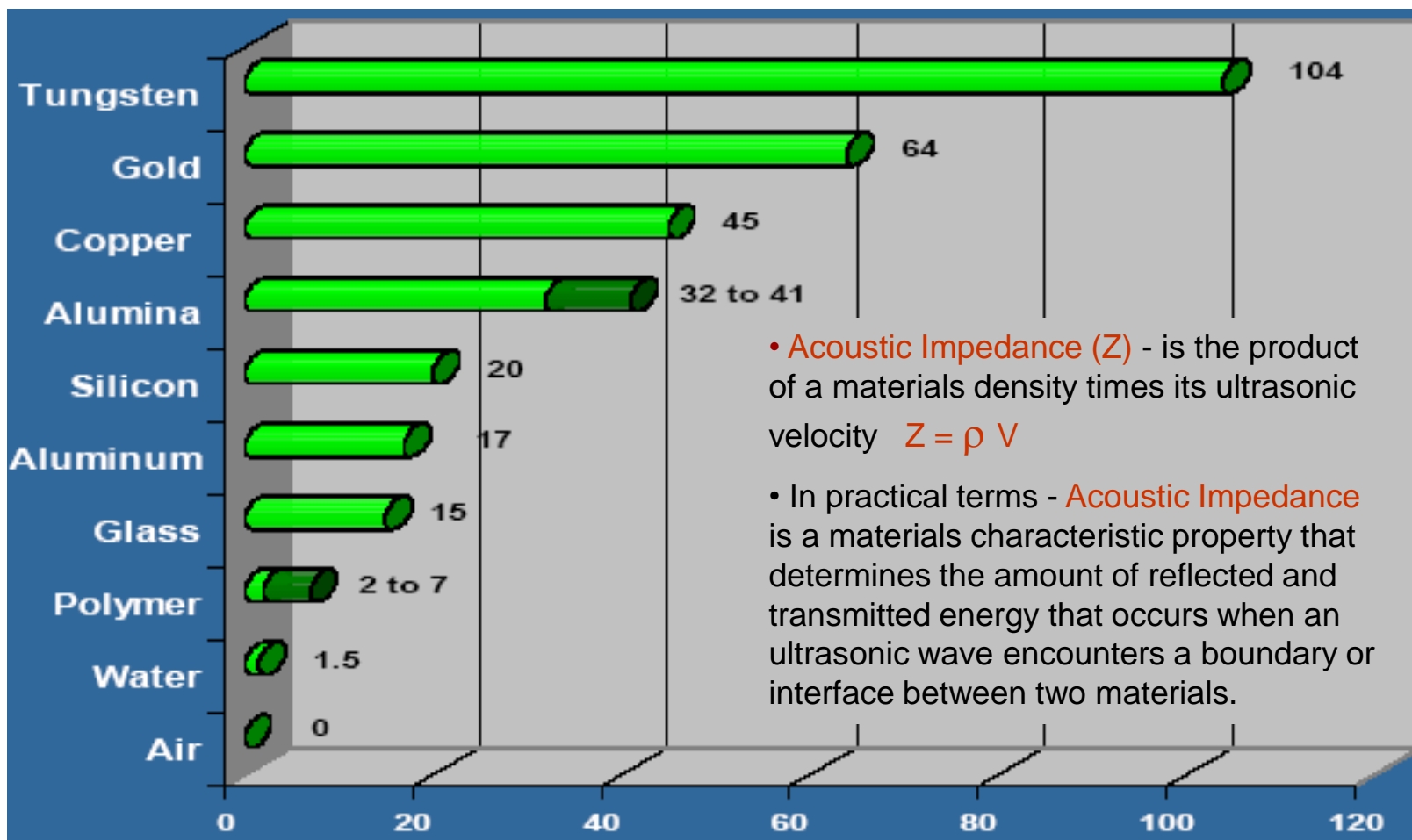
Ultrasound at Interfaces

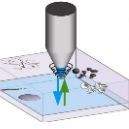
(界面处的超声波)

- When an ultrasound pulse impinges on an interface, part of the energy is reflected and part transmitted.
- 在界面处的超声波，有些会被反射，有些会穿过该界面。
- The relative strength of the transmitted (T) and reflected (R) ultrasound at an interface is governed by the *acoustic impedance* of the materials on each side of the interface.
- 在界面处超声波反射和穿过的相对强度是由界面两边物质的声阻抗决定的。
- **Acoustic Impedance (Z)** - the product of the density of the material and the velocity of ultrasound ($Z = \rho V$).
- **声阻抗**是物质的密度和超声波在该物质中的传播速度的乘积。



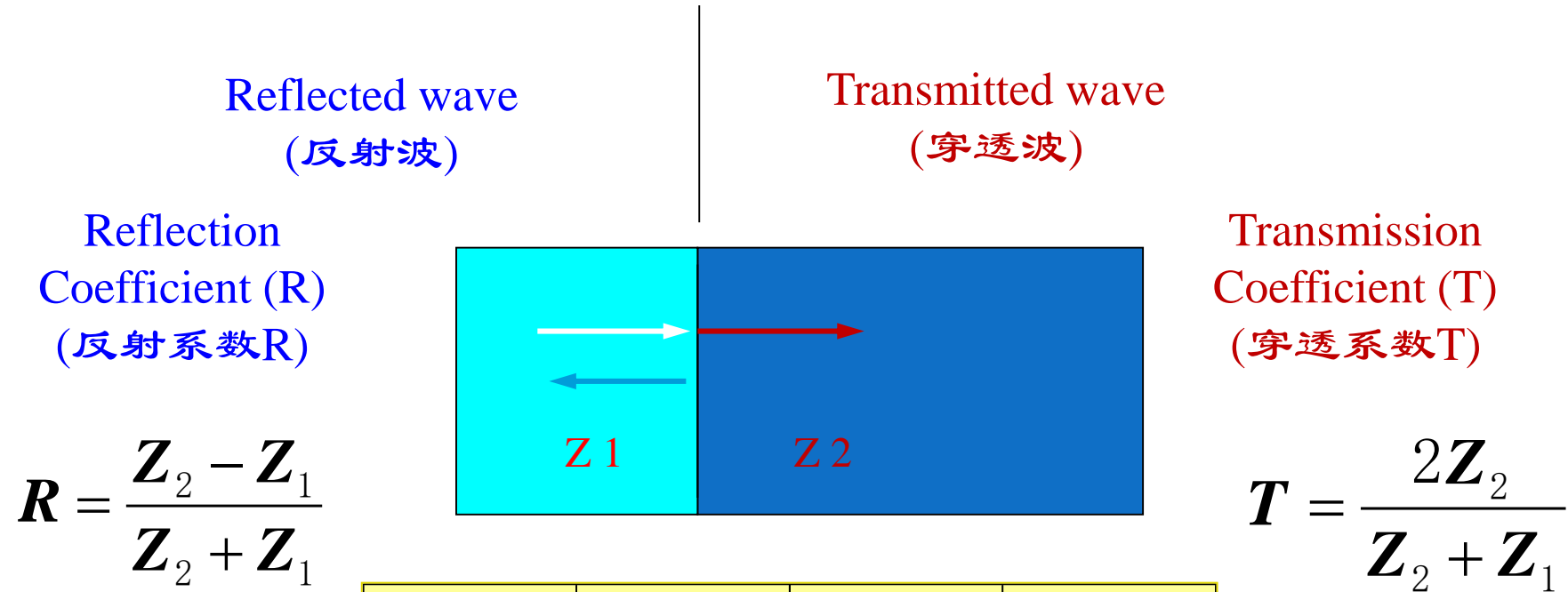
Acoustic Impedance of Materials (常见材料的声阻抗值)





Ultrasound at Interfaces

(垂直入射到界面的超声波)



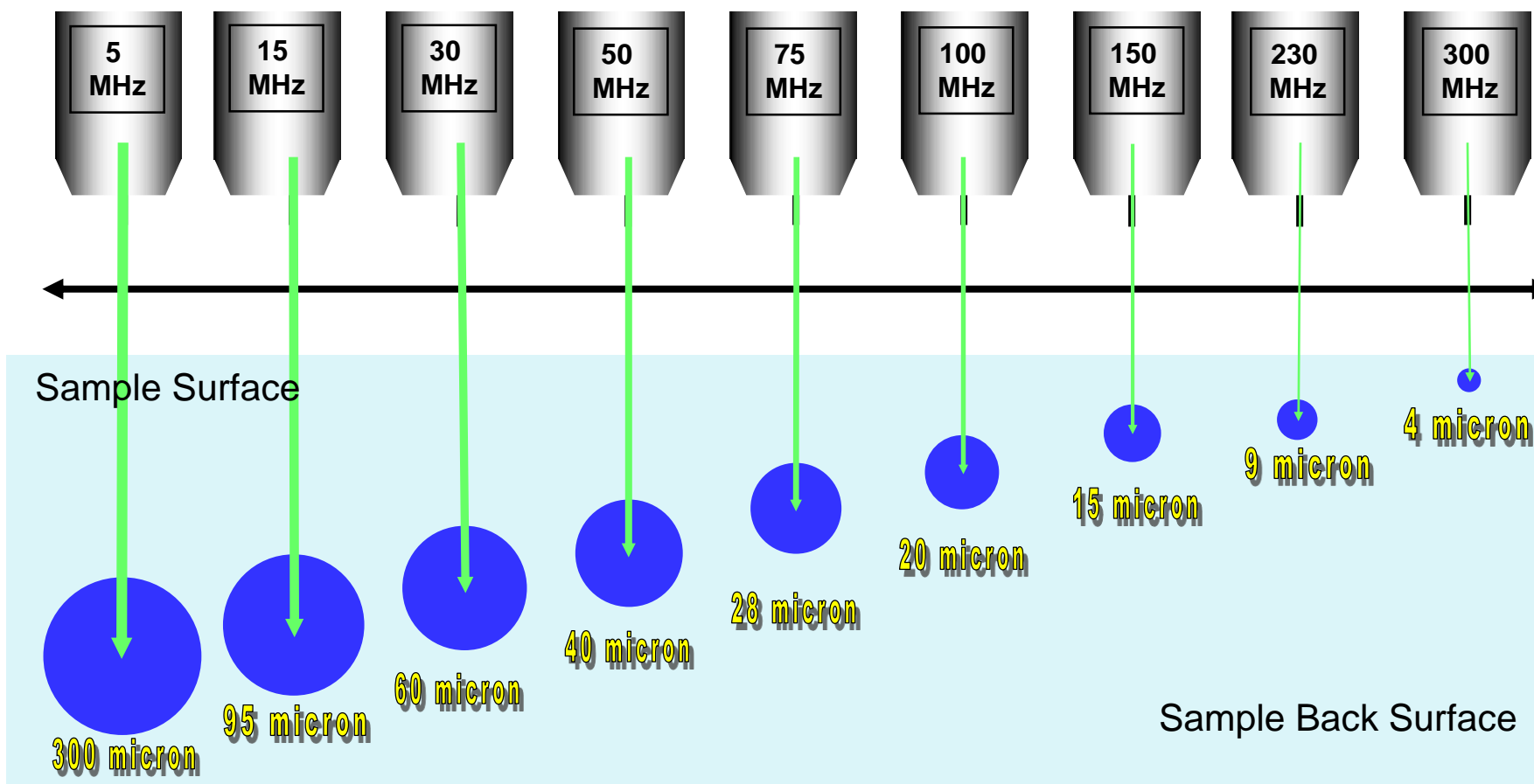
Material 1	Material 2	R (%)	T (%)
Plastic	Air	-100	0
Ceramic	Plastic	-82	18
Copper	Plastic	-87	13

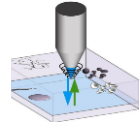
Frequency, Resolution and Penetration

(频率、分辨率和穿透力)

Low Frequency
Greater Penetration

High Frequency
Higher Resolution



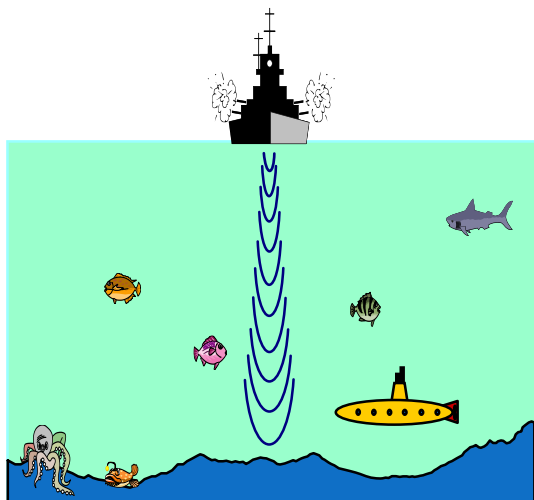


Frequency, Resolution and Penetration (频率、分辨率和穿透力)

- Higher frequency, ↑higher resolution, ↓lower penetration.
- 更高的频率，则拥有更高的分辨率，更低的穿透能力
- Thicker parts require lower frequencies to maintain penetration depth.
- 更厚的样品需要较低频率的探头来维持较好的穿透厚度
- Higher attenuation materials such as plastics require lower frequencies.
- 高衰减的材料：如塑料等要求较低频率
- Lower attenuation materials such as Si can be inspected using higher frequencies.
- 低衰减的材料：如硅材等能使用较高频率来扫描检测

Classification

(超声波功能仪器的分类)



声纳：

分辨率范围

m-cm

频率范围

20KHz-500KHz



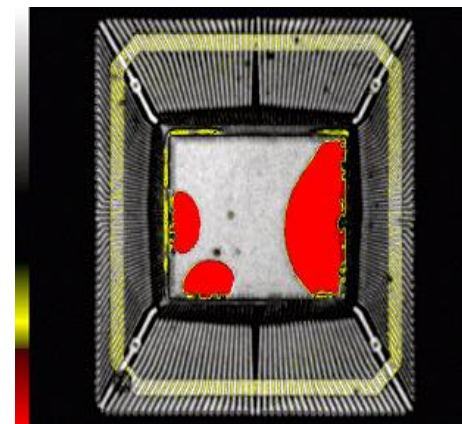
医用 B超：

分辨率范围

cm-mm

频率范围

500KHz-1MHz



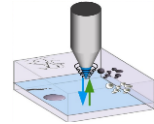
超声波显微镜：

分辨率范围

mm- μ m-nm

频率范围

5MHz-2GHz

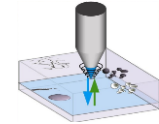


Advantage of Acoustic Micro Imaging

(声波微成像的优点)

- 声波显微成像(AMI)利用高频率的超声波(一般在5MHz以上)探测物体内的结构、缺陷、以及对材料做定性分析。
- 其优点如下：
 - Non Destructive
(**非破坏性**→无损检测)
 - Penetrates most materials
(**能穿透大多数的材料**)
 - Sensitive inspection technique for bond evaluation
(对粘结层面非常敏感)
 - Subsurface structures
(浅表层结构的分析)
 - Mechanical properties
(材料力学性能的检测-非线性超声测试)



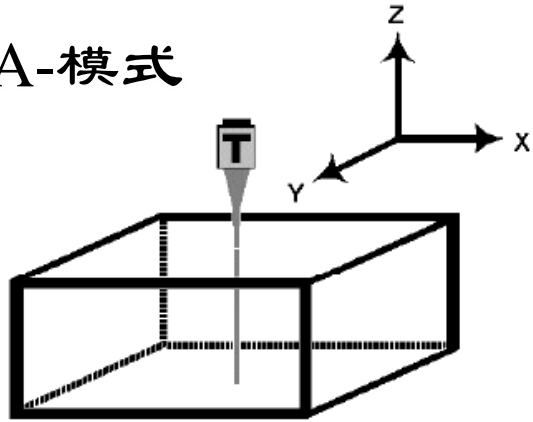


主要内容

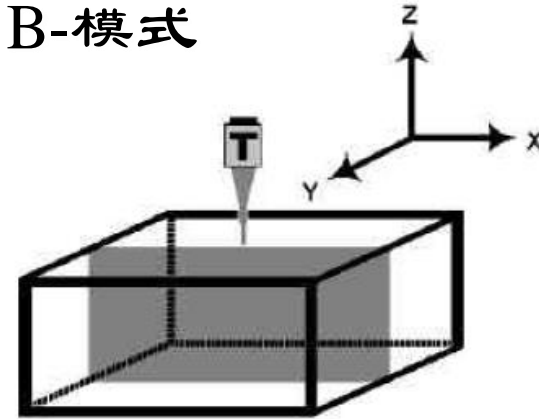
- 一. 基础知识
- 二. 声波扫描微成像工作原理
- 三. 超声波检测设备的参数
- 四. 超声波成像应用举例

声波扫描模式

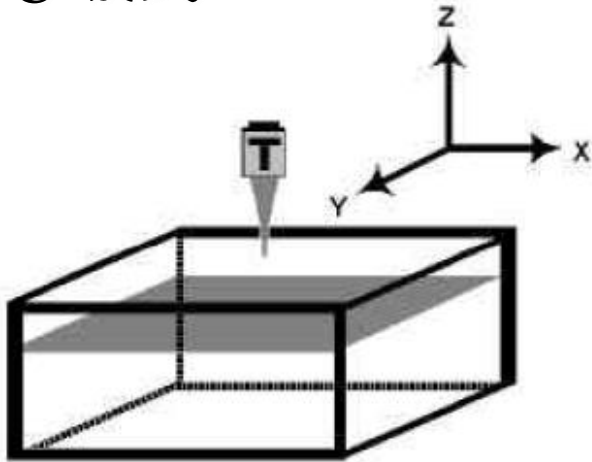
- A-模式



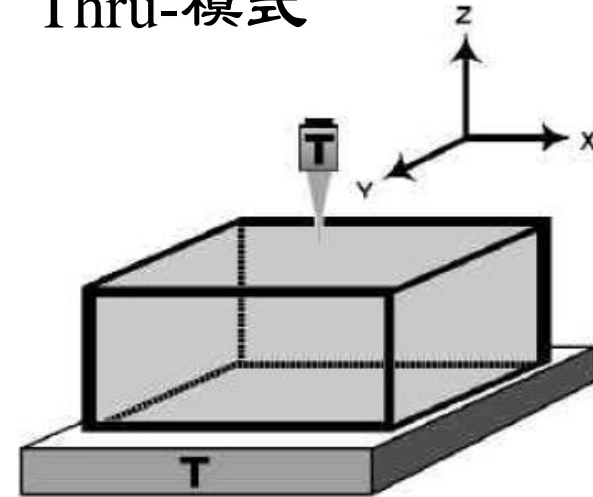
- B-模式



- C-模式

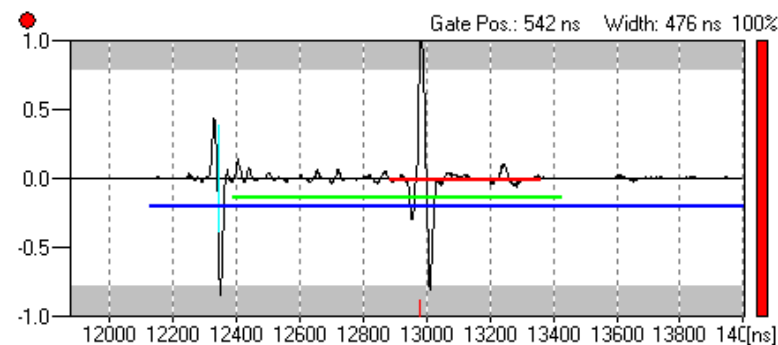
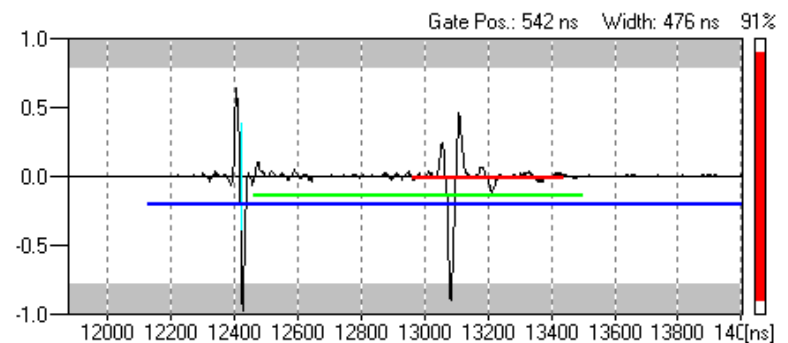
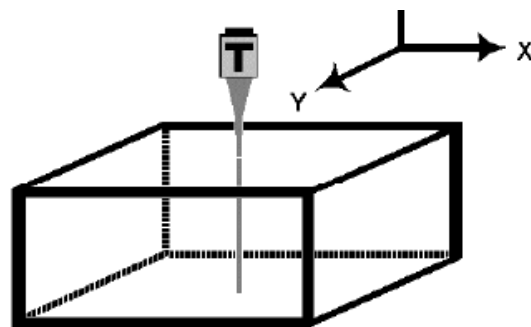


- Thru-模式



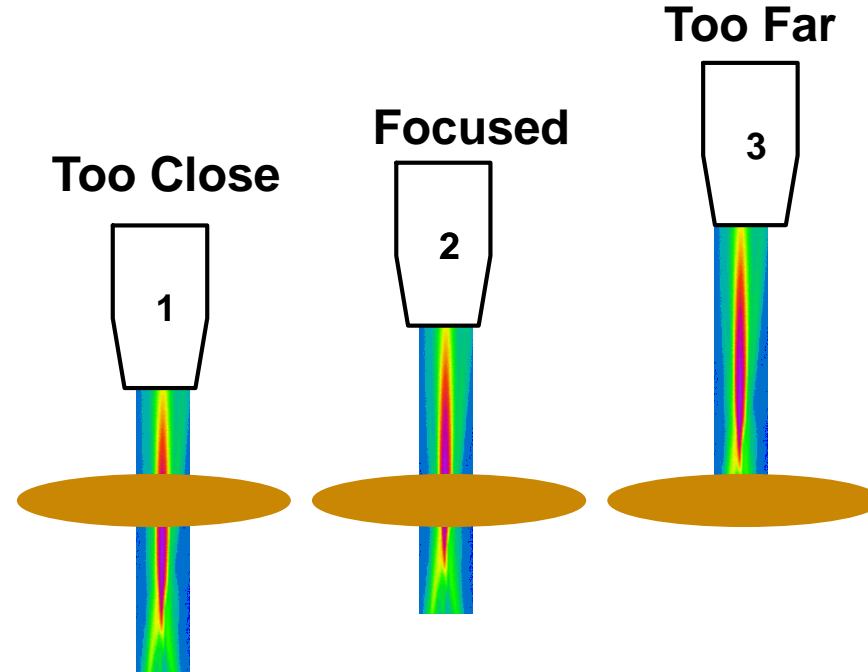
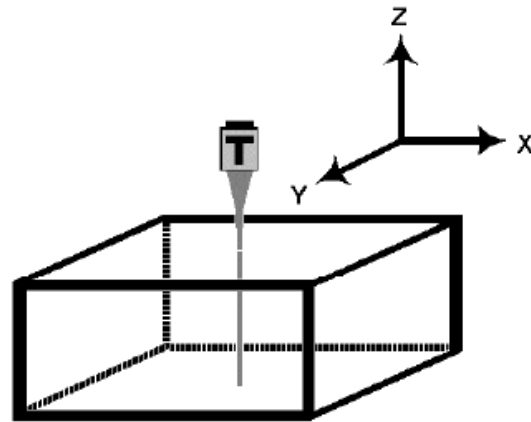
A-模式扫描

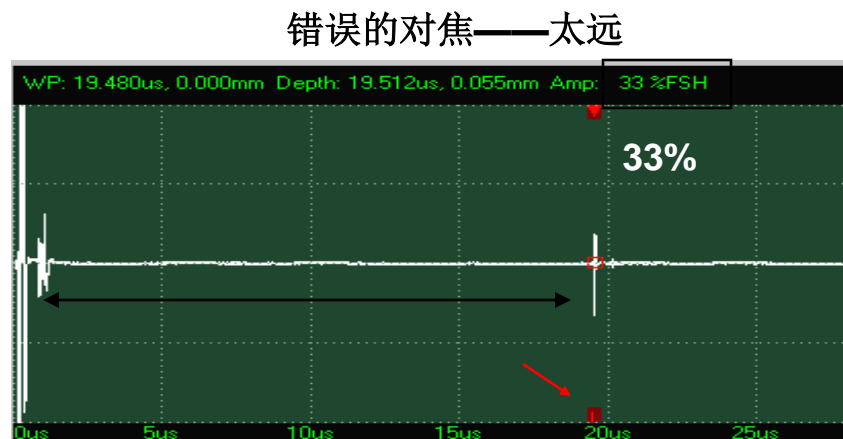
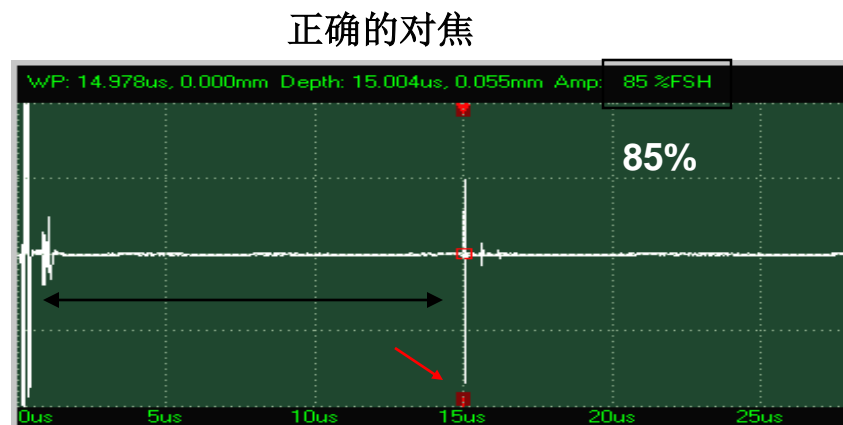
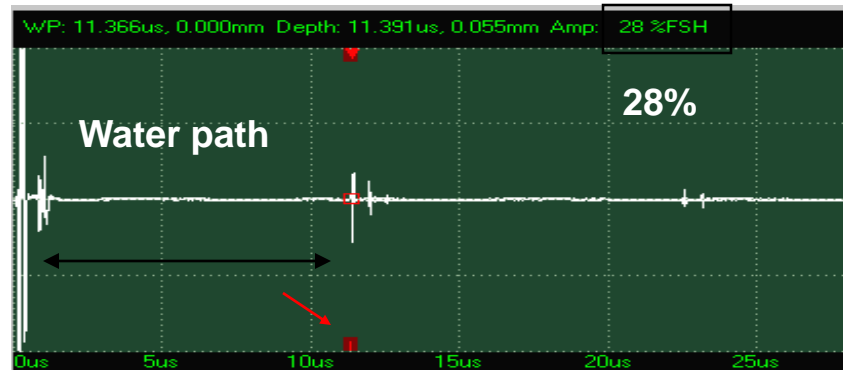
- 发射的超声脉冲保持在样品的某处位置，聚焦在检测深度上，从这点深度上的反射波得到信息。
- A模式扫描是对一个点反射波形的分析，是构成脉冲反射扫描的基础。



A-模式扫描——聚焦

- 声学显微镜的聚焦与光学显微镜的聚焦类似，通过改变检测点与声学探头的位置来实现最优化的对焦。
- 当对焦达到最优化时，反射信号的幅度达到最大。





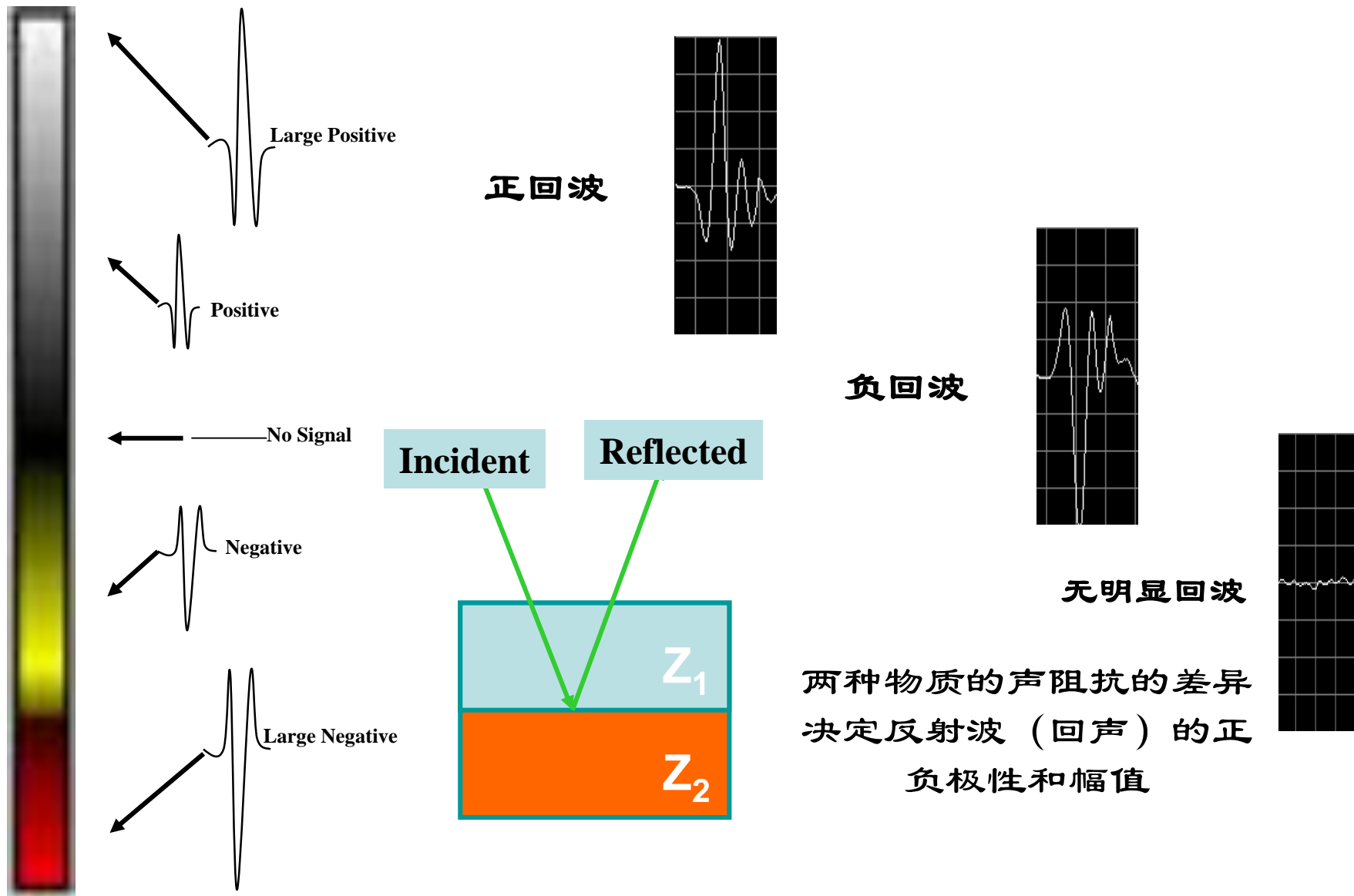
1. 注意信号在不同聚焦位置处的传输时间(红箭头处)

2. 同时注意信号的幅度(白色线框)

3. 正确聚焦时信号幅度最大。

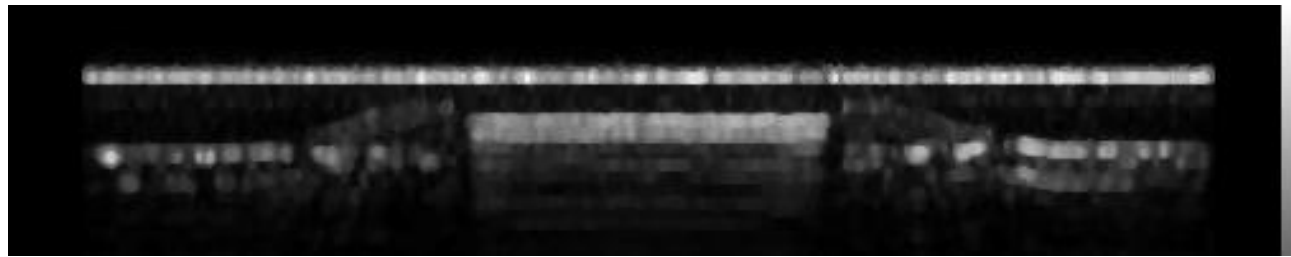
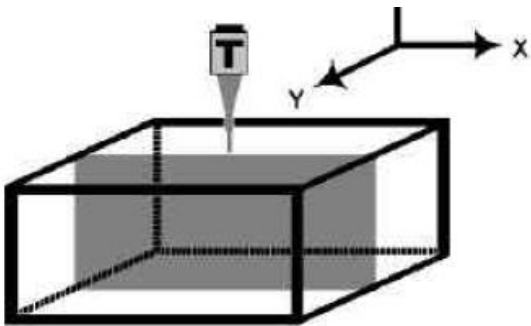
注：信号对焦于硬币的表面

A-模式扫描——回波正负性



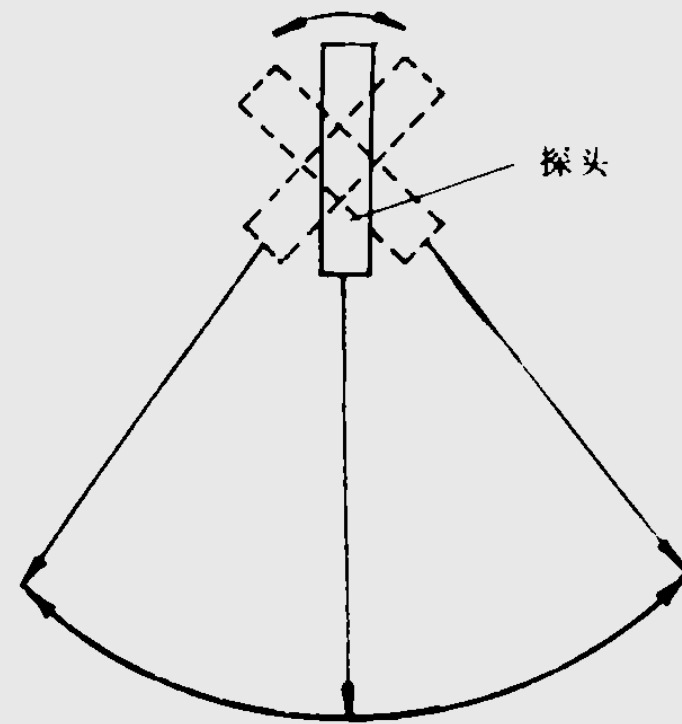
B-模式扫描

- 发射的超声脉冲在 X 方向作机械扫描，在 Z 方向逐步递进，从不同深度上反射波得到信息，得到一幅剖面图像。
- B-模式扫描可用于判断样品纵向结构，模封材料内部裂纹、夹杂物等，并可以大致判断样品缺陷的深度，



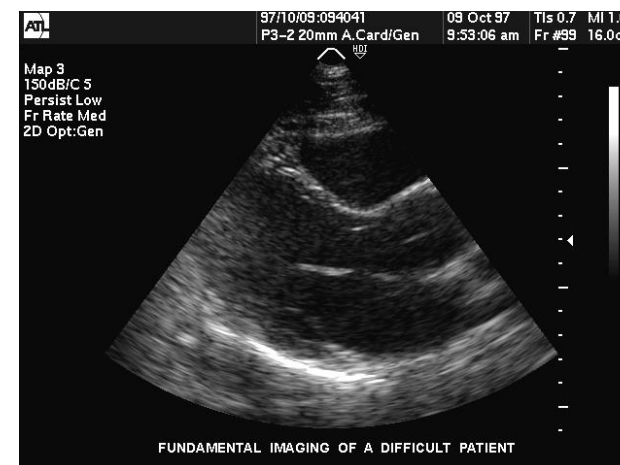
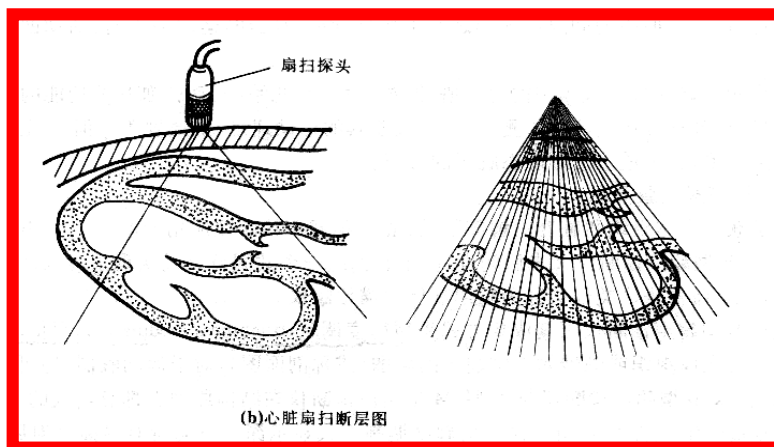
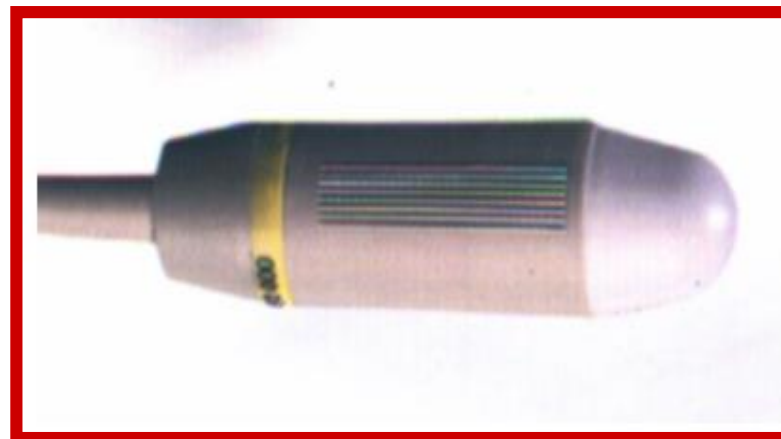
- 摆动式扇扫B超仪

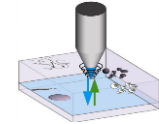
- 摆动式扇扫B超仪探头利用直流电机或步进电机驱动，通过凸轮、曲柄、连杆机构将电机的旋转运动转换为往返摆动，从而带动单个晶体换能器在一定角度(30° - 90° 之间)范围内产生扇形超声扫描。



摆动式扇扫示意图

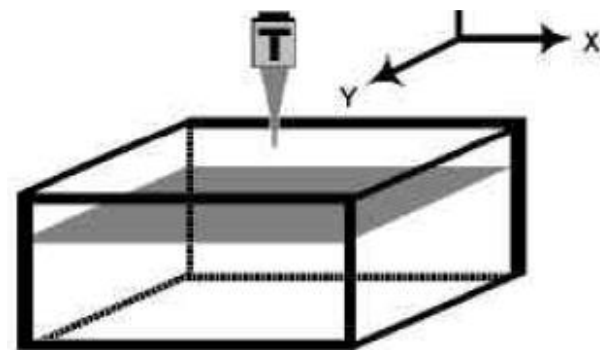
用机械方法摆动或转动换能器以实现超声束在扫查平面内作扇形扫查的方式。

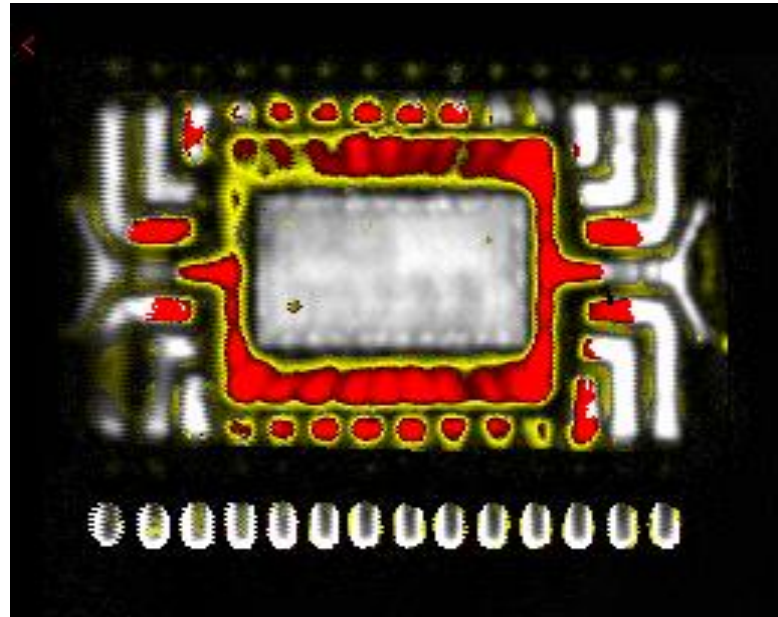
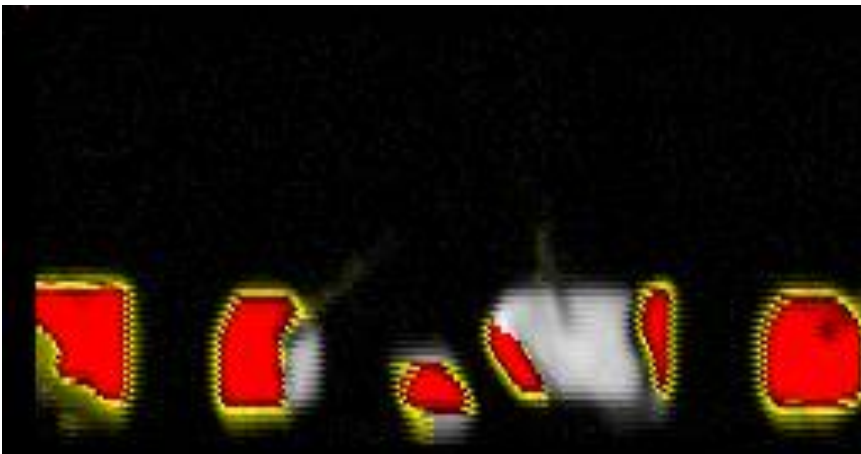
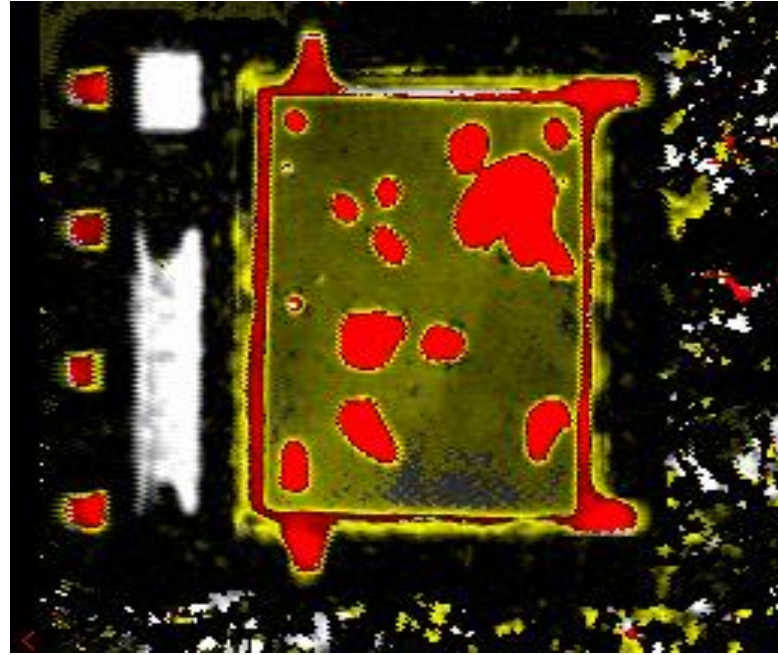
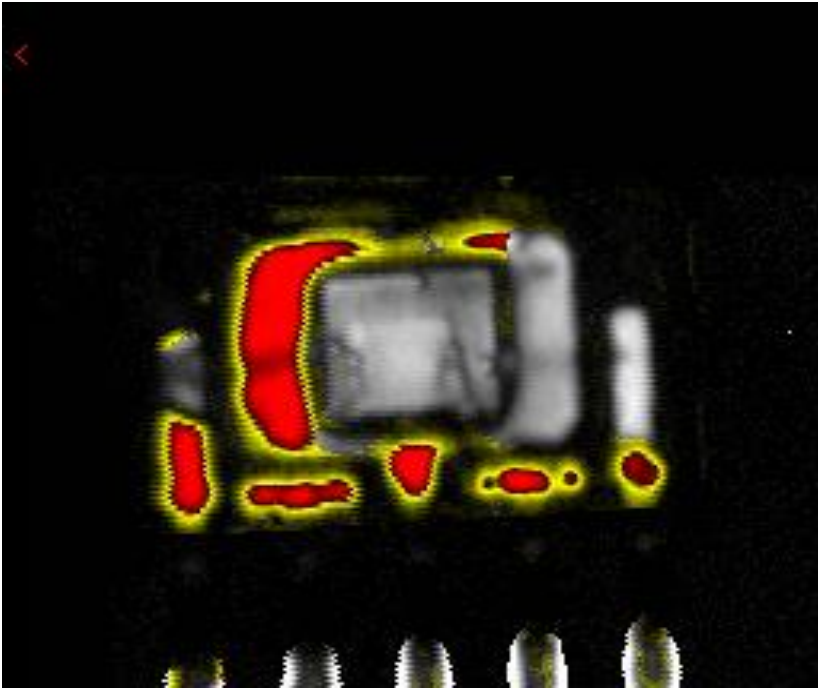
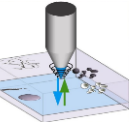


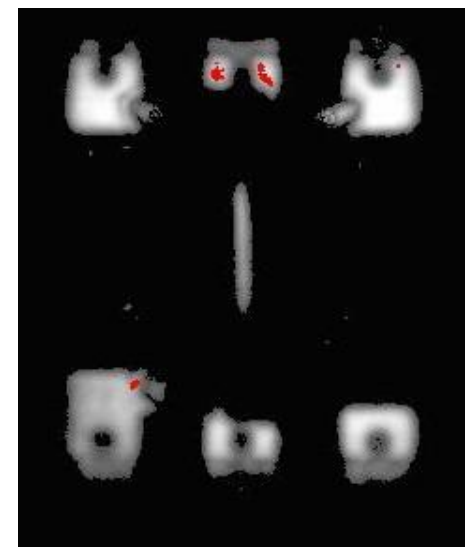
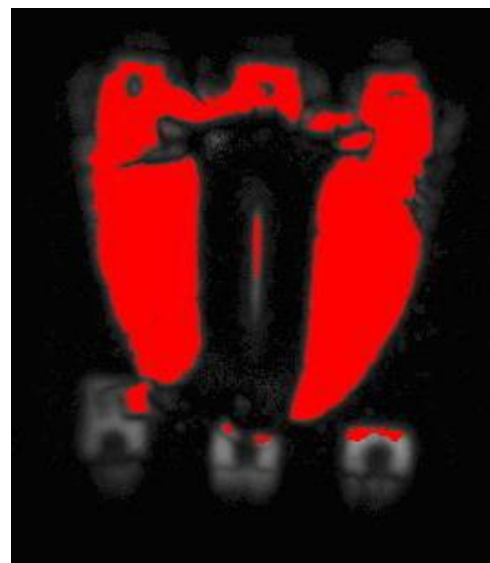
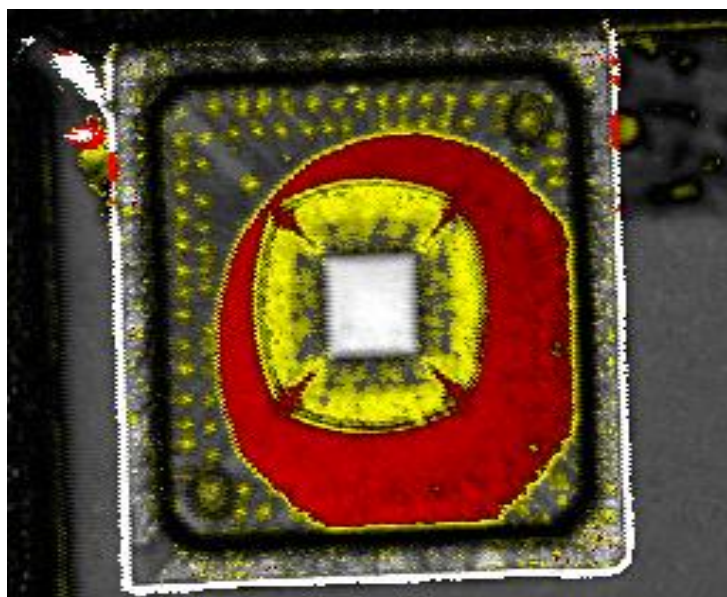
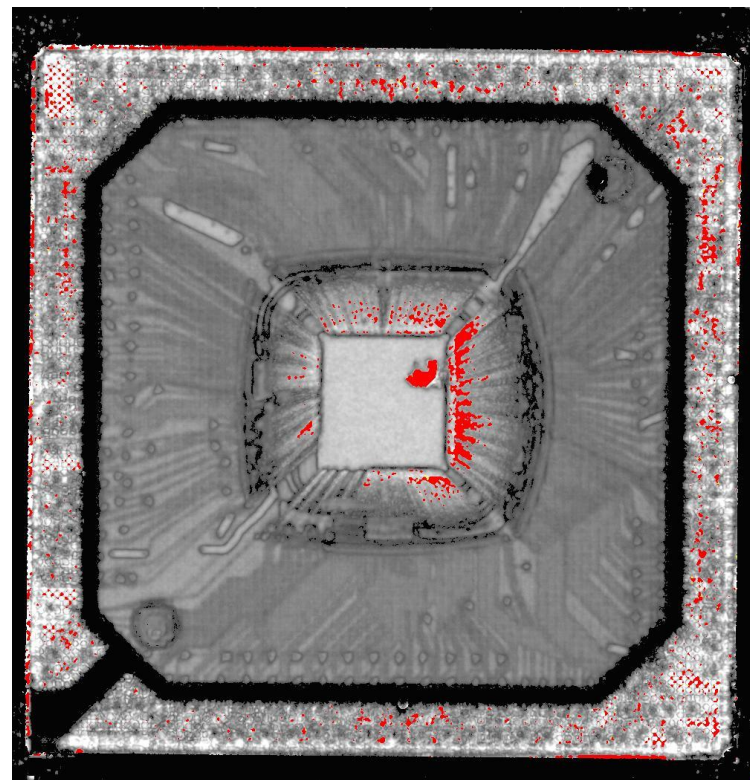
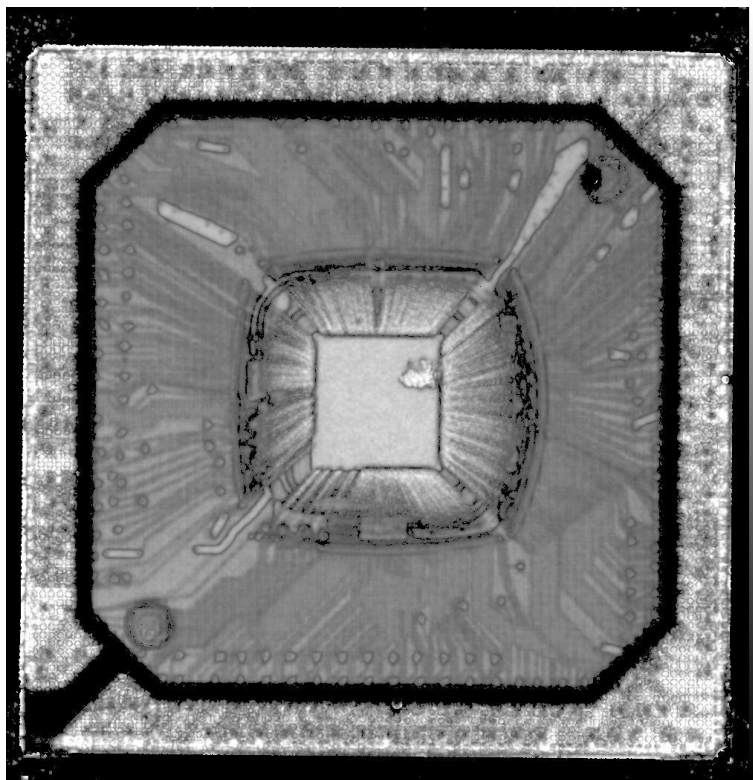
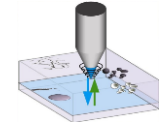


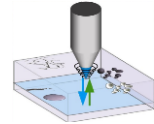
C-模式扫描

- 发射的超声脉冲在Z方向上聚焦，在X方向机械扫描，Y方向逐步递进，产生一幅X、Y方向平面图像。
- C模式扫描是最常用的扫描方式，可以用于判断样品内部界面分层或其他界面异常情况，材料中的空洞、夹杂物，沿检测平面的裂纹等。



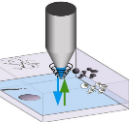




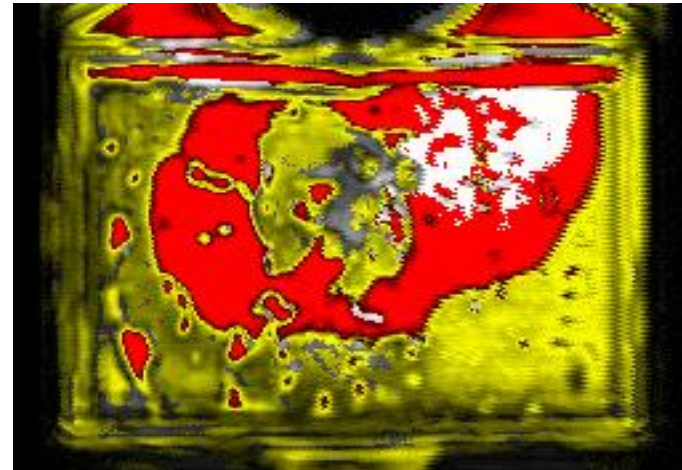
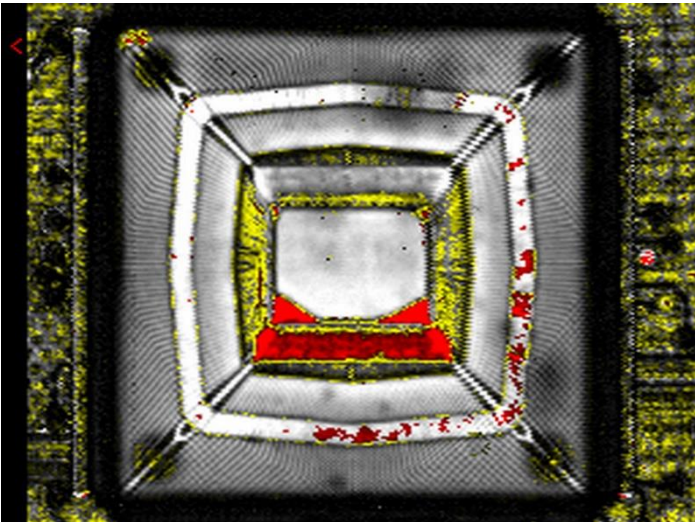
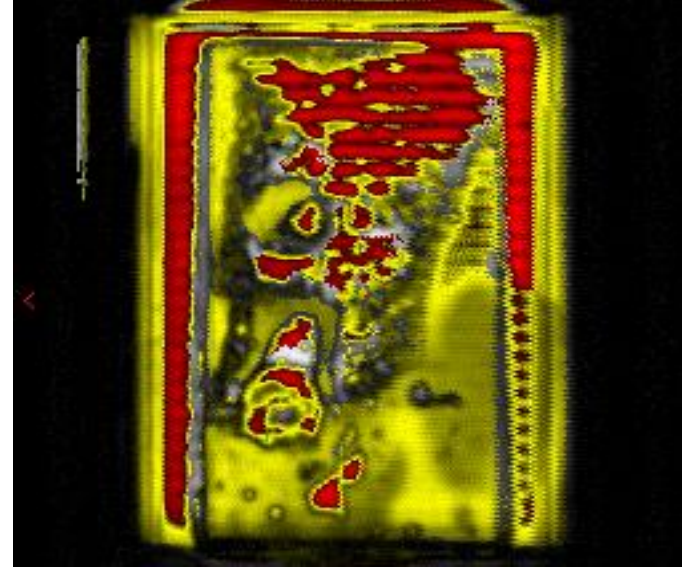
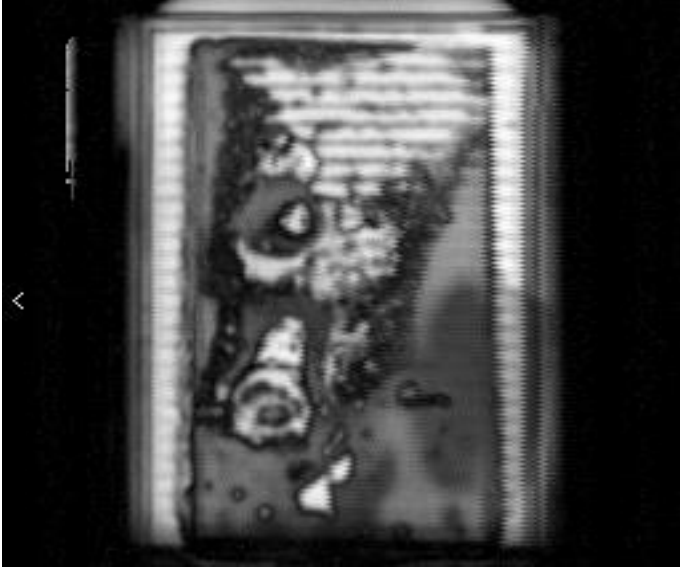


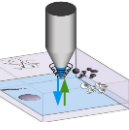
C-模式扫描——成像与着色

- C-模式扫描的成像方式大致有三种：
 1. 根据反射信号幅值进行无极性着色；
 2. 根据反射信号幅值及相位进行双极型着色；
 3. 根据反射信号传输时间(Time of Flight)进行着色。
- 不同厂商的仪器的着色风格不同。

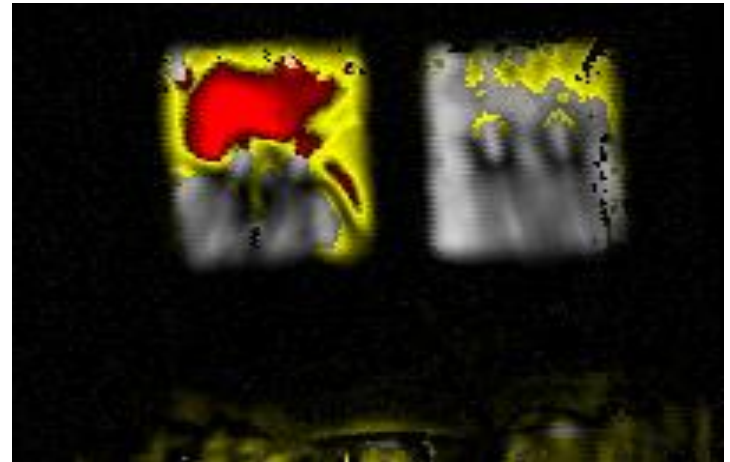
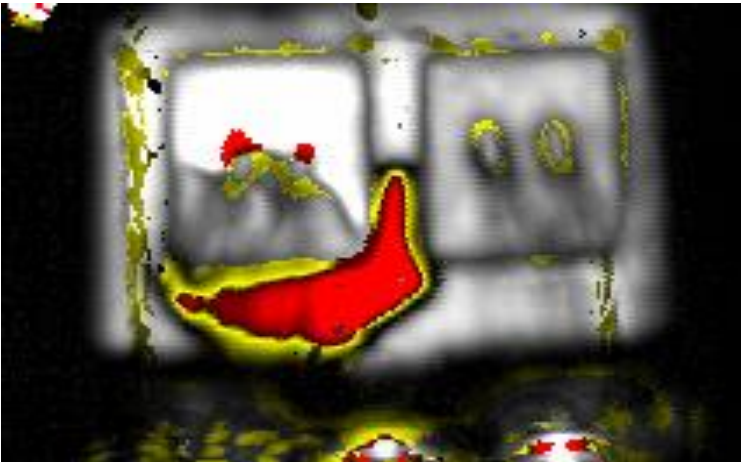
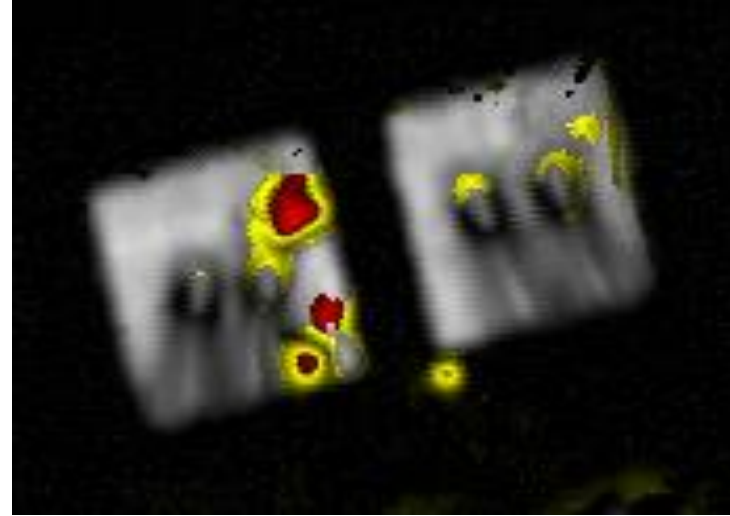
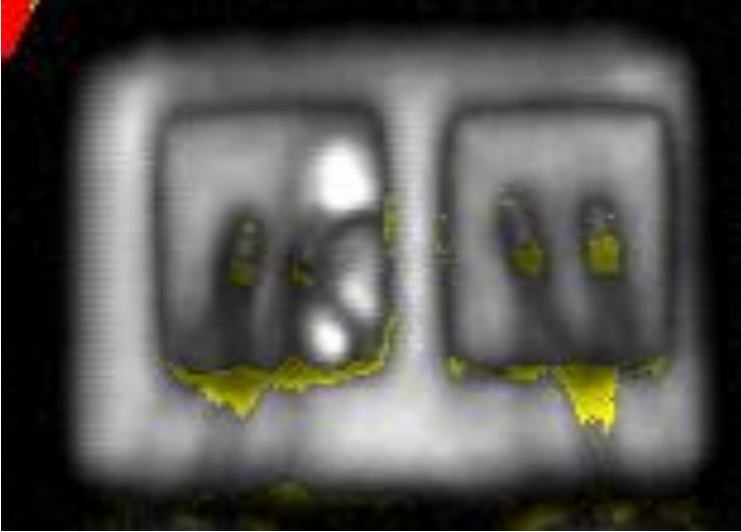


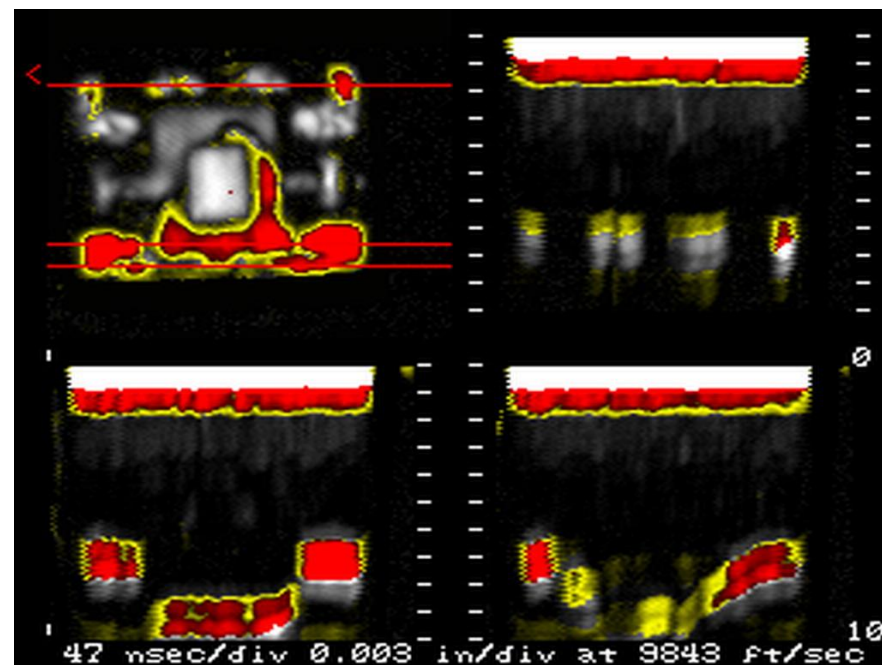
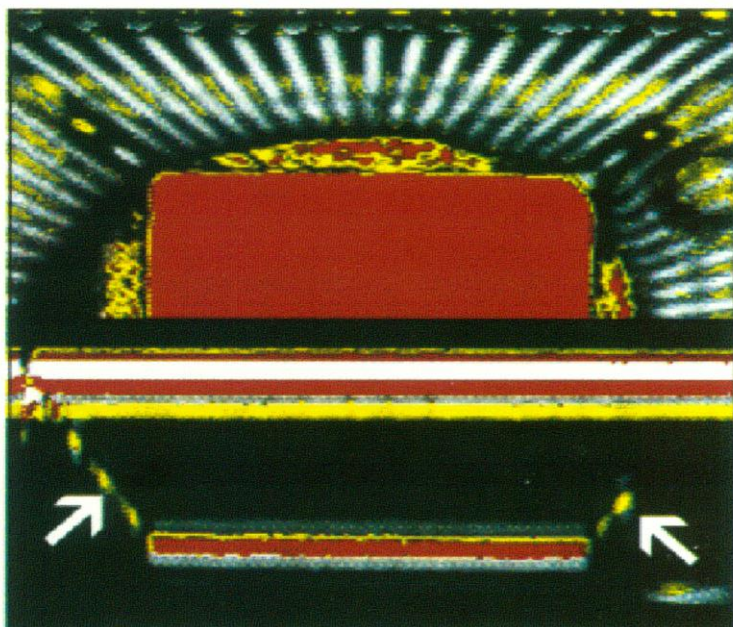
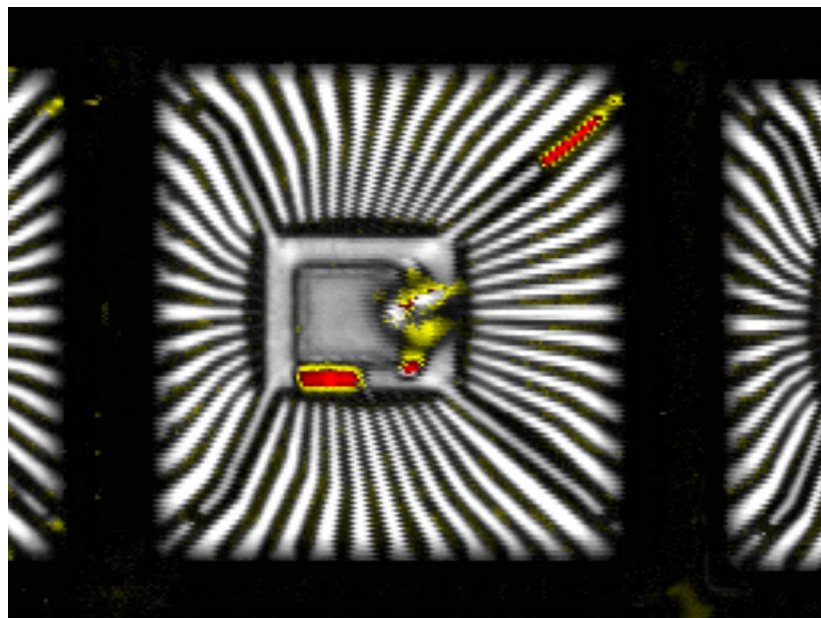
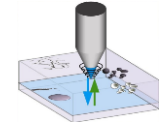
C-模式扫描——成像与着色



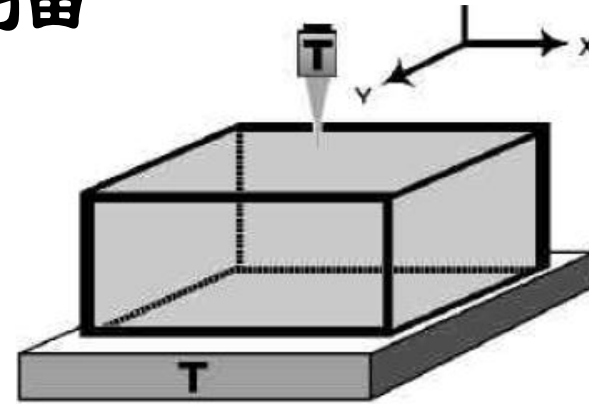


C-模式扫描——成像与着色

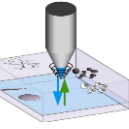




Thru-模式扫描



- THUR-SCAN 是全透式的扫描方式，发射的超声脉冲在样品上方扫描，超声接收器在样品下面接收穿透样品的超声脉冲。如果样品内部某处有缺陷，超声脉冲无法通过，得到一幅黑白分明图像，这功能适合大量样品的快速筛选。



Working Principle (基本工作原理图示)

Two Modes of AMI

(超声波两种工作方式)

1. Pulse Echo or C-Mode Technique

(反射方式)

Level specific (针对特定的层面)

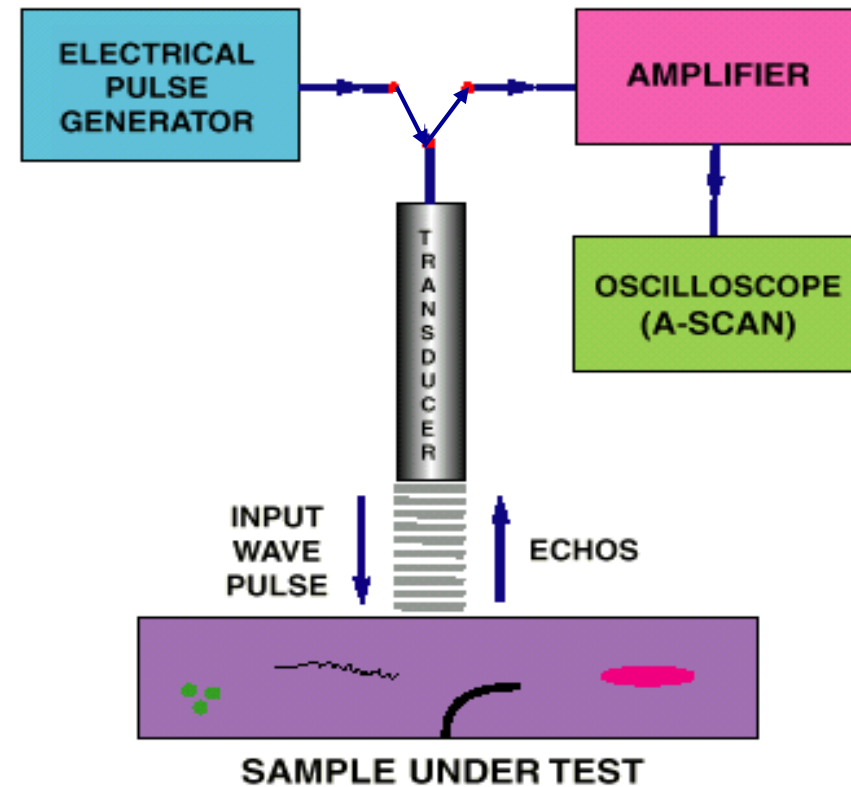
2. Through Transmission or T-Scan

Technique (透射方式)

Entire thickness of the sample

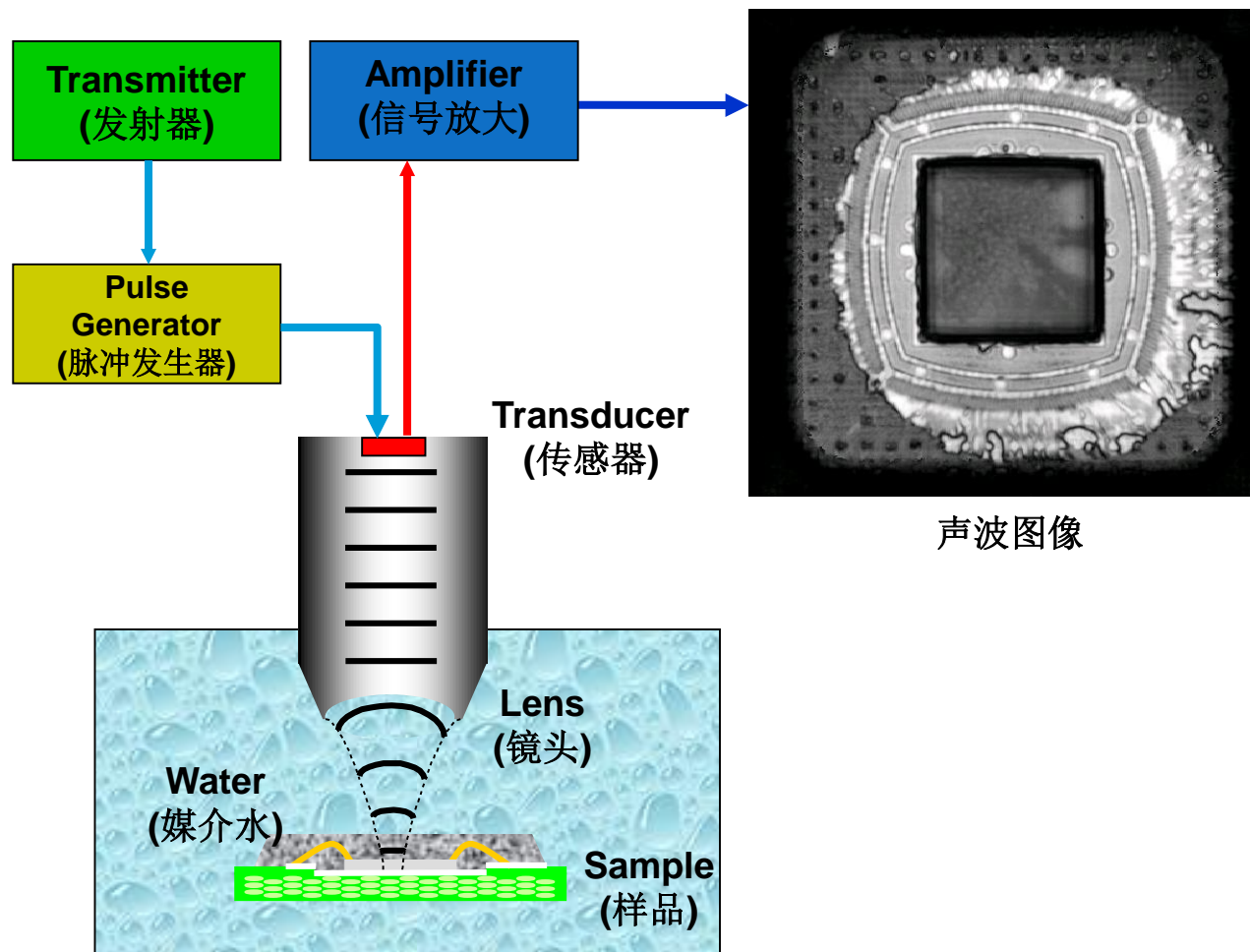
(整个厚度)

BASIC PULSE-ECHO TECHNIQUE



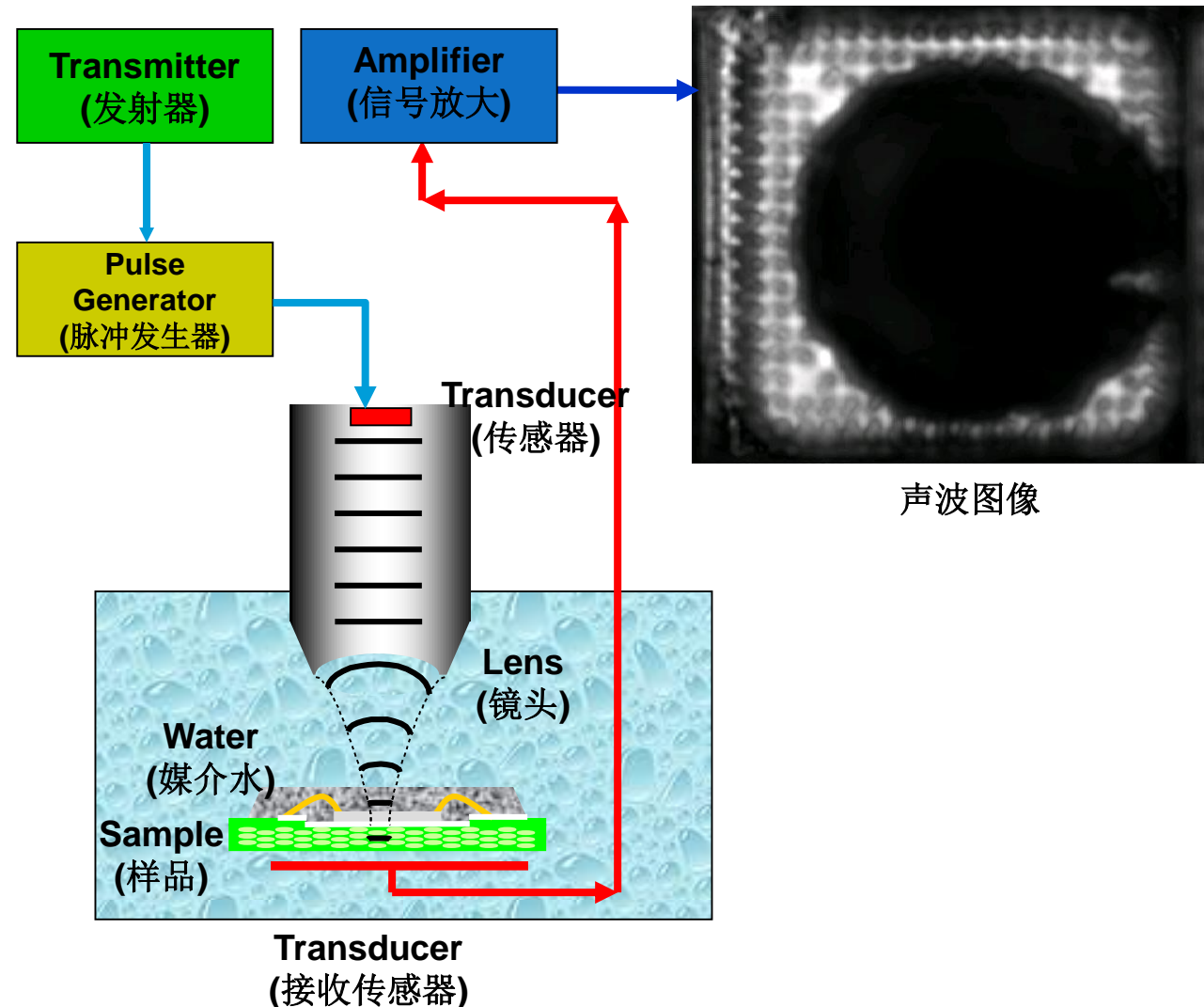
Pulse-Echo or C-Mode Technique (反射方式)

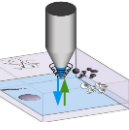
- 产生声波脉冲
- 声波脉冲经过声学透镜聚焦并照射样品的**特定深度**
- 在**特定的时间**接收声波回波
- 回波信号放大处理获得该深度平面的图像



Through transmission or T-Scan Technique (透射方式)

- 产生声波脉冲
- 声波脉冲经过声学透镜聚焦并照射样品
- 接收透过样品的声波
- 透射声波信号放大处理获得图像
- 透射声波反映了样品**整个厚度方向对声波的作用**，如果存在空隙该点声波难以透过

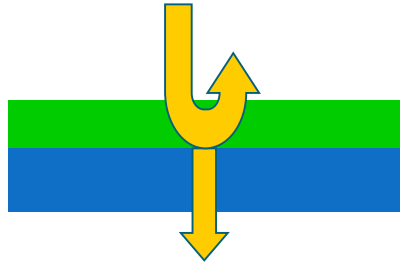




Pulse-Echo vs. Thru-Scan (反射vs.透射)

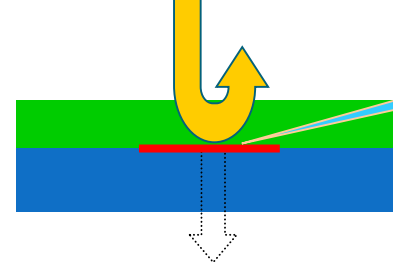
Technique	Result	Comment
Reflection (反射模式)	Ultrasound is reflected more from bad bond than good bond (坏的粘合面反射的能量高过好的粘合面)	<ul style="list-style-type: none">• Interpret Echoes• Isolate Layers• Sharp Pictures (特定的层面, 图像清晰)
Transmission (透射模式)	No ultrasound crosses air gap (难以穿过空气)	<ul style="list-style-type: none">• No ambiguity (不准确)• Composite image throughout entire part thickness• Image may be a little fuzzy (图像不如反射方式清晰)

Some sound reflected



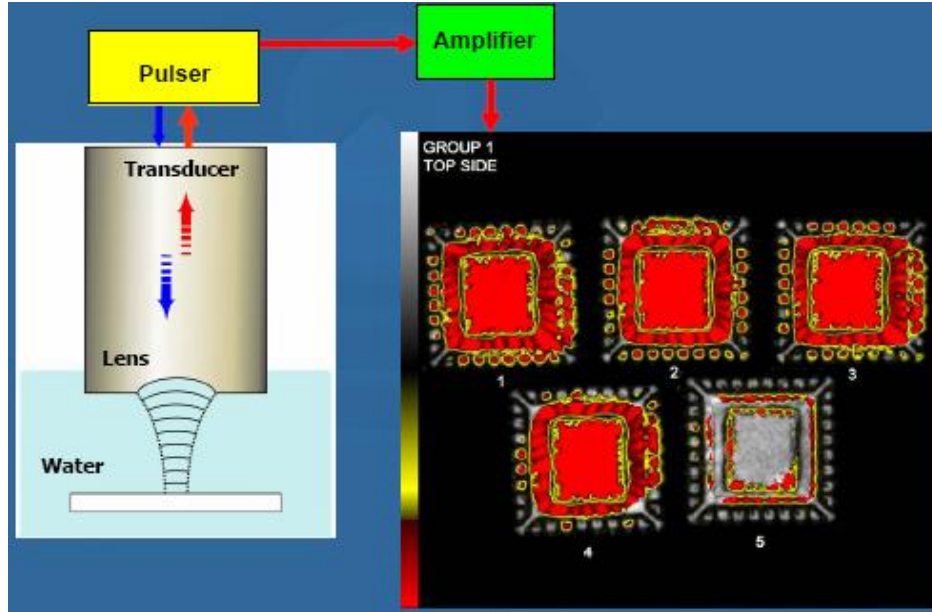
Some sound transmitted

All the sound reflected



No sound transmitted

Pulse-Echo vs. Thru-Scan (反射vs.透射)

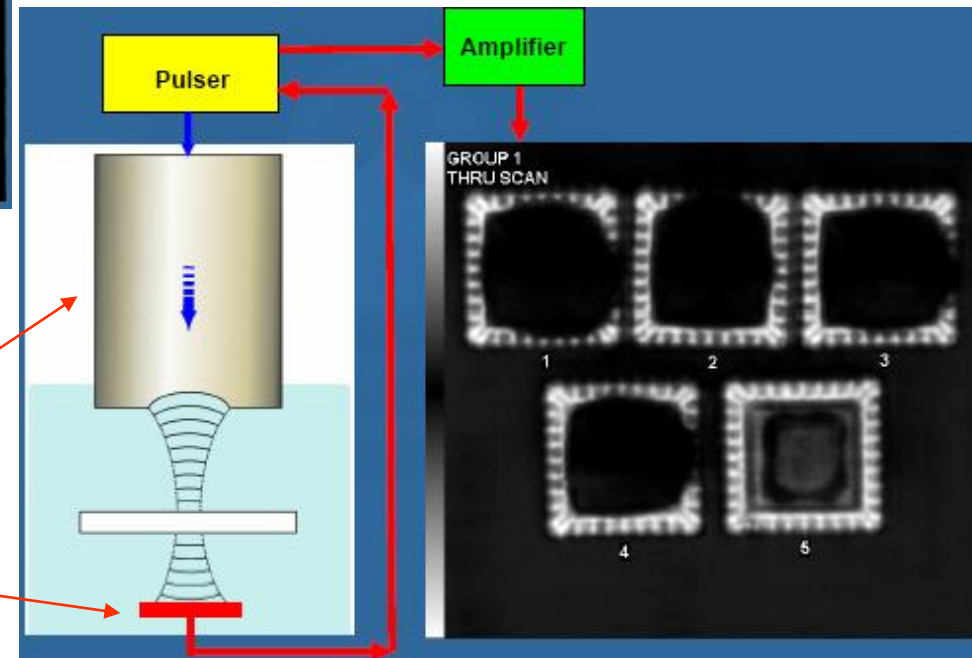


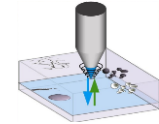
Reflection Mode (反射模式):

One Transducer both sends and receives the ultrasound

Transmission Mode (透射模式):

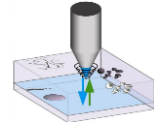
Sending Transducer
Receiving Transducer






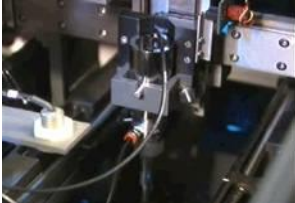
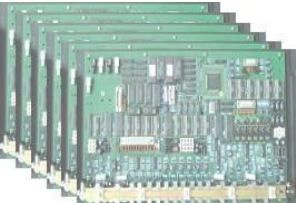

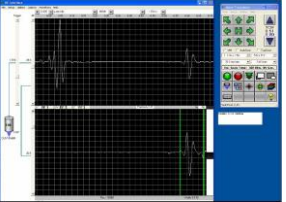
主要内容

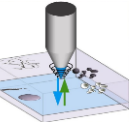
- 一. 基础知识
- 二. 声波扫描微成像工作原理
- 三. 超声波检测设备的参数
- 四. 声波显微成像应用举例



Shared and Specific Components

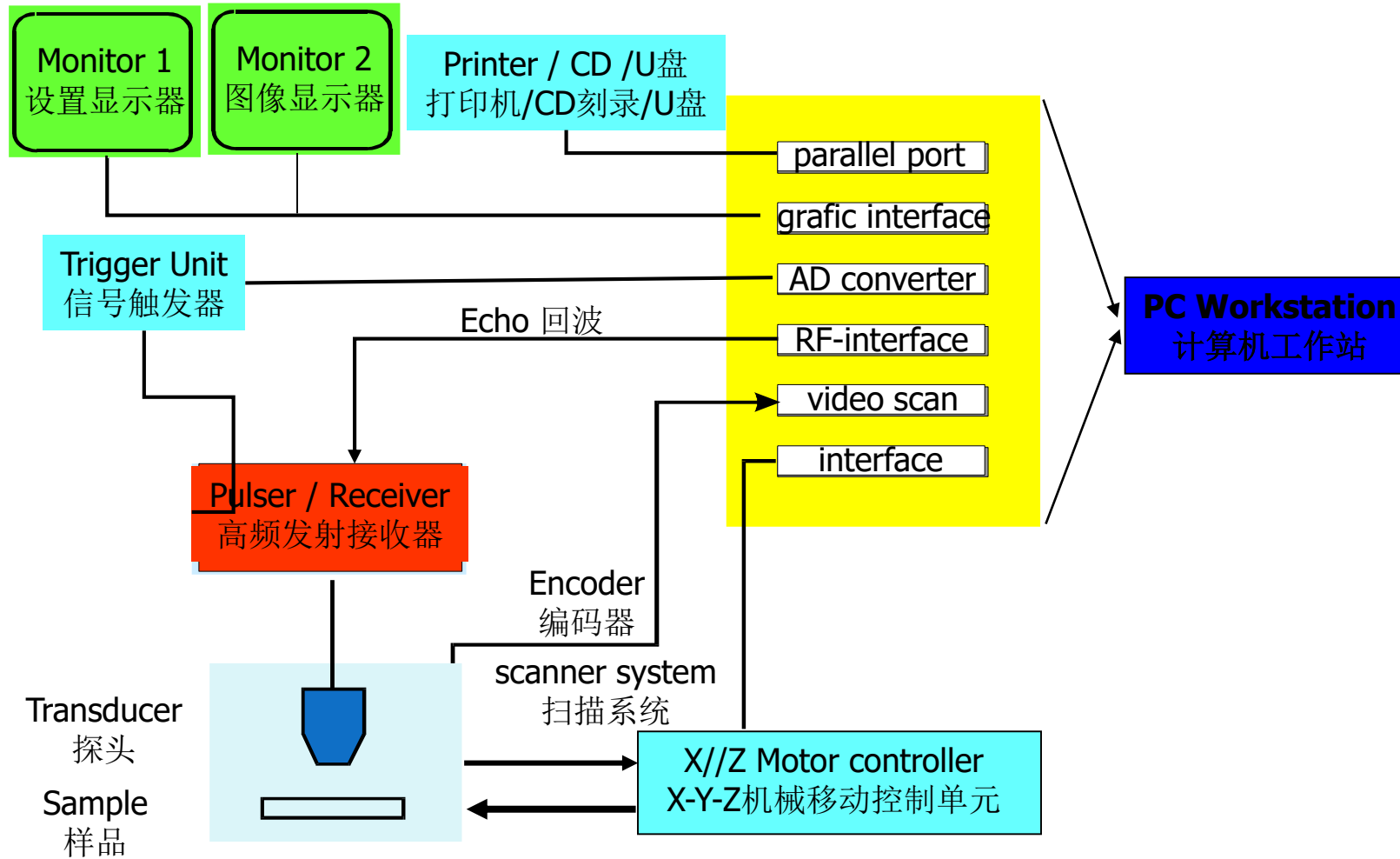
超声波显微镜主要组成部分

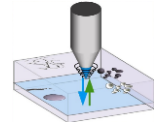
配置图	Transducer 探头	Mechanical Parts 机械系统	Electronics 电子控制系统	Stages 平台	Software 软件
					
主要组成	<ul style="list-style-type: none">• 15-75 MHz• 100-300 MHz• 0.8-1 GHz更高频率• 各种不同聚焦长度的探头	<ul style="list-style-type: none">• X/Y/Z 工作台和轴系• 快速移动和专利平衡和防震系统• 探头装置和连接系统	<ul style="list-style-type: none">• power supply units 供电系统• electronic boards 电控系统• ADC 数模转换• HF electronics	<ul style="list-style-type: none">• Stepper motors 步进马达• Linear motion systems & linear encoders 线性驱动系统和编码器	<ul style="list-style-type: none">• Window XP control software• VHR software• user licenses• Menu setup• Image setup
特定配置	<ul style="list-style-type: none">• 脉冲发生器 / 接收器装置• A, B, C, Q, M, T, LOBE, STAR, 3D, ZIP等等多种扫描模式	<ul style="list-style-type: none">• 水槽• 探头固定架• 其他保护装置和自动系统	<ul style="list-style-type: none">• 2个硬盘和电脑配置• 客制化设计	<ul style="list-style-type: none">• 更明亮的扫描观测范围• Thru-Scan穿透式扫描样品支架• 应用特别设计• 水槽水温恒加热和保持装置	<ul style="list-style-type: none">• 软件设置包• 软件分析包• 图像分析包• 软件保护包• 软件帮助包



Acoustic Microscope Systems

超声波扫描显微镜系统配置





High Frequency Ultrasonic Transducers 不同频率 超声波探头

Transducer parameters:

换能器选择的主要参数：

-- FL (Focal Length)

焦距长度

-- Frequency

频率

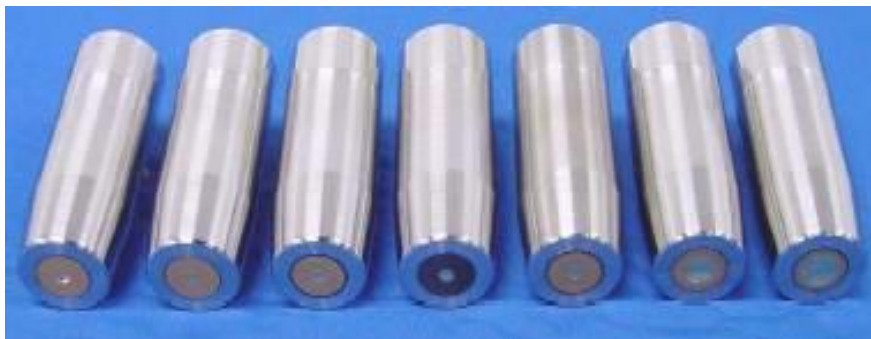
-- Bandwidth

带宽



低频：5 MHz – 50 MHz

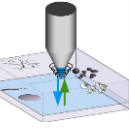
中频：75MHz – 100MHz



高频：230 MHz, 不同聚焦尺寸和F#
更高频率的探头



15, 30, 50, 75, 100 MHz, 使用穿透扫描臂以及瀑布杯 (选项)

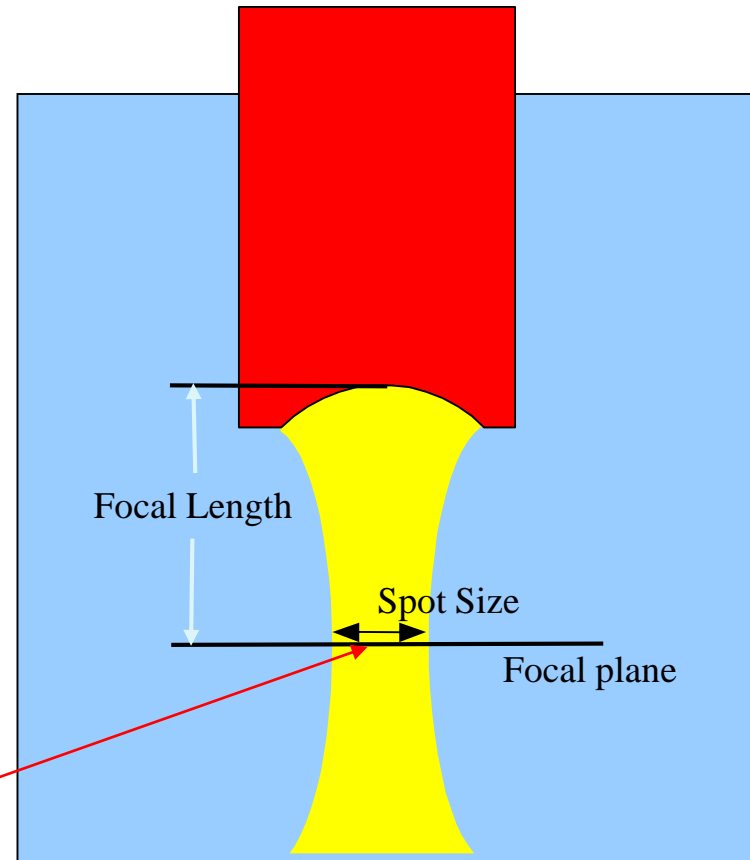


Beam from a Focused Transducer

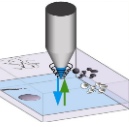
聚焦超声波传感器探头

Hourglass shaped beam that narrows to the spot size at the waist

每一款传感器的Spot Size是由传感器的频率，焦距和镜头半径决定的。



Transducer Resolution
(探头分辨率)



Beam from a Focused Transducer

聚焦超声波传感器探头

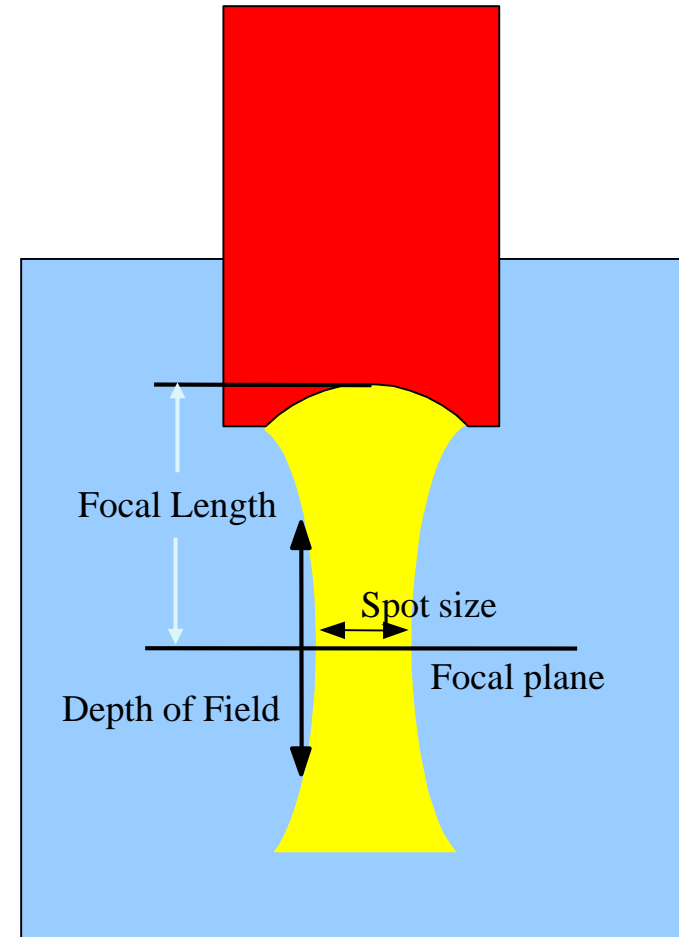
$$F^{\#} = \frac{\text{Focal Length}}{\text{Diameter}}$$

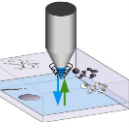
$$\lambda = \frac{\text{Velocity (mm/ms)}}{\text{Frequency (MHz)}}$$

$$\text{束斑直径 } \Delta X = 1.22 F^{\#} \lambda$$

$$\text{分辨率 (反射模式)} = 0.707 \Delta X$$

Hourglass shaped beam that narrows to the spot size at the waist





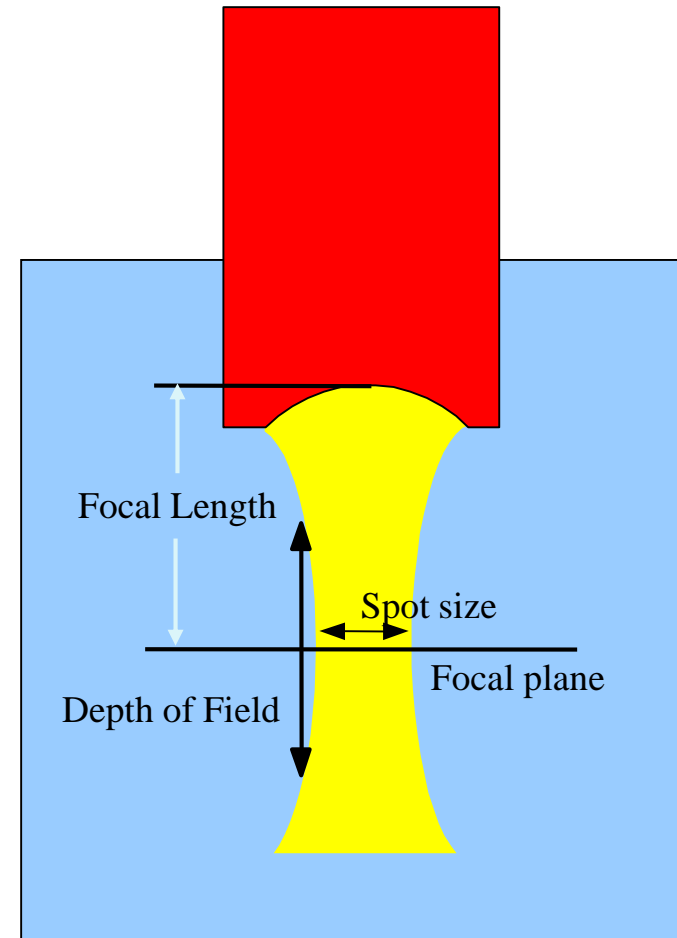
Beam from a Focused Transducer

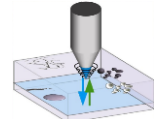
聚焦超声波传感器探头

$$F^{\#} = \frac{\text{Focal Length}}{\text{Diameter}}$$

$$\lambda = \frac{\text{Velocity (mm/ms)}}{\text{Frequency (MHz)}}$$

$$\text{景深} \Delta Z = 7.1(F^{\#})^2 \lambda$$





Special Parameter of Transducers for AMI 超声波扫描探头选择的主要参数

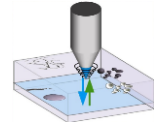
一、分辨率：

超声波显微镜的分辨率主要受**探头的频率**影响，理论分辨率可以达到声波在材料内的**波长L**的 $1/2 \sim 1/3$,

$$L = V / f$$

V：声波在材料内纵向传播速度，f：探头的频率，可见**探头频率越高**，则**分辨率越好**。

但同时可见，超声波显微镜的实际分辨率还受到声波在材料内部纵向传播速度，探头聚焦长度，焦点直径的影响，因此对于不同性质的材料或不同聚焦长度、直径的探头，仪器实际的分辨率是有差异的。

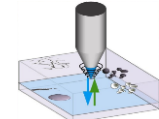


Special Parameter of Transducers for AMI 超声波扫描探头选择的主要参数

二、灵敏度：

超声波显微镜探头的灵敏度影响到仪器分辨率所能达到的水平，一般的探头只能达到波长 L 的 $1/2$ ，而比较好的探头则能达到波长 L 的 $1/3$ 。

影响**灵敏度的因素**主要决定于**探头焦点的直径**，通常来说焦点直径越小，灵敏度越大。但实际的焦点直径非常难精确的测量出来，因为声波聚焦点没有明确的边界，而是以不同灰度形状环绕在一起。目前超声探头焦点直径能做到**微米以下直径**。



Special Parameter of Transducers for AMI 超声波扫描探头选择的主要参数

三、穿透深度：

影响超声波显微镜探头对材料的穿透深度的主要因素

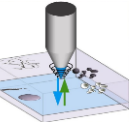
- 探头聚焦声波波束在被检测材料与中间耦合剂之间的折射率

$$N = C_{L, \text{Material}} / C_{L, \text{Water}}$$

$C_{L, \text{Material}}$ ：声波在被检测材料内的纵向速度， $C_{L, \text{Water}}$ ：声波在中间介质中的传播速度（通常用水 $C_{L, \text{Water}} = 1.5 \text{ mm}/\mu\text{s}$ ）；

- 材料对声波的吸收系数：

吸收系数是由材料内部的晶格大小、材料性质、空隙度等决定，因此比较难以仅用探头来决定穿透的深度，还取决于不同的材料，或同一种材料内部的晶格、空隙等因素。



General Application for Different Frequency of Transducers 不同频率探头的应用领域举例

Low Frequency (10-50 MHz):

低频探头 (10MHz – 30MHz):

Anodic bonding, welding structures, packages:

delaminations, defects;

电极封装、焊接内部结构的分层缺陷、杂质、裂纹等

Mid Frequency (50-75 MHz):

中频探头 (50MHz – 75MHz):

BGAs, die attach, die top:

delaminations, defects, cracks;

BGA, 粘晶芯片内部的分层缺陷、杂质、裂纹等;

High Frequency (100-300 MHz):

高频探头 (100MHz – 230MHz):

Delaminations, voids, defects, cracks in thin plastic

packages and flip chips;

薄型塑封器件、倒装焊芯片内部的分层缺陷、杂质、裂纹等;

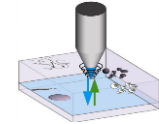
Ultra High Frequency (0.4-2 GHz):

超高频探头 (400MHz – 2GHz):

Nano-voids, cells, defects, boundaries in ceramics

alloys material;

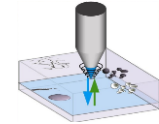
陶瓷, 合金材料中的纳米空洞、颗粒、缺陷、界面;



Typical Parameter C-SAM Transducers

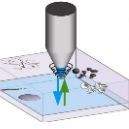
典型超声波传感器探头参数

Frequency	Focal length	Diameter	F#	RESOLUTION		DEPTH OF FOCUS		Optimum scan area
MHz	inches	inches		mils	mm	mils	mm	512x480 (mm)
10	1	0.25	4.00	20.375	0.518	670.866	17.040	264.972
10	0.75	0.38	2.00	10.187	0.259	167.717	4.260	132.486
15	0.75	0.50	1.50	5.094	0.129	62.894	1.598	66.244
20	1	0.25	4.00	10.187	0.259	335.433	8.520	132.486
20	0.75	0.25	3.00	7.641	0.194	188.681	4.793	99.364
20	0.5	0.25	2.00	5.094	0.129	83.858	2.130	66.244
30	0.75	0.25	3.00	5.094	0.129	125.787	3.195	66.244
30	0.5	0.25	2.00	3.396	0.086	55.906	1.420	44.162
50	1	0.25	4.00	4.075	0.104	134.173	3.408	52.994
50	0.5	0.25	2.00	2.037	0.052	33.543	0.852	26.498
100	0.5	0.25	2.00	1.019	0.026	16.772	0.426	13.248
100	0.2	0.25	0.80	0.407	0.010	2.683	0.068	5.300
230 SW	0.15	0.187	0.80	0.177	0.004	1.166	0.030	2.304
230 CP	0.25	0.125	2.00	0.443	0.011	7.290	0.185	5.759
230 MP	0.375	0.187	2.00	0.443	0.011	7.290	0.185	5.759
230 LP	0.5	0.25	2.00	0.443	0.011	7.290	0.185	5.759
230 XP	0.75	0.325	2.31	0.523	0.013	9.931	0.247	6.646
230 MPF3	0.375	0.110	3.41	0.772	0.019	21.673	0.538	9.819
230 CPF4	0.25	0.0625	4.00	0.886	0.022	29.160	0.741	11.518
300 CPF4	0.25	0.0625	4.00	0.708	0.018	24.265	0.616	9.195



主要内容

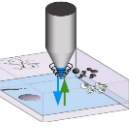
- 一. 基础知识
- 二. 声波扫描微成像工作原理
- 三. 超声波检测设备的参数
- 四. 声波显微成像应用举例



AMI Applications

超声扫描应用

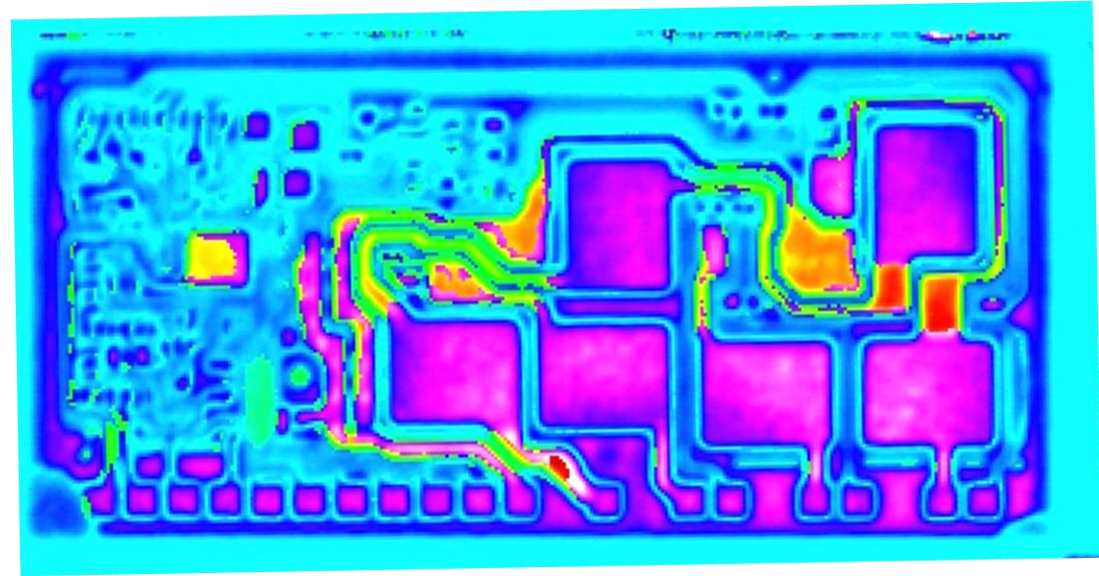
- The applications of acoustic microscopy are virtually unlimited, ranging from life sciences to Electro technology, material sciences, the semiconductor industry and living objects.
- 超声波扫描显微镜具有极其广泛的应用，其主要的应用领域包括半导体、材料科学和生物医学。
- **Material Science 材料科学**
- **Semiconductor 半导体**



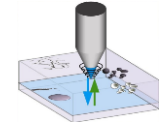
超声扫描成像应用



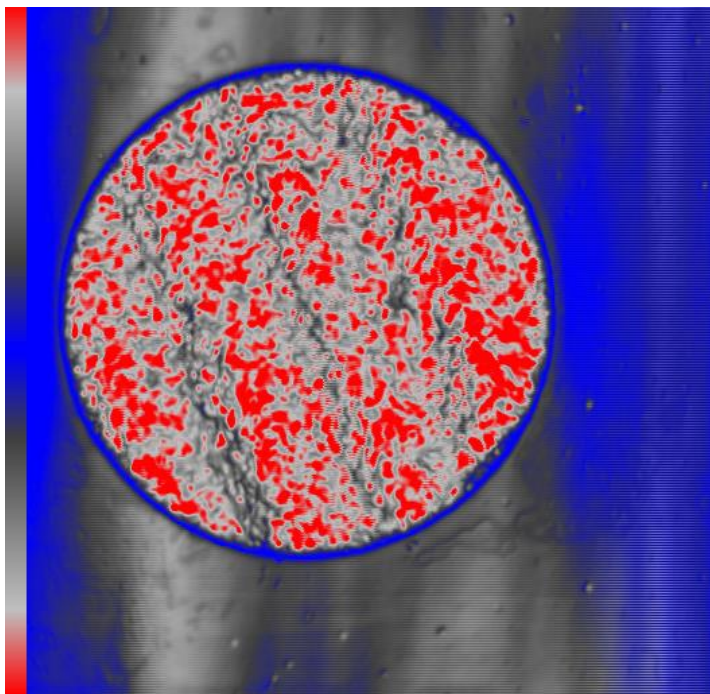
硬币



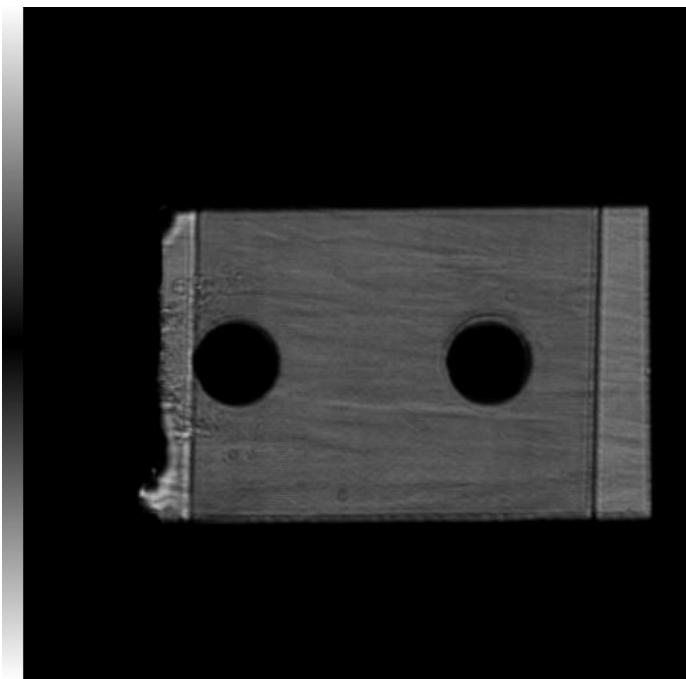
电子器件



超声扫描成像应用

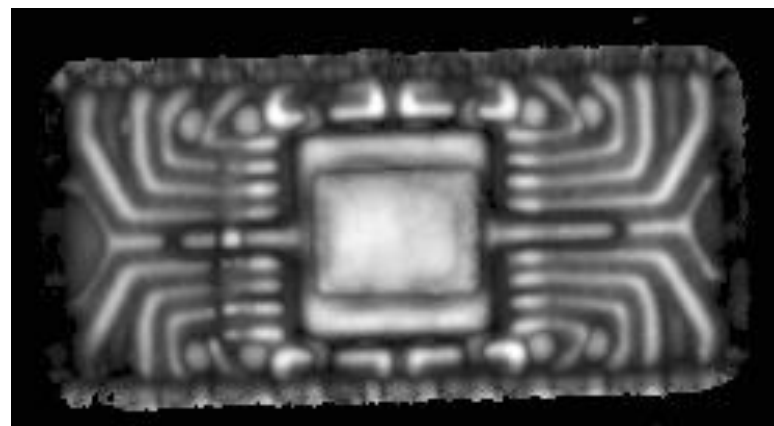
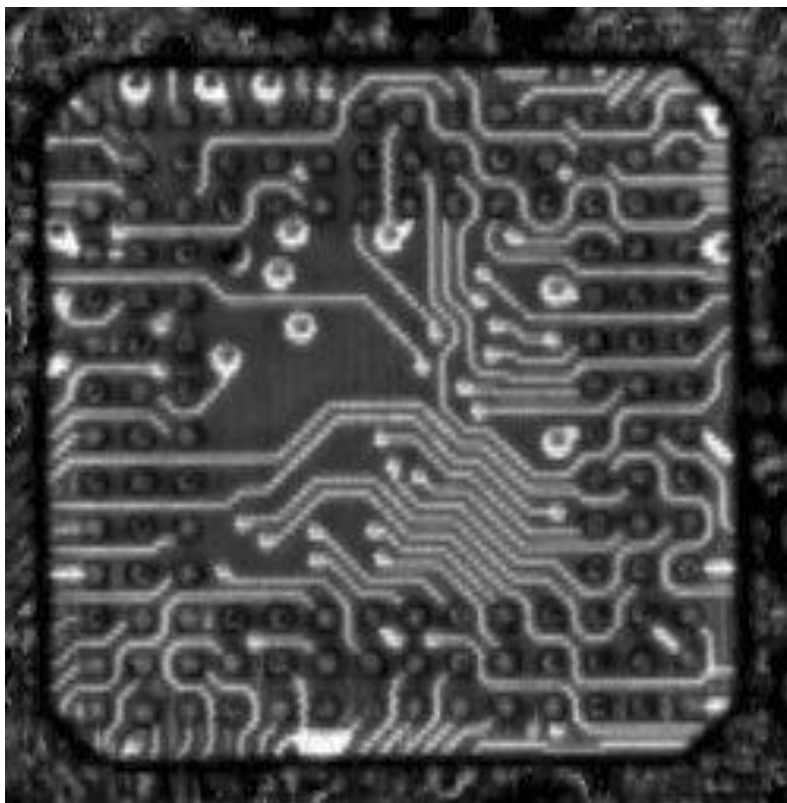


陶瓷镀层

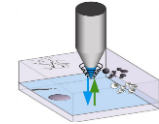


金属拉伸试样

芯片内部线路图片



一些精细的芯片内部结构，如连接线等，都可以用超声波显微镜技术展现出来



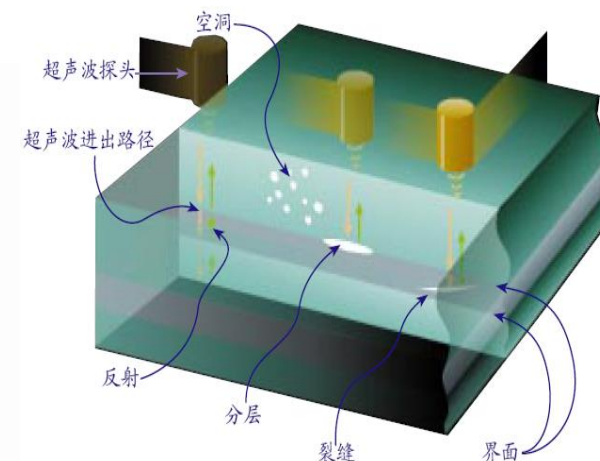
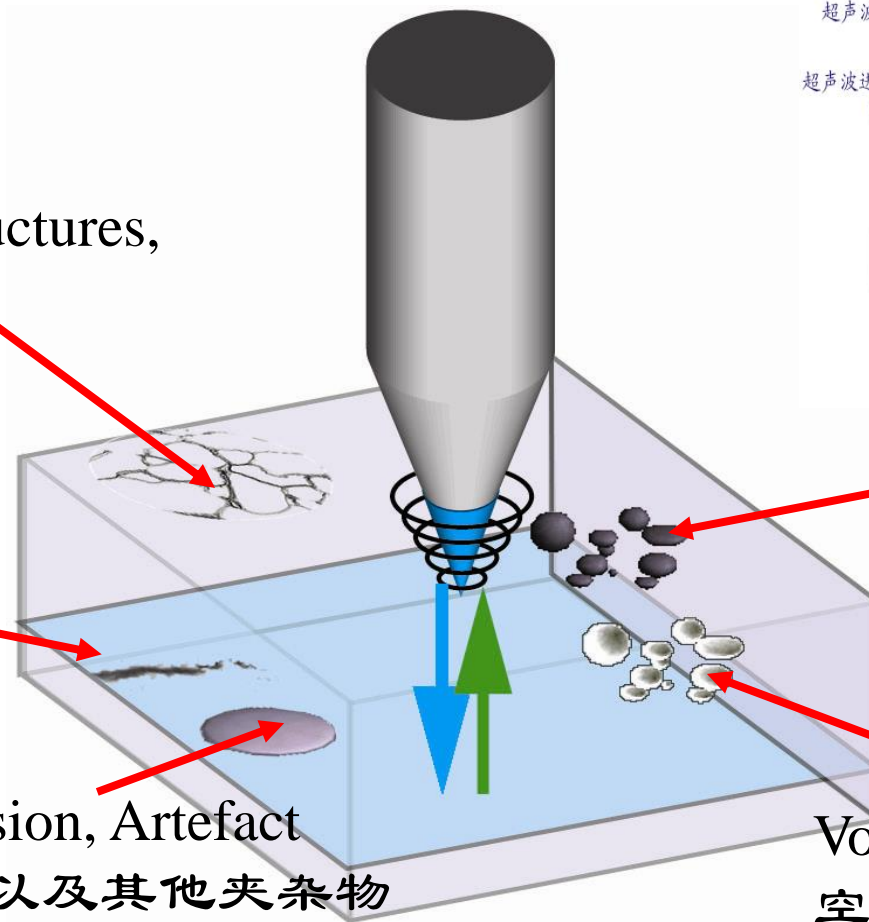
Detection and Application of AMI

(声波微成像的主要用途)

Grain boundary structures,
Textures
材料的晶格结构

Cracks
裂纹

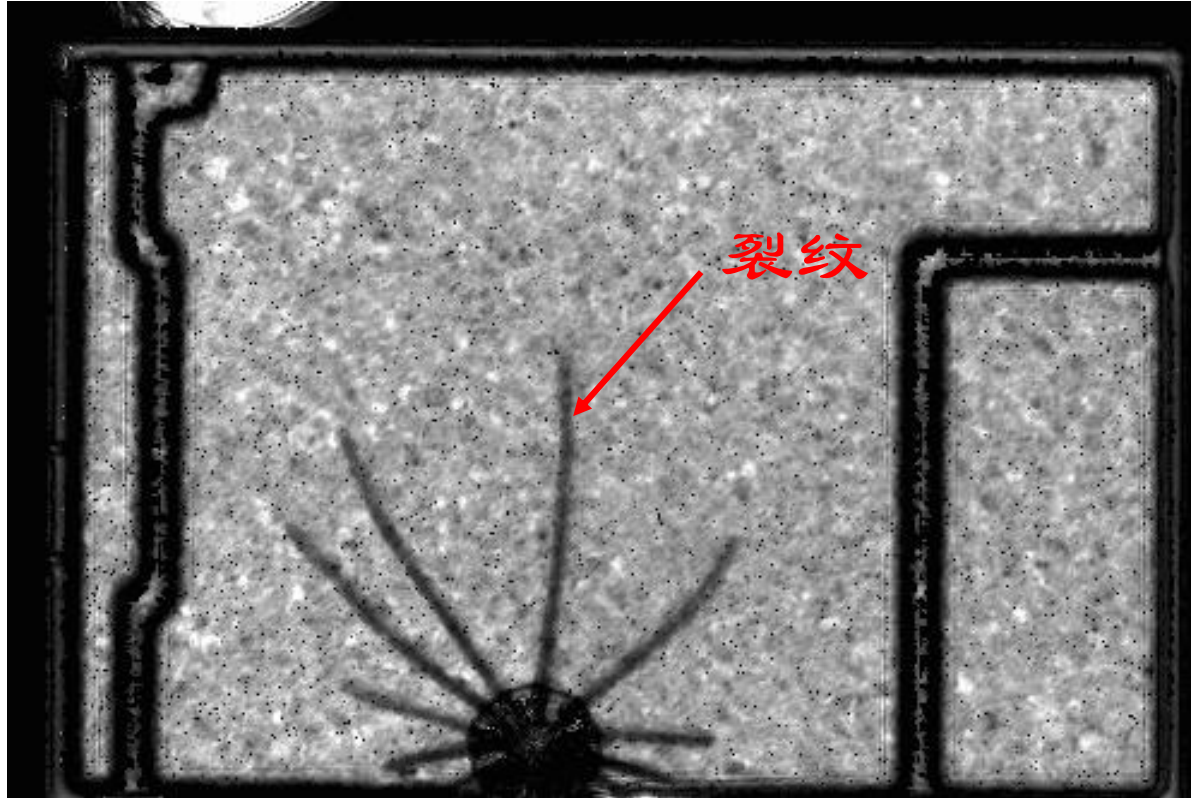
Delamination, Adhesion, Artefact
分层缺陷、附着物以及其他夹杂物



Particles, inclusions,
Precipitations
杂质颗粒、夹杂物、
沉淀物等

Voids, Holes, bubbles,
空洞、空隙、气泡等

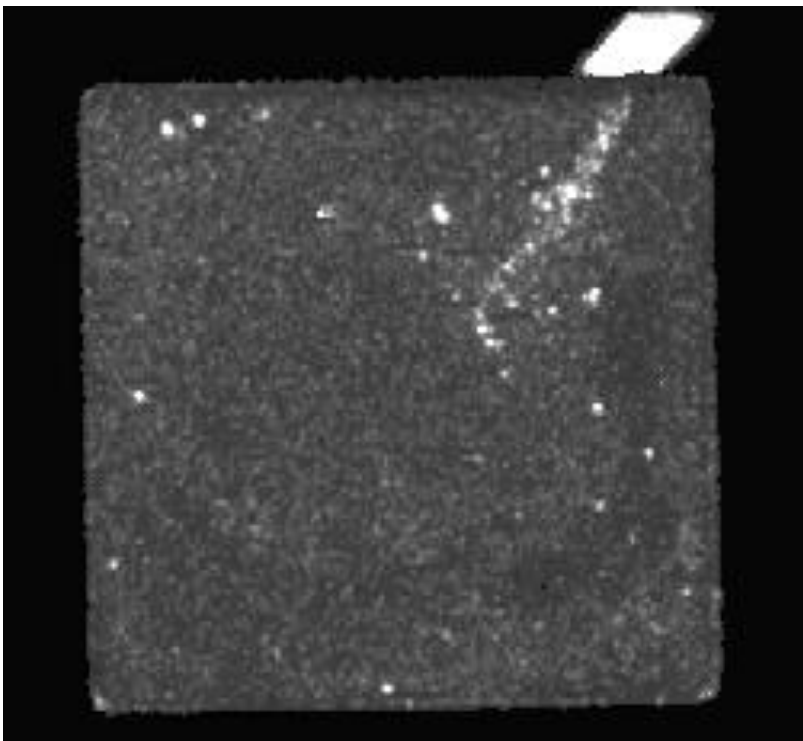
陶瓷板的裂纹



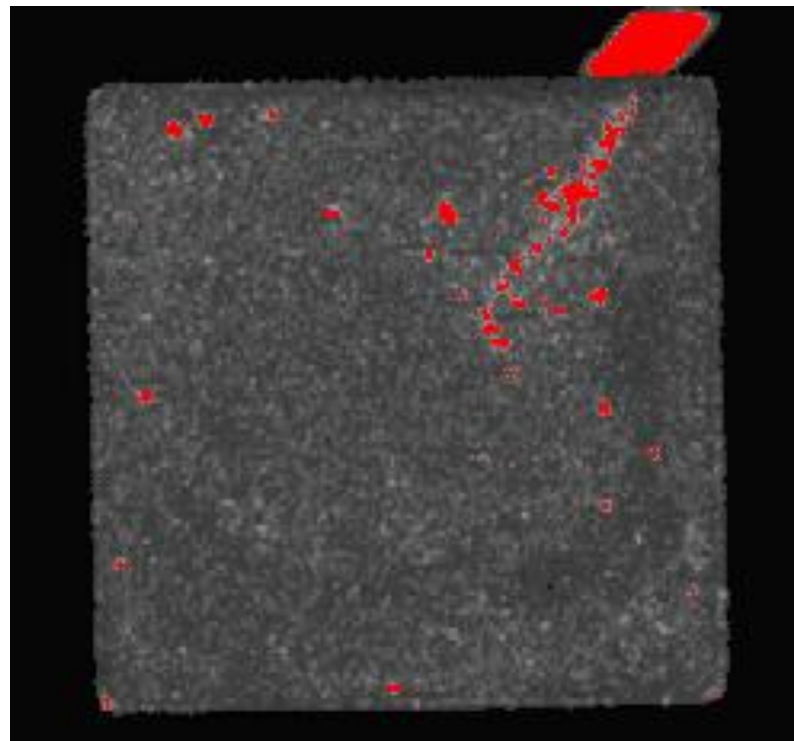
陶瓷板的裂纹生长情况

IC封装材料中的孔洞

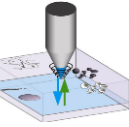
Mold compound中的孔洞



着色后的孔洞

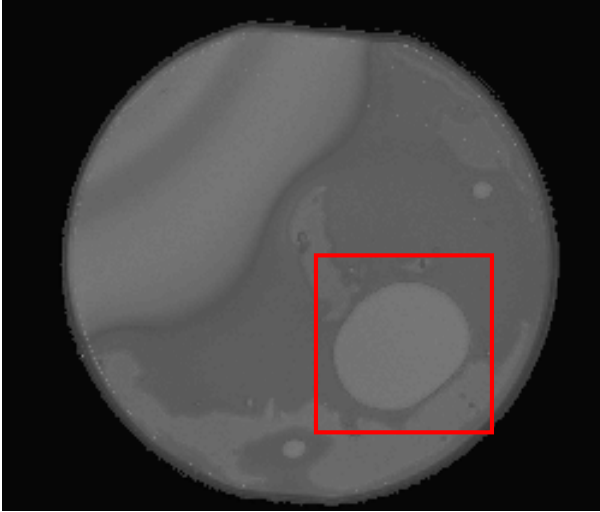


填充物(mold compound)呈现粒状结构。左图中亮的区域是填充物(mold compound)中的孔洞，在右上角呈现出比较有规律的线性分布。在右图中，孔洞可以用特殊的运算标识成彩色(如右图中的红色)。

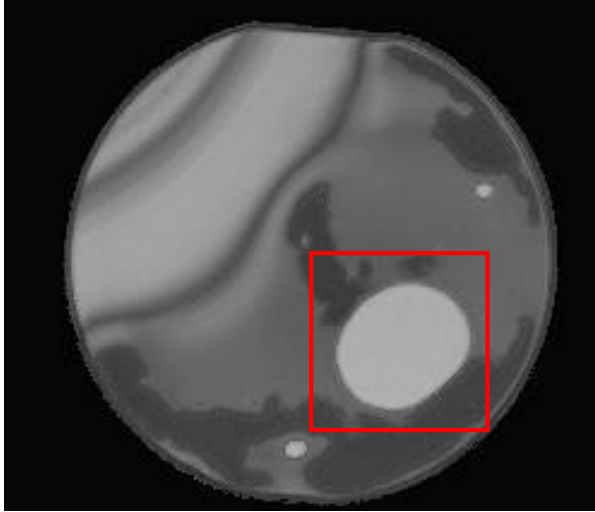


晶片涂层上的分层缺陷

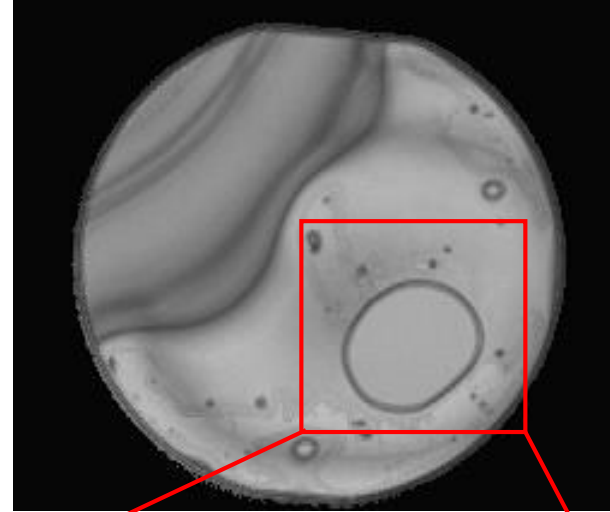
第一层 (110ns深度)



第二层 (330ns深度)

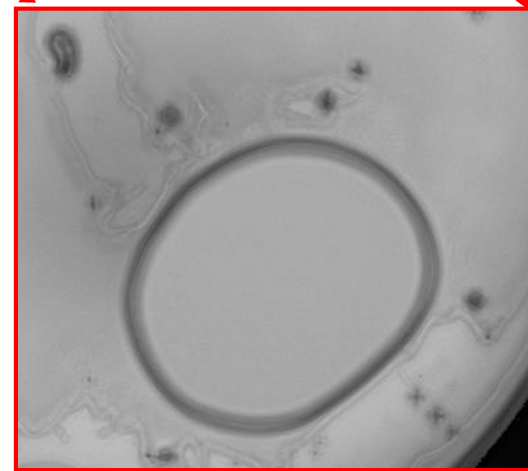


第三层 (550ns深度)

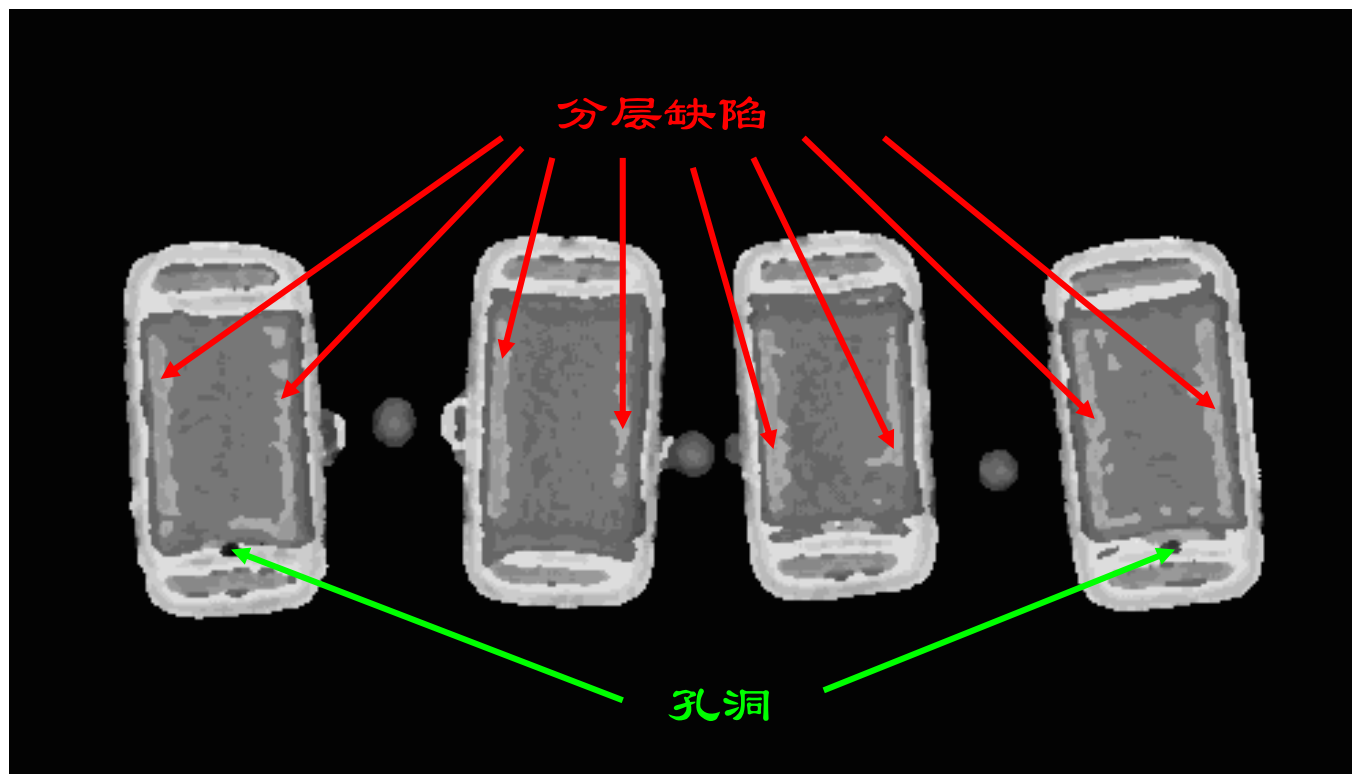


数据门限设置在不同深度的三层

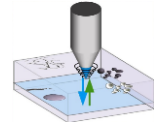
在每层中用方框标示的白色亮的区域是分层缺陷
右下角的图片是第三层的局域部分放大的精细图像



表面贴片电容的孔洞和分层缺陷

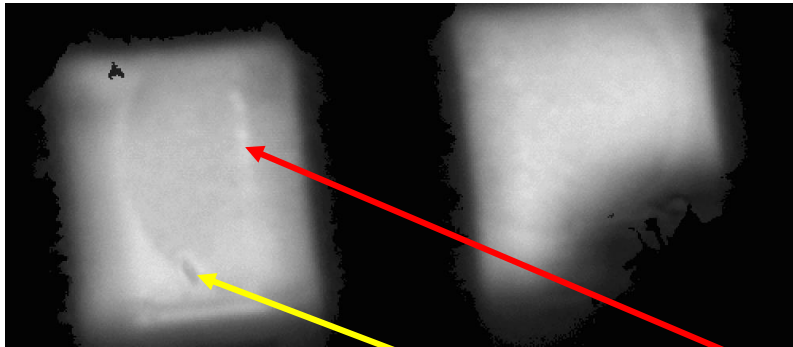


分层缺陷导致了非常强的超声波反射。在上图中明亮的区域表示分层缺陷（红色箭头所标识）；
在第一个和第四个样品中存在着孔洞缺陷（绿色箭头所标识）

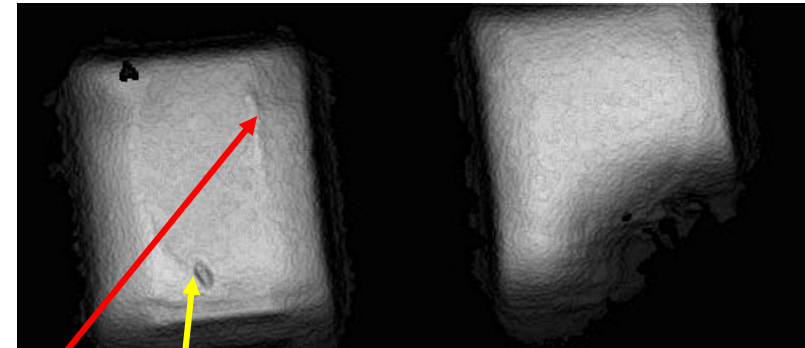


SMD 电容 (一)

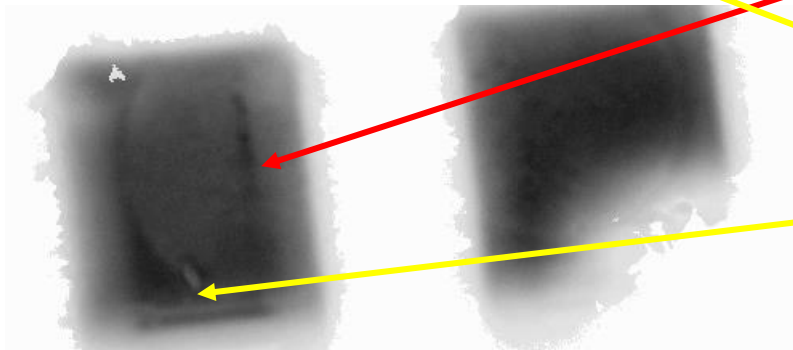
原始的C-Scan图像



使用不同的滤波功能



反转的C-Scan图像



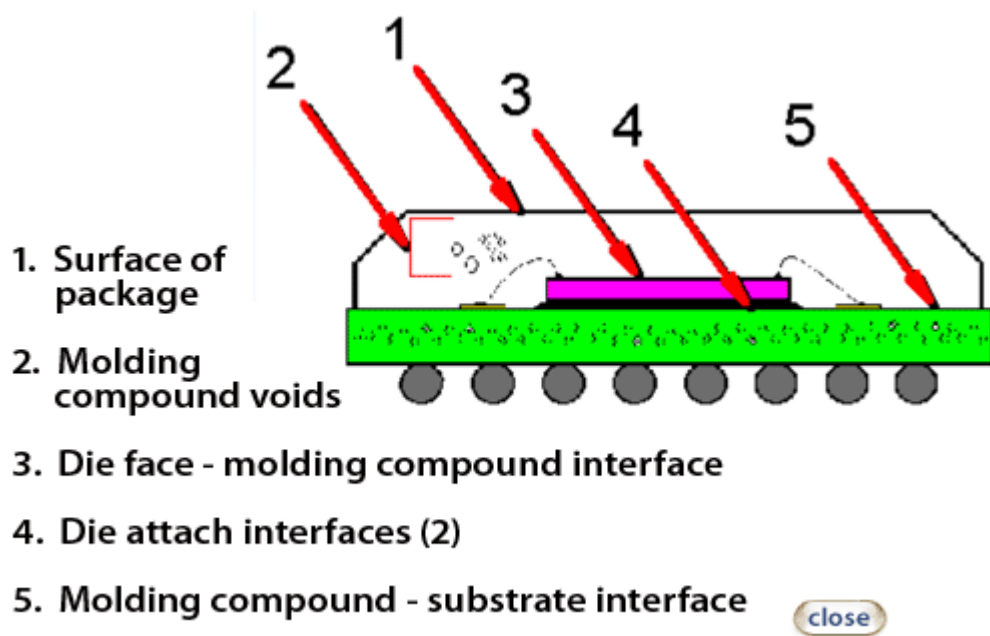
粘和不充分

附着物/杂质

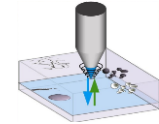
粘和不充分的区域导致了非常强的超声波反射。在原始的C-Scan图像中明亮的区域或在反转的C-Scan图像中灰暗的区域。使用特殊的图像处理处理方法（如滤波、着色）能计算出不好的粘和区域的比率和面积。

半导体领域检测器件的检查项目图例(一)

• 塑料球网格阵列 (PBGA) 检查



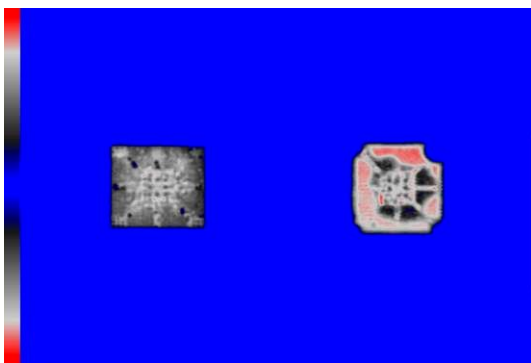
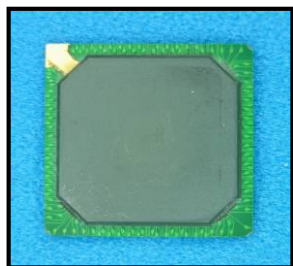
- 1. 封装表面
- 2. 铸模成型复合空洞
- 3. 管芯正面-铸模成型复合界面
- 4. 管芯粘接物界面
- 5. 铸模复合-衬底界面



PBGA (塑料焊球阵列封装)

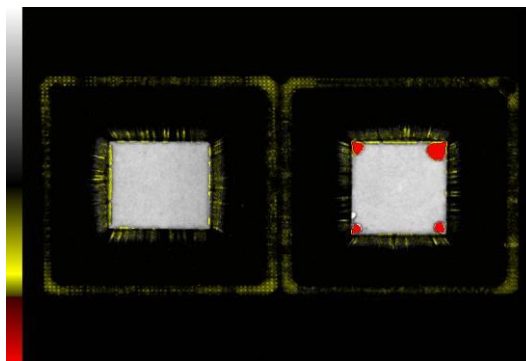
PBGA封装 (Plastic Ball Grid Array) 采用BT树脂/玻璃层压板作为基板，以塑料环氧模塑混合物作为密封材料，焊球为共晶焊料63Sn37Pb或共晶62Sn36Pb2。

PBGA芯片光学照片

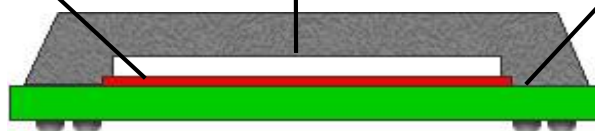
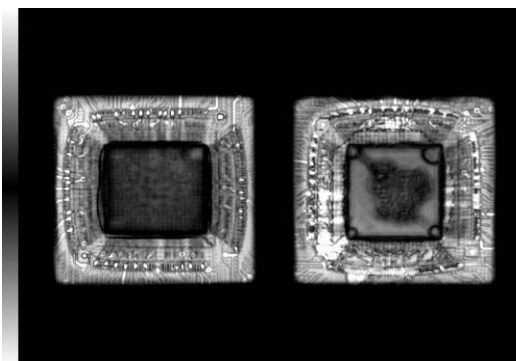


Die Attach

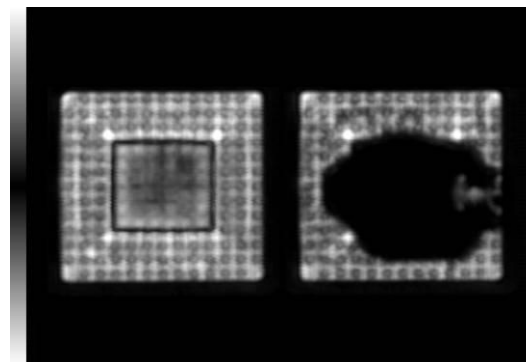
Die Surface



Encapsulant to Substrate



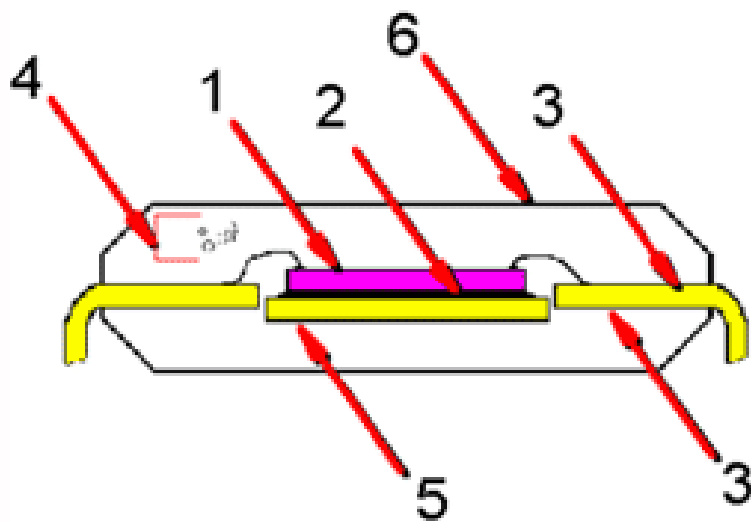
PBGA芯片截面结构示意图



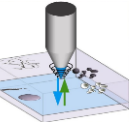
Thru-Scan™

半导体领域检测器件的检查项目图例(二)

- 塑料集成电路检查



1. 管芯正面-铸模成型复合界面
2. 管芯粘接物界面
3. 引线框-成型界面
4. 铸模成型复合空洞和填料分布
5. 底座-铸模复合界面
6. 表面图像



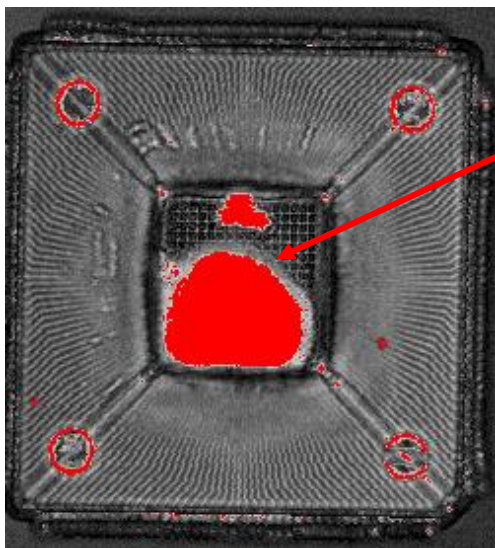
Plastic Encapsulated Integrated Circuits

塑封集成电路

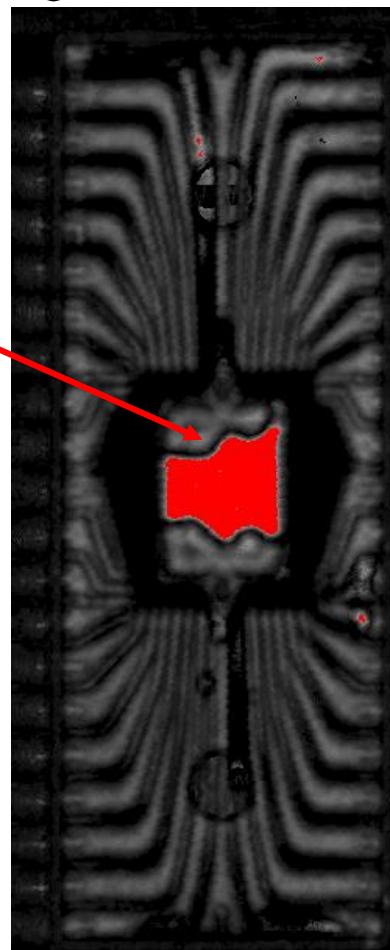
- Package Type 封装类型：
 - PLCC, PQFP, SOIC, TQFP, TSOP, PAKs
 - 带引线塑料芯片载体、塑料方块平面封装、小外形集成电路封装、薄塑封四角扁平封装、薄型小尺寸封装、
- 检查的失效类型：

– Non-bonded interfaces	非键合界面
– Die tilt or cupping or cracks	管芯倾斜或裂纹
– Porous die attach	多孔管芯粘接
– Delaminations	分层
– Lack or insufficient die attach	管芯粘接缺乏或不充分
– Molding compound voids	铸模复合物空位
– Package cracks (Popcorning)	封装裂纹
– Lead frame delamination	引线框分层
– Encapsulate material characterization	封装材料特效

IC研究



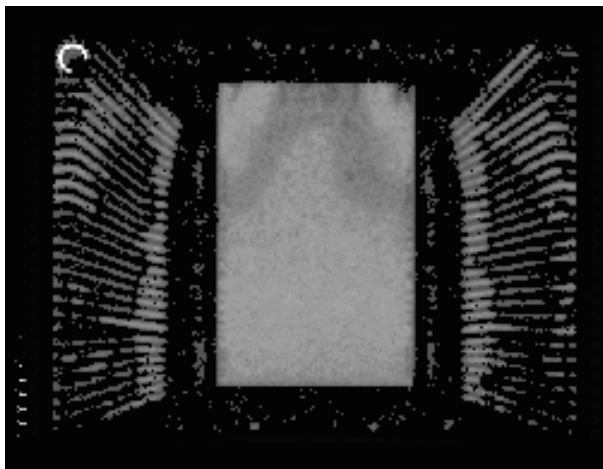
分层



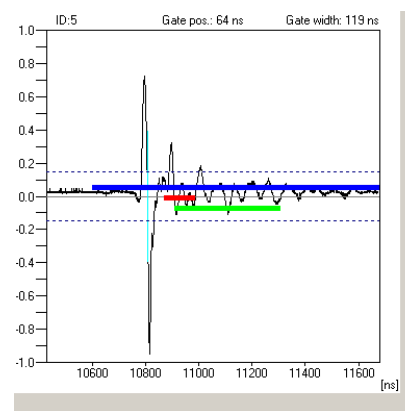
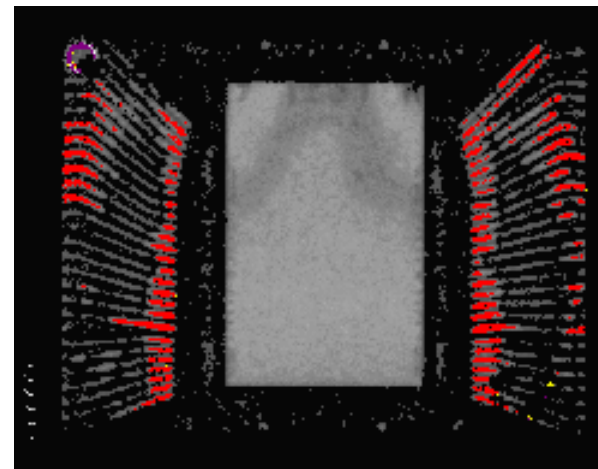
使用相位检测功能，上图中的红色区域表示有分层缺陷

连接线的分层

Bonding线

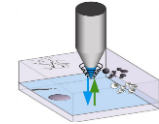


相位检测图像



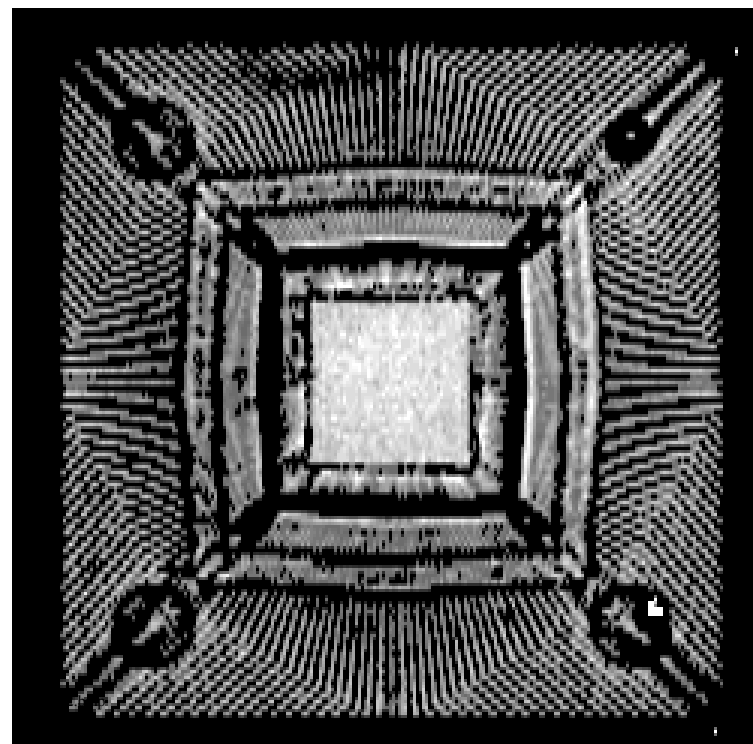
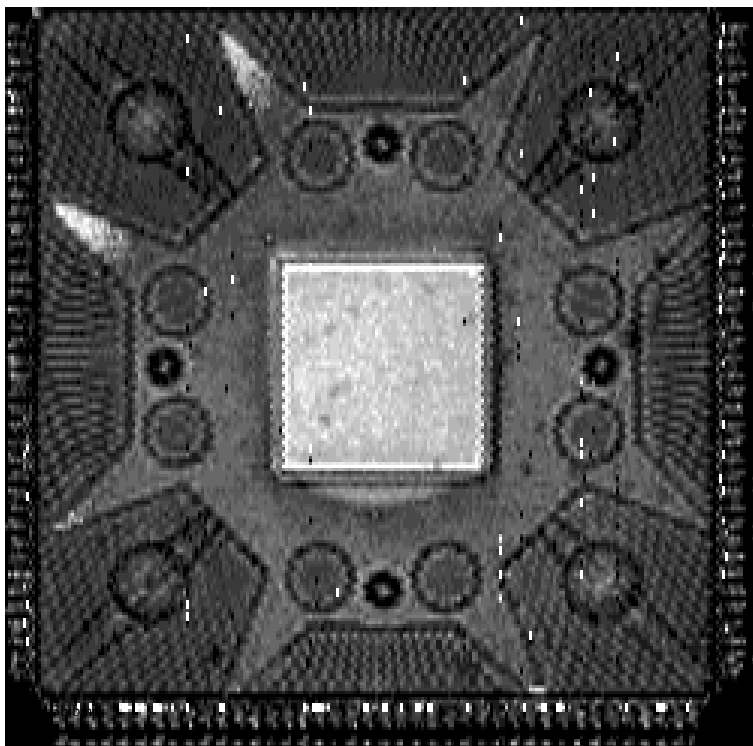
A-Scan窗口

在左图中，明亮区域指示出分层缺陷。
在右侧的使用相位检测功能得到的图像中，
这些分层缺陷自动用红色标识出。
图像尺寸：20.3 mm × 15.7 mm

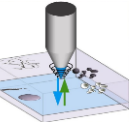


X-Scan扫描方式

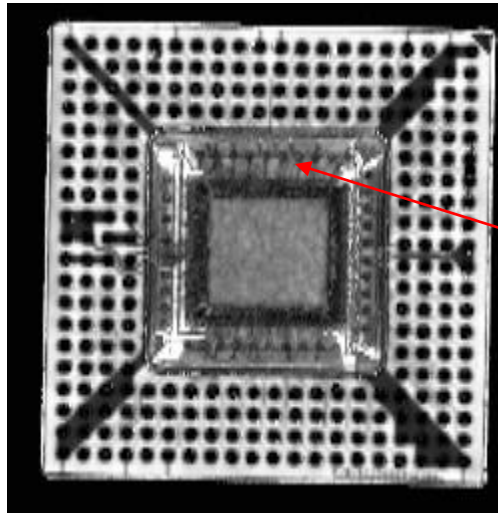
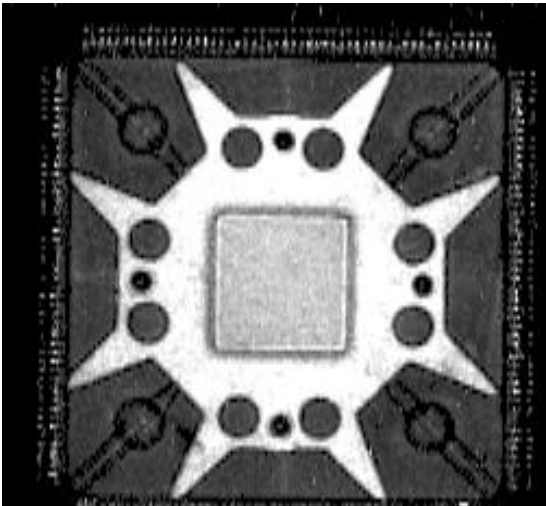
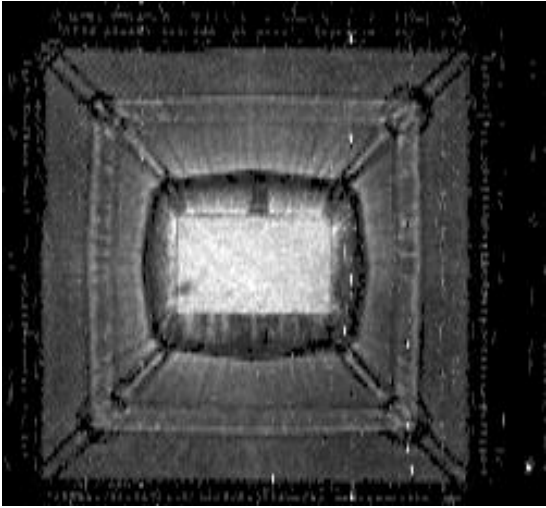
对样品不同层面的观察



X-Scan扫描模式可以一次同时扫描样品的不同层面，从而可以完整地观测到样品内部缺陷，如分层缺陷在不同层面上的分布情况



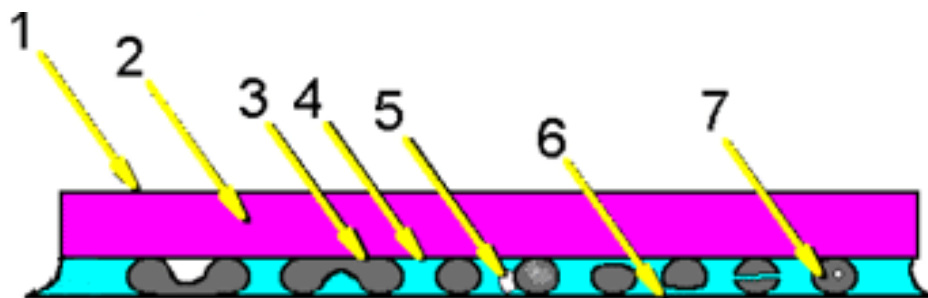
器件内部不同层面的超声波图象



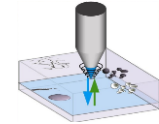
Connecting wires
连接线

半导体领域检测器件的检查项目图例(三)

• 倒装芯片检查



1. 倒装芯片表面
2. 管芯破裂缝隙
3. 管芯-金属凸点界面
4. 管芯-填充物界面
5. 填充物空洞
6. 金属凸点-衬底界面
7. 焊接凸点空洞



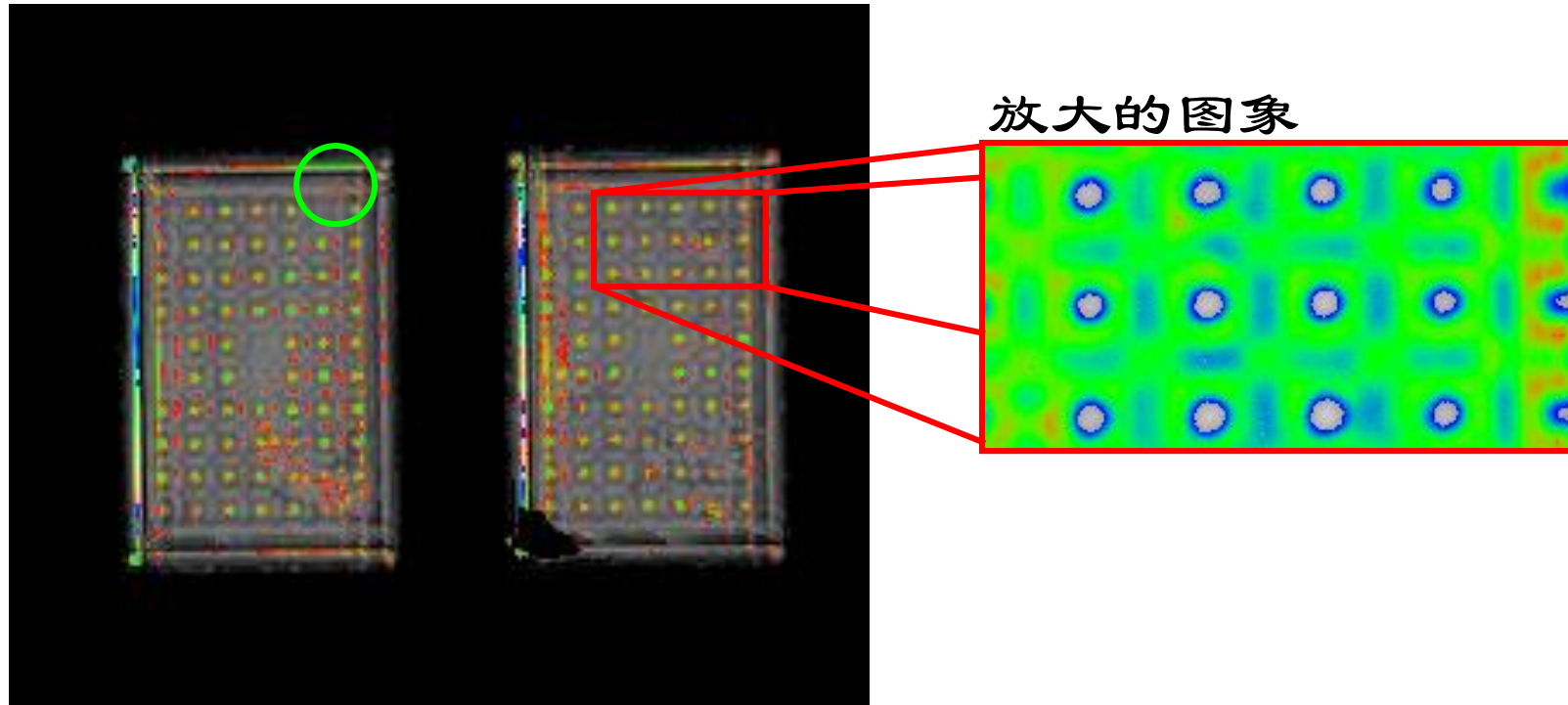
Flip Chip

倒装焊芯片的检测

- Package Type封装类型：
 - Flip chips, Flip-on-board, Flip-on-flex
 - 倒装芯片、倒装在电路板、倒装在弹性板
- 检查的失效类型：

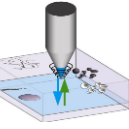
– Underfill delamination	填充物分层
– Underfill voiding	填充空洞
– Underfill material characterization	填充材料特效
– Solder joint voiding	焊接接头空洞
– Solder joint delamination	焊接接头分层
– Solder joint cracking	焊接接头破裂
– Die cracking	管芯裂纹
– Filler particle density distribution	填充颗粒密度分布

压焊点的压焊质量分析（一）

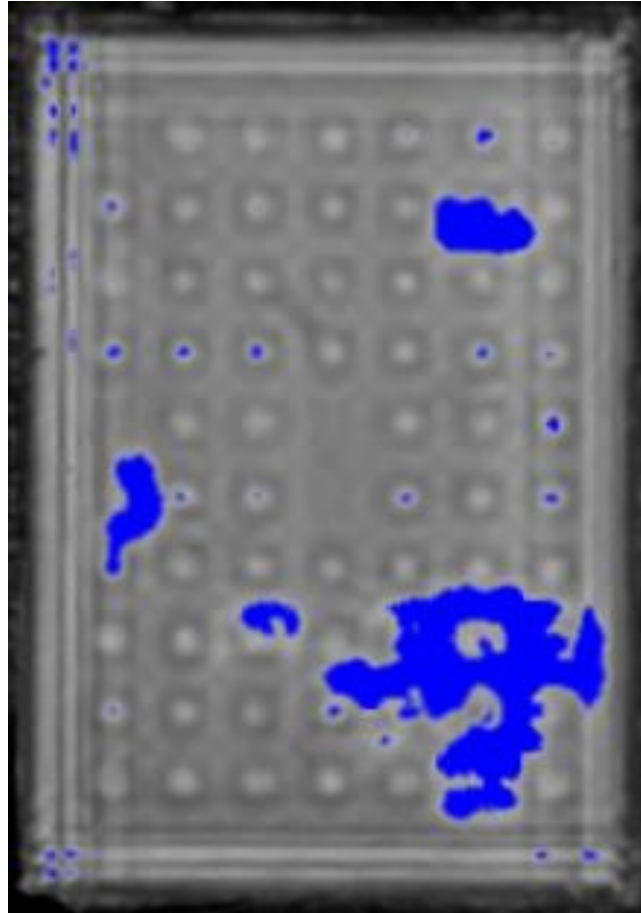


压焊点的情况可以通过超声波反射波来检测。

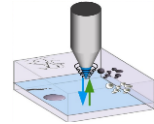
- ① 左图中有缺陷的压焊点用绿色圆圈标识出来。
- ① 右侧的图像局部放大并着色后，可以看到压焊点的更精细的结构。



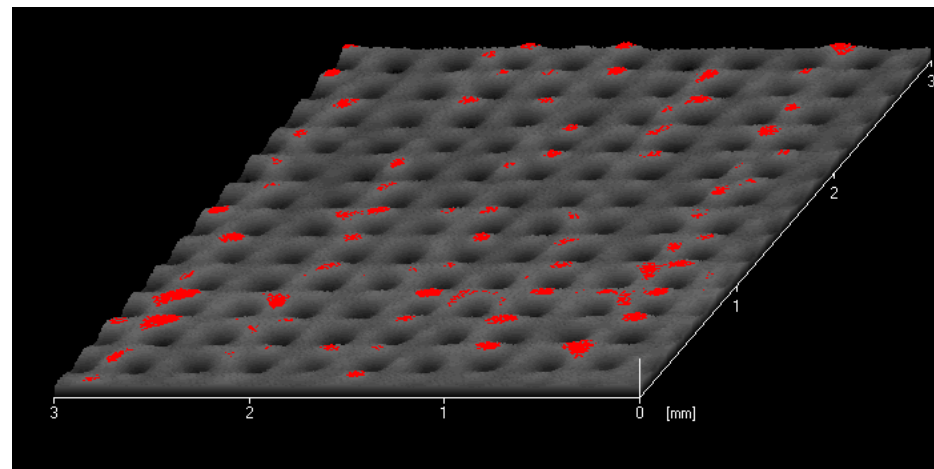
压焊点的压焊质量分析（二）



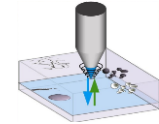
分层缺陷区域可以被自动标识出来（图中蓝色所标识的区域）



压焊点的压焊质量分析 (三)

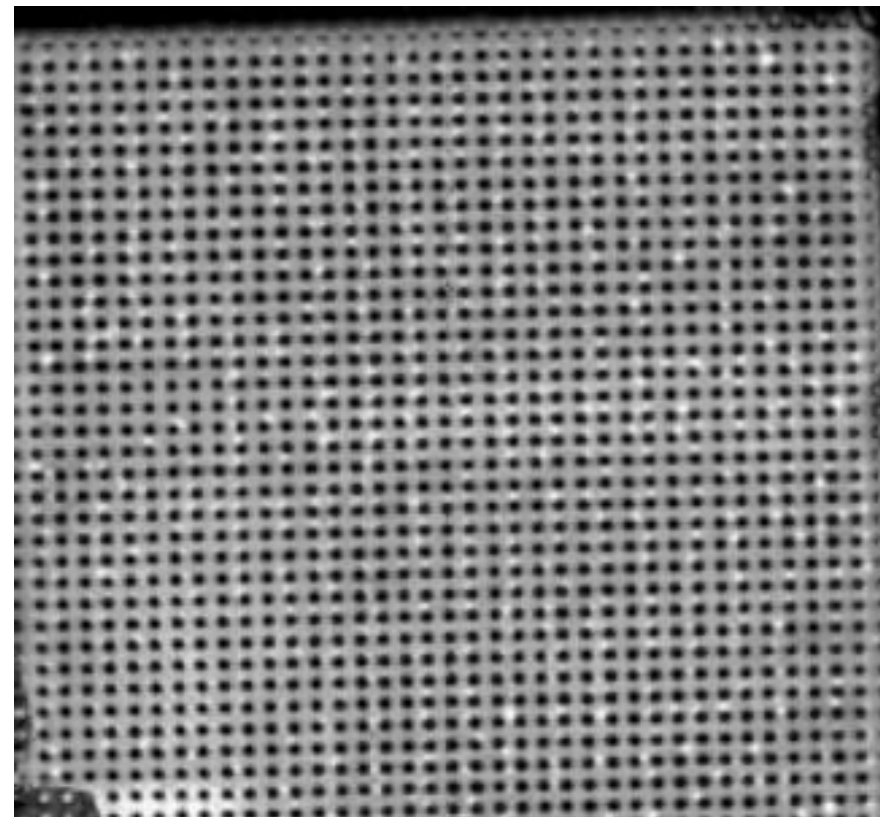
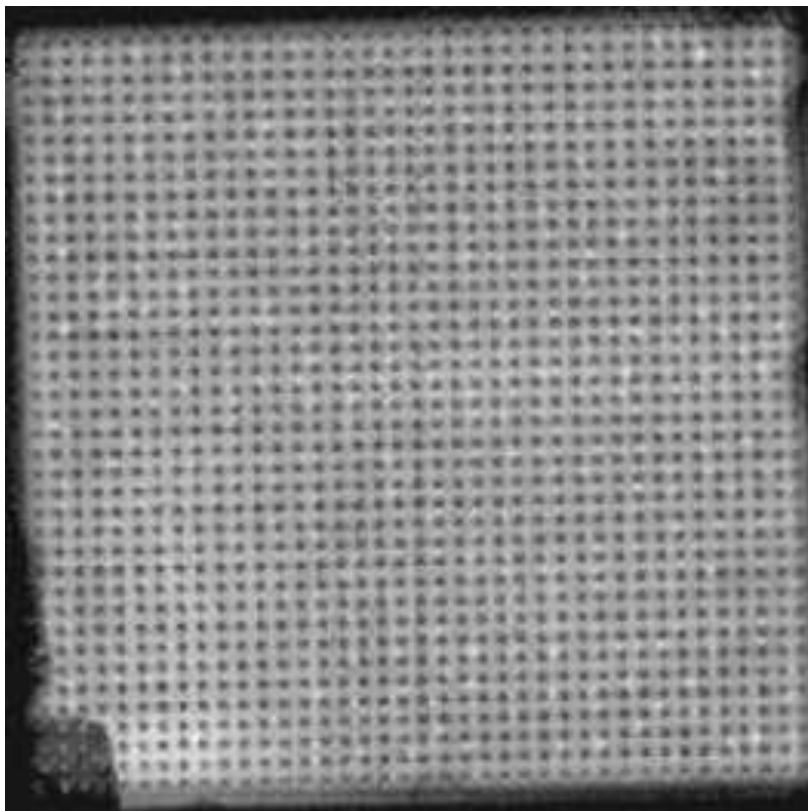


使用伪着色和3D图像处理，可以更加清晰的看到Bond界面的分层缺陷，图中用红色表示分层缺陷



滤波功能增强图像对比度（一）

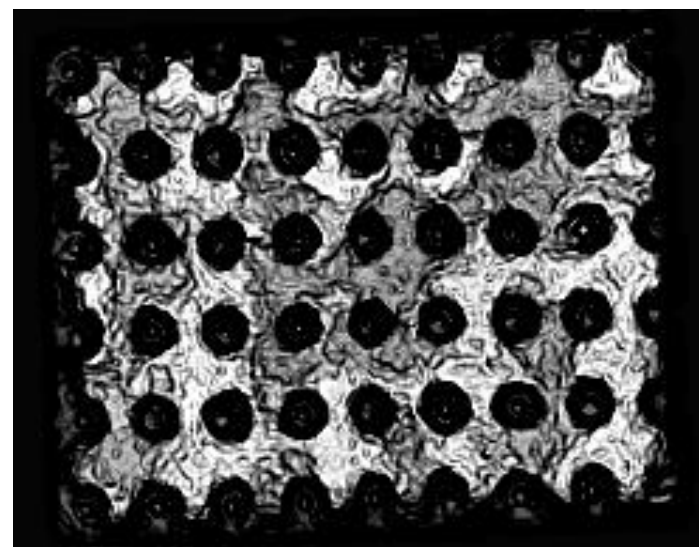
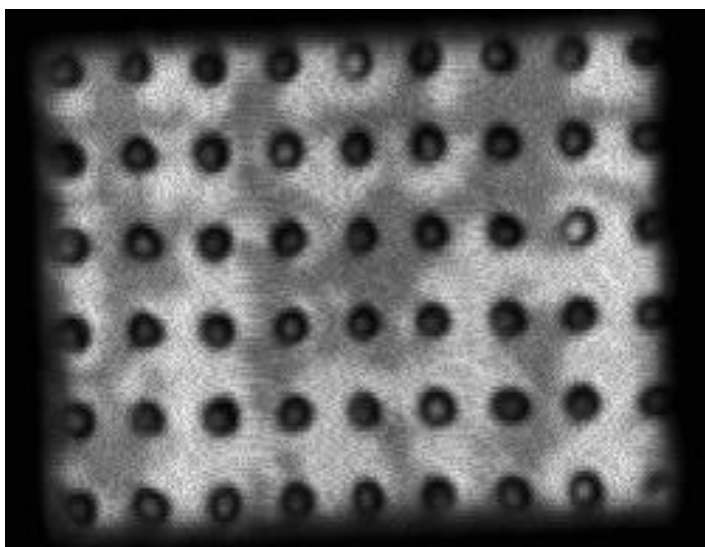
明亮区域为分层缺陷



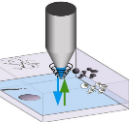
采用不同的滤波功能可以提高判别分层缺陷或其他结构的图像的对比度

滤波功能增强图像对比度 (二)

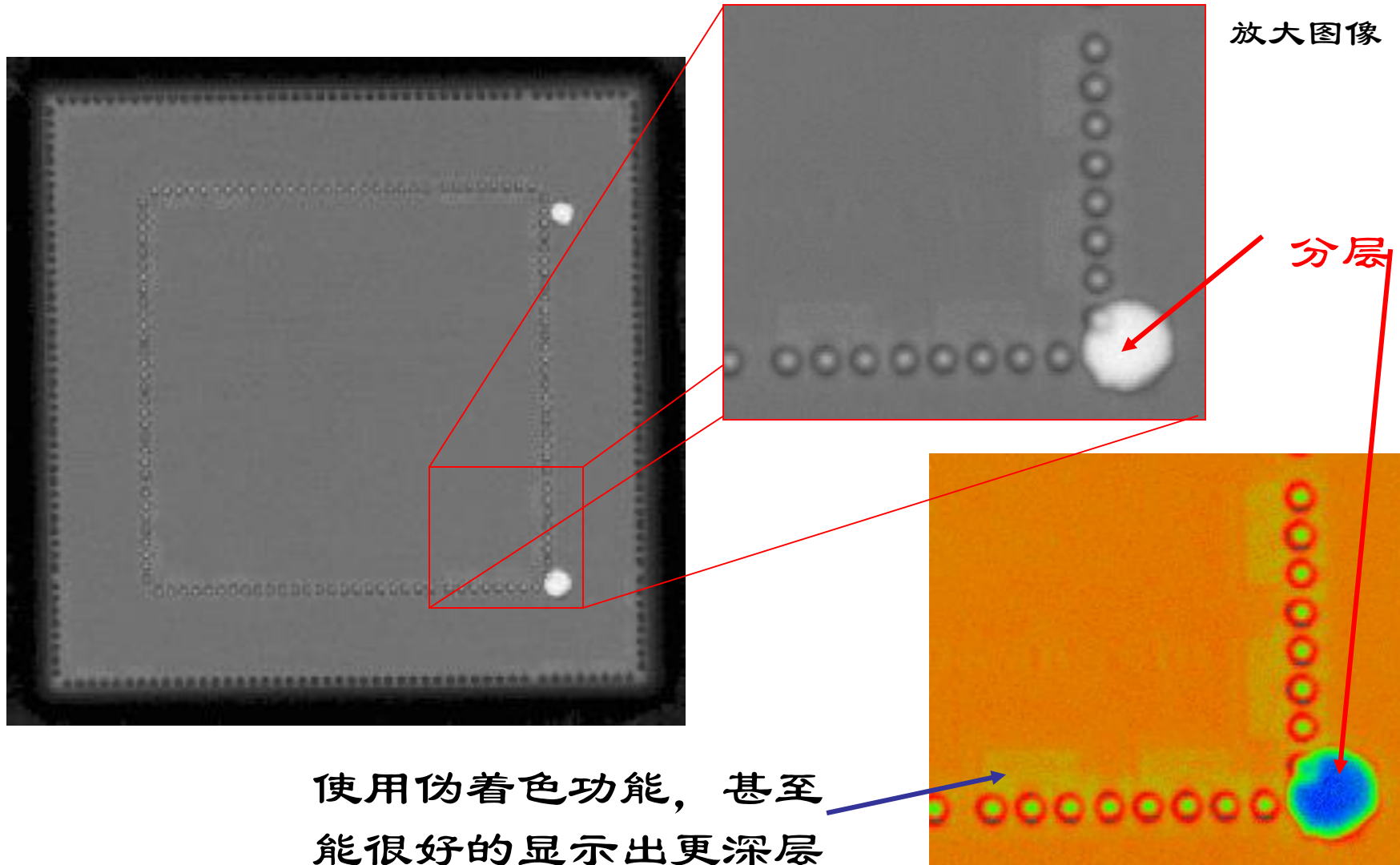
明亮区域为分层缺陷

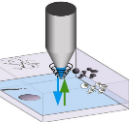


采用不同的滤波功能可以提高判别分层缺陷或其他结构的
图象的对比度

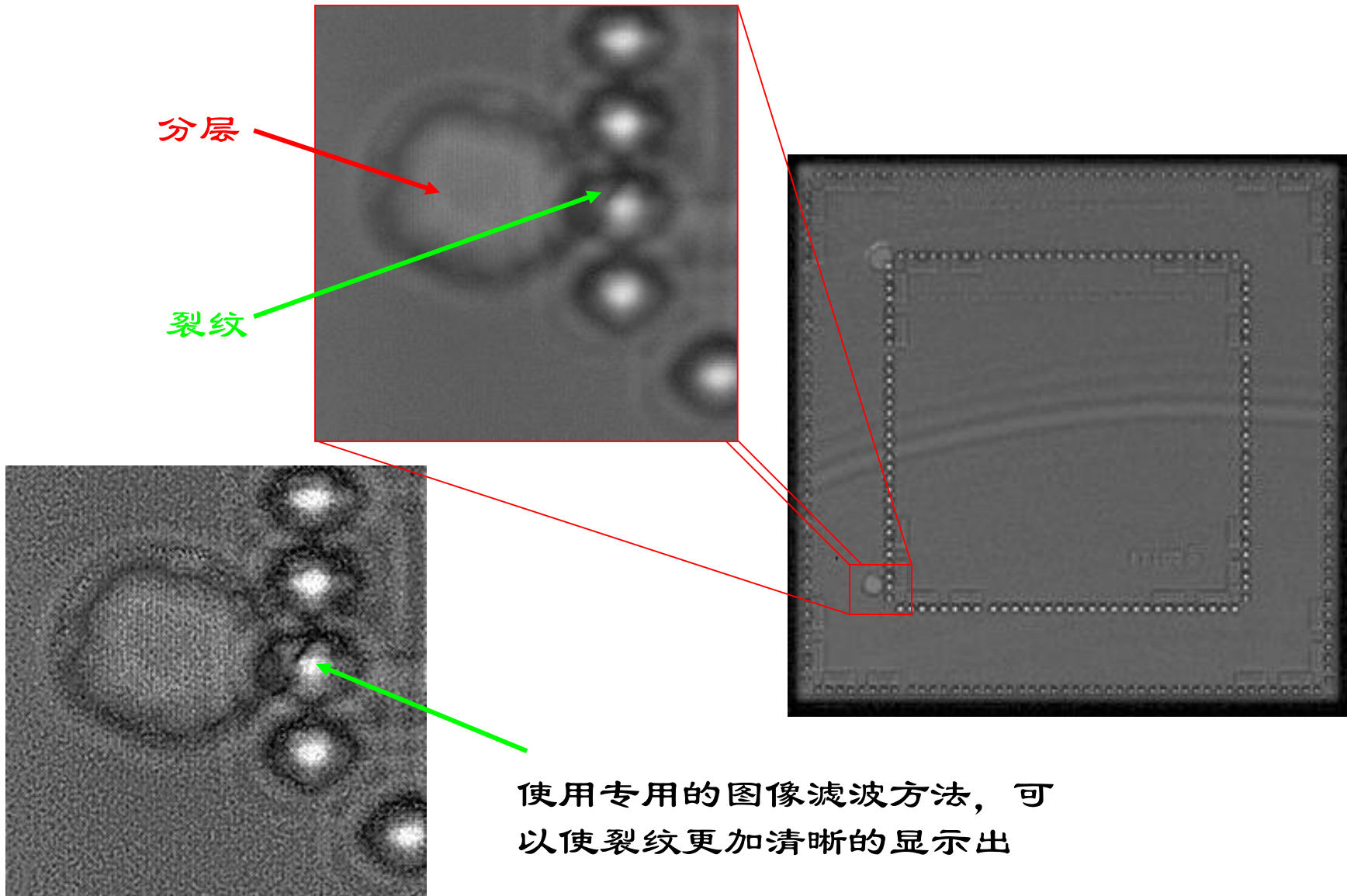


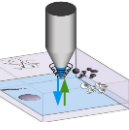
Flip Chip的分层缺陷 (一)



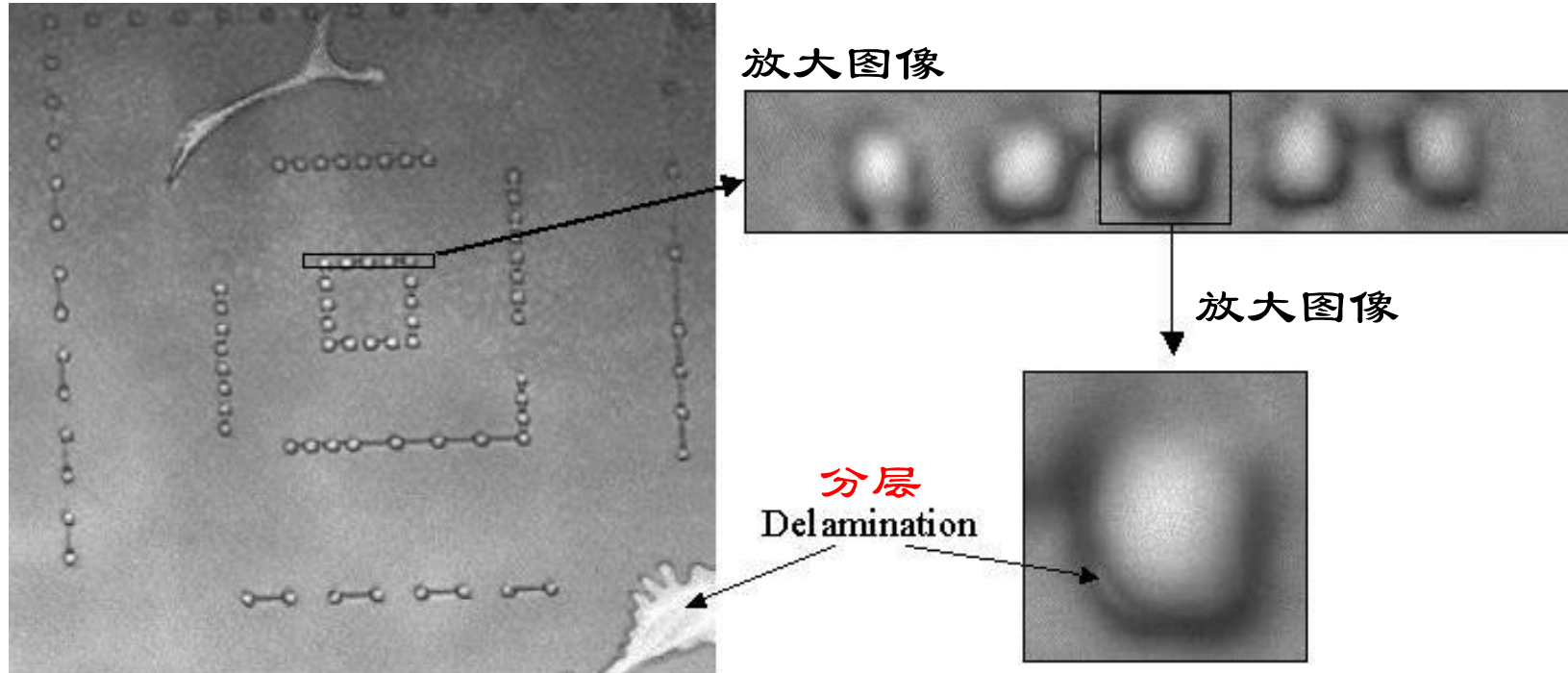


Flip Chip的分层缺陷 (一)



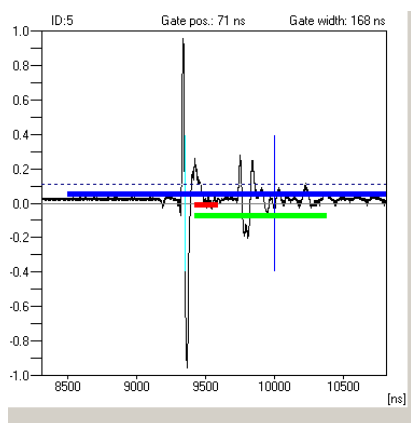
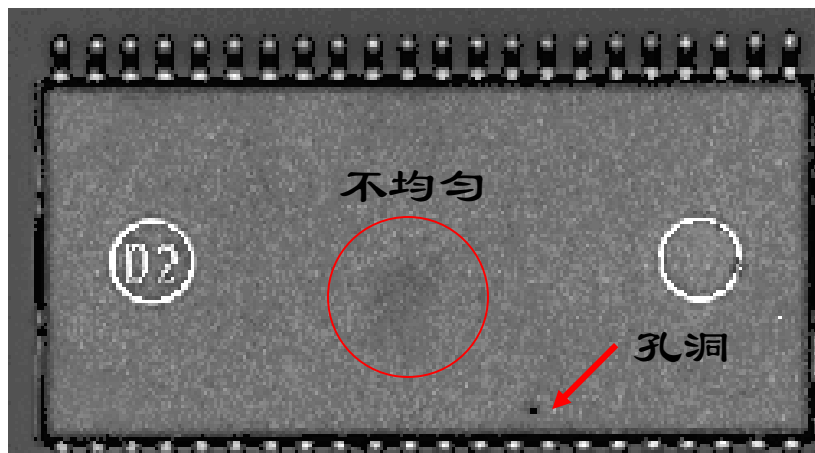


Flip Chip的分层缺陷 (二)



Flip Chip的分层缺陷 (三)

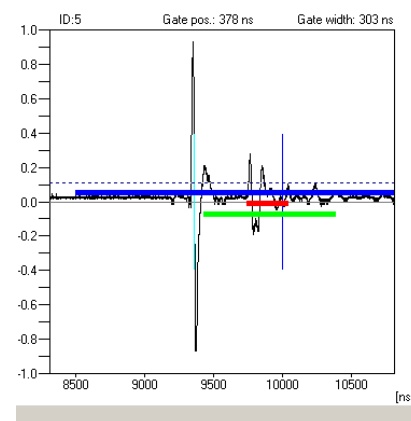
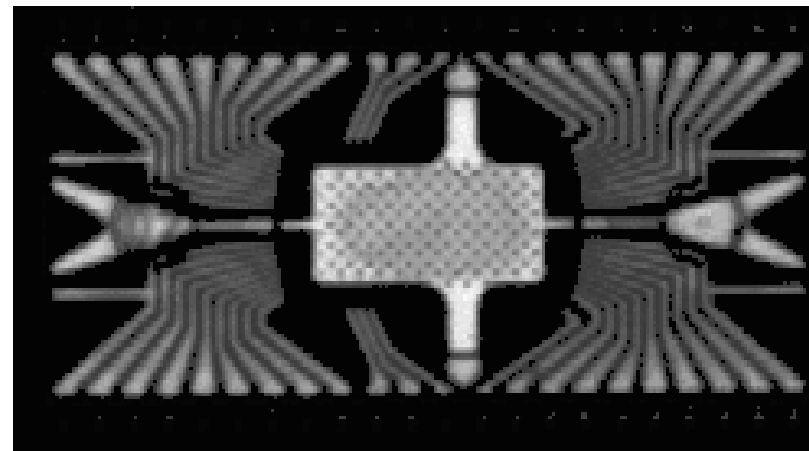
Mold compound



尺寸:
29.7mm × 16.3mm

孔洞和不均匀性用
红色圆圈及箭头标
识出来

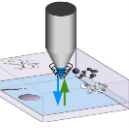
Bonding wires, lead frame



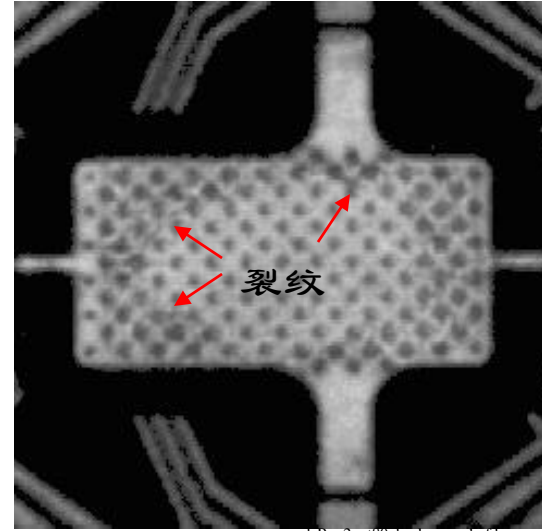
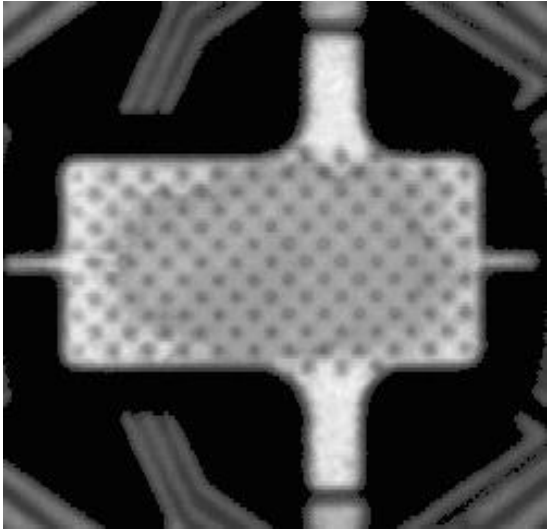
A-Scan波形

尺寸:
29.7mm × 16.3mm

明亮的区域指示出
分层缺陷 (详细分
析见下页)



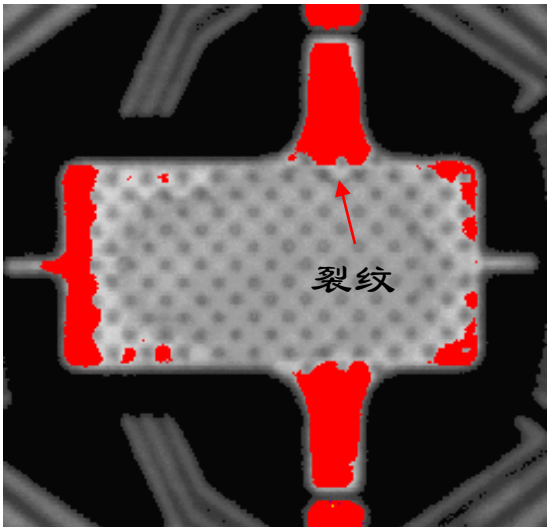
Flip Chip的分层缺陷 (三)



高通滤波图像

sampleB_x2_pt80_back_mag_hpf.bmp

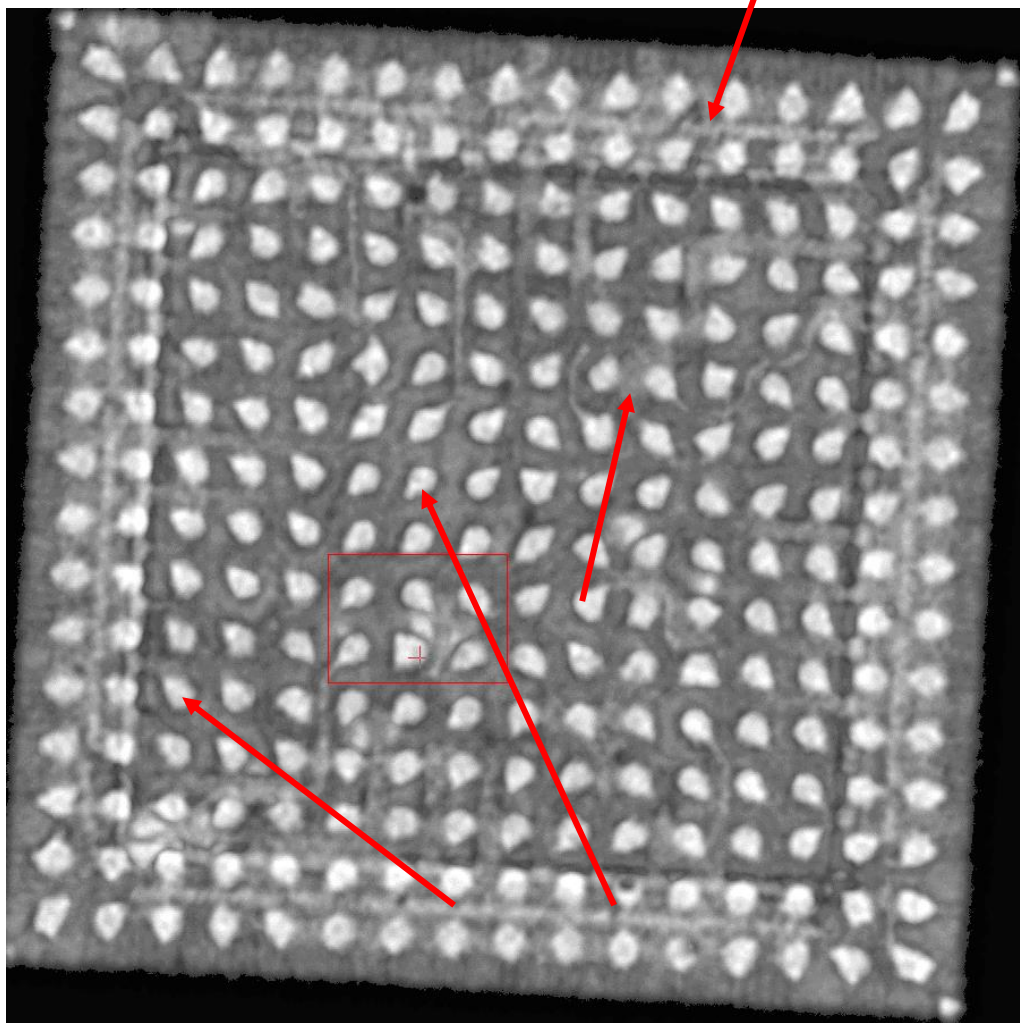
下图是使用相位检测图像



在使用相位检测得到的图像中，分层是用红色标识的。一些裂纹也能被观察到（图中用红色箭头标识）。在上面的高通滤波图像中，一些更精细的结构能被观察到（如裂纹是清晰可见的）。

图像尺寸：10.9 mm × 10.6 mm

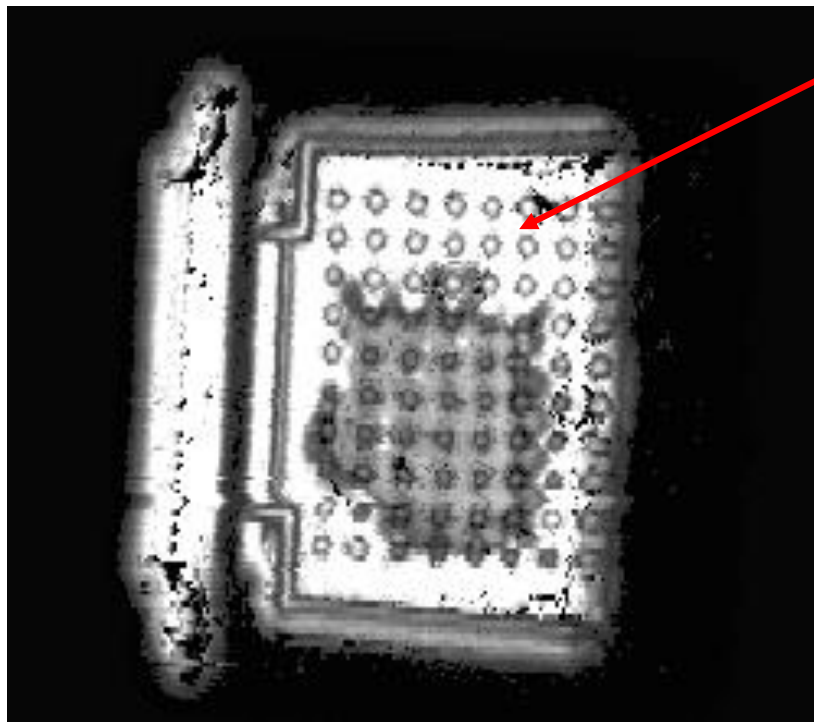
Flip Chip的分层缺陷（四）



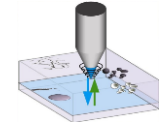
明亮的区域表示Bond间的
分层缺陷。

分层缺陷导致了很强的
超声波反射，对应到左
面的C-Scan图像中的明
亮的区域（用红色箭头
标识）

Flip Chip的分层缺陷 (五)



分层缺陷导致了很强的超声波反射，
对应到上面的C-Scan图像中明亮的区
域（用红色箭头标识）



声学显微镜小结

- 主要优点：
 1. 能在液体或固体材料中自由传输
 2. 可对不同深度进行成像
 3. 对材料无损检测
- 缺点
 1. 分辨率受限于声波波长, $\sim \mu\text{m}$