

マイクロフォーカス X線装置の進展と非破壊検査技術



開本 亮*

Progress of Microfocus X-ray Systems
and Non Destructive Inspection Technologies

Key Words : マイクロフォーカス X線透視装置, マイクロフォーカス X線CT装置, 非破壊検査技術

1. 会社概要

名称 : 株式会社 島津製作所

英文名称 : Shimadzu Corporation

本社所在地 : 〒604-8511

京都市中京区西ノ京桑原町1

創業 : 明治8年(1875年)3月

資本金 : 約168億円(1998年度, 以下同)

売上高 : 約1,600億円

従業員 : 約3,500名

事業内容 : 計測, 試験, 医用, 航空, 産業用等の機器の製造, 販売, 他

●計測機器

光分析装置 : 紫外可視分光光度計, 赤外分光光度計, 発光分光分析装置等

電磁気分析装置 : X線回折装置, 蛍光X線分析装置, X線光電子分析装置, 電子線マイクロアナライザ, イオンビーム分析装置, ガス・液体クロマト質量分析装置等

表面観察装置 : 走査電子顕微鏡, 走査型プローブ顕微鏡等

クロマト分析装置 : ガスクロマトグラフ, 液体クロマトグラフ等

半導体関連検査機器 : ウエハ異物検査装置, グロー放電発光分析装置等

●試験機器

非破壊検査装置 : 産業用 X線透視装置, 産業用 X線CT装置, 食品用 X線異物検出装置, その他の産業用 X線システム等

試験機 : 静的試験機, 疲労試験機, 構造物試験機等

測定装置 : 粉体測定装置, 熱分析装置, 電子天秤等

●医用機器

医療情報システム : 遠隔医療情報システム, デジタル検診管理システム, 訪問看護支援システム等

X線診断装置 : X線撮影装置, X線テレビジョン, 循環器 X線診断システム等

CT・MRIスキャナ : CTスキャナ, ポジトロンCT, MRIシステム等

●航空宇宙機器

宇宙機器 : 推葉弁, 注排弁, 調圧弁, エアロック加減圧装置等

航空電子機器 : エアデータコンピュータ, ヘッドアップディスプレイ, 電子制御装置, 磁気関連機器等

航空搭載機器 : 空気調和装置, 与圧制御装置, 油圧システム機器等

●産業用機器

ターボ分子ポンプ, ドライポンプ, ヘリウムリークデテクタ, ガスモニタ, ECR-CVD成膜システム, 太陽電池製造用装置, 液晶注入装置等

事業所 : 京都本社, 東京支社, 関西支社, 京都支店, 九州支店, 名古屋支店, 横浜支店, 北関東支店, 神戸支店, つくば支店, 広島支店, 東北支店, 札幌支店, 他

工場 : 三条工場(京都市), 五条工場(京都市), 紫野工場(京都市), 秦野工場(神奈川県秦野市), 厚木工場(神奈川県厚木市), 他

* Akira HIRAKIMOTO

1954年10月5日生

京都大学大学院・工学研究科・原子核工学専攻修士課程修了

現在, 株式会社島津製作所, 試験計測事業部 NDI部, 副部長, 京都大学博士(工学), 加速器工学, 放射線物理学

TEL 075-823-1641

FAX 075-823-1685

E-Mail hirakimt@shimadzu.

co.jp



海外系列会社 11社, 海外事務所 3箇所, 海外合弁会社 5社

ホームページ: <http://www.shimadzu.co.jp/>

2. 経営理念

島津製作所は、120余年にわたり創業者島津源藏翁の意思を継承し、「科学技術で社会に貢献する」を社是として、つねに時代のニーズを先取りした技術開発に挑戦し、多くの高付加価値製品を社会に送り出しています。その“ものを測る”技術は計測機器、試験機器、医用機器、航空・産業機器などに結実し、世界的にも高い評価を得ています。しかし来る新世紀は、地球環境問題をはじめ経済問題、少子高齢化社会、世界的な情報ネットワーク化など、より複雑多岐にわたる課題が残されています。当社は、“人と地球の健康”への願いを実現する”を経営理念に掲げ、光技術・X線技術・画像処理技術の3つのコア技術をベースに、一層の技術革新によって、グローバル化するニーズに応じていく所存であります。

3. 島津のX線コア技術

経営理念の中でも述べましたように、X線技術は当社のコア技術であり、二代島津源藏翁が、レントゲン博士のX線発見に遅れること1年で、日本で初めてX線撮影に成功して以来、当社はX線装置の分野で日本における代表的メーカーの地位を占めて参りました。このX線技術は、医療用分野のレントゲン装置やCT装置などの診断装置と、産業用分野のX線透視装置などの非破壊検査装置とに大別することができます。本稿では後者について概説いたします。

4. X線を用いた非破壊検査技術

X線非破壊検査技術は、金属、合成樹脂、ゴムなどの検査対象物の素材を問わず、またそれを分解したり切断したりすることなく、内部状態を観察できる非常に利用価値が高い技術と言えます。例えば、化学プラントなどを構成する鋼管や、造船業における鋼板などの溶接部、橋梁などの大型構造物、高い安全性が要求される原子力分野の各種構造物や機械器具、さらには自動車用部品など大量生産・大量消費される製品をつくる産業分野でも、X線利用の非破壊検査が普及しています。

このX線非破壊検査技術は、近年、高度な発展を見せています。簡単にいえば、より小さなものを見ることが可能となってきたのです。半導体集積回路の検査を例に、以下にご説明します。半導体集積回路は、LSI、超LSIなどといわれる通り、ますますその集積度を高めています。それに伴って、これを基板回路に接続するためのワイヤ、つまりピンの数も増え、いわゆる多ピン化が進んでいます。一辺が10mm程度のLSI(写真1: Quad Flat Package)はその四辺に合計五十本ものピンがびっしりと並んでおりましたが、それだけでは足りなくなり、LSIチップの裏面、つまり基板に接続された時に実装基板と向き合う面に接合ハンダ端子(写真2: Ball Grid Array)が作られるようになりました。当然、これらのハンダ端子の1個1個は、基板の回路各部と正確に接続されなければなりません。その接続方法は、簡単にいえば鉛を使ったハンダ付けですが、ハンダ部分の大きさは、数百 μm から数十 μm という微小なものまであり、それが同じような間隔をおいて、びっしりと並んでいる訳です。これらのハンダボールは裏面に形成されているので、一旦基板にハンダ付けされると、ハンダボール同士がくっついていないかどうかという単純な検査も、LSI裏面についてはX線を使って見るしかないのです。

ところが、ハンダボールの大きさは直径数百 μm

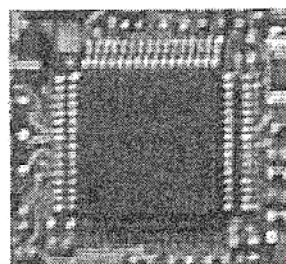


写真1 Quad Flat Package

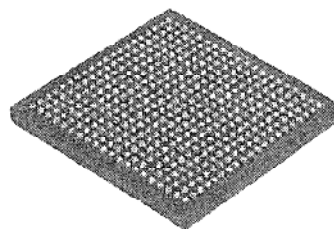


写真2 Ball Grid Array

から数十 μm という小さなものであります。更に、その内部に発生するヒビ割れや気泡となると、数十 μm から十 μm 程度という微小ものであります。たとえば骨折の診断に使う従来のレントゲン撮影装置などでは、空間分解能が低すぎる($\sim 500\mu\text{m}$)ことにより、直径数百 μm のハンダボールそのものを見分けることすらさえないのです。これは、ロウソクを使った影絵を想像すると判りやすいと思われます。ロウソクと白い壁の間に手をかざすと、壁に手の影が映ります。手を壁の近くに持っていけば、影はくっきりと映りますが、その大きさは手の実物大に近くなります。反対に、手をロウソクに近づければ影は幾何的な拡大により、どんどん大きくなりますが、その影には半影ができてボヤケてしまいます。これは、ロウソクという光源が点光源でなく、しかもその炎が微妙に揺らいているために起こる現象であり、いわば空間分解能が低いことによっていのです。X線の場合も同じことが当てはまります。骨折の診断に使うようなX線写真撮影装置は、X線発生装置(X線管球と呼ぶ)の、まさにX線を発生させる部分、つまり白熱電灯でいえば発光するフィラメント部分が大きいために、細部まで鮮明な画像を得ることができなかつたのです(写真3：焦点サイズと画像ボケの関係)。

そこで、X線管球のX線発生部の微小化、いってみればX線発生部の「点光源化」の技術が追求されました。X線は、通常、タングステンに高エネルギー電子ビームを照射して、制動放射により発生させますが、この電子ビームを極限まで細くするといった努力の結果、今日では、X線発生部分の直径がわず

か1 μm というX線管球が開発されました。この高分解能X線管球を搭載したマイクロフォーカスX線装置(写真4：マイクロフォーカスX線透視装置SMX-160E)を用いれば、LSIの実装に使われる直径25 μm の金製ワイヤ(写真5：切断しかかつた金ワイヤ)も、くっきりと見るができますし、ハンダボール内の十 μm 程度の気泡も確認できるということになります。

産業用X線非破壊検査技術の分野では、こうした高分解能化が追求される一方、CT技術も進みつつあります。X線CTは、我々にとって医療分野でなじみが深いもので、人体のある部位を、まるで実際に輪切りにしたかのように、明瞭な断層画像を得ることができ、医療診断技術を画期的に進歩させまし

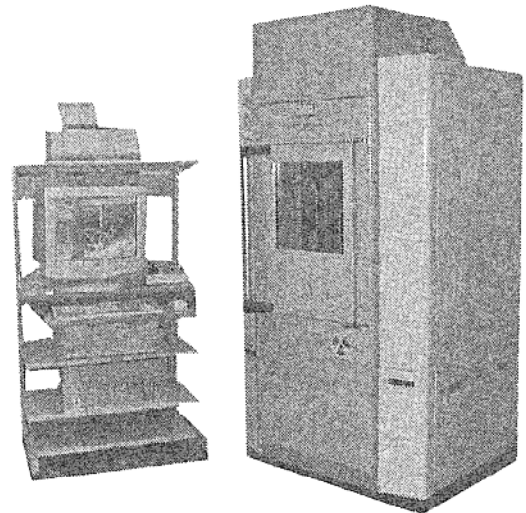


写真4 マイクロフォーカスX線透視装置 SMX-160E

焦点サイズと画像ボケの関係

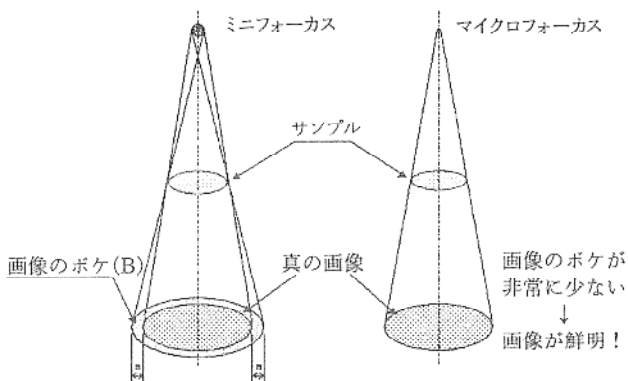


写真3 焦点サイズと画像ボケの関係

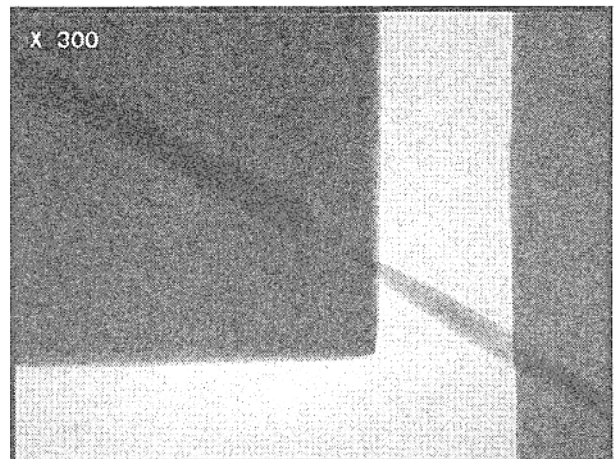


写真5 切断しかかつた金ワイヤ

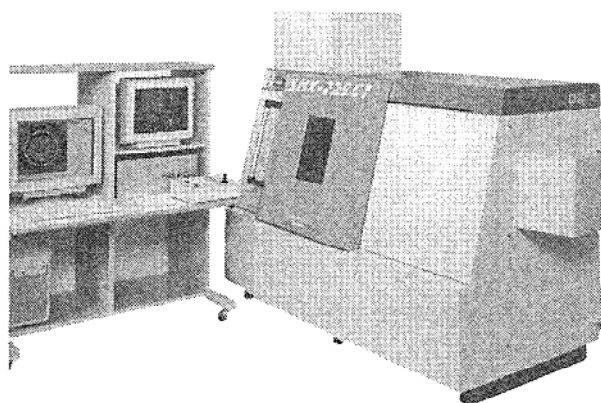


写真 6 マイクロフォーカスX線CT装置SMX-225CT

たが、産業分野でも同様のことが言えます。幅と高さや奥行きを持った物体を、単に一方から透視するのではなく、望みの部位の断層画像を得ることで、内部構造の観察は、より正確に、より高精度に行なえるようになるのです。通常の医療現場では数十 μm 単位の精度は求めませんが、産業分野ではそのニーズが極めて大きいと言えます。実際、マイクロフォーカスX線管球で撮影したデータを12秒程度で再構成できるX線CT装置が、今や標準的な製品(写真6：マイクロフォーカスX線CT装置SMX-225CT)として普及しつつあり、その高精細データ(写真7：直径500 μm BGAの断層データ)により、半導体産業界に貢献しております。

5. おわりに

非破壊検査技術は、今後、「より微細構造の解明へ、より高速検査の進展へ」と進んで行くものと思われまます。特にマイクロフォーカスCT装置においては、これに加えて、CTデータをCADデータとリンクさせ比較検証する「Computer Aided Testing」や、「Reverse Engineering」の技術の進展が期待されており、当社においても、今後、これらの産業界の要請に応えるべく、産業用X線装置の研究開発を継続・発展させ、非破壊検査技術に貢献していく所存であります。

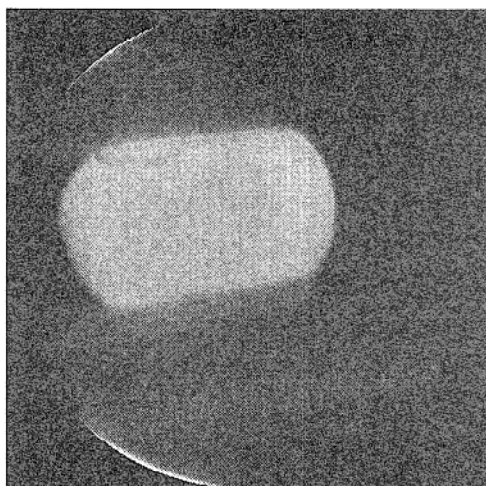


写真 7 直径 500 μm BGA の断層データ

