

行政院國家科學委員會精密儀器發展中心

赴日本考察

『超精密加工機具與特殊光學材料加工技術』

出差報告

服務機關	行政院國家科學委員會精密儀器發展中心
出國人員	許巍耀 李建興
出國地點	日本
出國日期	93.10.26~93.11.05

摘 要

光電產業是目前發展最為蓬勃的產業之一，光電產業的發展與其上游技術『超精密加工機技術』、『超精密檢測技術』與『玻璃材料技術』息息相關。本中心為發展超精密加工技術以支援產業需求，在 94 年度規劃建立超精密加工實驗室，因此派員前往日本考察超精密加工機具與特殊材料加工技術。此次考察主要參訪神戶大學(Kobe University)超精密加工實驗室及東芝機械(Toshiba Machine)、松下電器(Matsushita Electric Industrial)與住田光學(Sumita Optical Glass)等研究中心。此外，為了掌握最新工具機相關產業脈動，另行參觀 2004 年日本國際工具機大展(JIMTOF 2004)。

東芝機械發展超精密加工機技術已有十多年的歷史，近年來除發展超精密車削輪磨機之外、還有射出成形機、玻璃模造機等光電產業主要生產設備，配合東芝機械每年一度的廠內展覽，進行了全區廠房觀摩，並實地訪視該公司甫成立的超精密加工技術實驗室。在考察松下公司之新世代超精密檢測設備(UA3P)的研發部門與組裝工廠，並與開發負責人 Tsutsumi 討論 UA3P 的量測原理與產業應用。住田光學以生產特殊玻璃材料著名，如高折射率玻璃、具有磁性的玻璃材料等，屬於少量多樣的產品策略。神戶大學超精密加工實驗室目前在日本工學界是數一數二的實驗室，由森脇俊道(Moriwaki)、鈴木浩文(Hirofumi Suzuki)共同主持，在超音波振動切削、模具研磨等技術已有許多研究成果，並與日本國內產業亦有密切的互動。

藉由此次考察對日本超精密加工機技術與超精密檢測技術的概況、特殊光學材料的開發與加工技術、鑽石刀具廠商有一定的瞭解，希望對中心發展超精密加工技術有所助益。

目 錄

一、 前言	1
二、 考察行程	3
三、 考察內容	4
1. 神戶大學超精密加工實驗室	4
2. 日本松下奈米級三次元檢測設備	6
3. 日本國際工具機大展	10
4. 日本住田光學玻璃材料	15
5. 日本東芝超精密加工機	17
四、 心得與建議	21
五、 附件	23
附件一 松下 UA3P 量測應用	24
附件二 松下(Panasonic)簡報內容	26
附件三 JIMTOF2004 場地分配圖	36
附件四 Sony 公司雷射光學尺	37
附件五 東芝機械(Toshiba)公司簡報內容	38

一、前言

光電產業為我國繼半導體產業後另一高科技、高成長產業，在相關產品如數位相機、手機相機、DVD/VCD 光碟機、投影機等技術的不斷精進下，帶動了相關光學元件需求的快速成長，使台灣近年來在相關設備的進口量大增，如超精密鑽石車削與輪磨機、塑膠射出成形機、玻璃模造機。根據業者統計，截至去年底(2003 年)全世界超精密加工設備分佈地點與台數以美國與日本分別為 175 台與 160 台分居第一與第二，而台灣目前保守估計亦超過 40 台是全世界第三，可見台灣在全世界光電產業已具有舉足輕重的地位。

在超精密加工機製作與加工技術具有領先地位，即可帶動光電產業的領導地位。因為日本上游廠商相當保護國內相關產業，以往均不對國外銷售關鍵性的加工設備；甚至有些光電產品製造商也自行開發生產設備，而不對外發表。因此日本多年來在光電產業一直具有領導地位。近年來已有多家日本的超精密加工廠商推廣國外的銷售市場，最受日本廠家重視的地區就是台灣。因為台灣近年來在光電產業有大幅度的成長，對加工設備的需求也相對增加。以目前光電產業進口日本的設備來說，東芝公司在台灣的市場佔有率最高，而台灣也是東芝公司最大的國外市場，佔該公司超精密加工機產值的 20%。因此，此次日本考察特別安排前往東芝公司參訪，以瞭解該公司之超精密加工機、射出成形機、玻璃模造機等相關設備與加工技術。

在光學元件之加工相關技術包含光學設計與光機設計、光機元件加工與組裝、光學元件與系統檢測。本中心在光學設計、元件製造組裝與光學元件檢測已累積多年經驗。現有加工與檢測設備計有光學工廠的成形機、定心機、球面與非球面拋光機、雷射干涉儀與輪廓掃瞄

儀，光機實驗室雷射干涉儀、自準直儀以及奈米實驗室白光干涉儀。就光學元件檢測來說，本中心現有之輪廓掃瞄儀只有二維量測能力，而自由曲面加工技術已是未來超精密加工技術之發展趨勢。因此亦需同時掌握加工元件的檢測技術，目前在超精密三維輪廓掃瞄機技術方面，當屬日本松下電器所推出的 UA3P(Ultra Accuracy 3-D Profilmeter) 擁有較高的技術水平。因此前往松下電器公司參訪 UA3P 研發團隊，以瞭解 UA3P 的系統架構與量測原理，並藉由面對面的溝通與研發團隊建立良好的關係。

在光學材料方面住田光學(SUMITA)公司，著重於特殊光學材料的研製（如高折射係數玻璃），所以該公司之市場重點為少量多樣的特殊光學玻璃材料。經由長期的嘗試經驗，住田光學掌握了許多特殊光學材料的 Know How，藉由現場的參訪可瞭解住田光學現有的技術範疇、研發技術團隊與未來發展重點。

日本國際工具機展(JIMTOF)與美國芝加哥國際工具機展(IMTS)及歐洲國際工具機展(EMOS)為全球三大工具機展。此次參觀的重點在超精密加工機設備與技術、超精密加工機之關鍵元件廠商、鑽石刀具廠商、光學檢測技術與產學研界先進技術海報展。

此次前往日本進行『超精密加工技術與特殊光學材料加工技術』考察是搭乘長榮航空公司班機往返，考察期間為 10 月 26 日至 11 月 5 日共計 11 日。考察行程、考察內容以及心得與建議說明於下。

二、考察行程

考察行程表

日期	起	至	工作內容	住宿
10/26(二)	台北	大阪	Taipei (08:30)→Osaka(12:00) 參訪對象聯絡與資料整理	大阪新阪急酒店 NEW HANKYU OSAKA HOTEL 81-6-63725101 大阪市北區芝田 1-1-35
10/27(三)		大阪	參訪神戶大學工學部機械所 Hirofumi Suzuki 等教授	
10/28(四)		大阪	參訪 PANASONIC (松下株式會社) 精密機械製造部門，考察機密機械製造等相關技術設備	
10/29(五)		大阪	參訪 PANASONIC (松下株式會社) 超高精度三維測定部門，考察新式原子力法量測非球面等相關技術設備	
10/30(六)		大阪	參訪資料整理與撰寫	
10/31(日)		東京	Osaka (06:53) ⇄ Tokyo (09:30) 參訪對象聯絡與資料整理	東京銀座首都飯店 GINZA CAPITAL HOTEL 81-3-35438211 104-0045 東京都中央區築地 2-1-4
11/01(一)	大阪	東京	參加 JIMTOF 2004 Machine Tool New Technology Poster Session 展示會	
11/02(二)		東京	參訪 SUMITA (住田光學株式會社)，考察熱壓成型玻璃材料技術與設備	
11/03(三)		靜岡 沼津	Tokyo ⇄ Mishima	沼津 東急飯店 Numazu Tokyu Hotel 81-55-952-2411 410-0802 靜岡縣沼津市上土町 100-1
11/04(四)		靜岡 沼津	參訪 TOSHIBA (東芝機械株式會社)，考察超精密非球面加工機及玻璃熱壓成型設備等製造技術	
11/05(五)	東京	台北	Mishima ⇄ Tokyo Tokyo (14:00)→Taipei (16:45) 搭機返國	

三、考察內容

1. 神戶大學—超精密加工實驗室

『神戶大學』超精密加工實驗室由森脇俊道(Moriwaki)、鈴木浩文(Hirofumi Suzuki) 共同主持。森脇俊道老師在日本工具機界素有盛名，在超精密加工領域中，其超音波振動輔助鑽石車削更深受學術界與產業界肯定。鈴木老師在超精密車削與研磨亦有多年經驗，曾經受邀至台灣擔任『超精密光學元件技術』研討會講員，並受國內業界肯定。此次主要聯絡鈴木浩文老師，並安排與該實驗室主任技術長冲野正(Okino) 先生與我們交流各種加工技術，訪談過程中由該實驗室來自大陸的研究生張寅鋒先生負責接待與口譯。



圖 3-1-1 神戶大學接待研究人員

該實驗室主要設備有東芝公司的超精密加工機 ULG-100C、ULG-100D 與超音波振動拋光機 Nano-Polisher SK-A200 以及 Taylor Hobson 公司的 PGI Plus II 等量測設備。其中 ULG-100C 主要是作超精密鑽石車削相關加工實驗，參訪時正好在進行超音波振動輔助車削

實驗。所謂超音波輔助車削是利用壓電陶瓷材料(piezo)產生高頻 (~20kHz)微量振動,透過兩個自由度的振動使切削點產生橢圓形振動模式,因此可獲得到較佳的加工表面精度且可以提高鑽石刀具的切削壽命,其架構如圖 3-2 所示。

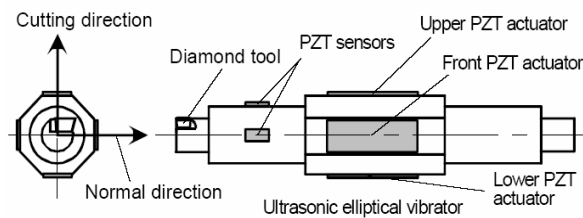
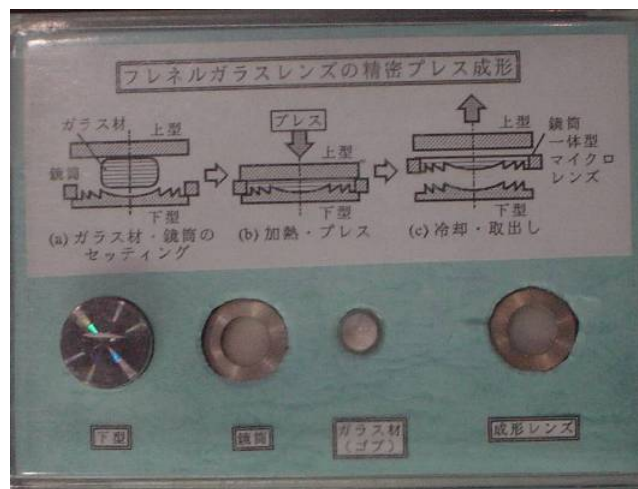
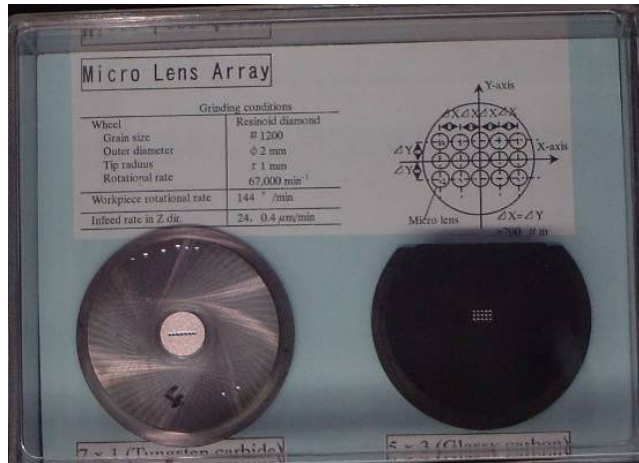


圖 3-1-2 超音波振動輔助車削裝置

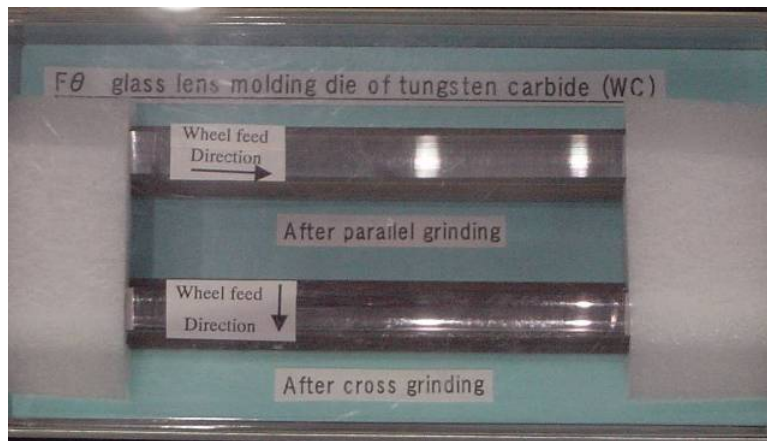
ULG-100D 加工機主要應用於超精密鑽石研磨加工。在該實驗室進行多樣的光學模仁加工實驗,主要的加工應用有 Fresnel Lens、F- θ lens、micro lens array 等,如圖 3-3 所示。



(a)



(b)



(c)

圖 3-1-3 超精密加工機加工應用
(a)Fresnel Lens (b)micro lens array (c)f-θ lens

2. 松下奈米級三次元檢測設備

此次拜訪松下電器公司主要是考察該公司超精密三維輪廓掃描設備(Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer, UA3P) (見圖 3-2-1), 量測應用請參考附件一。透過該公司業務代表藤岡仁(Hitoshi Fujioka)帶領與安排, 與該公司研究發展部門的主管堤英貴(Hideki Tsutsumi)也是研發 UA3P 團隊的主持人面談。首先由堤英貴先生介紹有關 UA3P 的量測原理與相關應用(如附件二), 之後至實驗室實際操作示範

UA3P 的光學元件量測（見圖 3-2-2）。



圖 3-2-1 松下電器業務代表與 UA3P 操作人員

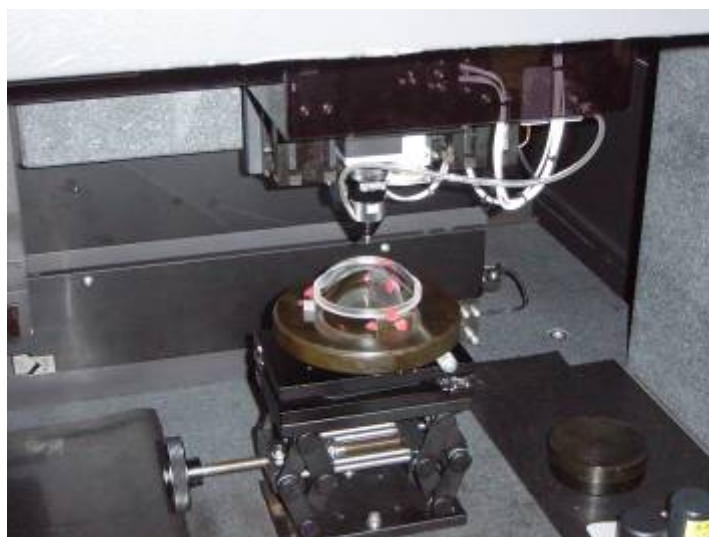


圖 3-2-2 UA3P 試測精儀中心非球面鏡片表面精度與表面粗糙度

UA3P 的量測原理（見圖 3-2-4）是利用一探針(探針頭材質為鑽石或紅寶石)接觸待測物體表面，將接觸力保持在 3mg，以線性馬達驅動各線性軸，再以雷射干涉儀量測各軸運動量，藉以記錄物體表面三維空間的曲面資料。接觸力的保持機制是以雷射干涉儀量測彈簧片上反射鏡的位移量，在固定的微小位移量即可確保接觸力小於 3mg，

當然必須配合驅動 Z 軸線性馬達，隨著待測物體表面高度運動。UA3P 因為探針頭的干涉與量測靈敏度與解析度的問題，最大的待測物體水平夾角為 60 度。其量測應用範圍如圖 3-2-3 所示，量測範圍可由 0.01mm 至 600mm，最高量測精度為 10nm。UA3P 共有三種標準型號，其相關規格如表 3-2-1 所示。三種型號的精度與量測方式大致相同，主要的差異在於量測範圍，UA3P-4、UA3P-5、UA3P-6 之量測範圍分別為 100*100*35、200*200*45、400*400*90 (mm)，此外根據現場的觀察並與該公司實驗室人員討論，UA3P-4 之機器架構為載物台 X、Y 運動，量測探頭 Z 軸運動，而 UA3P-5、UA3P-6 則為載物台固定，量測探頭三軸運動，這是因為運動軸質量最佳化的原因。近年來，UA3P 在市場接受度已逐漸打開，最常見的量測應用為非球面鏡量測，根據預估 2004 年可達到 130 台的累計銷售實績。

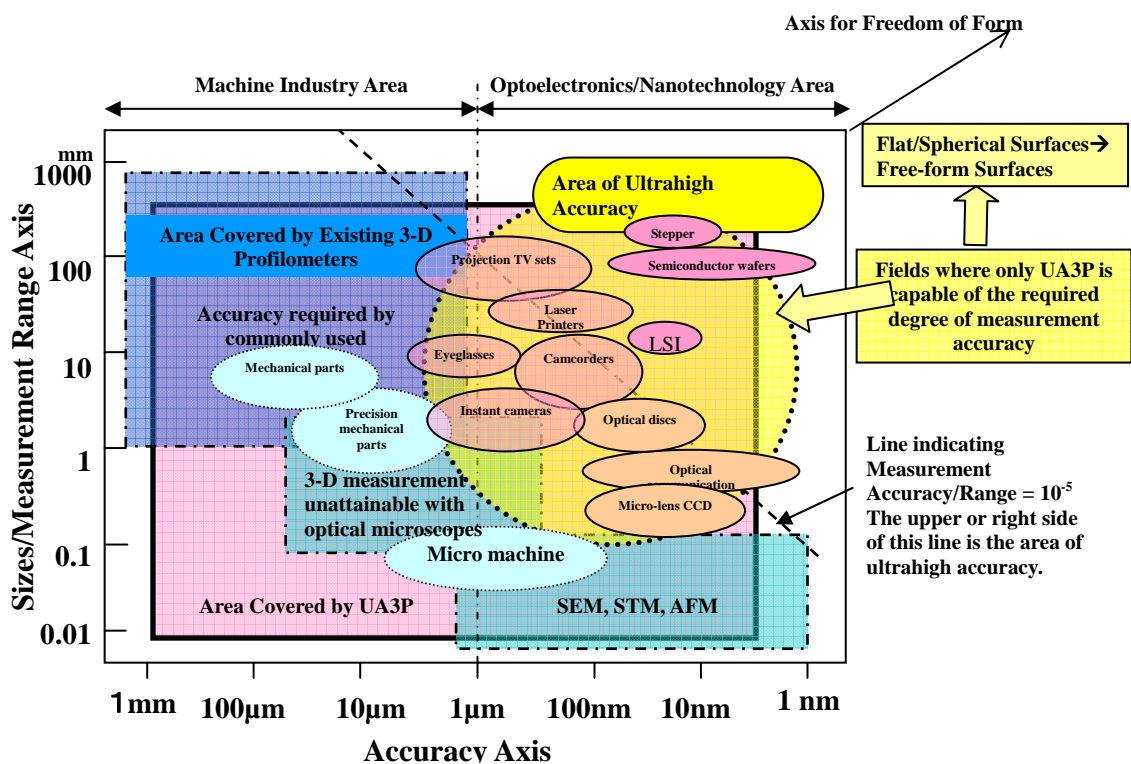


圖 3-2-3 UA3P 量測應用範圍

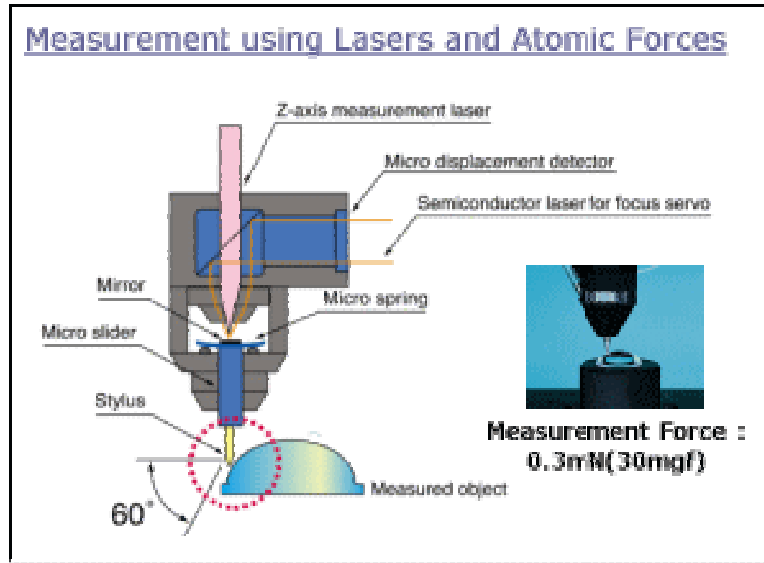


圖 3-2-4 UA3P 量測原理

表 3-2-1 UA3P 規格表

Models	UA3P-4	UA3P-5	UA3P-6
Measurement Range [mm]	100*100*35	200*200*45	400*400*90
Scale	He-Ne oscillation-frequency-stabilized laser		
Sensor	Atomic force probe Ruby ----- Tip radius : 0.5 mm; measuring force : 30 mg Diamond - Tip radius : 2 μm; measuring force : 30 mg		
Maximum Measurable Angle	60 deg.		
Probe Measurement Accuracy	Measurement plane tilt angle ≤ 30 deg. : 0.01 ~ 0.05 μm Measurement plane tilt angle ≤ 45 deg. : 0.01 ~ 0.1 μm Measurement plane tilt angle ≤ 60 deg. : 0.01 ~ 0.3 μm Note) For circular scanning: Measurement plane tilt angle ≤ 60 deg. : 0.01~ 0.1 μm		
Measurement errors by coordinate axis	For the range of X/Y-axis ≤ 100 mm: 0.05 μm or less For the range of X/Y-axis ≤ 200 mm: 0.1 μm or less For the range of X/Y-axis ≤ 400 mm: 0.2 μm or less Repeatability: 0.05 μm or less		
Measuring Speed	0.01 ~ 10 mm/s Variable in multiple steps		0.02 ~ 20 mm/s Variable in multiple steps

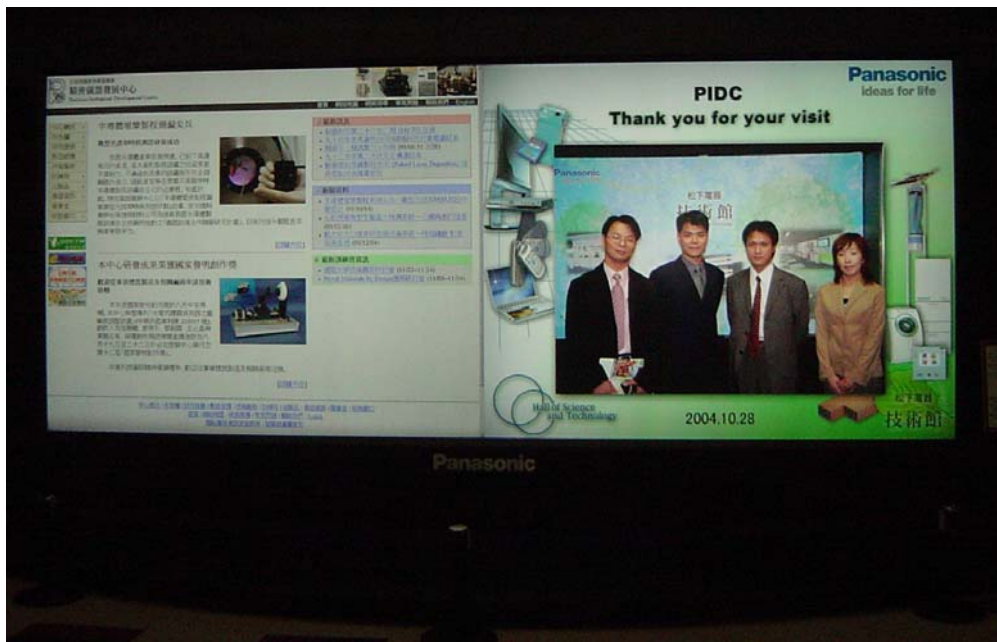


圖 3-2-5 松下電器公司世界最大 150”背投影電視歡迎精儀中心參訪
(左側顯示精儀中心即時網頁)

3. JIMTOF2004 日本工具機大展

日本國際工具機展(JIMTOF)與美國芝加哥國際工具機展(IMTS)及歐洲國際工具機展(EMOS)為全球三大工具機展。本次展覽由 11 月 1 日至 11 月 8 日一連八天的展期，共有 147251 人次參訪，展場配置圖見附件二。

在加工技術方面 Crystal Optical 公司在現場展示 $\phi 700\text{mm}$ 大型非球面鏡研磨成品(見圖 3-3-1)，該元件雖已可達到鏡面品質，也就是說表面粗糙度有一定水準，但其形狀精度並無法量測。除了非球面之加工外，還展示自由曲面(圖 3-3-1 左下)與離軸非球面鏡(圖 3-1-1 右下)。



圖 3-3-1 Crystal Optical 公司之加工元件

在超精密加工設備廠商方面拜訪了豐田工機(Toyoda)公司與不二越(Nachi)公司。Toyota 公司在現場展示相關加工元件如 $f-\theta$ 鏡面模具、非球面鏡模具等，如圖 3-3-2 所示。在與該公司業務代表松田修(Matsuda) 先生討論後，AHN 系列(AHN05、AHN10、AHN60-3D) 的超精密非球面加工機符合本中心明年度欲採購之超精密鑽石輪磨機設備，其相關規格與外觀如圖 3-2-3 所示。

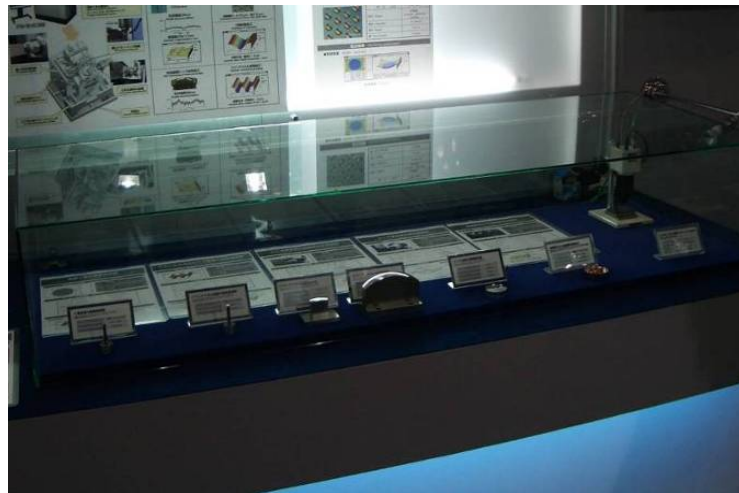


圖 3-3-2 Toyoda 公司展示之超精密加工元件

Best for machining of aspheric shape of small diameter in an optical field etc. or machining in 3D

●AHN05
High Precision
Free-form
Surface
Machine



		AHN05
Max. machinable diameter	mm	φ50
Slide table stroke	mm	X : 150 Y : 50 Z : 100
B-axis table rotational angle	°	310
Spindle speed	min ⁻¹	50~5 000
Rapid feed rate(X/Y/Z axis)	m/min	500
Cutting feed rate(X/Y/Z axis)	m/min	500
Min. input increment(X/Y/Z axis)	mm	1
Min. input increment(B axis)	°	0.000 1

Super high precision and high efficiency machining of aspherical shapes such as lenses

●AHN10
High Precision
Aspheric
Machine



		AHN10
Max. machinable diameter	mm	φ100
Slide table stroke	mm	X : 250 Y : 200
B-axis table rotational angle	°	310
Spindle speed	min ⁻¹	30~3 000
Rapid feed rate(X/Z axis)	m/min	500
Cutting feed rate(X/Z axis)	m/min	500
Min. input increment(X/Z axis)	mm	1
Min. input increment(B axis)	°	0.000 1

●AHN60-3D
High Precision
3D Profile
Machine



		AHN60-3D
Max. machinable diameter	mm	φ600
Slide table stroke	mm	X : 350 Y : 110 Z : 350
B-axis table rotational angle	°	335
Spindle speed	min ⁻¹	5~1 000
Rapid feed rate(X/Y/Z axis)	m/min	240
Cutting feed rate(X/Y/Z axis)	m/min	240
Min. input increment(X/Y/Z axis)	mm	1
Min. input increment(B axis)	°	0.000 1

圖 3-3-3 豐田工機 Toyoda 公司 AHN 系列超精密加工設備

鑽石刀具廠商方面造訪東京鑽石刀具(Tokyo Diamond Tool)與 Asashi Diamond 公司。兩家公司皆有展示鑽石砂輪與車刀相關工具，同時並展示以自有刀具加工之加工成果。如東京鑽石刀具展示 $f-\theta$ 鏡片模具之加工成果(見圖 3-3-4)。

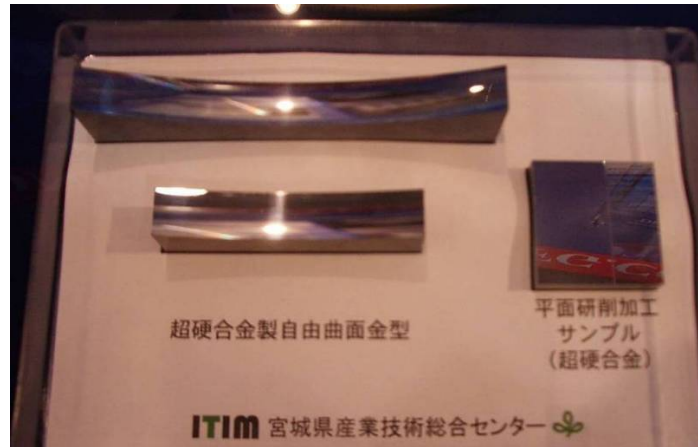


圖 3-3-4 東京鑽石(Tokyo Diamond)刀具展示之加工元件

此次工具機大展與往年一樣邀請各大學或研究機構進行有關工具機技術的海報展。除了海報外，部分研究單位也有實品展示。例如先前拜訪的神戶大學超精密加工實驗室就展示該實驗室的加工元件與超音波拋光機器（見圖 3-4-5）。台灣亦有工業技術研究院機械所參與海報展出，參展的項目是串並聯混合式五軸工具機與加工應用。此次參與展出的學校與研究單位多達 40 多各攤位，都是屬於日本國內知名的教授或實驗室。就內容來說有較多的部分是在加工技術方面，如：鑽石車削與研磨、放電加工技術、電解拋光技術、CAD/CAM 技術、非球面/繞射元件模具加工或技術。

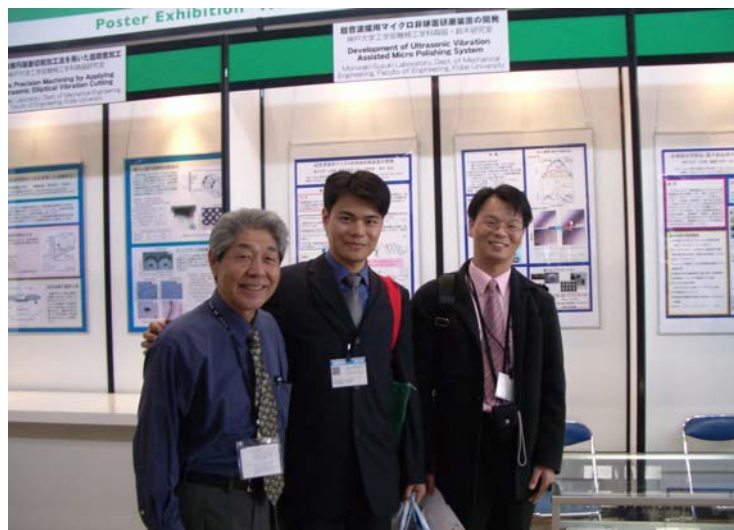


圖 3-3-5 2004 JIMTOF POSTER SESSION 先進技術特展

有關超精密加工機之關鍵元件亦有廠商前來參與展示，如 SONY 公司及展出該公司線性光學尺、光學式角度感測器（見圖 3-4-6）等設備。SONY 公司之線性尺主要分為磁感式、光學式、雷射反射式。其中雷射反射式線性尺可應用於超精密加工與檢測設備，如：超精密空氣定位平台、非球面加工機、鏡面研磨機、超精密表面輪廓量測儀、非接觸式量測機或半導體相關設備等。目前該公司 BS78 之解析度可達 0.07nm，並具有高穩定性（濕度、氣壓與空氣擾動的影響），相關規格如附件三。



圖 3-3-6 SONY 現場展示角度感測器

4. 住田(SUMITA)光學玻璃材料

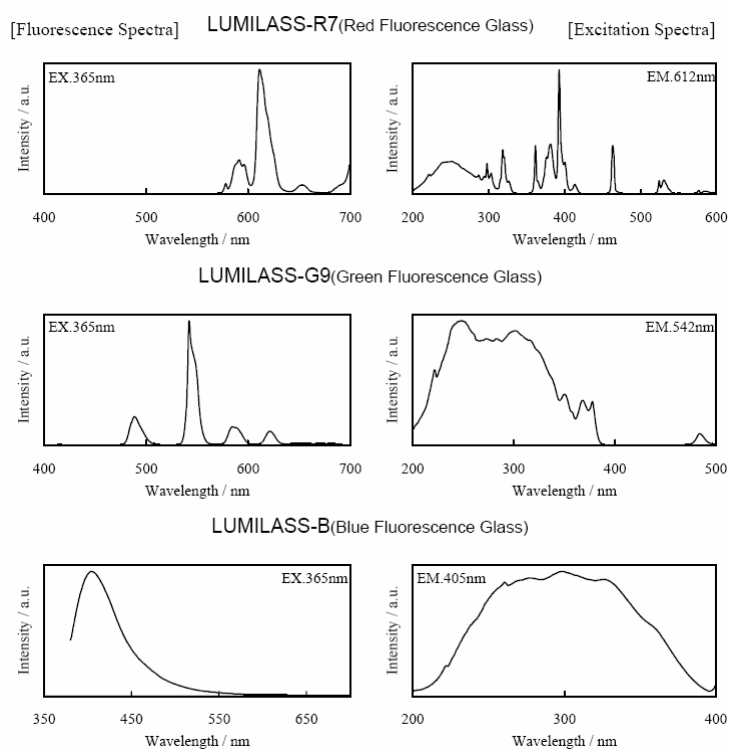
住田光學玻璃公司(SUMITA Optical Glass,INC.)成立至今已五十餘年，該公司主要經營範圍為：

- 光學儀器用光學玻璃材料生產及加工品
- 熱壓型精密非球面鏡片及半製品的生產
- 熱壓型精密非球面鏡片生產用成型機器
- 光纖、光纜、環型光纖束、傳像光纖束
- 鹵素冷光源裝置、光纖內窺鏡、光纖照明系統
- 其他特種玻璃等開發及生產

目前住田已開發出達 133 種以上的高性能光學玻璃，主要針對各種應用需求，提供如：1)多品種，小批量，高精度，低成本的熱壓型平板玻璃素材『HP 品』。2)各種尺寸研磨加工用光學玻璃素材『CB 品』。3)可大量生產，熱膨脹率低，成本低，高性能之精密模型加工用玻璃素材『GOB 品』。該公司研究開發在低溫狀況下將熔化後的玻璃，利用精密模具擠壓成型的方法，生產光學鏡片毛胚材料及精密模造用光學玻璃鏡片的技術，使得成形後的毛胚材料及光學玻璃鏡片都可不再用研磨加工。因此，光學玻璃鏡片的生產工程速度將大幅加快，生產成本亦大大降低。最具市場競爭力的是可成形各種特殊曲率形狀的玻璃鏡片。

目前，模造玻璃主要仍應用在數位攝相機鏡頭、手機攝相機鏡頭與光通信設備等光學元件上。該公司近年來致力於低溫模造玻璃材料的開發上，已有顯著成果。高性能熱壓玻璃須具備良好的機械強度、熱穩定性、化學穩定性，最重要的是透光率要高。因此需耗費大量時間進行材料分析、材料合成與物理、化學、機械、光學等各種特性測試，找出最佳原料比例。日前，住田光學成功量產世界最低溫(330°C

以下)可擠壓成型之 K-PG325 光學玻璃素材，其耐水性與重量減少率均低於 0.05%，且以此精密擠壓成型技術獨步全球。在與住田營業部部長財津孝史(Takashi Zaitu)訪談過程中，了解到該公司在發展玻璃模造素材熔製技術時，並不專研於熱壓機的開發上，而是與專精於機器設備開發領域之業者『日本松下公司』(Matsushita)共同合作，因此，住田在自有技術的研發上才能新無旁鶩的持續深入專研。另外，住田光學在發展特殊用途光學玻璃不遺餘力，如 Lumilass 系列螢光玻璃，將紫外光高效率地轉換成可見光波長，特別是非常複雜的藍色螢光發光玻璃，已成功開發量產。



	LUMILASS-R7	LUMILASS-G9	LUMILASS-B
Main Fluorescence Wavelength (nm)	610	540	405
Excitation Wavelength Range (nm)	200-420	200-390	200-400
Minimum Sensitivity ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	<1	<1	<1
Refractive Index (nd)	1.644	1.694	1.477

綜觀整個光學產業，國內目前雖能製作各式光學元件，亦累積許多加工經驗，但產業上游最重要的光學玻璃素材之供給，仍由國外大廠如德國 SCHOTT，美國 CORNING，日本 HOYA、OHARA、SUMITA 掌控住，就此次訪談過程獲知，若國內要將模造玻璃技術提升，待解

決的關鍵技術除了模具製作與硬膜蒸鍍外，最需迫切開發的就是玻璃材料的自製。以日本 HOYA 公司而言，均花費將近二十年的時間才成功開發出此項技術。



圖 3-4-1 參訪住田光學玻璃公司(SUMITA)研發總部

5. TOSHIBA 超精密加工機

此行前往『東芝機械』參訪是由該公司業務代表伊倉孝治(Igura)先生與專任技師長勝木雅英(Katsuki)先生接待。首先由勝木雅英(Katsuki)先生進行超精密加工機技術簡報(圖 3-5-1)，再由他陪同參訪廠房。參訪當天剛好是東芝公司每年一度廠區對外展覽會，因此全廠開放國外買主參觀。根據訪談得知，目前東芝公司 30%的超精密加工機銷售至日本以外的國家，其中近七成主要銷售到台灣；因此，目前台灣可說是東芝公司在超精密加工設備最重要的國外市場。該公司的技術人員約每個月都會派人至台灣進行技術服務。



圖 3-5-1 勝木雅英(Katsuki)專任技師長技術簡報

在超精密加工技術簡報時，勝木雅英(Katsuki)先生介紹東芝公司發展超精密加工機技術歷程，並進一步說明有關超精密加工機之關鍵零組件如 V-V 導軌、線性馬達、氣靜壓主軸。其中 V-V 導軌是採用兩道 V 形的導軌，導軌內以高精度的滾針排列組成，並採用油靜壓的方式以消除摩擦力與提高滾針壽命。導軌軸承之預壓採用床台自重，而垂直運動軸(Y 軸)導軌之設計，則配有油壓單元以提供其軸承預壓。

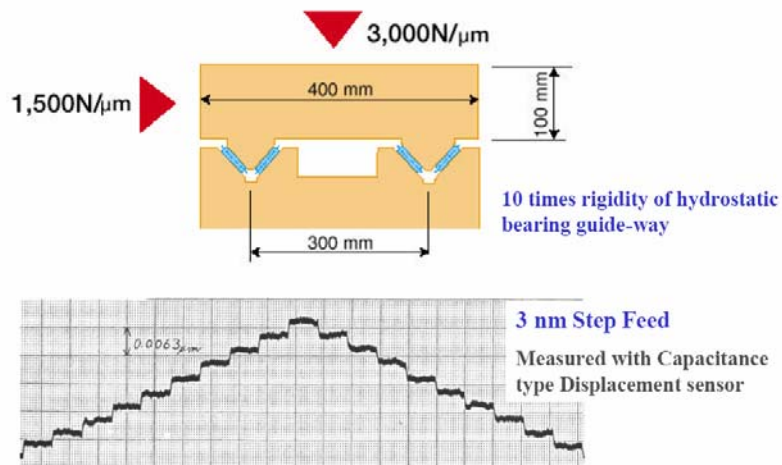
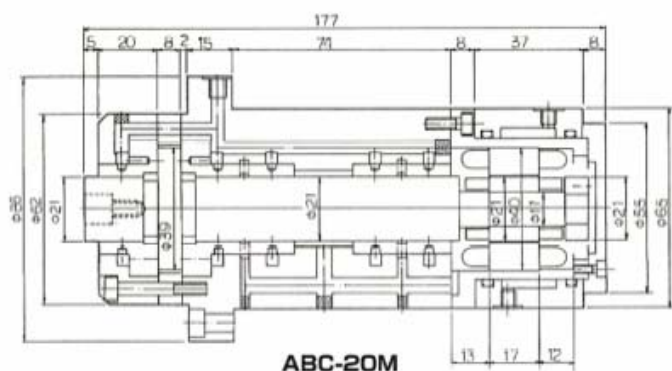


圖 3-5-2 V-V 導軌之剛性與精度

目前東芝公司超精密加工機之水平運動軸皆採用線性馬達(linear

motor)，使驅動軸之剛性與反應速率可大為提高。因為線性馬達的是直接驅動運動床台，減少了傳動元件的使用，如滾珠螺桿/螺帽、螺桿支撐軸承、聯軸器等；因此，可降低運動誤差並可消除背隙誤差。

研削主軸是研削加工不可或缺的重要元件，東芝公司以多孔性材質設計主軸之氣靜壓軸承以提高軸承剛性與運轉精度。其架構與規格如圖 3-5-3 所示。



(a)

Specifications

Item		ABC-20M
Radial Bearing Dia.		φ 21 mm
Thrust Bearing Dia.		φ 39 mm
Stiffness	Radial	8N / μ m
	Axial	12N / μ m
Load Capacity	Radial	60N
	Axial	80N
Speed Range		5,000~150,000 min ⁻¹
Runout (NRRO)		0.05 μ m
Horse Power		650w / 150,000 min ⁻¹
Drive System		Induction Motor

(b)

圖 3-5-3 研削主軸之架構與規格

廠房參觀部分有光學產業加工設備廠、大型機械工廠（大型工件加工與組裝、檢測）、超精密加工設備研發中心(如圖 3-5-4)。光學產業加工設備廠有射出成形機、玻璃模造機等，加工元件有光學玻璃、

微小光學元件、微流道等。大型機械加工廠，有大型五軸加工機、五面加工機、綜合加工機等，在現場可看到以上設備之零件加工、組裝校驗與整機檢驗，除此之外，還展示高速模具切削加工與高速微孔陣列加工。超精密加工設備研發中心，展示了精密光學元件與模具加工、玻璃模造機等。

東芝公司為提昇超精密加工機性能，成立此中心針對各機械的加工性能進行檢驗，同時也研究各項加工製程的最佳參數。如玻璃模造的部分，以該公司 GMP-311VA 機器對 OHARA L-BAL42 玻璃材料進行非球面模造。材料預形體為 $\phi 3.0\text{mm}$ 球形，其轉移溫度為 504°C ，降伏溫度為 539°C 。該機器設定成形溫度為 565°C ，壓模壓力為 1.5kN ，壓模週期為 11 分鐘，模具的外徑為 65mm ，一模兩穴。此外，該公司亦開發出高溫模造機，可進行石英玻璃的模造加工，其成形溫度約為 1450°C ，石英玻璃應用為藍光讀取頭。



圖 3-5-4 超精密加工設備研發中心

四、心得與建議

1. 技術與產品的成熟需要多年連續不斷的投入研究經費與人力，才有成效，進而卓越。神戶大學超精密加工實驗室之超音波振動輔助切削，Moriwaki 教授就已經投入十多年的研究心力。而東芝機械在作超精密加工設備更是累積原有的工具機設備生產能量，早在 1990 年代初期即成立超精密設備部門專門開發超精密加工設備並發展玻璃模造技術，在超精密加工設備的市場已佔有重要地位之際，仍成立超精密加工技術開發與研究實驗室，持續投入相關研究。本中心在光學元件加工與檢測技術在國內雖屬一流，但仍應不斷投入經費與人力持續努力，並以世界一流為目標。
2. 近年來許多光電產品品質與功能不斷提升，以往大量生產的塑膠射出鏡片，因成像品質與熱穩定性都不如玻璃鏡片。而玻璃模造的技術已成為目前日本超精密加工機設備廠與光電產業廠商急於突破的技術。現階段的模造技術主要問題為產品良率與模具壽命。本中心明年度擬採購超精密加工機，可將其應用於精密模具加工，並在未來可整合真空技術實驗室進行模具硬膜鍍製技術的研究，以提高模具壽命。此項技術應是目前台灣光電產業最急切需要的技術。目前光電市場，台灣深受韓國威脅，而日本方面則積極擴展台灣超精密加工設備的市場；因此，在未來應多與日本進行技術交流與合作。
3. 超精密加工機之技術領域裡，目前台灣業界較為熟悉的應是加工技術。配合本中心 94 年度超精密鑽石車削輪磨機的採購，除了要在加工技術投入研究人力外，亦要在加工過程中瞭解超精密加工機之關鍵零組件原理與應用，並嘗試製作相關的零組件。此外，

在 CAD/CAM 技術方面，也要瞭解加工路徑規劃與元件精度以及加工效率的關係。在掌握特定曲線與加工路徑的關係後，應自行開發 CAD/CAM 軟體，使其成為本中心的核心技術之一。

4. 近年來超精密光學元件之加工，除了非球面鏡快速成長外，自由曲面之加工需求也已經逐漸成長。在此趨勢下，配合的 3D 輪廓掃描檢測設備需求亦會隨之增加，此次拜訪 Panasonic 之 UA3P 設備之銷售成長可看出端倪。本中心目前在光學元件檢測技術已是國內第一，未來應掌握此一優勢繼續發展自由曲面光學元件檢測技術與設備，如此，不但能服務業界進行相關檢測，也可以支援學校進行學術研究。

五、附件

附件一 松下 UA3P 量測應用

附件二 松下(Panasonic)簡報內容

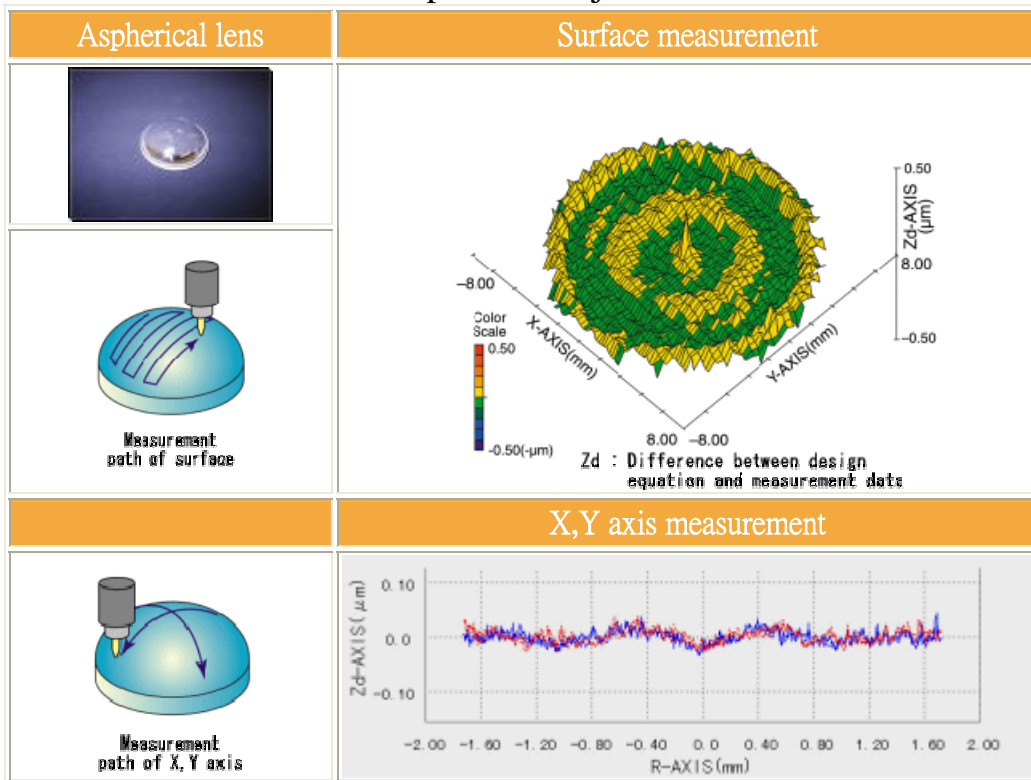
附件三 JIMTOF2004 場地分配圖

附件四 Sony 公司雷射光學尺

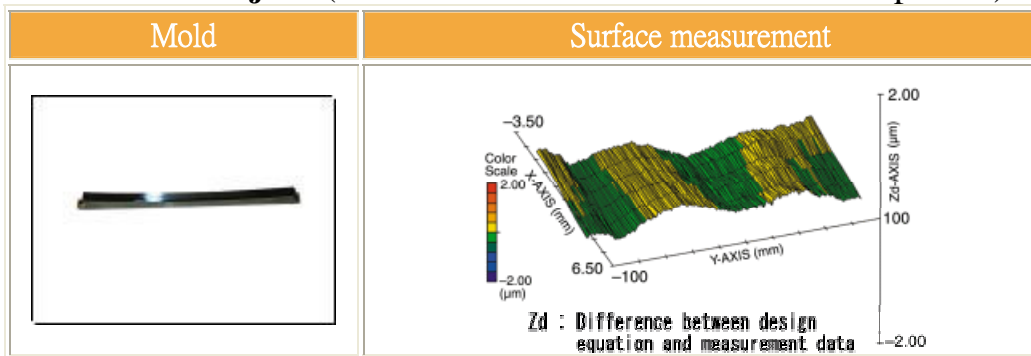
附件五 Toshiba 公司簡報內容

附件一 UA3P 量測應用

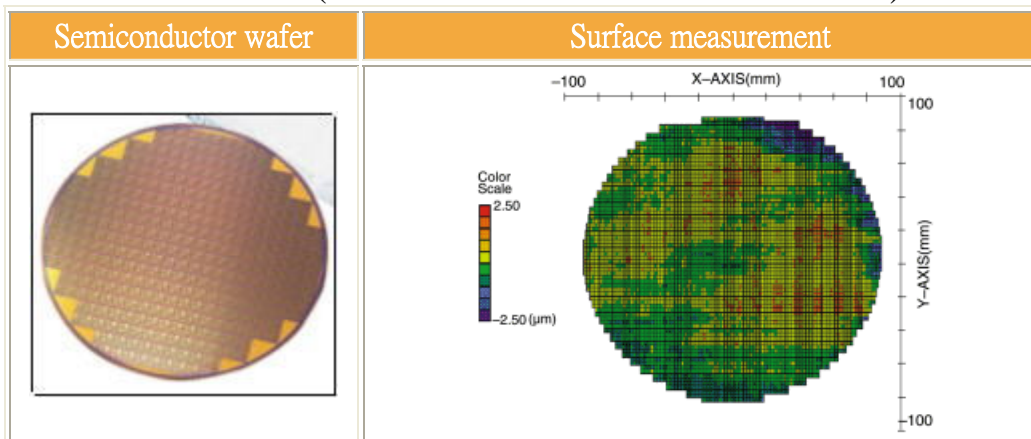
Aspherical objects



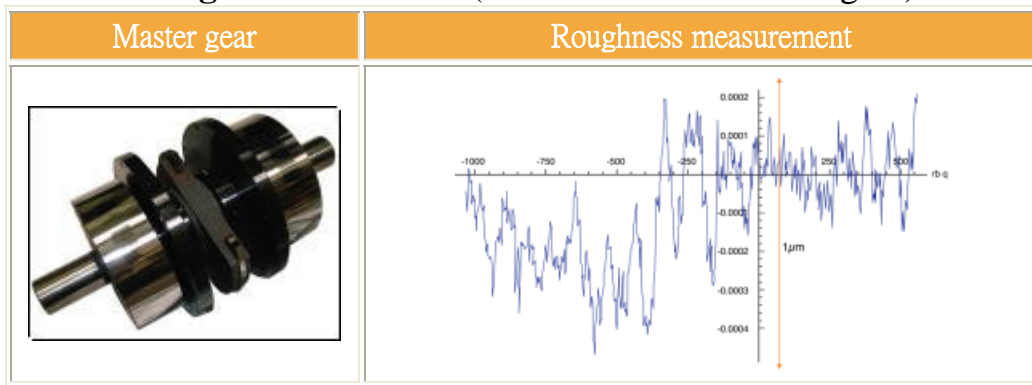
Freeform Objects(measurement of mold for laser beam printer)



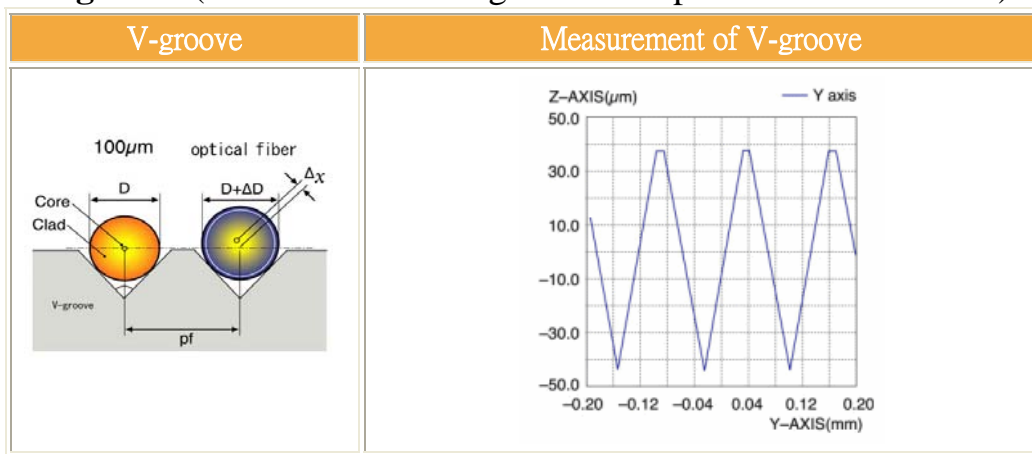
Flat Plates(measurement of semiconductor wafer)



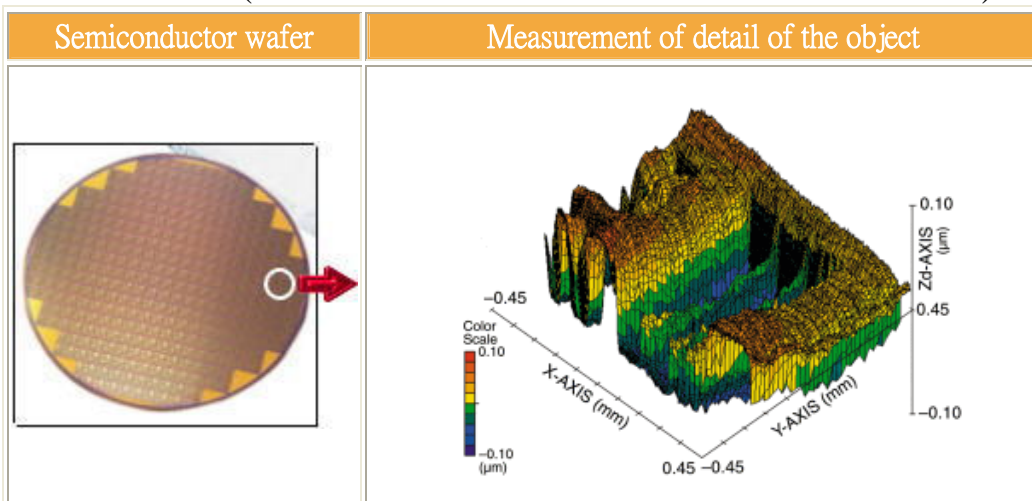
Roughness of surface (measurement of master gear)



V-groove (measurement of V-groove for optical communication)



Detail Part (measurement of semiconductor wafer after CMP)



附件二 松下公司技術簡報

Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer(UA3P)

Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

UA3P Series

Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer



Measurement Range:

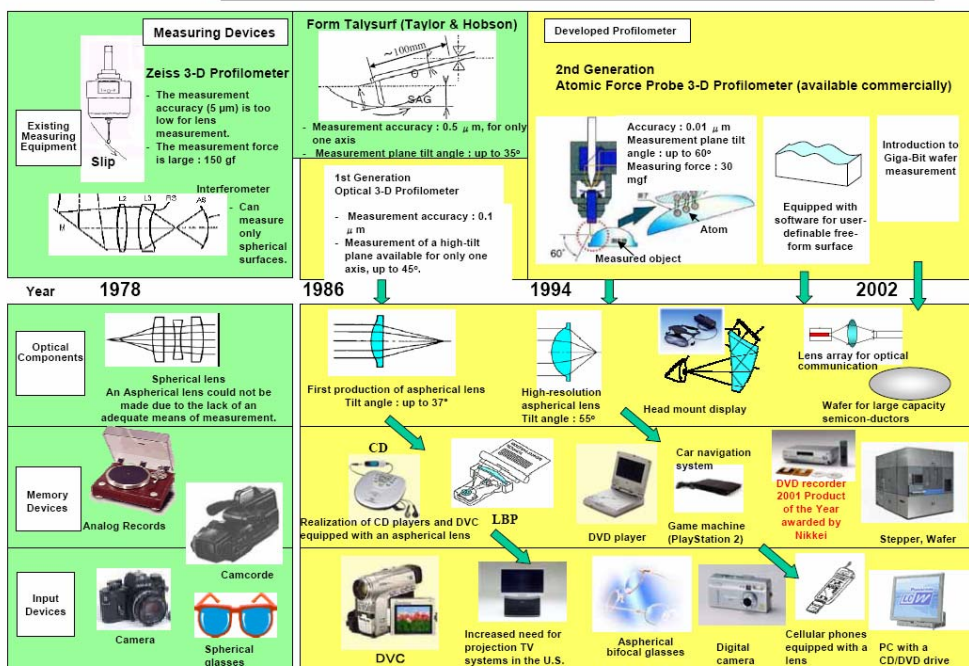
- UA3P-4
100 × 100 × 35mm
- UA3P-5
200 × 200 × 45mm
- UA3P-6
400 × 400 × 90mm

Table 1. Specifications

Models	UA3P-4	UA3P-5	UA3P-6
Measurement Range [mm]	100*100*35	200*200*45	400*400*90
Scale	He-Ne oscillation-frequency-stabilized laser		
Sensor	Atomic force probe Ruby ----- Tip radius : 0.5 μm; measuring force : 30 mg Diamond -- Tip radius : 2 μm; measuring force : 30 mg		
Maximum Measurable Angle	60 deg.		
Probe Measurement Accuracy	Measurement plane tilt angle ≤ 30 deg. : 0.01 ~ 0.05 μm Measurement plane tilt angle ≤ 45 deg. : 0.01 ~ 0.1 μm Measurement plane tilt angle ≤ 60 deg. : 0.01 ~ 0.3 μm Note) For circular scanning: Measurement plane tilt angle ≤ 60 deg. : 0.01~ 0.1 μm		
Measurement errors by coordinate axis	For the range of X/Y-axis ≤ 100 mm: 0.05 μm or less For the range of X/Y-axis ≤ 200 mm: 0.1 μm or less For the range of X/Y-axis ≤ 400 mm: 0.2 μm or less Repeatability: 0.05 μm or less		
Measuring Speed	0.01 ~ 10 mm/s Variable in multiple steps		0.02 ~ 20 mm/s Variable in multiple steps

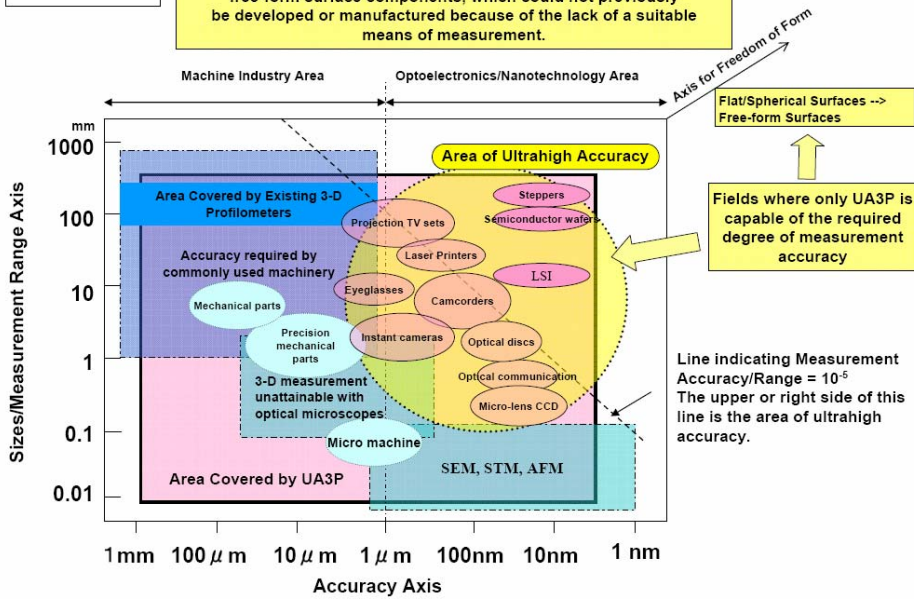
1. Overview

Development of the Profilometer and Products Created



1. Overview

The present technology has led to the advent of nanotechnology or free-form surface components, which could not previously be developed or manufactured because of the lack of a suitable means of measurement.

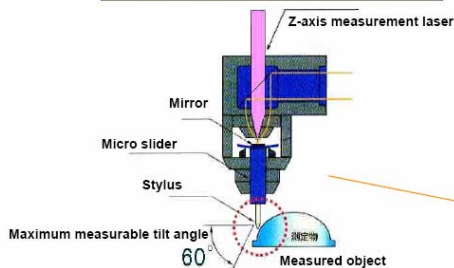


Relationship between Industry Segments and Accuracy

1. Overview

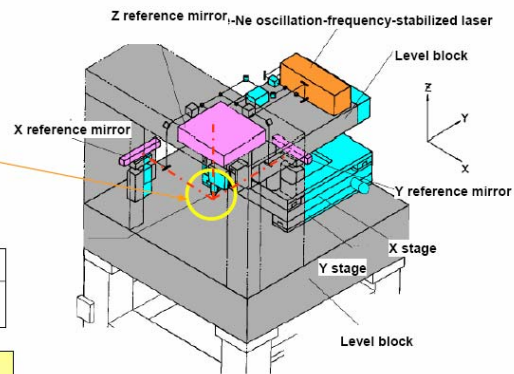
Key Technologies for UA3P Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer

1. Atomic Force Probe Technology

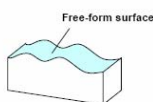


Stylus	Curvature radius	Sphericity	Measuring force	Response acceleration
Ruby	0.5 mm	30 nm	30m g f	0.15G
Diamond	2 μm	100 nm		

2. Nano-Precision 3-D Coordinates Determination Technology



3. Free-form Surface Software Technology



- The user can specify the design equation.
- Any deviation from the design value can be provided as output.

Model	UA3P-4	UA3P-5	UA3P-6
Measurement range [mm]	100 × 100 × 35	200 × 200 × 45	400 × 400 × 90
Axis accuracy	50nm	100nm	200nm

2. Technical Characteristics

<Summary>

- (1) High-speed measurement of surfaces with a tilt angle of up to 60 degrees without damaging the measured object
- (2) The measurement precision is 100 times higher than that achievable with conventional technology.
- (3) Measurement of an arbitrary free-form surface achieved

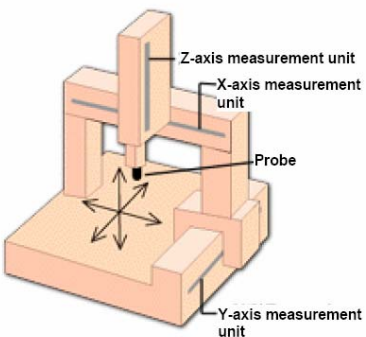
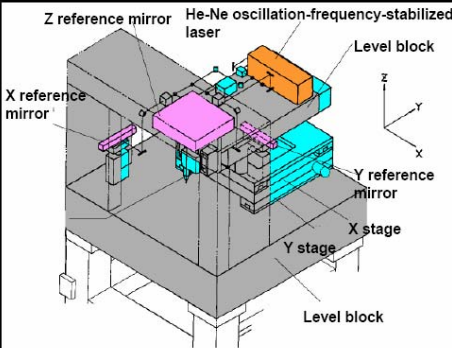
Items	Precision	Measurement object	Measurement time(ϕ 30mm)	Measurable tilt angle	Measurement of free-form surface	Effect of Measurement Force on the Surface
UA3P (present technology)	0.01 μ m	All surfaces MAX 400×400×90mm	1-3 min.	60 deg.	Available	30 mgf Scratch-free
2-D roughness meter	0.15 μ m	Only one section	* 10-30 min.	35 deg.	Not available	150 mgf Possible damage
Conventional 3-D Profilometer	5 μ m	Point	4 hours	45 deg.	Not available	150 mgf Possible damage
Interferometer	0.01 μ m	Only sphere and plane	* 10-30 min.	35 deg.	Not available	0 mgf Scratch-free

* : including calibration time and setting time

2. Technical Characteristics

2-2. Nanometer Precision 3-D Coordinates Forming Technology

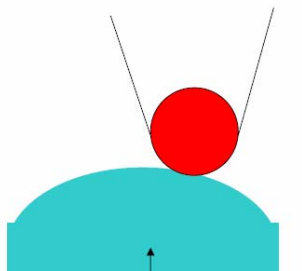
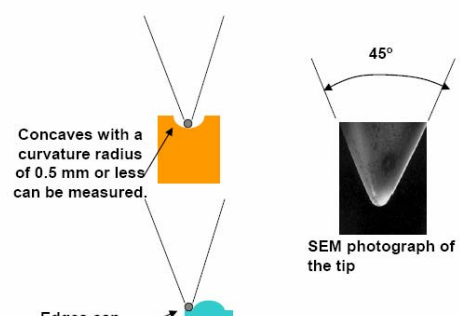
Comparison with conventional methods

3-D Profilometer based on a conventional method	Developed Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer
 <p>Labels: Z-axis measurement unit, X-axis measurement unit, Probe, Y-axis measurement unit</p>	 <p>Labels: Z reference mirror, He-Ne oscillation-frequency-stabilized laser, Level block, X reference mirror, Y reference mirror, X stage, Y stage, Level block</p>
<p>Feature : Essential in the measurement of commonly used mechanical parts</p> <p>Problems: Unable to enhance its axis precision beyond 1 μ - Straightness of the stage is limited. - Abbe error occurs because the measurement point cannot be set on an axis.</p>	<p>Feature : Axis precision is in the order of 10 nm. - Three ultra flat mirrors form the X-, Y- and Z-axes. - Coordinates are determined with the stabilized laser wavelength. - Abbe error is eliminated by locating the measurement point on an axis when determining the coordinates.</p> <p>Problems: Difficult to make it small due to its structural nature</p>

2. Technical Characteristics

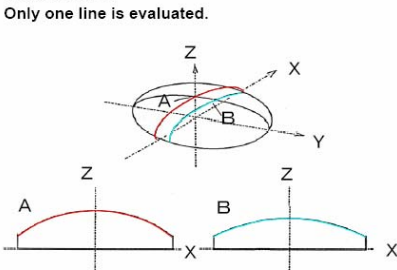
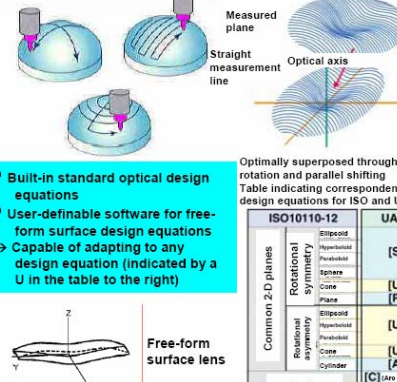
2-1. Atomic Force Probe Technology

High precision ruby and diamond styluses developed for UA3P
 -- Styluses with a high sphericity required --

<p>Ruby stylus with a curvature radius of 0.5 mm Deviation from spherical form : 30 nm or less Intended for ultrahigh accuracy measurement purposes, such as aspherical lenses, molds, etc.</p>	<p>Diamond stylus with a curvature radius of 2 μm Deviation from spherical form : 100 nm or less Intended for measurement of micro patterns, roughness and micro lens</p>
 <p>Common measurement objects</p>	 <p>Concaves with a curvature radius of 0.5 mm or less can be measured.</p> <p>Edges can be measured.</p> <p>SEM photograph of the tip</p>

2. Technical Characteristics

2-3. Free-Form Surface Software Technology

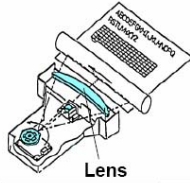
<p>Existing technology (Form Talysurf)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2-D manual centering, 3-axes alignment and X- and Z-axis tilting → Since manual centering is difficult, the [actual][real][?] central section may not be measured, and errors may occur at each measurement. Only one line is evaluated.  <p>A: [Actual][Real] central section B: Near-center section</p> <ul style="list-style-type: none"> Incapable of 3-D evaluation of asymmetric planes relative to an axis 	<p>Matsushita's</p> <ul style="list-style-type: none"> 3-D automatic centering and 6-axis alignment (Measurement error does not occur.) Automatic measurement – Alignment program Built-in standard optical design equations User-definable software for free-form surface design equations → Capable of adapting to any design equation (indicated by a U in the table to the right) Free-form surface lens Capable of measurement with a tilt angle larger than 60° using coordinate conversion software  <p>Optimally superposed through 3-D rotation and parallel shifting Table indicating correspondence of design equations for ISO and UA3P</p> <table border="1" data-bbox="1085 1500 1276 1724"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>ISO10110-12</th> <th>UA3P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">Common 2-D planes</td> <td rowspan="5">Rotational symmetry</td> <td>Ellipsoid</td> <td rowspan="5">[S]</td> </tr> <tr> <td>Paraboloid</td> </tr> <tr> <td>Sphere</td> </tr> <tr> <td>Cone</td> </tr> <tr> <td>Plane</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Rotational asymmetry</td> <td>Ellipsoid</td> <td>[U]</td> </tr> <tr> <td>Paraboloid</td> <td>[U]</td> </tr> <tr> <td>Cone</td> <td>[U]</td> </tr> <tr> <td>Cylinder</td> <td>[A]</td> </tr> <tr> <td>Toric</td> <td>[C] (Arc + Arc)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>[D] (Arc + Nonarc)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>[B] (Torioid)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>[U] (Others)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>[U] (Others)</td> </tr> </tbody> </table>			ISO10110-12	UA3P	Common 2-D planes	Rotational symmetry	Ellipsoid	[S]	Paraboloid	Sphere	Cone	Plane	Rotational asymmetry	Ellipsoid	[U]	Paraboloid	[U]	Cone	[U]	Cylinder	[A]	Toric	[C] (Arc + Arc)			[D] (Arc + Nonarc)			[B] (Torioid)			[U] (Others)			[U] (Others)
		ISO10110-12	UA3P																																	
Common 2-D planes	Rotational symmetry	Ellipsoid	[S]																																	
		Paraboloid																																		
		Sphere																																		
		Cone																																		
		Plane																																		
	Rotational asymmetry	Ellipsoid	[U]																																	
		Paraboloid	[U]																																	
		Cone	[U]																																	
		Cylinder	[A]																																	
		Toric	[C] (Arc + Arc)																																	
		[D] (Arc + Nonarc)																																		
		[B] (Torioid)																																		
		[U] (Others)																																		
		[U] (Others)																																		

2. Technical Characteristics

2-3. Free-Form Surface Software Technology

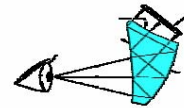
Users can specify any design equation which cannot be disclosed.

Ex. 1) Free-form surface lens for laser printers



Design Equation = ?

Ex. 2) Free-form surface lens for head mount display



Design Equation = ?

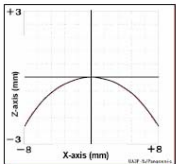
Any deviation from the design equation can be delivered.



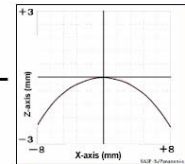
Measurement of free-form surface lens

Design Formula

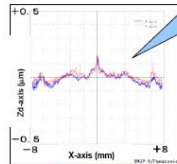
$$Z = \frac{c h^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2 h^2}} + A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10}$$



Measured value

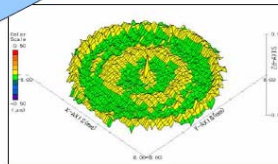


Design value



Error

Machining errors in the order of 10 nm can be confirmed.

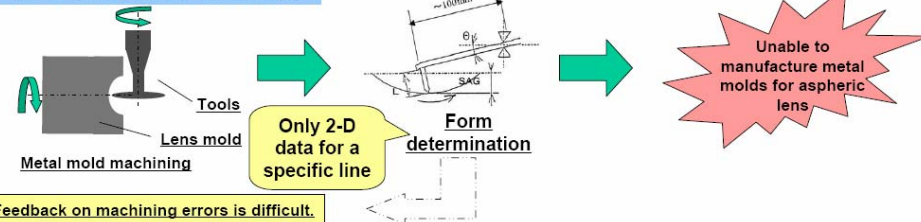


Capable of 3-D data generation

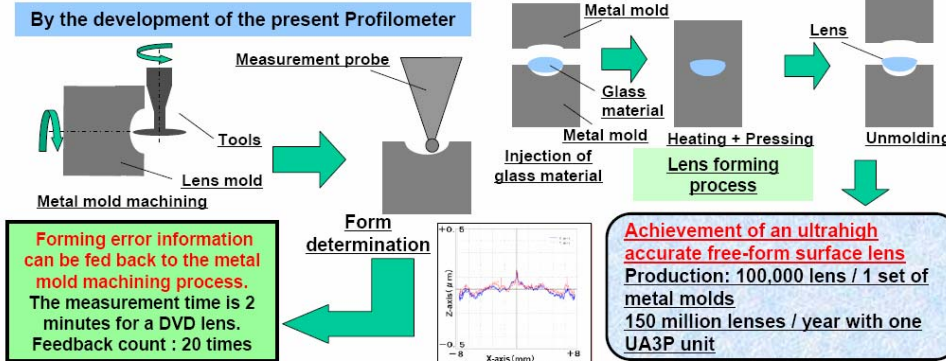
3. Applications of the Profilometer

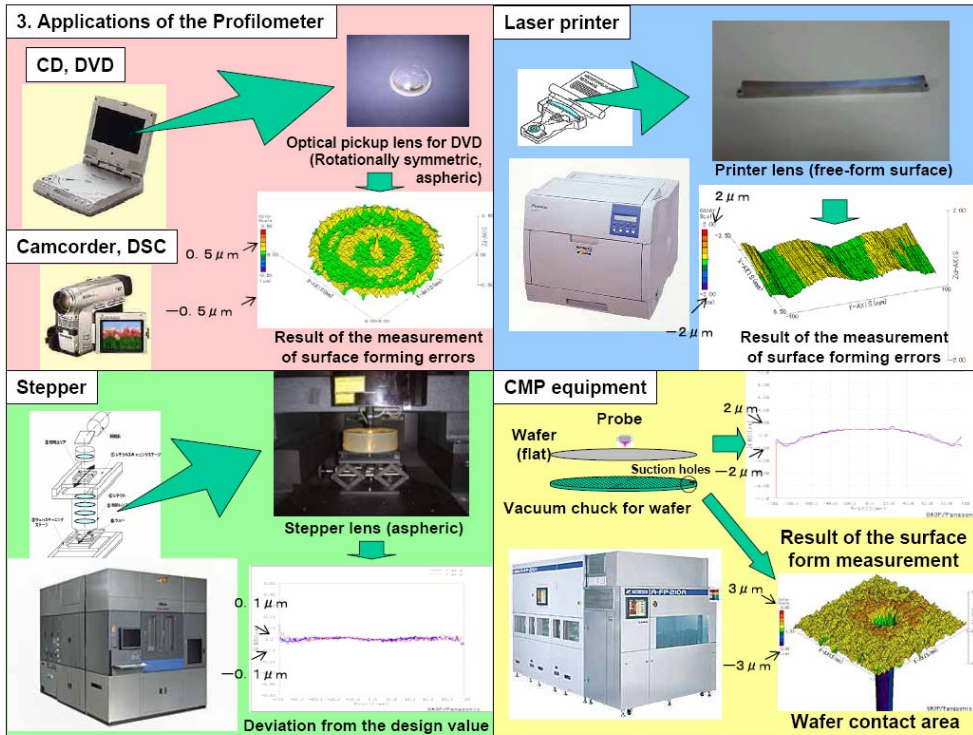
Manufacturing Process of Aspheric Lens

Without the present Profilometer



By the development of the present Profilometer

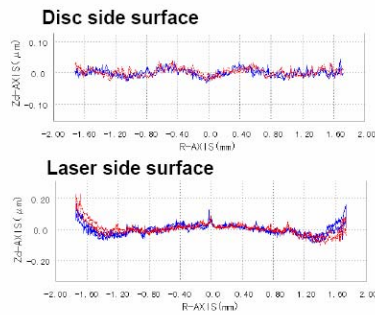





4. Examples of Measurement

<Measurement of Aspheric Forms of Various Sizes>

Contribution to optical fields requiring $0.1 \mu\text{m}$ precision

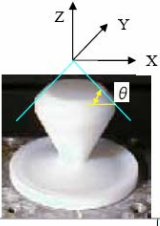


 **Measurement of a DVD lens ($\phi 4$ diameter)**

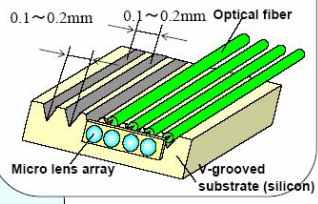
4. Examples of Measurement

Other Measurement Examples


Mechanical component having a complex form
(Form of a valve used in polymer etching equipment)



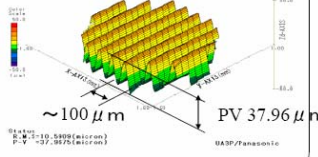
Optical communication system



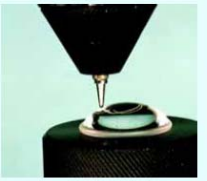
Lens for bifocals



Medical micro machine (Sine form machining using laser)



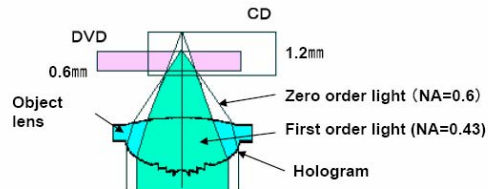
Photograph showing measurement of an aspheric camcorder lens using UA3P



4. Examples of Measurement

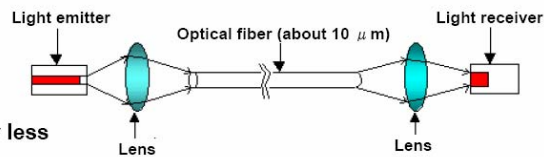
Ever higher-precision and ever smaller optical components : Impossible to manufacture without UA3P

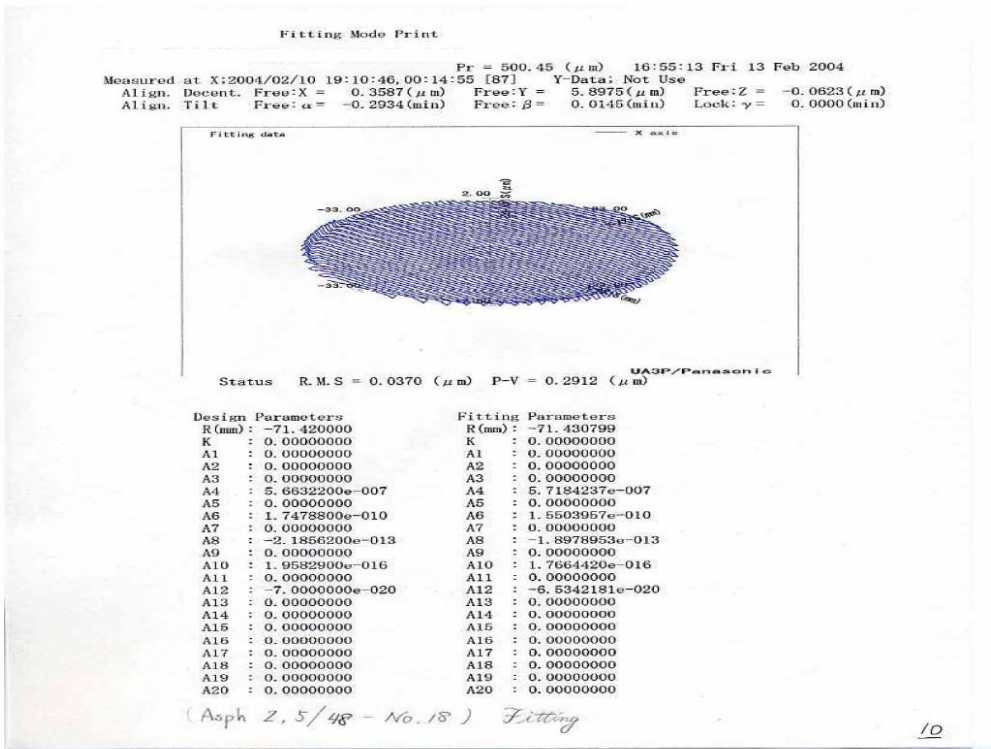
- (1) DVD player with an aspheric frenal lens common to CD and DVD



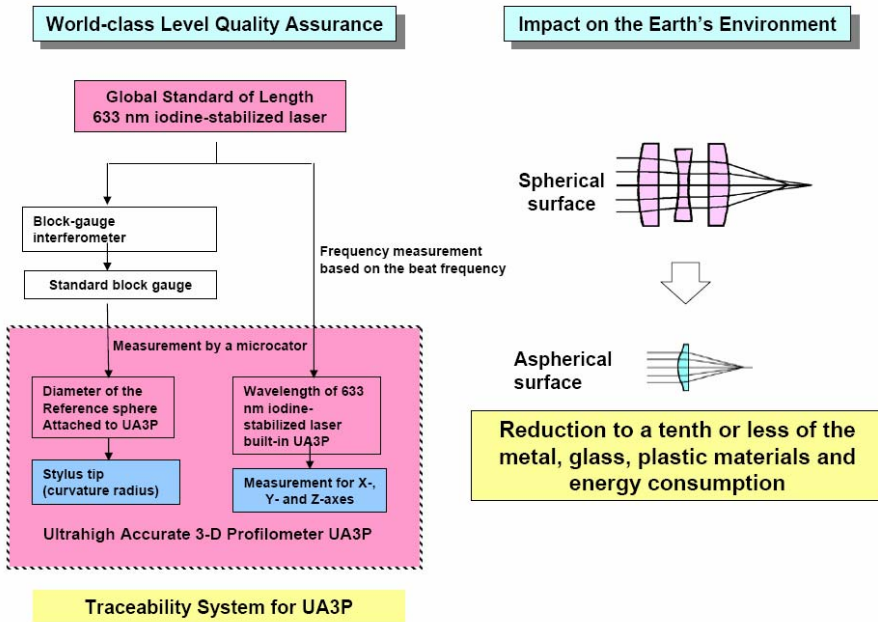
- (2) High incline angle micro aspheric lens for optical fiber communication

Curvature radius : 0.5 mm or less

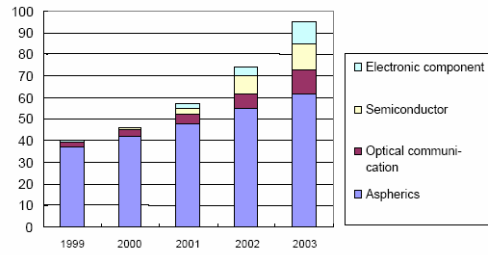




5. Guarantee of Precision



6. Accomplishment

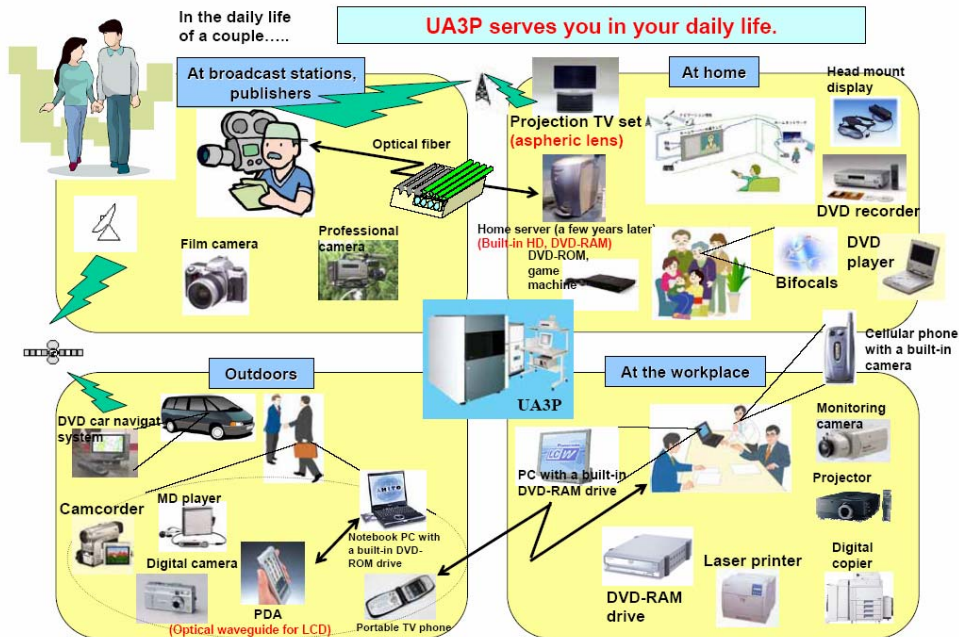


Change of the Number of UA3P 3-D Profilometer Units Supplied (cumulative total)

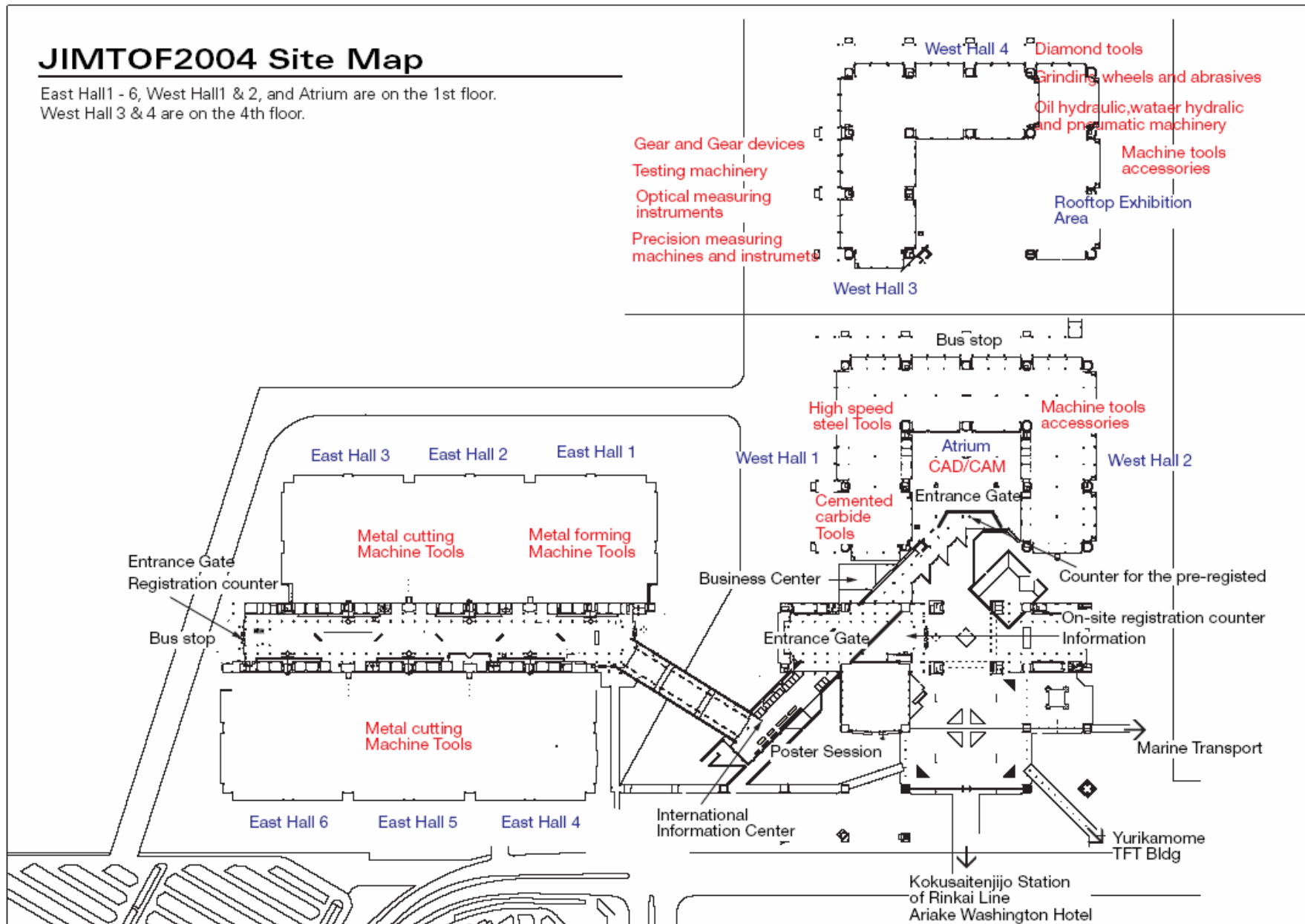
<p>■ Technical Announcement</p> <p>(1) Presentations at academic conferences, lectures : 30 times</p> <p>(2) Publication of research papers : 20 times</p>	<p>■ Awards</p> <p>(1) 1989 Ohkouchi Prize: "Development and industrialization of aspheric lens"</p> <p>(2) 1990 Machine Design Award: "Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer"</p> <p>(3) 1991 Ichimura Industrial Prize: "Aspheric formed glass lens"</p> <p>(4) 2002 34th Ichimura Industrial Prize: "Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer"</p> <p>(5) 2002 45th Major ten new products prize</p> <p>(6) 2002 1st Nano-tech prize</p>
<p>■ Newspaper/Magazine article: 8</p>	<p>■ 2001 This technology, used for our DVD recorder, contributed to the winning of the Nikkei Prize.</p>

7. Closure

What Realized Are/To Be Realized by UA3P



附件三 JIMTOF 2004 場地分配圖



附件四 Sony 公司雷射光學尺 BS78

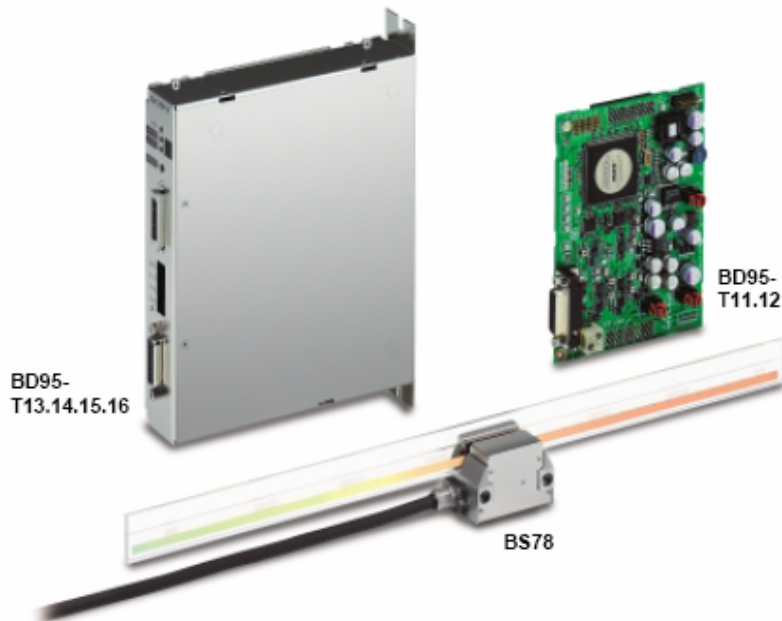
SONY

LASERSCALE™

Scale Unit
BS78

Interpolator
BD95-T11.12.13.14.15.16

Compact LASERSCALE with a zero point boosting a resolution of 0.14nm
Capable of high accuracy and high speed measuring
supporting the next generation semiconductor design rule.



Scale unit BS78

High-resolution scale with signal wavelength of 0.1379 μm that out-performs light wave interferometer systems

High stability that is not affected by humidity, air pressure, and air disturbances

Newly designed optics used in zero point
Half in volume with zero point comparing to previous model

Zero point accuracy $\pm 0.1 \mu\text{m}$

Accuracy: $\pm 0.04 \mu\text{m}$ or better (for a measuring of 40 mm.)

Complete non-contact design
Return error is theoretically eliminated

Measuring length: 40 to 420mm covered by 9 models (-R/-RS)
10 to 420mm covered by 10 models (-N/-NS)

Please consult our sales for vacuum environment application and / or magnetism free application.

Interpolator BD95-T11.12.13.14.15.16

A single-chip IC and newly designed circuitry

High resolution: 0.14nm

High response speed: 400mm/s

DC offset, gain, phase automatic conditioning

AB quadrature output (T13, T14, T15, T16)

32 bit binary output with clock synchronized (T11)
32 bit binary output by data request input (T12, T14, T16)



These products are manufactured at our Isahaya Plant that is certified to ISO9001 Quality Management System and ISO14001 Environmental Management System.

*Designs and appearances are subject to change without prior notice.

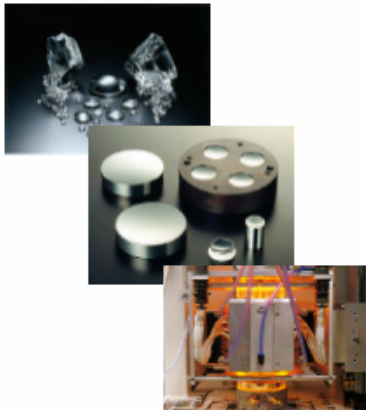
Sony Precision Technology Inc.

附件五 Toshiba 簡報資料

歡迎光臨 行政院國家科學委員會精密儀器發展中心 殿

General presentation

Machining by Aspheric Generator



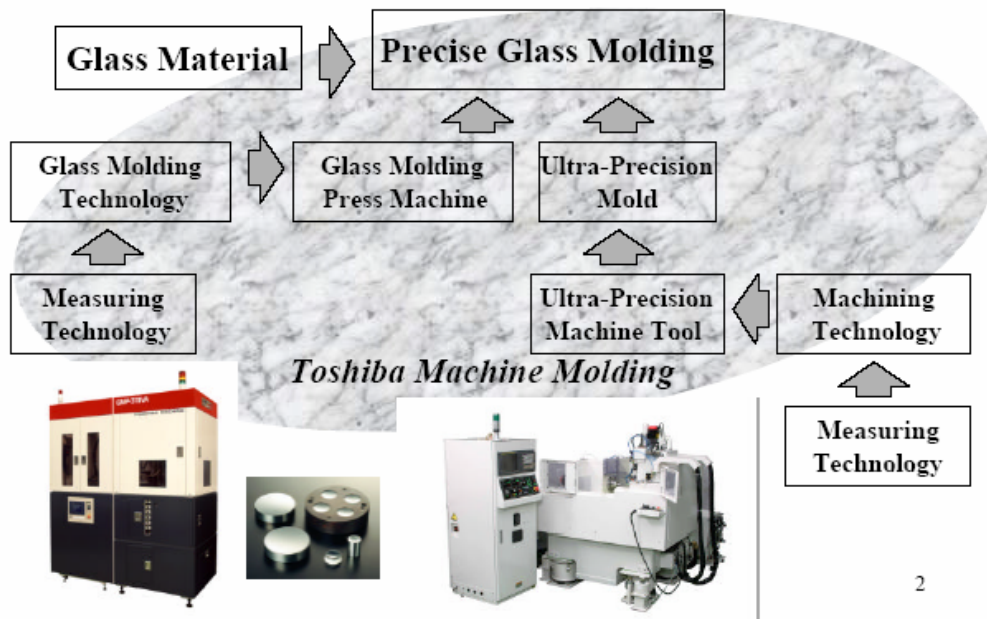
1. Ultra-precision Machining
 - 1-1 Ultra -Precision Machining
 - 1-2 Machining
 - 1-3 Aspheric Generator
 - 1-4 Tool
2. Ultra-Precision Machining Example
 - 3-1 Aspheric Lens
 - 3-2 Slant Spindle Grinding
 - 3-3 Cylinder Lens Array (Grinding)
 - 3-4 Cylinder Lens Array (Cutting)

TOSHIBA MACHINE M. Katsuki 1

4

Glass Molding-Core Machining Solution

•••Ultra-Precision Machining Technology indispensable to Core Manufacturing

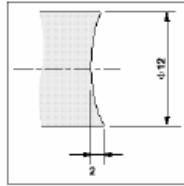


2

4-1

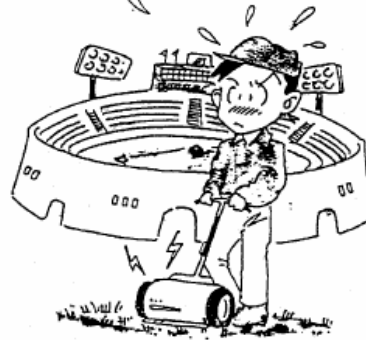
Ultra-Precision Machining ?? Sub-Micron Machining

Machining Example



Form accuracy 0.1um for 10mm dia. lens core is equivalent to mowing and arranging grass in a baseball field within 2mm.

It is impossible for me!!

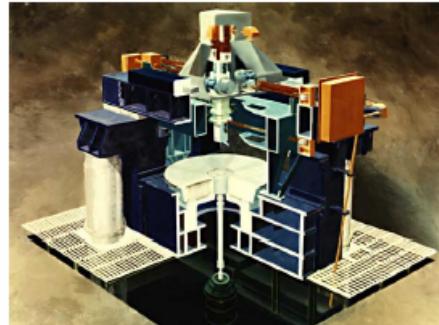


- Work Piece: Material Tungsten Carbide
- Machining Conditions:
 - Rotational Speed of Grinding Wheel: 32000 rpm
 - Rotational Speed of Work Piece: 800 rpm
 - Feed Rate: 1 mm/min
 - Infeed: 0.5 um
 - Grinding Wheel: SD2500 15 mm diameter
 - Coolant: Chemical Solution Type
- Grinding Machine: ULG-100A(HC)
- Form Accuracy: 0.084 um

Accuracy of Automobile Engine Parts: 10 um order

4-1

Ultra-Precision Machining ... Needs and History ...



LODTM

a. Needs in U.S.A

- Military, the Universe and Energy
- Beginning: the 1960s
- LODTM: the 1980s

Diamond turning for large diameter reflector

... Full scale opening of ultra-precision machining

* In ancient time, ruling engine from the 1880s

4

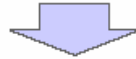
b. Needs in Japan

- Private demands

Full scale opening in the 1980s (commercial base)

example:

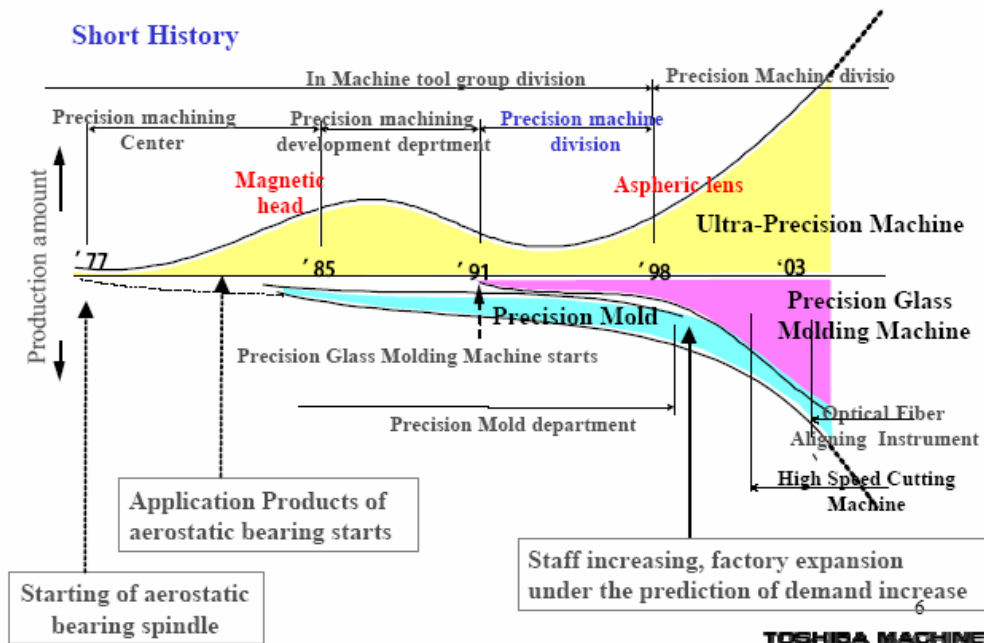
polygon mirror, Copier drum, Magnetic head



Molds for aspheric lens, f - θ lens

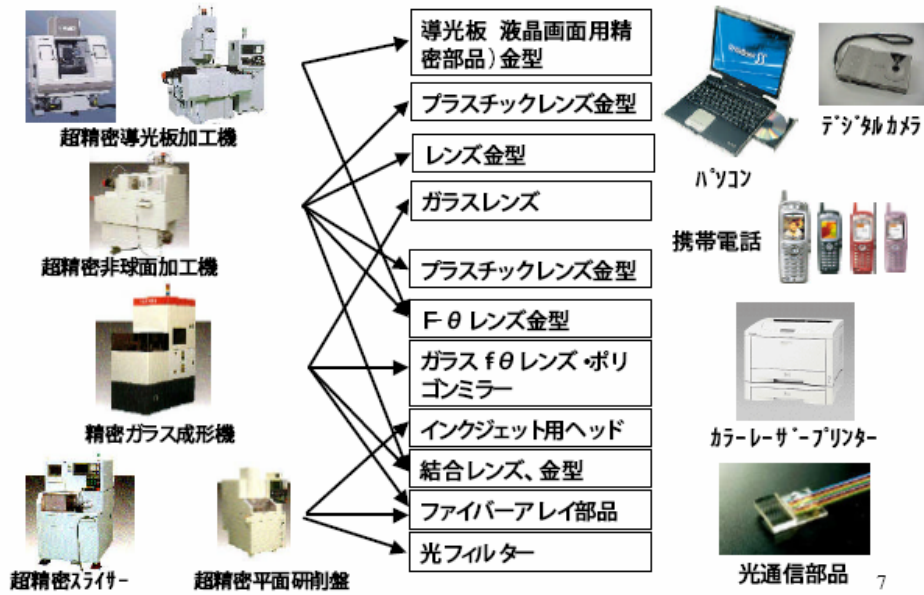
Optical, electronic, LCD parts (IT relation)

History of Precision Machine Division



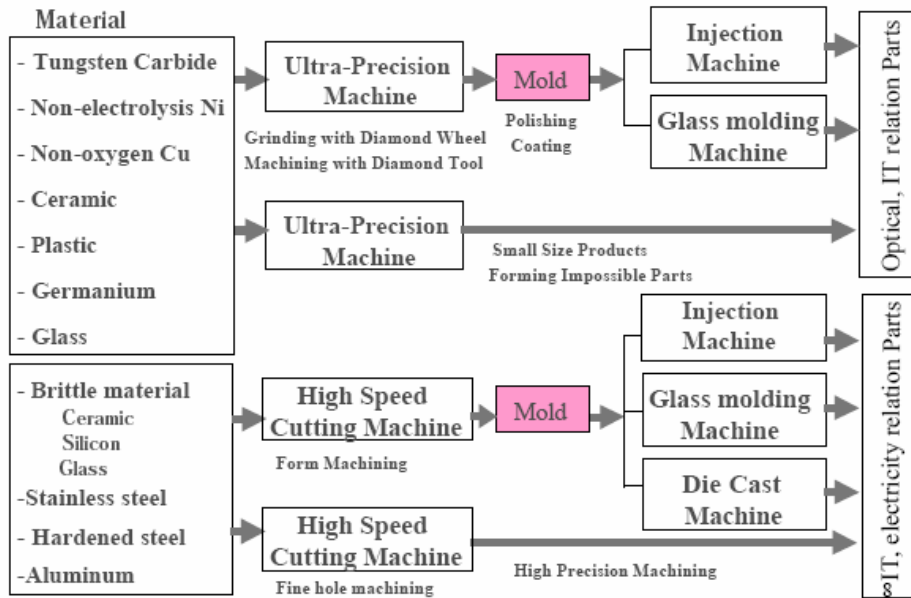
4-1

超精密加工と周辺機器の関わり

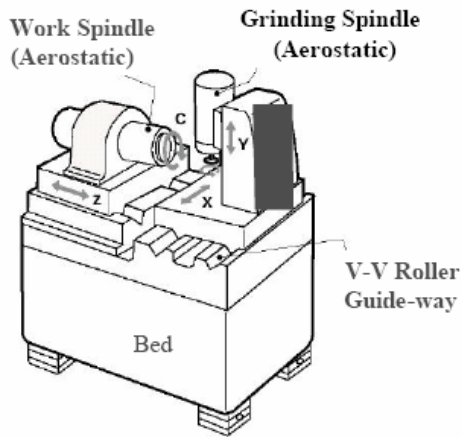


4-1

Ultra-Precision Machining ... Molding ... Parts



Structure and feature of ULG



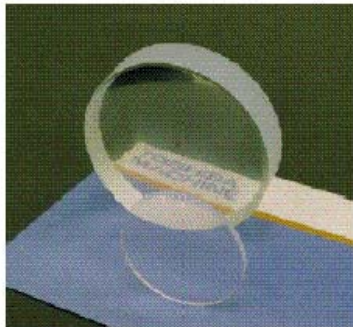
Feature

- a. Aerostatic Bearing Spindle developed by Toshiba Machine
- b. High rigidity and high Stability
- c. Compact and space saving
- d. 1 nm Resolution

9

Machine Features Toshiba Machine ULG Series

The ULG series is used to turn and grind aspheric surface lenses and mold core.



Glass and Plastic Lenses



Mold Core
(Tungsten Carbide, Ceramic,
Non-Electrolysis Ni, etc.) 10

Machine Features Toshiba Machine ULG Series

1. Aerostatic Bearing Spindle processed with Toshiba machine

- High Speed Max. 40,000 min⁻¹
 (32 mm diameter)
- High Precision SPAM 0.05 μm
- High Rigidity Stiffness 80 N / μm
 (80 mm diameter)
- Low Heat Generation



2. High Rigid Machine Construction

- Cast Iron, Box-type Bed
 - V-V Roller Guide-Way
- High Precision and **Stability**



Machine Features Toshiba Machine ULG Series

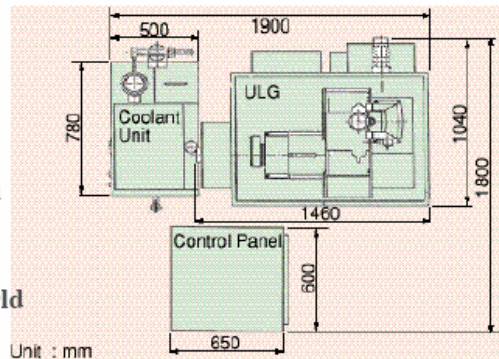
3. Compact

- Installation Space-
and Running Cost Saving

4. Feedback and CNC System

- Optical Scale Feedback
 - CNC of FANUC Series
- Service Network Over the World

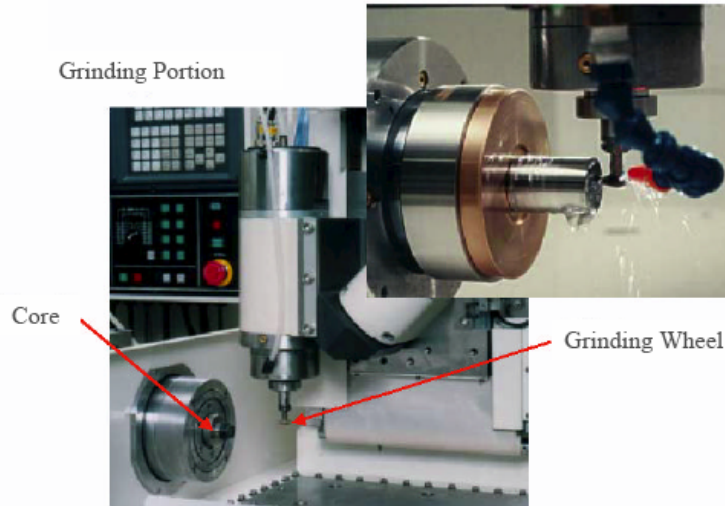
5. NC Data Generating and Compensation Program



Floor Space for Model ULG-100C

4-2

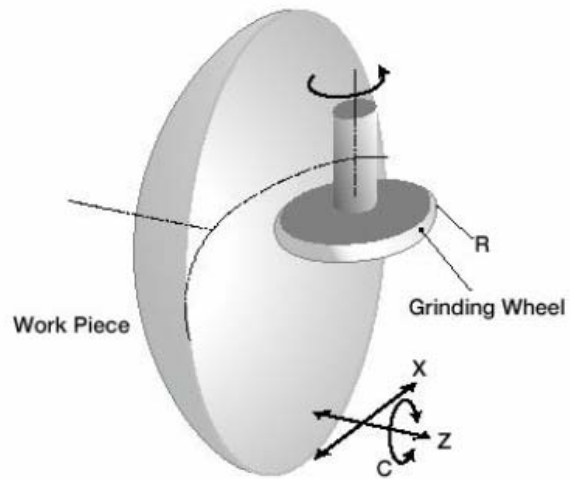
Core Grinding Grinding Portion



13

4-2

Aspheric Grinding NC axis



14

Aspheric Generator ULG series

Ultra-Precision Aspheric Generator (Turning / Grinding)



Middle finish Grinding machine LG-100B



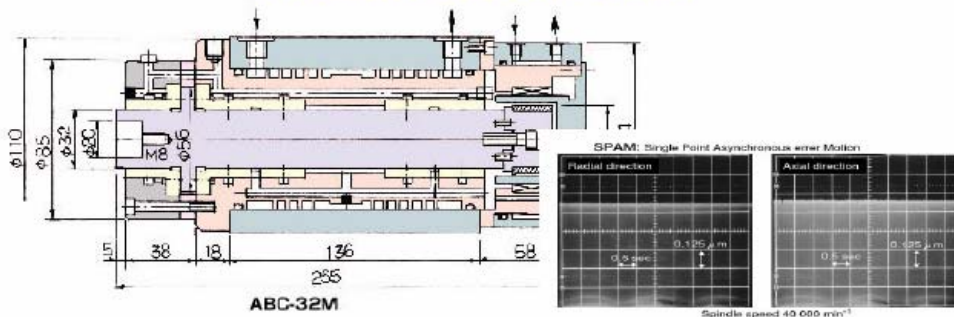
Finish grinding / turnind Machine ULG series

Features

- V-V roller guide-way (High stability)
- High rigidity aerostatic bearing spindle
- Compact and saving space
- High rigidity linear motor drive

15

Aerostatic Bearing Spindle



Specifications

Item	ABC-32M	
Radial Bearing Dia.	φ 32 mm	
Thrust Bearing Dia.	φ 56 mm	
Stiffness	Radial	10N / μm
	Axial	20N / μm
Load Capacity	Radial	150N
	Axial	300N
Speed Range	3 000~40 000 min ⁻¹	
Runout (SPAM)	0.02 μm	
Horse Power	1w / 40 000 min ⁻¹	
Drive System	AC Servo Motor	

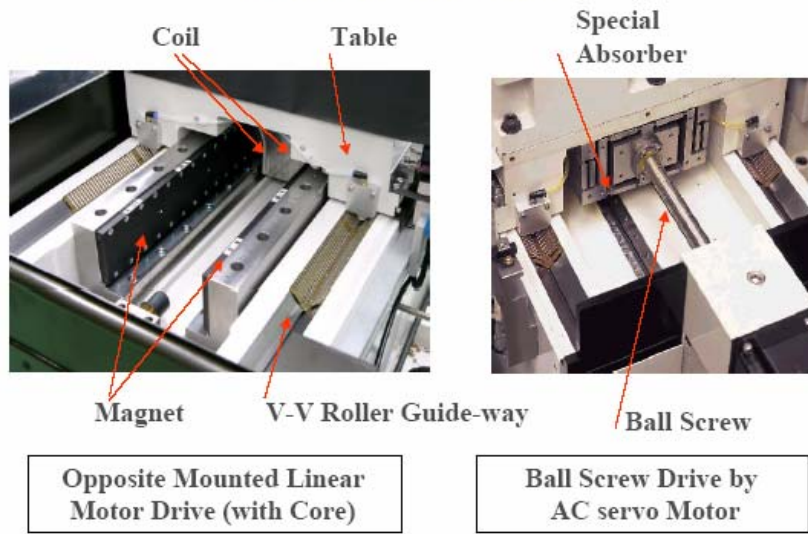
Features of Aerostatic Bearing Spindle

- a. High Accuracy
- b. High Speed
Low Heat Generation
- c. Long Life
- d. Saving Energy

16

4-3

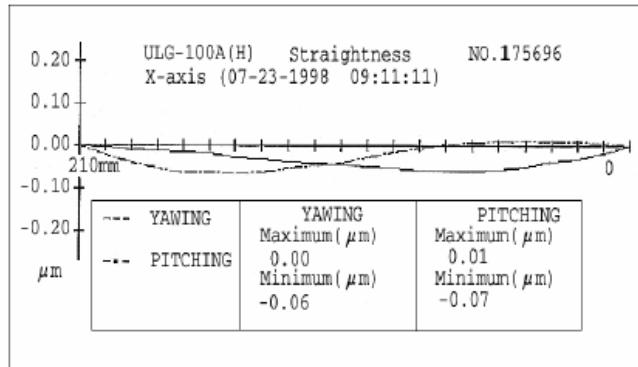
Linear Motor Drive



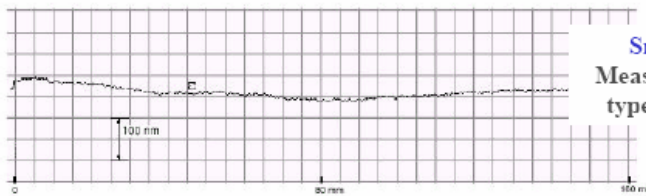
17

4-3

Straightness with V-V Roller Guide-way



Straightness measured with Auto-collimator

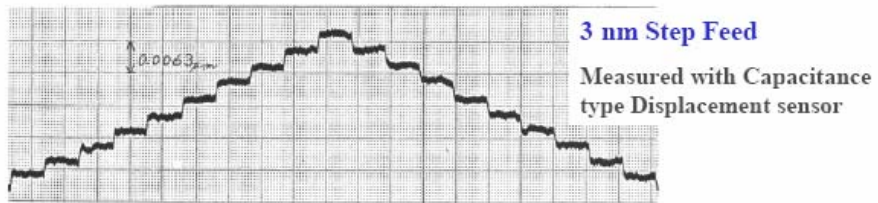
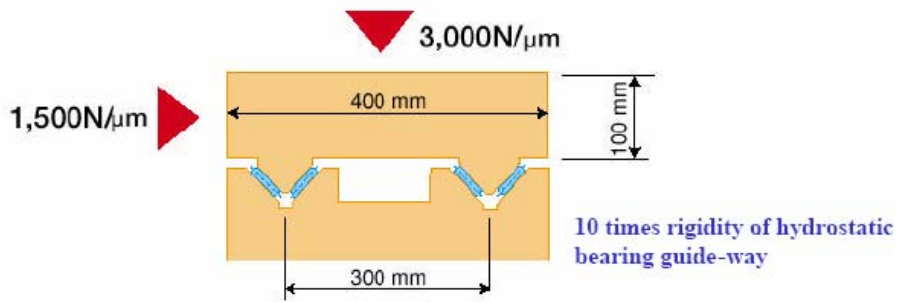


Small Undulation Measured with Capacitance type Displacement sensor

18

4-3

Rigidity of V-V Roller Guide-way

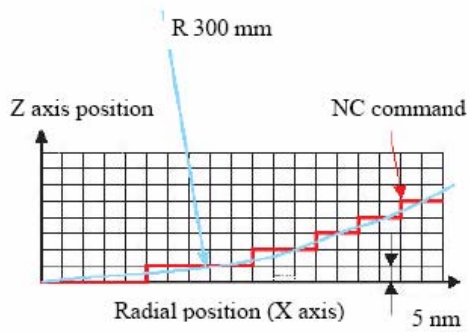


19

4-3

Example by Step Infeed Turning

Machining by CNC programming with each 5 nm step command

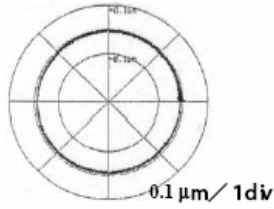


Sharp step view

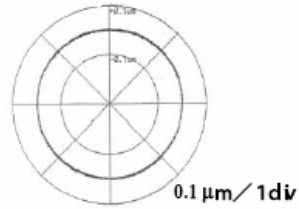
4-3

Solution of Quadrant Transition Error Reduction of Higher Harmonic Wave

Linear Motor

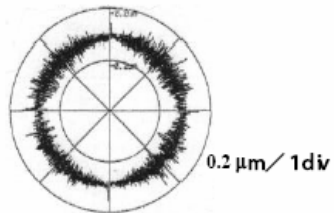
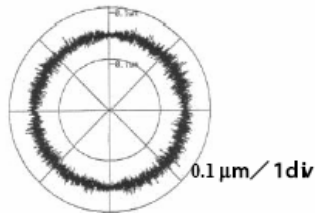


R 10mm F 4 mm/min



R 10mm F 50 mm/min

Ball screw Drive



X-Z table circular contouring motion error (Position from each scale)³¹

TOSHIBA MACHINE

4-3

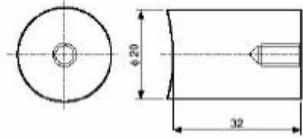
Scraping



6-1

Aspheric Lens mold Core Machining Example (1)

Core



Grinding Conditions

• Aspheric generator	Toshiba Machine ULG-100C(H ⁹)
• Work	Aspheric lens mold core
• Grinding wheel	CB2500B diameter 18.2 mm
• Work rotational speed	500 min ⁻¹
• Wheel rotational speed	26 000 min ⁻¹ (peripheral 1 500 mm/min)
• Feed rate [Infeed]	Semi finish : 10 mm/min [2 μm] Finish : 5 mm/min [1 μm]
• Process coolant	Solution type

Aspheric Formula

$$Z(x) = \frac{x^2}{R + \sqrt{R^2 - (1+k) \cdot x^2}} + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_{16}x^{16}$$

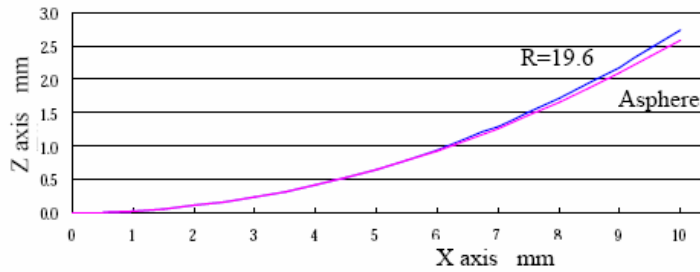
R = 19.60000000	a ₈ = -2.62780000x10 ⁻¹²
K = -0.32270000	a ₉ = 0.00000000
a ₁ = 0.00000000x10 ⁰	a ₁₀ = 0.00000000
a ₂ = 0.00000000x10 ⁰	a ₁₁ = 0.00000000
a ₃ = 0.00000000x10 ⁰	a ₁₂ = 0.00000000
a ₄ = -3.81670000x10 ⁻⁶	a ₁₃ = 0.00000000
a ₅ = 0.00000000x10 ⁰	a ₁₄ = 0.00000000
a ₆ = -4.85640000x10 ⁻⁸	a ₁₅ = 0.00000000
a ₇ = 0.00000000x10 ⁰	a ₁₆ = 0.00000000

23

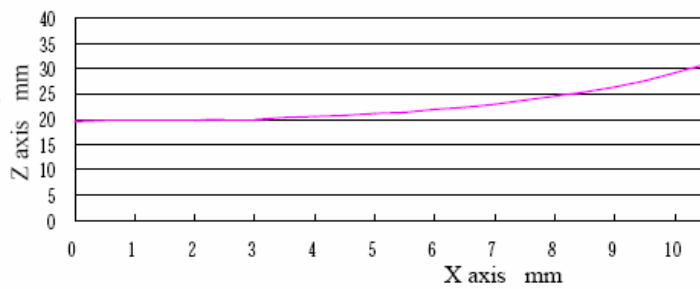
6-1

Aspheric Contour

Aspheric Contour



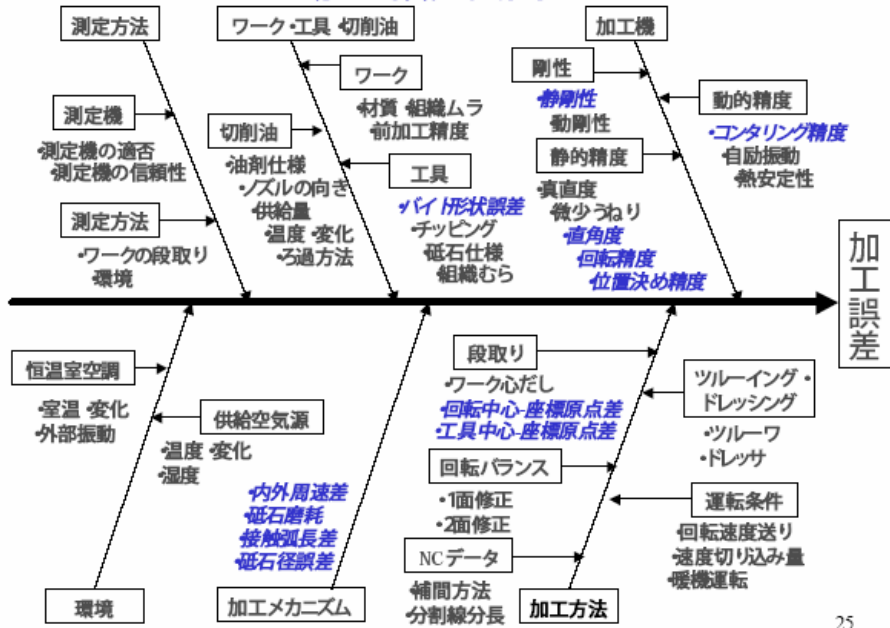
Curvature Radius



24

6-1

加工誤差要因

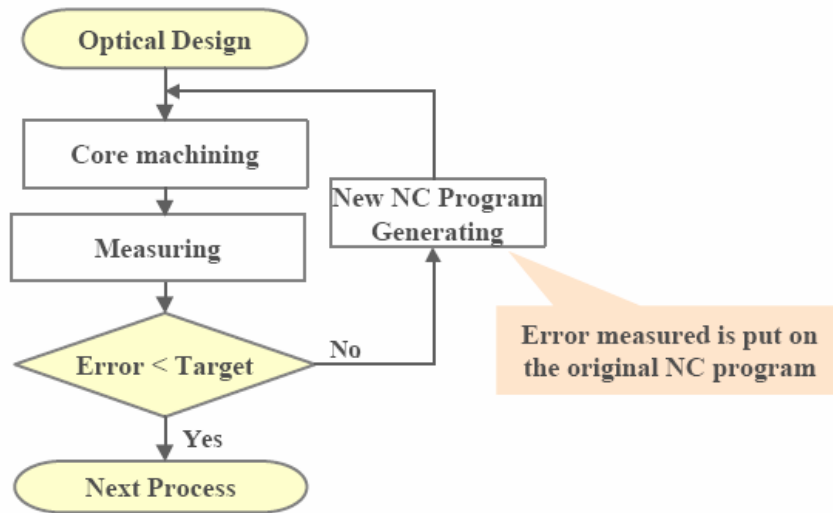


青字 要因は補正加工でその一部または大部分が補償できる TOSHIBA MACHINE

25

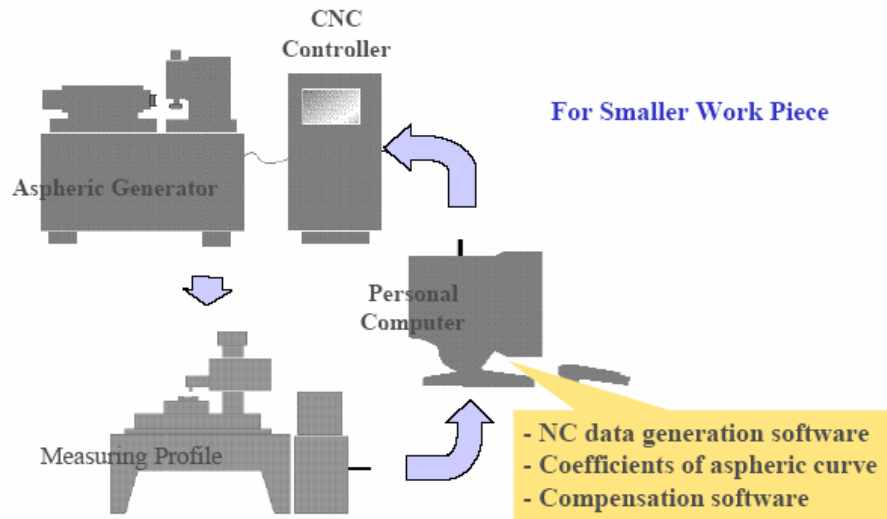
6-1

Compensation of Core Grinding



26

Compensation System Off Machine Measuring



Measuring Instrument

UA3P
Ultrahigh Accurate 3-D Profiliometer

非球面レンズや半導体ウェハ、ハードディスクなど、精密で超高精度三次元測定機 UA3Pは世界に冠たる先進のマシン。Windows系のデビュアーで、操作はますます簡単。しかも、応用分野も幅広く、さまざまな幾何形状測定で、威力を振る。

世界最高精度0.01μmで非破壊測定

最大傾斜60度、最大範囲400mm

原子間カプロブが測定物に備をつけずに自由形状を走査測定します。

図のつかないレーザー計測方式による測定方法

▲レーザー干渉計式形状測定機 GPIシリーズ
サートロニクス テュオ

- ・コンパクトサイズの設計
- ・JIS準拠ISOに準ずるソフトウェア
- ・Ra、又はRzの測定が可能

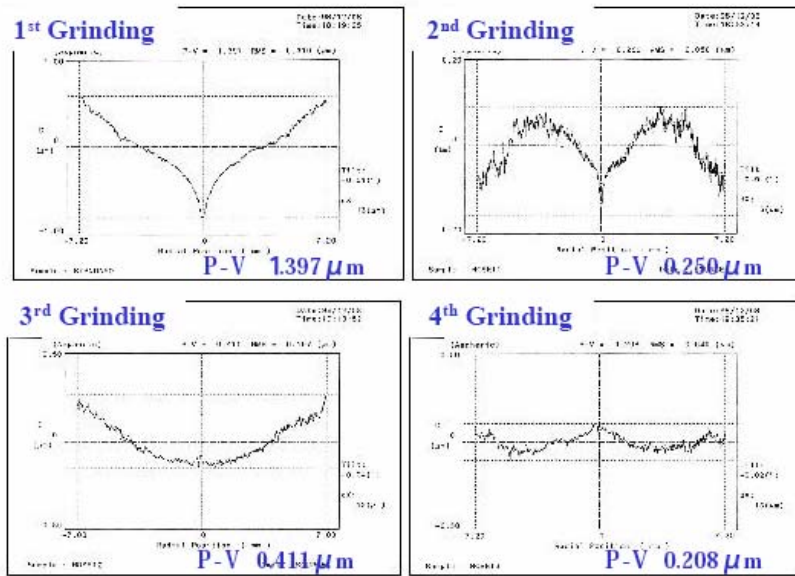
フォームリサフシリーズ2(S3~S6)

- ・測定距離：120mm(φ50以内)
- ・カラー映像による、保存・再発射が可能
- ・最大190,000ポイントのデータ取り込み
- ・オプションにより
 - ・計測結果(印刷・画像・表計算等)
 - ・三次元マッピング
 - ・コンピュータ
- の測定操作が可能。

サートロニクス(株) (S3,S4のみ直販)

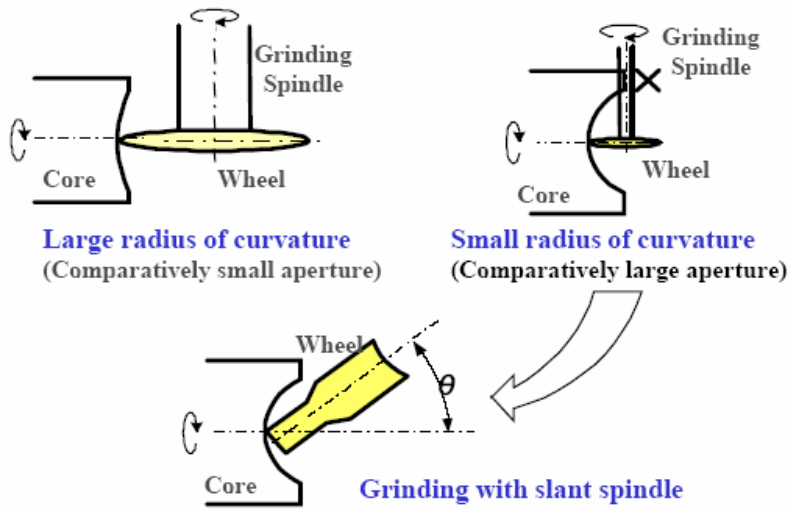
6-1

Accuracy Change



6-2

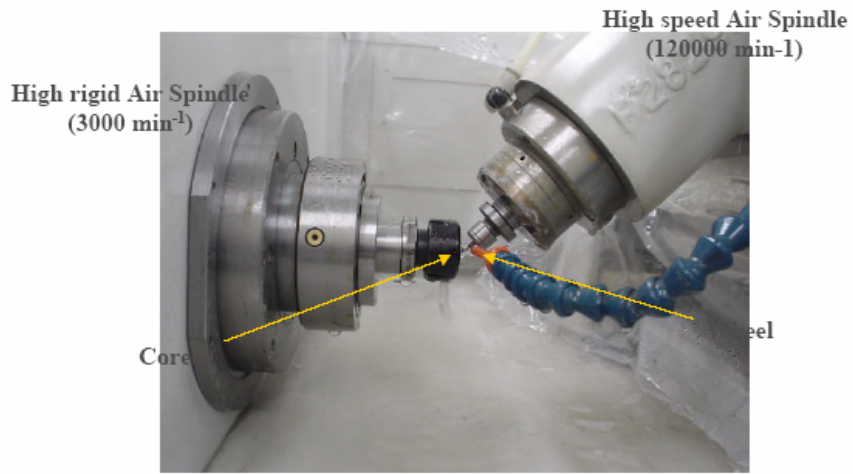
Grinding with Slant Spindle



30

6-2

Grinding with Slant Spindle



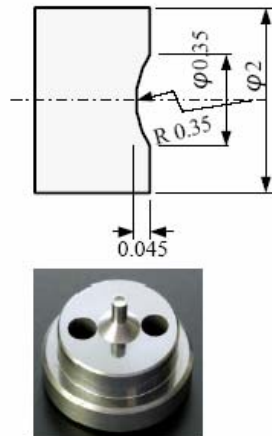
Grinding small aperture lens mold

31

6-2

Grinding with Slant Spindle

Example



Grinding condition

- Work piece: Tungsten carbide
- Profile: Aspheric, concave
- Grinding conditions:

Grinding machine: ULG-50A (Toshiba M.)

Wheel rotational speed 65000 min⁻¹

Work rotational speed 250 min⁻¹

Feed rate 0.02 mm/min

Final depth of grinding 1.0 μm

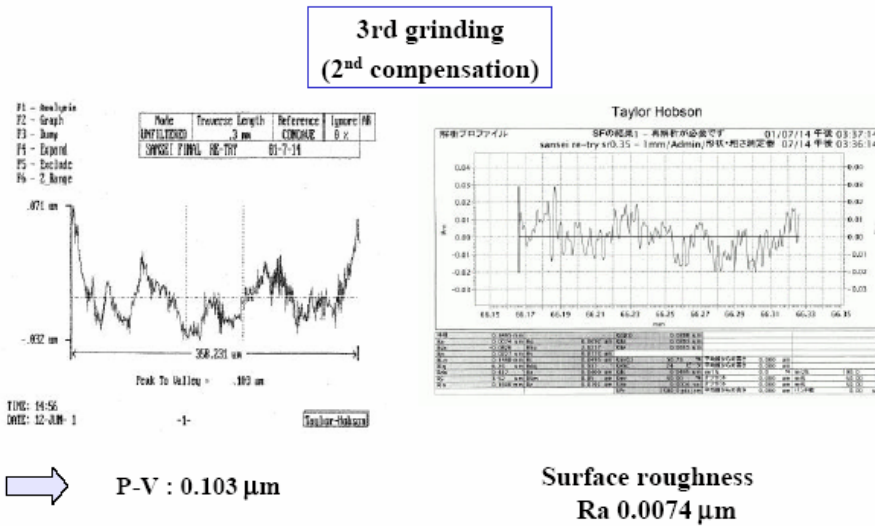
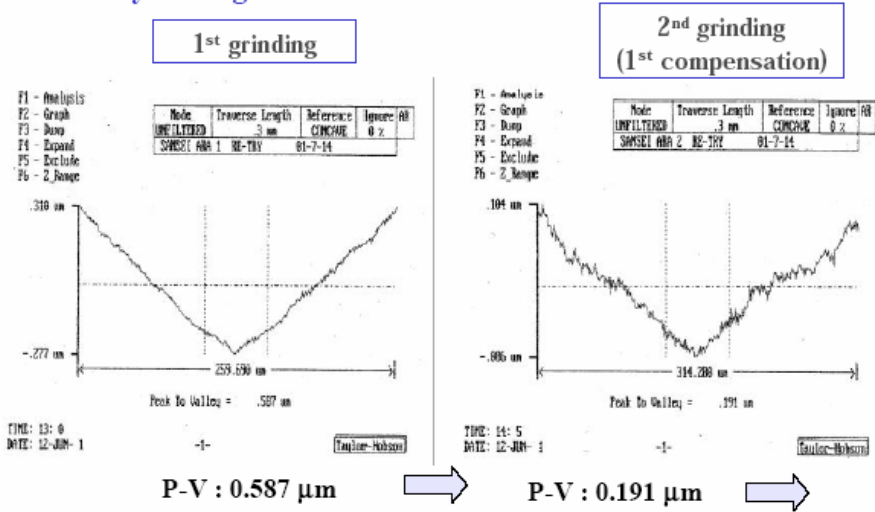
Grinding wheel SD 800 φ 0.4 mm

Type of coolant Chemical solution

32

Grinding with Slant Spindle

Accuracy Change



補正による成形品精度推移例 直径20mm凸近似R35非球面レンズ

