



2005 年雷射切割技術考察 出國公差報告

撰寫人員：許晉睿、黃繼震

校稿人：翁仁彥

子項計畫主持人：魯肇爛

科專計畫：新興產業精密機械系統關鍵技術

子項計畫：先進磨削機械系統開發－雷射切割系統

執行單位：中山科學研究院二所工程發展組

主辦單位：經濟部技術處

中華民國九十四年十月一日

國外公差報告

國防部軍備局中山科學研究院

(94)年度國外公差心得報告

出國單位	第二研究所 工程發展組	出國人員 級職姓名	聘用技正黃繼震 聘用技士許晉睿
單位	審 查 意 見		簽 章
一級單位			
計 品 會			
政治作戰 主任室			
企 劃 處			
批			示

報 告 資 料 頁			
1. 報告編號： CSIPW-94B-F0002	2. 出國類別： 計畫出國	3. 完成日期： 941001	4. 總頁數： 44
5. 報告名稱：2005 年雷射切割技術考察出國公差報告			
6. 核准 文號	人令文號 部令文號	選返字第 0940010603 號	
7. 經 費		新台幣： 217,336 元	
8. 出(返)國日期		940821 至 940828	
9. 公差地點		德國、俄羅斯	
10. 公差機構		德國 Laser Zentrum Hannover e.V. 俄羅斯 Crystaltechno Ltd.	
11. 附 記			

封面格式

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：計畫出國)

(裝釘線)

2005 年雷射切割技術考察出國公差報告

服務機關：中山科學研究院

出國人職稱：聘用技正、聘用技士

姓名：黃繼震、許晉睿

出國地區：德國、俄羅斯

出國期間：940821~940828

報告日期：941001

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：2005 年雷射切割技術考察出國公差報告

頁數 44 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

國防部軍備局中山科學研究院第二研究所/許晉睿/(03)4456727

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

黃繼震/中山科學研究院/第二研究所工程發展組/聘用技正/(03)44556727

許晉睿/中山科學研究院/第二研究所工程發展組/聘用技士/(03)44556727

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：940821~940828 出國地區：德國、俄羅斯

報告日期：941001

分類號/目

關鍵詞：固態雷射、玻璃切割、多重雷射光束吸收法(MLBA)

內容摘要：

中山科學研究院第二研究所受經濟部委託，執行經濟部科專計畫「新興產業精密機械系統關鍵技術研究發展三年計畫」項下之雷射切割系統分項計畫，派黃繼震、許晉睿二員赴德國漢諾威雷射研究中心 (Laser Zentrum Hannover e. V.)，以及位於俄羅斯莫斯科之 Crystal techno Ltd. 雷射實驗室參訪研習，並與國外專家、學者共同研討平面顯示器玻璃基板之固態雷射切割技術及該領域之最新發展動態，藉以瞭解最新材料、技術、市場狀況，並蒐集、觀摩相關資訊，以滿足科技專案計畫後續規劃建案及執行發展之需。

經實地考察發現，多重雷射光束吸收法(MLBA)為一種獨特且十分有效的玻璃雷射切割製程，目前可以確定德、俄兩國皆掌握本技術 know-how，德國雖已獲得部份專利，然俄羅斯之技術水準則明顯超越德國，且俄羅斯之關鍵技術 know-how 目前尚未公開，對於本技術而言，本單位此次考察可視為全球獨家，若我國能取得俄羅斯技術優先使用權，必能掌握後續研發先機。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：2005 年雷射切割技術考察出國公差報告	
出國計畫主辦機關名稱：國防部軍備局中山科學研究院	
出國人姓名/職稱/服務單位：黃繼震、許晉睿/聘用技正、技士/第二研究所	
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> m 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> n 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> h 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> l 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> r 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 其他處理意見：
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

國外公差人員返國報告主官(管)審查意見表

本院二所黃繼震博士與許晉睿先生等二員出國公差，在短時間內造訪了德國、俄羅斯兩國，行程安排相當緊湊；出國公差報告在規定時程內完成，內容豐富翔實，極具參考價值，對光電產業製程設備研發計畫之執行及後續建案相當有助益，此次出國公差甚有成效。

黃、許等二員在短時間內，除了針對多重雷射光束吸收法在德國漢諾威雷射研究中心(Laser Zentrum Hannover e.V.)進行詳實之討論與研究外，更於參訪俄羅斯時發掘出位於莫斯科市中較德國技術更為先進的多重雷射光束吸收切割技術，此舉誠屬難得。本次公差行程中，除了深入瞭解德國固態雷射玻璃切割製程外，相關技術的最新發展趨勢也一併掌握，對於本院二所在科專計畫釐定研發方向的工作上有莫大的助益。

本次公差透過實地參訪及技術研討，已可掌握國外多重雷射光束吸收切割玻璃技術來源，並洽談可能之國際合作，對未來我國在平面顯示器產業玻璃雷射切割應用機台之研發規劃及建案上，可提供最有利之發展方向與參考。

中山科學院公差出國人員報告目錄

項 目	頁碼
壹、出國目的及緣由.....	1
貳、公差心得.....	2
參、效益分析.....	23
肆、國外工作日程表.....	25
伍、社交活動.....	27
陸、建議事項.....	31
柒、附件	
一、LZH 相關資料	
二、Crystaltechno 公司資料	

壹、出國目的及緣由

一、出國目的

中山科學研究院第二研究所受經濟部委託，執行經濟部科專計畫「新興產業精密機械系統關鍵技術研究發展三年計畫」項下之雷射切割系統分項計畫，派黃繼震、許晉睿二員赴德國漢諾威雷射研究中心 (Laser Zentrum Hannover e. V.)，以及位於俄羅斯莫斯科之 Crystaltechno Ltd. 雷射實驗室參訪研習，並與國外專家、學者共同研討平面顯示器玻璃基板之固態雷射切割技術及該領域之最新發展動態，藉以瞭解最新材料、技術、市場狀況，並蒐集、觀摩相關資訊，以滿足科技專案計畫後續規劃建案及執行發展之需。

二、前往俄羅斯之緣由

今年的 6/7 月間，經由與康普公司賴朝冬先生的接觸，將由奇美電子所提供的玻璃試片送交莫斯科某科技公司進行試切，該公司對所提供的試片進行試切割後，以包裝精良的方式，將切割後的試片送回，並提供如下的切割數據：

1. 切割速度：500 mm/sec
2. 玻璃材質：Borosilica
3. 定位精度：± 5 um (travel 1 m)
4. 視覺精度：± 0.5 um

由於規格相當突出，與現今世界各國所收集到的資料無分軒輊，令人興起必須一探究竟之念頭。所以進行出國申請時，將原先沒在規劃之列的莫斯科提出申請加入。

貳、公差心得

本次公差任務主要分為兩大部份：在德國部份，主要參訪位於漢諾威的漢諾威雷射研究中心(LZH, Laser Zentrum Hannover e.V.)，針對其多重雷射光束吸收玻璃切割製程進行實地考察；在俄羅斯部份，主要參訪位於莫斯科的 Crystaltechno 公司，針對其宣稱的玻璃切割技術進行探訪，本心得報告內容即針對此兩大部分，就參訪之機構分別簡要說明之。

一、德國參訪紀要

1. 機構名稱：Laser Zentrum Hannover e.V.
2. 時間：2005 年 8 月 22 日、23 日
3. 所在城市：漢諾威
4. 接待人員：機電控制部工程師 Carsten Büsching 先生
H2B Photonics 總經理 Michael Haase 先生
5. 參訪內容：

LZH 成立於 1986 年 6 月 20 日，目前有將近 250 位職員，包含 120 位研究人員，該中心研發經費來源有近 40% 來自工業界、20% 來自歐盟及其餘 40% 來自其他機構之資助。中心分為四大部門，分別為雷射元件

研究部門、雷射發展研究部門、生產與系統研究部門、及材料與程序研究部門。LZH 的專家們，針對雷射玻璃切割的應用，提出一全新的製程，命名為 MLBA(Multiple Laser Beam Absorption)，本次參訪即針對此項製程進行實地考察，並對本院及該機構未來的合作方向作深入的討論。

22 日上午抵達 LZH 後，由 Büsching 為我們進行簡短的報告，對於兩天內的議程內容詳加討論，緊接著我們前往該中心的實驗工廠，實地參觀利用 Yb:YAG 雷射所建構的玻璃雷射切割機台，並針對 MLBA 技術原理、應用實例等進行詳細介紹；工廠內也展示各種以 MLBA 技術切割之不同厚度及外型之玻璃成品，其切口均非常平整，如圖一所示。

MLBA 工作原理可簡述如下：如圖二所示，在非接觸式加工方法切割玻璃的製程當中，利用玻璃吸收一定頻率下光波的特性，使玻璃本身產生熱應力造成破裂的雷射切割製程十分常見。然而，由於玻璃對 1064nm 波長附近雷射光之吸收率較低(圖三)，所以針對此種波長之雷射，在製程上需將雷射光予以多重反射，造成雷射光在玻璃中得以多重反覆吸收，進而產生均勻且足夠的熱應力，使得玻璃自然產生破裂，達成所謂切割的目的，如圖四、五所示，故稱為多重雷射光束吸收法。此種製程技術除了切割速度快、機構簡單、切面品質極佳(圖七)之外，相較於傳統及其他玻璃切割製程，還可有效減少加工道次並增進產能(圖六)。在原廠的 Bending moment 試驗中，我們可以明顯看到利用 MLBA 製程切

割的玻璃，因為其切口沒有微裂縫(microcrack)的存在，故其抗彎矩能力表現上，明顯比傳統切割方法製造的玻璃來的優良許多(圖八~十)。

22 日上午我們參觀了 Soda-lime 玻璃的實際切割製程，切割過程快速順利，成果良好；下午前往一家由 LZH spin-off，名為 H2B Photonics 的新公司參觀，該公司主要即由 Michael、Büsching 及另一位參與 MLBA 製程開發的 LZH 工程師所組成。據 Michael 表示，MLBA 製程的完整開發，即是該公司的主要任務之一。23 日我們更進一步參觀 Borosilicate 玻璃的實際切割製程，我們可以發現，針對不同玻璃材料，上反射鏡的外型及諸多製程參數都必須另外調校，故未來針對面板廠使用的玻璃，仍有許多製程參數必須詳加考慮，因此在製程整合上還有諸多問題待解決。在這兩天中，我們也針對 LZH 及本院未來合作方法與對於 TFT-LCD 玻璃切割上的實務問題進行詳細而確實的討論。我們與德國人員腦力激盪的項目有：

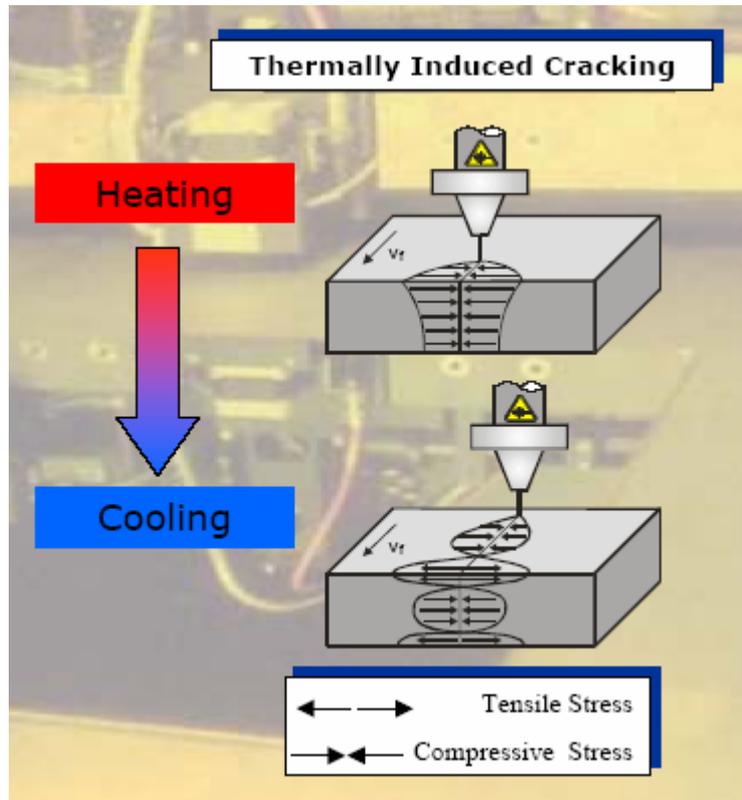
- ITO 鍍膜的影響
- 彩色濾光片的影響
- 內夾層的影響
- 切割 offset 的控制
- 對於雙層 Borosillica 玻璃的選擇性切割控制
- 雷射能量的提昇

- 相關鏡組的改善
- 是否必須使用附加的冷卻/加熱功能
- 對於玻璃材質的改進，或加入添加物以提昇切割速度
- 是否改變雷射波長，以提昇玻璃對光的吸收率
- 如何提升切割速率

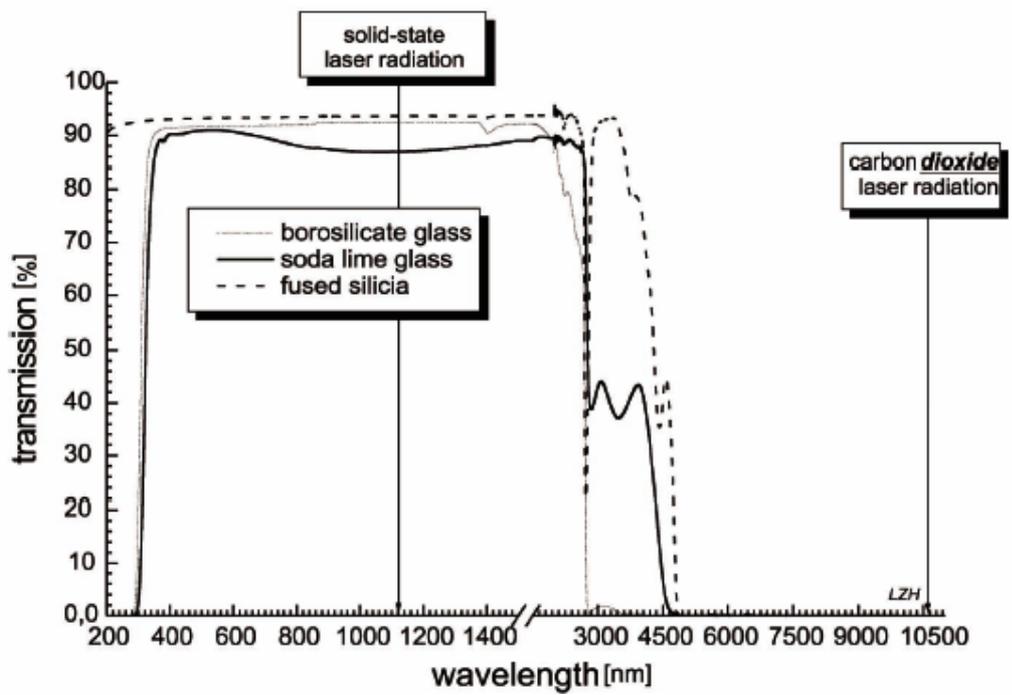
另外針對合約討論的內容及重點，可參見表一。由於本案仍屬研發階段，對於今年度從德國引進相關技術，只是降低本院切入玻璃雷射切割的門檻，對於將來是否能確實將適用的量產機台加以研發產出，仍有待研發人員的努力，以及必要的資金協助。



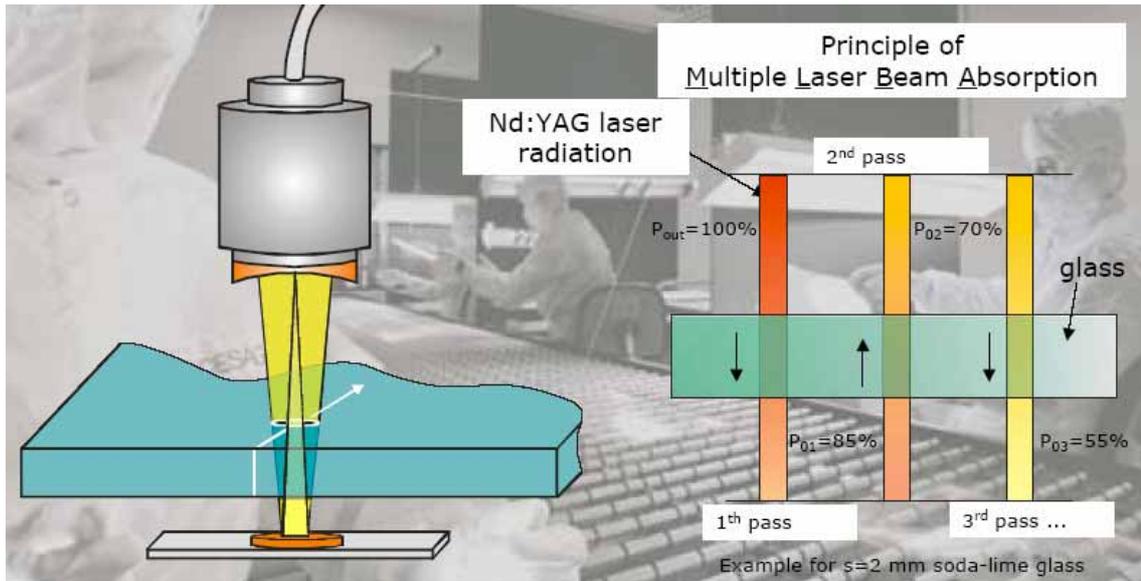
圖一 MLBA 製程的玻璃材料試切成品



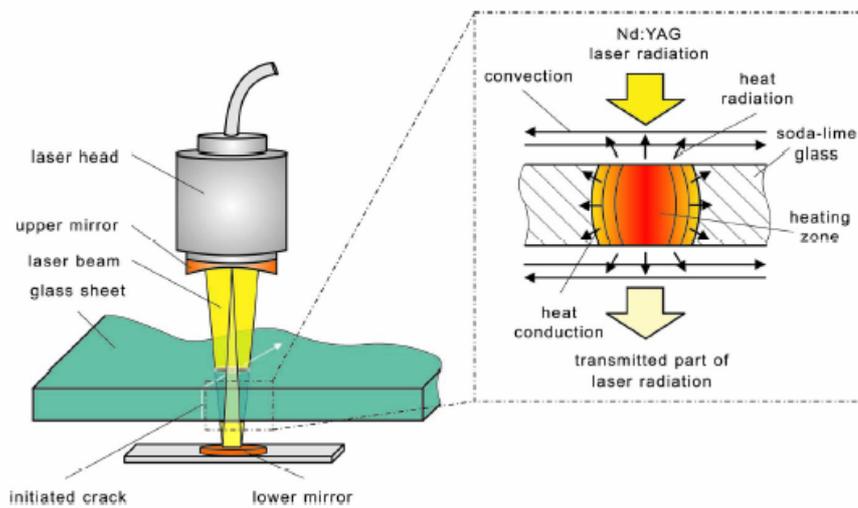
圖二 利用熱應力產生破裂之玻璃切割



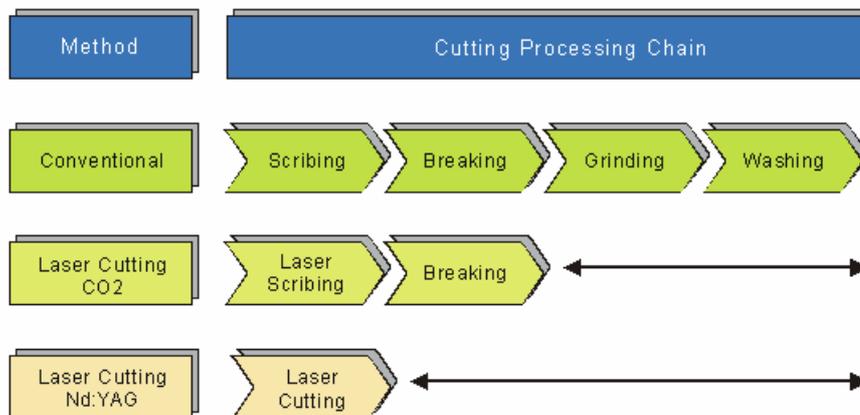
圖三 光波長與玻璃材料吸收率關係圖



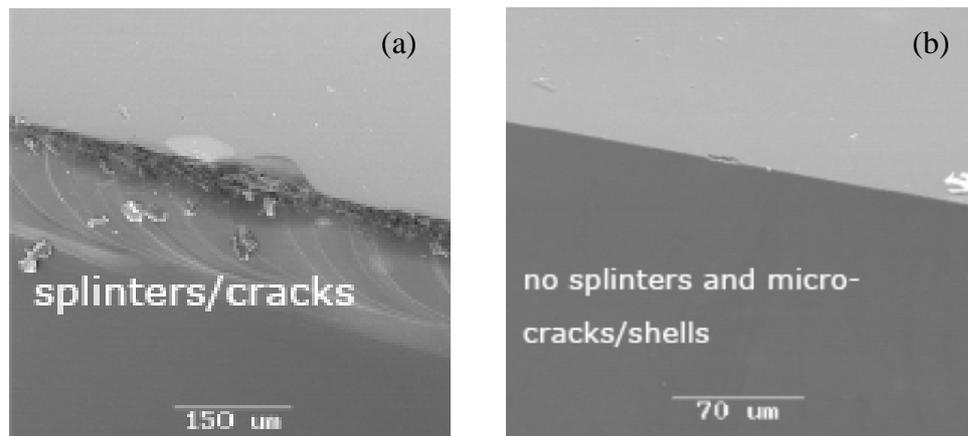
圖四 MLBA 的工作原理(一)：多重雷射光束反覆吸收



圖五 MLBA 的工作原理(二)：玻璃吸收多重雷射光束產生均勻熱能



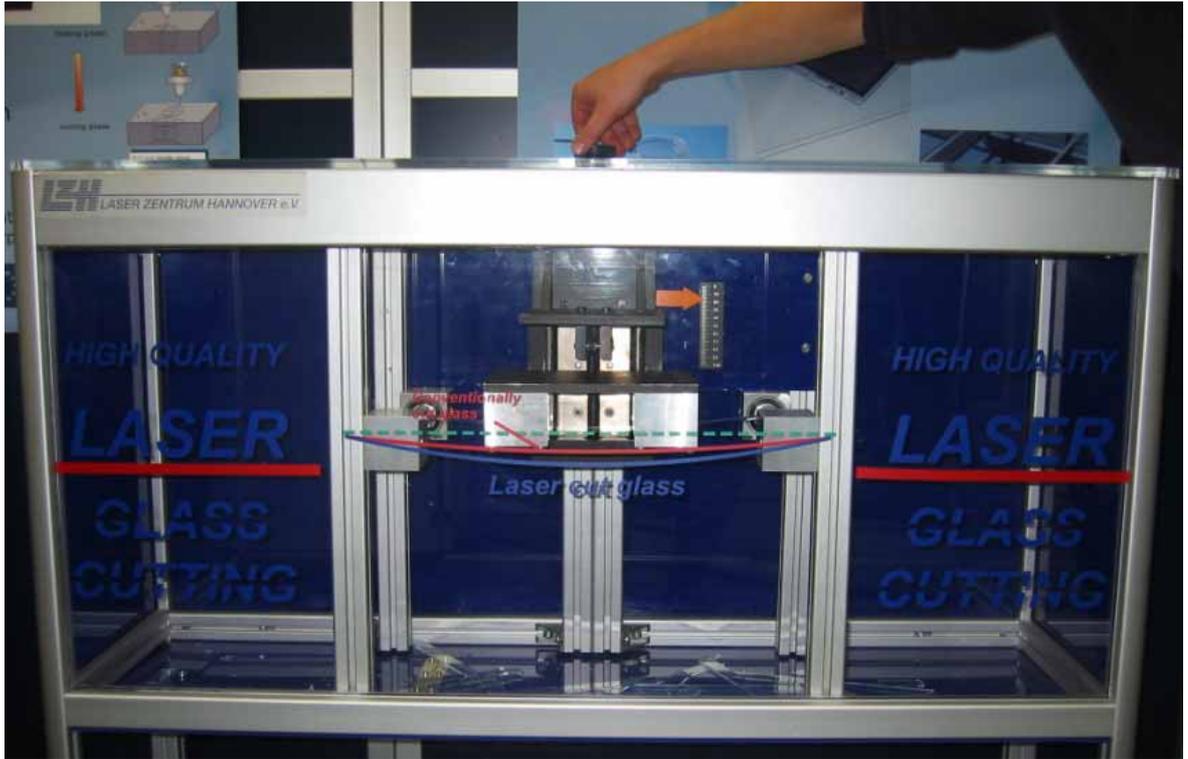
圖六 不同玻璃切割製程所需加工道次之比較



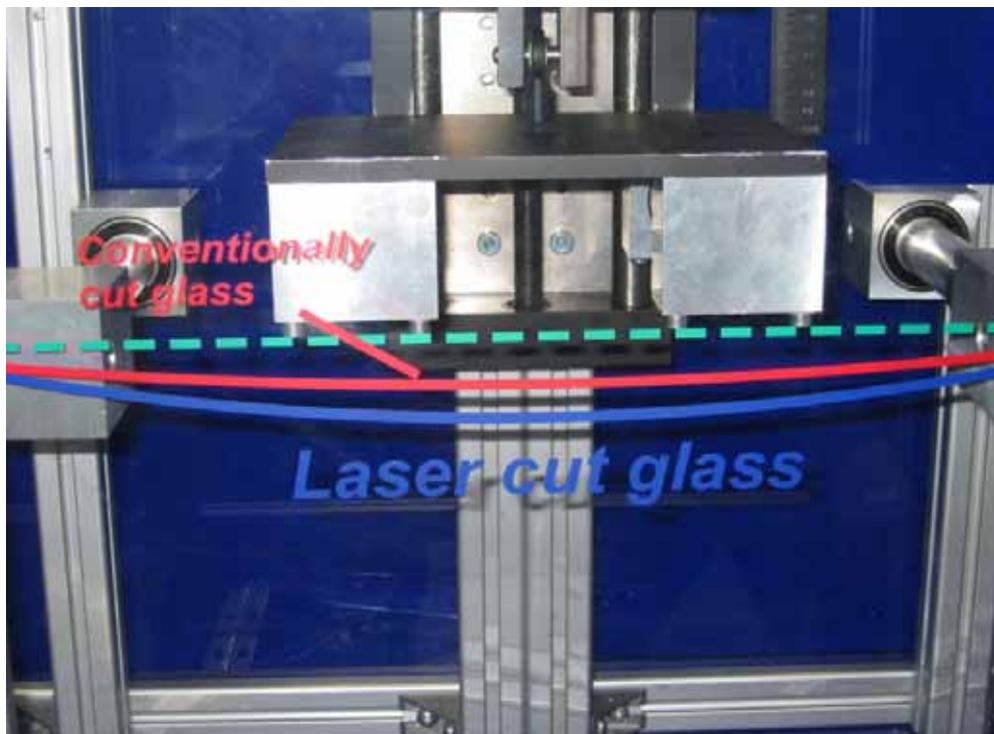
圖七 玻璃切割斷面品質：(a)傳統切割，(b)MLBA 切割



圖八 原廠使用之玻璃 Bending moment 試驗機



圖九 Bending moment 試驗



圖十 Bending moment 試驗結果(綠線：水平狀態，紅線：傳統切割玻璃最大變形量，藍線：雷射切割玻璃最大變形量)



圖十一 與Büsching(左一)及Michael(左二)於LZH大樓前合照



圖十二 黃繼震博士於 H2B Photonics 辦公室



圖十三 許晉睿先生於 H2B Photonics 辦公大樓前與德方人員合照

表一 LZH 討論會議紀錄

Date: August, 23-24 2005		Place: LZH, Hannover, Germany
Recorder: C. Büsching		
Participants LZH	C. Büsching, Dr. Stute	
Participants CSIST	Dr. Jih-Jenn Huang, Mr. Jin-Ray Hsu	
H2B	M. Haase	
<p>Summary of meeting points:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Additional remarks and guidelines for the Cooperation Contract CSIST-LZH Article 3 Training and Support The training will be in Taiwan, 2 days in CSIST. The agreed items will be: the theoretical introduction, practically introduction by video, and support for build up the MLBA glass cutting prototype machine. For the training, it will be necessary that the reflector components from the LZH will be available in Taiwan. The latest finish date for the reflector components is November 30, 2005. 2. Article 5 Compensation for Project Phase I The first rate (70% of Total Amount) will be paid to LZH latest 60 days after official kick off. CSIST is responsible for payment in time. If CSIST will fail the payment time, CSIST will offer acceptable explanation. The deliver of the laser head and the lower reflector will be after the LZH has received the first 70% of the Total Amount. For the first payment rate the CSIST has to receive the L/C beneficiary simple receipt and refund bond for the equivalent sum from the LZH. According to the time plan LZH will deliver videos and reports about cutting tests to CSIST. At the end of October 2005, LZH will send the second L/C about the last 30% of Total Amount to CSIST. After receiving the first rate, LZH will send the reflector components to CSIST. After receiving the second L/C from the LZH, the CSIST will process the payment of the second rate (30% of Total Amount) to LZH. CSIST will receive the training and the reflector components before the end of November 2005. CSIST will inform LZH about the initiation of the last payment rate. 3. Article 9 General Representations and Warranties of LZH LZH has to deliver the related technical certification documents and quality certificates before the end of November. These documents are: technical requirements, tolerances, tests reports, system set up parameters and official documents of the MLBA process and a copy of the official summary of the patents in English language which documents that LZH is the owner of the patents. 		

<p>The warranty time is one year after installation and will be guaranteed by LZH under proper conditions, which are specified by the LZH.</p> <p>4. Article 8 Confidentiality Obligations</p> <p>LZH would like to integrate the H2B Photonics GmbH (H”B) into to cooperation project. Concerning the formal aspects, the NDA, signed by LZH and CSIST requires a formal acceptance from each party in order to disclose secret information. LZH asks CSIST for official permission to integrate the H2B into the cooperation project</p>	
<p>Important dates</p>	<ul style="list-style-type: none"> • September 01, 2005 Official Kick Off • October 30, 2005, LZH will receive the first rate (70% of Total Amount) • October 30, 2005, LZH will send the reflector components to CSIST, CSIST will process the last rate (30% of Total Amount) • November 30, 2005, LZH will fulfil all the described deliverables • End of May 2006, end of project phase I
<p>Additional:</p>	
<p>Copy:</p>	<p>CSIST</p> <p>LZH</p>
<p>Date: August 23, 2005</p>	<p>Signature:</p>

二、俄羅斯參訪紀要

1. 機構名稱：Crystaltechno Ltd. , Laser Technological Complexes(LasTechs)
2. 時間：2005 年 8 月 25 日、26 日
3. 所在城市：莫斯科
4. 接待人員：Crystaltechno Ltd. 總經理 Dmitry Okhrimenko 先生
LasTechs. 總經理 Chadin Valentin 先生
Lavochkin Association 教授 Valentin K. Sysoev 先生
台灣康普公司 賴朝冬先生
5. 參訪內容：

8/25 的早上，與莫斯科 Crystaltechno Co. 的總裁 Dmitry 先生，協同國內代理商康普公司賴朝冬先生開會，開會的過程中，因強烈的感覺到 Dmitry 先生對 IP 智權的保護，以及經由廠商的拜訪，造成可能性的科技試探，有極大的戒心，因此在交談的過程中，為取信於 Dmitry 先生，立即依交談的內容，結合於交談中感覺探索到對方的底線，草擬一份協議書，簽署的原文與中文對照翻譯詳如下。

▪ Discussion points of meeting

1. Crystaltechno will first offer photos and videos to CSIST represents during their visit of Moscow for them to carry back for their first stage of evaluation.
在中科院人員停留莫斯科的期間，Crystaltechno 公司將準備雷射切割機相關的照片及錄影帶供中科院人員攜回，以利第一階段的技術評估。
2. Crystaltechno will finish trial cuts on the stacked glass samples in 1 or 2

weeks and deliver back to Taiwan for CSIST to evaluate.

Crystaltechno 將於 1~2 週內，根據中科院所提供的雙夾層玻璃試片，進行切割，並將切割後的試片送回中科院供其評估。

3. CSIST will check the cutting quality and some related parameters and give *Crystaltechno* appropriate feedback report according to the specifications defined by CSIST.

中科院將檢視切割試片的切割品質與其他相關參數，並給予 *Crystaltechno* 公司由中科院依據台灣業者要求所訂定出的規格，給予適當的資料回饋。

4. Before CSIST send represents back to Moscow for further cooperation, both sides should sign a “Letter of intent” between each other for further cooperation. Upon this time, *Crystaltechno* agrees to open and demonstrate its apparatus to show their capability for glass cutting.

在中科院再次派員到莫斯科進行進一步的合作協商之前，雙方應先行簽訂“合作意願書”以奠訂後續合作的基礎。如果有以上的簽署，*Crystaltechno* 公司同意開放並展示其目前的用於玻璃雷射切割的能量與機台。

5. *Crystaltechno* and CSIST understands that this time is the first meeting between each other, hope the future cooperation could evolve towards the optimistic pattern. If this should happen, CSIST will invite *Crystaltechno* represent to have a business tour to Taiwan.

中科院與 *Crystaltechno* 公司瞭解，本次會談僅為雙方之間的第一次會面，希望以後的關係能朝更為緊密的方向發展。如果可能的話，中科院也希望能有機會邀請 *Crystaltechno* 公司的人員到台灣進行商務的訪談。

6. *Crystaltechno* is a research oriented company, its responsibility is to sell knowhow, patents, and related techniques, and is not the supplier as a machine integrator.

Crystaltechno 公司為以研發為主的公司，其主要的銷售品項為專有技術、專利、以及相關技術，但並不是機器的主要供應者。

7. Both parties agree that Mr. Arnold Lai is the sole technique represent of the technologies of *Crystaltechno* in Taiwan. All the information disclosed by *Crystaltechno* should be passed through Mr. Arnold Lai and *Crystaltechno*.

雙方同意委託賴朝冬先生為 *Crystaltechno* 公司在台灣技術推廣的唯一代表，所有技術資料均必須經由賴先生與 *Crystaltechno* 公司共同發表。

在成功突破 Dmitry 先生的心防之後，隔天(8/26)經由 Dmitry 先生的引見，來到莫斯科的 LasTechs 技術中心，參訪玻璃雷射切割技術。在雙方短暫的交談後，立即帶領參觀該機構的實驗室：

一、該機構所使用的雷射玻璃切割原理，與德國 LZH 所使用的方法近乎相同，均同樣採用上下反射的多重雷射光束吸收原理(MLBA, Multiple Laser Beam Absorption)進行玻璃雷射切割。

二、呈現的切割效果更為成熟(因無法拍照或攝影，只能以文字加以紀錄)

- 系統架構：PC-based 線性馬達驅動的 gantry 系統
- NC 控制器：德國 PA8000
- 工作範圍：~ 1000 x 1500 mm
- 雷射源：採用光纖導光的 Lamp-pumped Nd-YAG 雷射
- 雷射功率：500 W
- 試切項目：

由俄方所自行準備的 Borosilica 玻璃進行以下的切割展示：

1. 於一長方形玻璃基材上，切割具弧線的外形(如圖十五、十六所示)。
2. 於一正方形玻璃基材上，切割一半徑約 5 公分的圓形。
3. 在切割項目 1 的成品上，呈現切割直角的功能。
4. 將三片玻璃疊在一起，使用雷射一次切斷。

5. 將一片厚約一公分的玻璃，使用雷射一次切斷(如圖十七所示)。

(以上的切割速度，依目測約達 50~100 mm/sec)

在短短的幾 10 分鐘之內，該機構人員展現的是成熟的雷射切割技術。試切的成功率達 100%，若更換試片，系統並不需要特別調校。待切的試片，在下反射鏡的任何位置上，均可成功切割玻璃試片。尤其是所看到的下反射鏡，上面滿佈經年累月的使用後，所留下的諸多刮痕，然實測似乎並不影響切割的速度與品質。更今年印象深刻的是，該機構的操作人員，竟然使用一般的塑膠膠帶，於下反射鏡上黏貼試片，而且不擔心會影響下反射鏡所能提供的切割品質。相較於德國的技術，只有令人覺得，俄國雖然封閉，但到處充滿科技的驚奇。

另外，該機構負責操作機台的先生，也另行花費將近 10 分鐘的時間，將本院所提供奇美電子的雙層玻璃試片，進行試切。只見他以另一台同樣是 Lamp-pumped Solid-State Laser，將試片置於 X-Y 平台的 X 軸上，使用慢速進給的方式向左移動，移動的同時，使用手動的方式，進行雷射聚焦的控制，竟也能順利的將雙夾層的玻璃進行切割。另再要求其對雙夾層試片的上層玻璃，進行切割，而希望不要傷害到下層玻璃，也可以在極短的時間內，達到要求。然因時間蒼促，切割的品質差強人意，不過確知可以再將針對切割數據進行微調。

在參觀完實驗室後，回到討論室進行討論(參見圖十八)。由於主要技

術負責的開發人員 LasTechs. 總經理 Chadin Valentin 先生，Lavochkin Association 教授 Valentin K. Sysoev 先生，均不會說英文，交談的過程中，均由 Crystalltechno 公司，的 Dmitry 先生代為翻譯。茲將討論後的內容，問題與回答等，紀要如下：

1. 對於將此技術應用於 TFT-LCD 的產業，仍必須詳列切割需求，並進行實驗，或特殊製程的開發後，方能確定。如雙層玻璃的選擇性切割，而且切割後不傷夾層內的物質或金屬等，仍必須進一步驗證。
2. 本方法於切割時的溫度 $<100^{\circ}\text{C}$ ，熱影響區 $< 2\text{mm}$ ，用於切割的雷射 spot-size $\sim 0.2\text{ mm}$
3. 本方法針對大面積玻璃的切割，已有多年的經驗，對於大面積的玻璃，切割的直度，可控制在 1000mm ； $\delta<\pm 100\mu\text{m}$ 。
4. 本方法可切圓弧 R 角，理論可達數值與玻璃厚度相同。
5. 目前製作下反射鏡最大面積的經驗為 $1620\times 2500\text{mm}$ (適用於七代廠的需求)

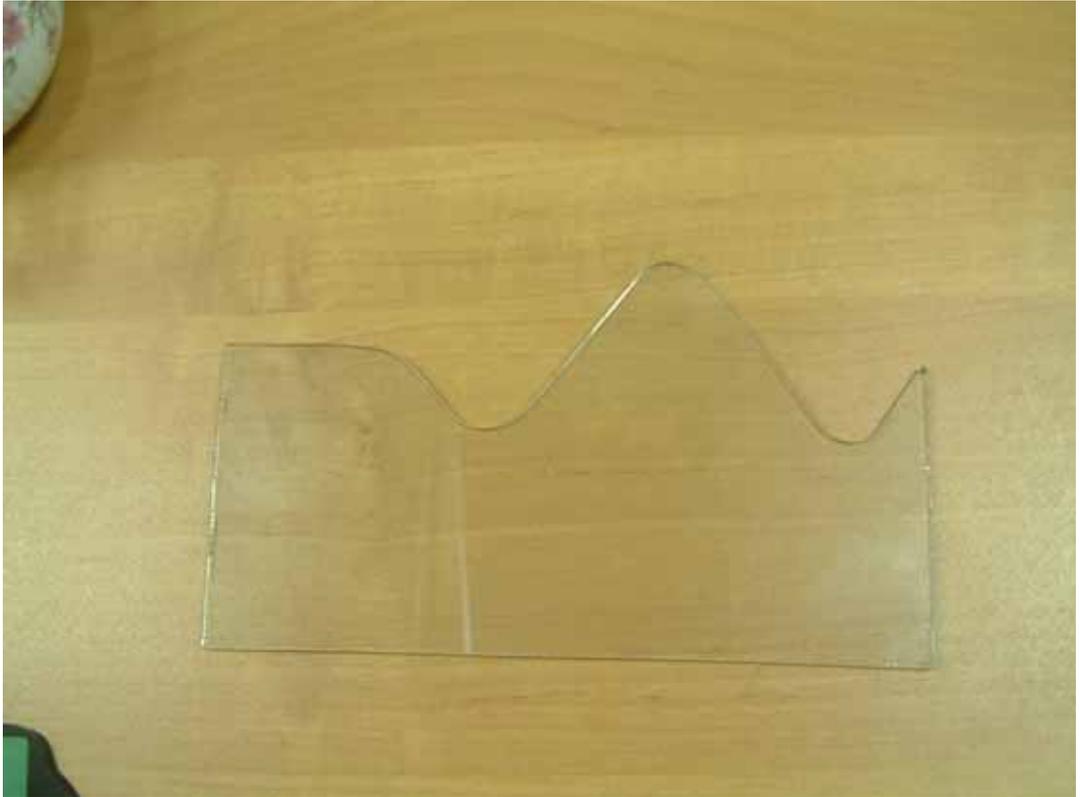
以上討論到的 2~5 點對於使用俄國雷射切割技術，於平面顯示器工業應用上，均為極大的利多。雙方在極為融洽的交談氣氛中，結束此次的拜訪，並於該機構的大門前合影留念，參見圖十九。



圖十四 於莫斯科 Crystaltechno 公司內之合照。人員由左至右，許晉睿先生，Crystaltechno 公司總經理 Dmitry 先生，黃繼震博士，康普公司賴朝冬先生。



圖十五 俄國使用固態雷射切割後的玻璃試片一(可切圓弧及直角)



圖十六 俄國使用固態雷射切割後的玻璃試片二(可切任意曲線)



圖十七 俄國使用固態雷射切割後的玻璃試片三(可切厚玻璃，照片所見厚度為1公分)



圖十八 黃繼震博士(右一)於會議室針對玻璃雷射切割技術進行討論

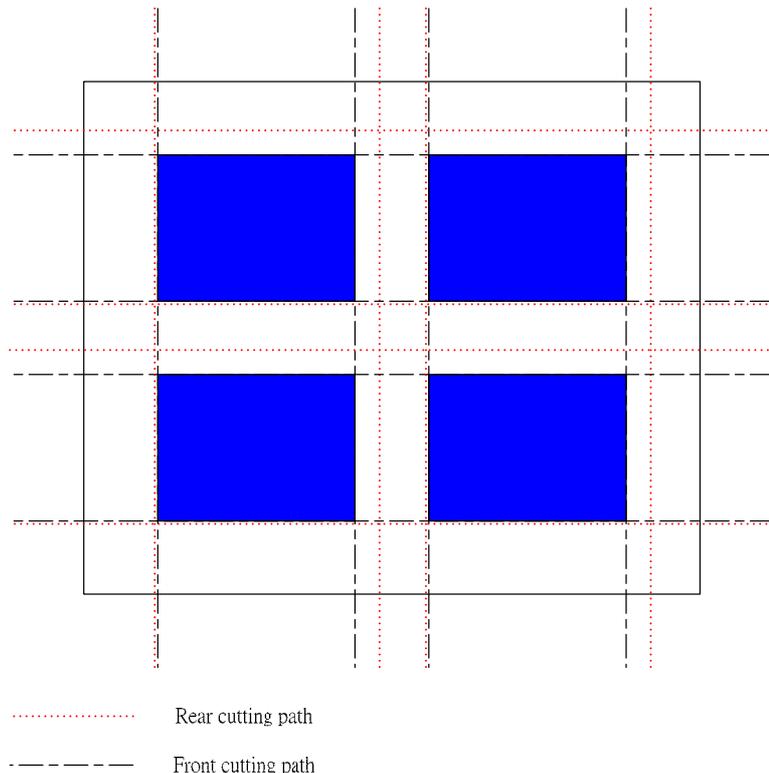


圖十九 於 LasTechs 技術中心之前的合照。人員由左至右：許晉睿先生；LasTechs.總經理 Chadin Valentin 先生；Lavochkin Association 教授 Valentin K. Sysoev 先生；Crystaltechno 公司總經理；Dmitry 先生；黃繼震博士。

參訪回國後，立即將試切試片交給奇美電子的相關技術評估人員，

並討論切割機台的可能規格，參酌奇美電子公司提供的意見後條列如下：

1. Cutting speed : > 300 mm/sec (for single glass sheet)
2. Cutting speed for stacked glasses : >200 mm/sec
(actual cutting speed is negotiable at current stage , preferable 200 mm/sec , however , if current speed could reach 100 mm/sec , still quite promising for project promotion)
3. Substrate size : G5 1100x1250 mm
G7 1800x2000 mm (for project 2nd phase)
4. Substrate material : Borosilicate
Corning eagle 2000
Asahi AN100
(glass properties could be downloaded from internet)
5. Positioning resolution : <1 um
6. Alignment accuracy : ±20 um
7. Positioning repeatability : ±20 um
8. Cutting accuracy (scribe & break) : ±50 um
9. Orthogonal of cut surface : <±8 mdeg
10. Required cutting pattern :
(see attached graph , the cutting lines are for reference only , but are not drawn to scale)



圖二十 玻璃切割所需路徑

參、效益分析

一、掌握玻璃雷射切割技術發展之最新脈動，可作為將來計畫策訂、發展及執行時之參考。

此次參訪德、俄雷射研發機構，可以適時掌握目前玻璃雷射切割研發最新動態，了解最新雷射切割技術，這些資訊對於爾後研發計畫策訂、發展及執行工作均有極其正面之效果，本所目前對於世界先進國家中針對雷射玻璃切割技術之進展，均有廣泛且深入的了解，有效掌握最新脈動及趨勢。

二、開拓商源，獲得計畫所需之產品資訊與商源

經過這次參訪，獲得計畫所需之技術來源資訊，並且透過這次公差機會，已與德、俄等先進雷射研發機構建立良好互動關係，對於爾後配合計畫推動之轉委託研究以及國際合作，具有相當助益。

三、觀摩新技術與新產品

觀摩比較各家雷射應用及技術現況，得以了解最新技術發展。另外，藉由奇美公司委託之試片，至現場實際切割，眼見為憑，不但可了解真實工作情形，更可獲知其使用限制等等，由此可預知爾後執行機台整合時可能遇到的瓶頸及限制。

四、瞭解雷射切割機之產業應用與建立技術交流的關係

透過對雷射切割機產業應用之更深入了解，可減少將來對於技術溝

通時之障礙，同時建立技術交流關係。此次透過向 LZH 及 Crystaltechno 人員解說目前本身實際發展雷射切割機台之經驗及現況，並作技術之諮詢，可以減少後續機台發展之困難度。

五、世界觀之建立

此行走訪德國漢諾威的 LZH，對歐洲先進的交通建設及人民參與政治活動的理性態度印象深刻，而研究人員的嚴謹習慣，以及原廠辦公室和實驗室有條不紊的環境，亦值得我們借鏡效法。俄羅斯近年來因遭逢政治變動，各項公共設施及治安狀況有待加強，然而，由於 90 年代之前扎實深入的研究基礎尚存，其科學技術水準仍有相當程度，與德國相較可說是有過之而無不及，若貧富差距等社會問題能有效解決，則爭取奧運主辦國之成功仍指日可待。

肆、國外工作日程表

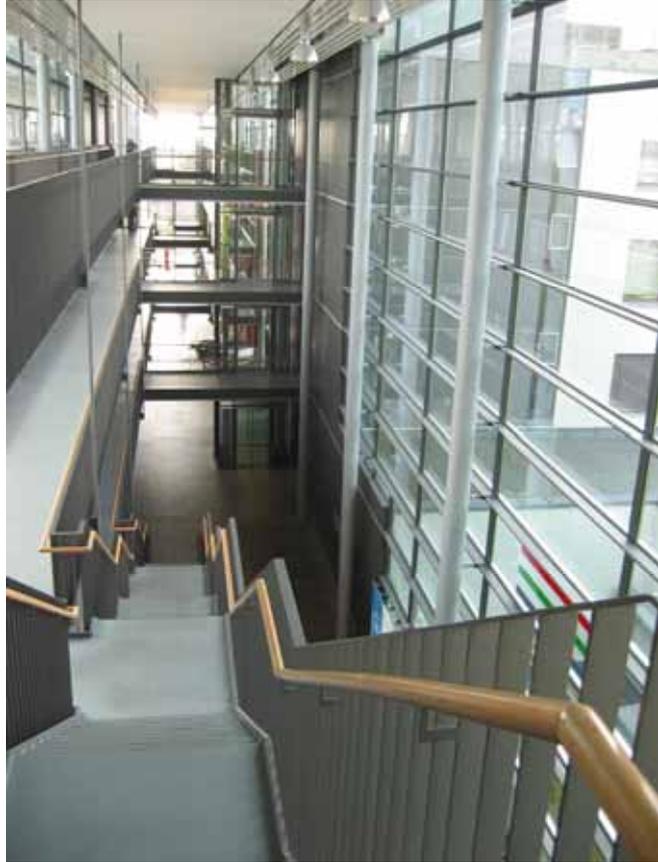
項次	日期	地點	交往接觸人士及機關 (外文名及譯名)			洽談內容紀要	備考	
			姓名	國籍	性別			
1	94.08.21.	台北 香港 德國 法蘭克福 德國 漢諾威					去程轉機	
2.	94.08.22.	德國 漢諾威	Michael Hasse	德	男	Hollerithallee 8, D-30419, Hannover, Germany	至 LZH 實地研討 MLBA 切割 Soda-lime 玻璃技術。	
			Carsten Büsching	德	男			
3	94.08.23.	德國 漢諾威	Michael Hasse	德	男	Hollerithallee 8, D-30419, Hannover, Germany	參觀 H2B Photonics 辦公室，討論參觀固態雷射玻璃切割應用技術，並針對未來合作方向逐項討論。	
			Carsten Büsching	德	男			
4	94.08.24.	德國 漢諾威 德國 法蘭克福 俄羅斯 莫斯科	賴朝冬	台	男	台灣康普公司	針對俄羅斯行程初步介紹並討論	轉機前往俄羅斯

5	94.08.25.	俄羅斯 莫斯科	Dmitry Okhrimenko	俄	男	RUSSIA 119571, Moscow, Vernadskogo 113-106	前往 Crystaltechno 公 司研討玻璃雷射 切割技術。	
			賴朝冬	台	男			
6	94.08.26.	俄羅斯 莫斯科	Dmitry Okhrimenko	俄	男	RUSSIA 119571, Moscow, Vernadskogo 113-106	前往 LasTechs 技 術中心，實地參 觀玻璃雷射切割 最新製程，針對 玻璃雷射切割製 程，研討關鍵性 技術價值與未來 國際合作方向及 目標。	
			Chadin Valentin	俄	男			
			Valentin K. Sysoev	俄	男			
			賴朝冬	台	男			
7	94.08.27.	俄羅斯 莫斯科 德國 法蘭克福 香港						回程 轉機
8	94.08.28.	香港 台北						

伍、社交活動

一、參觀德國漢諾威市區

離開漢諾威的前一天傍晚，Michael 和 Büsching 邀請我們到漢諾威市區餐館，品嚐道地的傳統巴伐利亞餐點，由於夏令時間德國約要到九點才逐漸天黑，故用餐前我們有時間得以一覽市區風光。我們自行搭乘當地輕軌電車由 LZH 附近車站前往市區，其輕軌電車系統發展健全，為 100% 低底盤設計，造型優美，沿路風景特色可經由大面積車窗一覽無遺，十分快速便捷。市區沿途除了經過漢諾威火車站、站前地下街、大教堂及老街等地段外，剛巧碰上德國總理選舉前夕，大批支持群眾與候選人正在廣場前集會，好不熱鬧，相較於台灣，德國選民顯得理性而又不失熱情，民主風範值得國人學習。晚上在淺嚐德國啤酒、香腸與粗鹽麵包等傳統美食後，享受了賓主盡歡的一餐。



圖二十一 富設計感的工業建築



圖二十二 漢諾威火車站與站前地下街

二、參觀俄羅斯莫斯科市區

對於落單的東方人而言，莫斯科當地治安狀況欠佳，出門在外都必須攜帶護照及旅館住宿證，當地人英文能力並不好，加上地鐵及各項標示並沒有十分詳細，故於當地通勤時必須特別留意。俄羅斯地鐵位於地下近百公尺深處，年代較久遠，不過十分乾淨，速度也非常快，網路綿密，不禁令人再次佩服俄國人的技術水準。俄羅斯建築十分具有古典特色，紅場及其週邊建築均有其獨特之處，不過雄偉建築的背後卻也更突顯出居民貧富差距過大的現實，與其社會建設有待加強之處。



圖二十三 古色古香的地鐵站(一)



圖二十四 古色古香的地鐵站(二)



圖二十五 深入地底的地鐵站

陸、建議事項

黃繼震博士：

對於應用雷射進行平面顯示器的玻璃切割，個人一向看好本院所掌握的技術方向，尤其是在得知國內多家公司，在嚐試多年的 CO2 雷射切割之後，均逐一宣告失敗的同時，更加增進本計畫的所掌握的方向。在個人參與多年二所的科專計畫之後，對於經費的爭取，以及院內對科專計畫的配套措施以及能給予的支援等，提供個人的淺見以資參考。

院內執行科專計畫，就制度面的推行上，仍有許多可再加強之處，以本案的雷射切割研發而言，任一可適用的雷射源均達數百萬元，目前尚無適當預算來源可一次獲得，以下即逐條說明：

1. 材料費：科專計畫大多以材料費購置實驗用器材，然以雷射源而言，由於金額較大，並無法以該項經費購置。
2. 設備費：經濟部要求達 700 萬元等以上可編列設備費，然實際執行上，有以下的障礙：1. 雷射源的總金額不足編列設備，2. 以科專的經費的缺乏，無法負擔日後設備的折舊攤提。
3. 技術移轉費：此項費用於最近才鬆綁，否則以往無法以技轉費立即而有效的自國外引進技術，不過經費著實有限，即使能找到國內/甚至全世界仍未被他人發掘的優良先進技術，例如此次到莫斯科所看到使用固態雷射加上多重雷射光束

反覆吸收切割玻璃的方法，仍無法立即有效的加以引進，以產業快速進步變遷的現況來看，最後很容易走上失去時效的一途。

4. 設備租用費：此項經費的編列，在提案的過程中，必須於院內目前的體制下層層上報，在以往並無使用租用費來獲得研發設備的前例下，往往受到質疑。雖然經多次折衝後獲允編列，但在執行面上仍屬不易，因雷射源的總價極高，而每年能編列的租用預費僅佔雷射實際售價 15~20%，再加上廠商必須負擔的稅額，保修的預算，以及投標後決標金額的折扣，再加上本院只能以逐年一簽的方式與對方訂約，經費的來源無法保障承案廠商的權益，所以在接洽詢問的過程中，願意先承擔高額風險的廠商並不多。

經由以上的實務分析可知，在本院執行科專計畫的體制內，現階段欲獲得金額較高的研發設備，實屬困難，目前尚無經費項目可以協助研發人員適時的獲得所需設備，材料費，設備費，技轉費，甚至設備租用，執行上均不容易，然為求爭取院內經費，仍必須在經濟部，以及各科專審查委員的面前，在研發經費有限的情形下，努力爭取建案並求產出，可謂十分辛苦。希望院內長官，在看到本份出國公差報告時，能體會執案人員的心聲，在制度上，或研發的經費上，給予實質的協助。

許晉睿先生：

一、持續執行雷射應用研究

雷射及雷射應用科技日新月異，工程上的應用十分廣泛，然而國內對於雷射相關產業研發基礎相對薄弱，所以建議本單位應持續推動雷射應用研究，以訪廠、資料查詢、召開研討會等各種方式，與各相關廠家及國外研究單位，進行技術交流，如此才能與最新雷射科技接軌，進而推動先進雷射切割製程設備技術研發之進程。

二、新技術之引進、開發與能量建立

除了繼續與德國 LZH 保持良好互動關係外，有鑑於本次實地考察發現俄羅斯玻璃切割技術水準之高超，建議與俄羅斯莫斯科的 Crystaltechno 公司建立起長期合作關係，將各類平面顯示器用玻璃試片委託其進行多重雷射光束吸收玻璃切割製程之試切，並積極引進此項技術，以建立本單位完整雷射加工能量，強化後續平面顯示器用玻璃雷射切割機台建構能力，使相關計畫順利建案及推展。若本技術得以順利引進，則本單位可望建立領先全球之平面顯示器用玻璃切割製程技術。

三、鼓勵研發人員參訪國際專業廠或國際大展

關於 MLBA 技術，這次公差發掘出俄羅斯頂尖的製程技術，可應用於後續光電平面顯示器製程設備下的固態雷射玻璃基板切割計畫，十分具有幫助。目前面板廠與設備商多集中於二氧化碳雷射玻璃切割機台的開

發，相對來說，固態雷射切割技術已由本所掌握技術來源，並對於二氧化碳雷射切割技術持保留態度。由於 MLBA 技術切割效果佳，且市場能見度仍有限，若本院或國內廠商有意在此題目上進行研發，在此時點，是加入的最佳時機。由本次經驗來看，持續關注並投入國際間的技術發展，對於研發人員及相關計畫之順利建案及推展，有相當大的助益，所以建議能在預算允許範圍，鼓勵研發人員參訪國際專業廠或國際大展，才能與國際接軌，保有最新的技術及商情資訊。