

出國報告（出國類別：研究）

赴俄羅斯莫斯科市參加飛航事故 調查員紀錄器會議出國報告

服務機關：行政院飛航安全委員會

姓名職務：調查實驗室主任／官文霖

派赴國家：俄羅斯莫斯科市

出國期間：民國 100 年 8 月 21 日至 8 月 27 日

報告日期：民國 100 年 9 月 2 日

目次

一、目的	2
二、過程	3
三、心得	5
3.1 AC 俄製飛航紀錄器解讀能量	
3.2 AF447 飛航紀錄器解讀中遭遇之問題	
3.3 應用多重聲譜分析航空器之飛行軌跡	
3.4 機載損壞晶片解讀之發展趨勢	
3.5 敏感資料保全議題	
四、建議	19

一、目的

本次 AIR 會議由俄羅斯州際航空委員會（ Interstate Aviation Committee, IAC）主辦，地點位於莫斯科市區的 IAC 辦公大樓。本次會議行程圓滿且收穫豐富，約 30 餘位各國的飛航紀錄器調查員代表出席，相關議題之討論及交流熱絡。主要重點包括：AF447 飛航紀錄器（CVR/FDR）水下打撈與損壞解讀、其他機載晶片資料解讀與分析、各國式是調查裝備之更新狀況、飛航紀錄器相關資料保護與 CVR 資料保全等。此外，本次會議最大的收穫為俄製飛航紀錄器之解讀系統，其損壞 GPS 的解讀能量，俄羅斯州際航空委員會（IAC）負責 12 個獨立國協之間的飛航事故調查機制。因為，出發航班轉機的適當安排，職於會議開始前一天先去拜會 IAC 的工程部門，掌握其最新發展的 CVR 聲頻分析及損壞 GPS 晶片的解讀能量，以作為本會實驗室未來發展之參考。

我國發展飛航事故調查技術起步較晚，歷經 13 年努力並藉由參與國際相關會議（ISASI、AIR、RAPS 等），我國飛安會的實驗室工程能量已引起歐美先進國家的重視，會議中亦有相關討論及建議。職於本次會議中提報兩篇論文，其一為「我國飛安會調查實驗室之能量及發展」，以及「座艙語音紀錄器保全，相關統計研究及建議」等。例如：IRIG 網站的互動功能及改版，持續調查各會員國間保全 CVR 錄音、FDR 原始資料及其他新式座艙資料的保全作法，包含：座艙影像紀錄器、非傳統式機載紀錄晶片等。

二、過程

日期	起迄地點	詳細任務
08/21	台北 - 首爾 - 莫斯科 KE5692 (與華航聯營) / KE5923 (與韓航聯營)	起程
08/22	上午 赴 IAC 總部參訪俄制紀錄器解讀設施 下午 休息	會議
08/23	上午 報到、開幕、會員提報實驗室發展現況及人員編制 下午 <ul style="list-style-type: none"> ■ AF447: Recorders Read-Out: Good News and Encountered Issues ■ AF447: Explanations on the Recorded Parameters ■ A380 Data for Investigators ■ How to Handle Old Recorders in the Lab ■ Flight Recorders - Russian Approach. Historical Overview 	
08/24	上午 <ul style="list-style-type: none"> ■ Chip Level Recovery ■ Flight Recorder Data Recovery Requiring Chemical Etching of Memory ICs ■ Case Study of a Multiple Microphone Doppler Analysis of an Accident ■ Using "Sapfir-MAK" - Software for Acoustic Data Readout and Analysis ■ CVR Erasure Issue in Taiwan 下午 <ul style="list-style-type: none"> ■ Additional Post-Flight Data Processing Capabilities Based on the Use of TRANSAS Aviation Equipment Log Files ■ WinArm32: FDR Data Analysis Software ■ Discussion ■ Group Photograph 	

08/25	<p>上午</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction of Air Accident Investigation Scientific and Technical Support Commission ■ A New Approach to GPS Data Processing ■ Data Retrieval From Additional Data Sources: Video Recorders Analysis Tools, iPhone Data Recovery, etc. <p>下午</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Data Protection in the Air Accidents Investigation Process ■ Next AIR 2012 Meeting actions ■ AIR 2011 Closing remarks ■ (Optional) Lab Tour or Red Square 	
08/26 ~08/27	<p style="text-align: center;">莫斯科 - 首爾 - 台北</p> <p style="text-align: center;">KE924 (與韓航聯營) / KE691 (與華航聯營)</p>	返國

三、心得

以下心得分爲五段探討本次行程之心得，包括：IAC 俄製飛航紀錄器解讀能量、AF447 飛航紀錄器解讀中遭遇之問題、應用多重聲譜分析航空器之飛行軌跡、機載損壞晶片解讀之發展趨勢及敏感資料保全議題。

3.1 IAC 俄製飛航紀錄器解讀能量

1991 年蘇聯解體後，俄羅斯聯邦獨立（俄語：Р о с с и й с к а я Ф е д е р а ц и я），通稱俄羅斯，它是世界上面積最大的國家，地域跨越歐亞兩個大洲，包含 9 個時區。俄羅斯州際航空委員會（IAC）負責俄國及 12 個獨立國協之間的飛航事故調查機制；亦即 350 餘家航空業者，2000 多條航線。目前，IAC 轄下設有航空事故調查委員會（Air Accidents Investigation Commission, AAIC）及科學與技術支援委員會（Scientific and Technical Support Commission, AAI STSC）負責飛航事故調查工作。此外，IAC 並職司民用航空器、發動機、維修廠及機場的適航工作。

目前，IAC 轄下的航空事故調查委員會（AAIC）計有 30 名員工，15 名屬飛航事故調查員；另外，IAC 轄下的科學與技術支援委員會（AAISTSC）計有 25 名員工，15 名屬飛航事故調查員；主要的技術工作有五項：飛行動力研究、飛航操作及人因研究、飛航紀錄器解讀與分析、民航技術及維修研究、電腦資訊整合及管理。IAC 副主席表示，他們只負責失事調查，平均每年 40 件，其中屬重大失事約佔 20 件，重大意外直接授權給各國協自行調查。

有別於歐美製造的飛航紀錄器，俄製飛航紀錄器的特點有三：種類繁多、解讀裝備多元、紀錄媒介及編碼複雜。如：座艙語音紀錄器（CVR）之紀錄媒介可用金屬鋼絲、0.5” 磁帶、固態晶片。飛航資料紀錄器（FDR）之紀錄媒介可用金屬錫箔片、相機底片、0.25” 或 0.5” 磁帶、固態晶片；原始資料編碼可用 FM 調變、BPSK 調變、採用 8 bits 並列或 12 bits 串列等。值得注意的是俄製飛航紀錄器普遍安裝於俄製民用航空器中，統計資料顯示固態晶片之安裝率低

於 30%。

表 3.1 俄製飛航紀錄器屬性表（磁帶部份）

CIS-made Magnetic-tape FDRs			
Designer	Recorder type	Readout	Recovering if damaged
NPO “PRIBOR”	MSRP-12-96	YES	YES
St. Petersburg	MSRP-64-M2	YES	YES
	MSRP-64-M5	YES	YES
	MSRP-256	YES	YES
	MSRP-A-01 (02)	YES	YES
	BUR-1	YES	YES
	BUR-3	YES	YES
“Elektronpribor”	TESTER-M	YES	YES
Kiev	TESTER-U3	YES	Limited
	TESTER-U3-L	YES	Limited
CIS-made Magnetic-tape CVR			
NPO “PRIBOR”	MARS-BM	YES	YES
PETROVSKIY plant	MS-61 (B)	YES	YES
N. Novgorod	P-503 (B)	YES	YES
	P-507	YES	YES

表 3.1 俄製飛航紀錄器屬性表（固態晶片部份）

CIS-made Solid-state FDRs			
Designer	Recorder type	Readout	Recovering if damaged
NPO “PRIBOR”	CVR RZBN-1	YES	YES
UKRNIIRA, Kiev	CVR ORT	NO	NO
“AVIAAVTOMATIKA”	ZBN-MR	NO	NO
PETROVSKY N.Novgorod	P-507M	YES	NO
CIS-made Solid-state CVRs			
NPO “PRIBOR”	CVR RZBN-1	YES	YES
UKRNIIRA, Kiev	CVR ORT	NO	NO
“AVIAAVTOMATIKA”	ZBN-MR	NO	NO
PETROVSKY N.Novgorod	P-507M	YES	NO

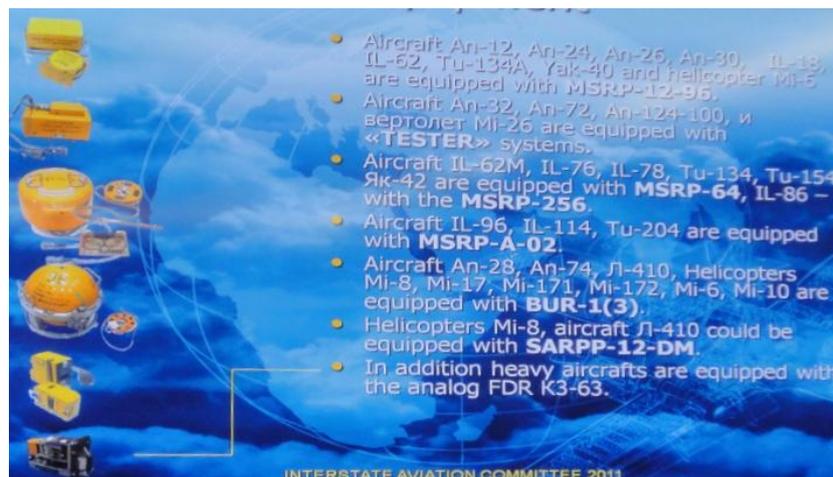


圖 3.1 俄製飛航紀錄器外觀圖及安裝機種（金屬鋼絲及磁帶式）



圖 3.2 俄製飛航紀錄器外觀圖及安裝機種（固態晶片式）

3.2 AF447 飛航紀錄器解讀中遭遇的問題

2009年6月1日，一架法航447班機A330-203客機（以下簡稱AF447），執行巴西里約熱內盧加利昂國際機場至法國巴黎戴高樂機場載客任務。該機載有216名乘客以及12名機組人員，該機於巡航高度3,500呎因不明原因失蹤。

經BEA調查後推測當時該機可能進入強烈的暴風雨區域並遭遇強烈的亂流，因不明原因致失事墜海。2011年4月2日，法國BEA以側掃聲納找到疑似殘骸區域；一天內以ROV確認殘骸。整個AF447水下偵搜面積達17,000平方公里，殘骸分布面積約才0.12平方公里，平坦的水底，水深3,900公尺。

首先，兩具飛航紀錄器（CVR & FDR）處於3,900公尺水下約2年，其CSMU晶片模組參考J-STD-033B及TSOP 48 with Thickness <1.4mm等規範，亦即以電子溫控烤箱90度C經歷34小時進行乾燥處理。解讀前，通過三道工序以確保資料的完整性與安全性（詳圖3.3）：

- ◆ CSMU PCB電路板之電路檢查
 - 電阻檢查

- 與Honeywell提供之同型CSMU PCB電路板比對
- ◆ 以PCB上面的電路針腳通電並開機
 - 監控電流供應
- ◆ 與個別晶片建立通信
 - 透過BEA開發特殊軟體下載個別晶片內的原始資料
 - 以BEA開發特殊軟體，逐一搜尋個別晶片內的資料檔頭
 - 以BEA開發特殊軟體，逐一整合並封裝原始資料

BEA與會人員於會議中亦說明，CVR CSMU PCB電路板因腐蝕嚴重，換掉幾顆電阻後，經下載個別晶片內的原始資料，解壓縮發現5軌錄音存在數十秒資料空白，此乃個別晶片內局部記憶體區塊（data blocks loss）流失所致，且此現象已發生過2次，BEA正在研擬相關改善建議給飛航紀錄器製造商。

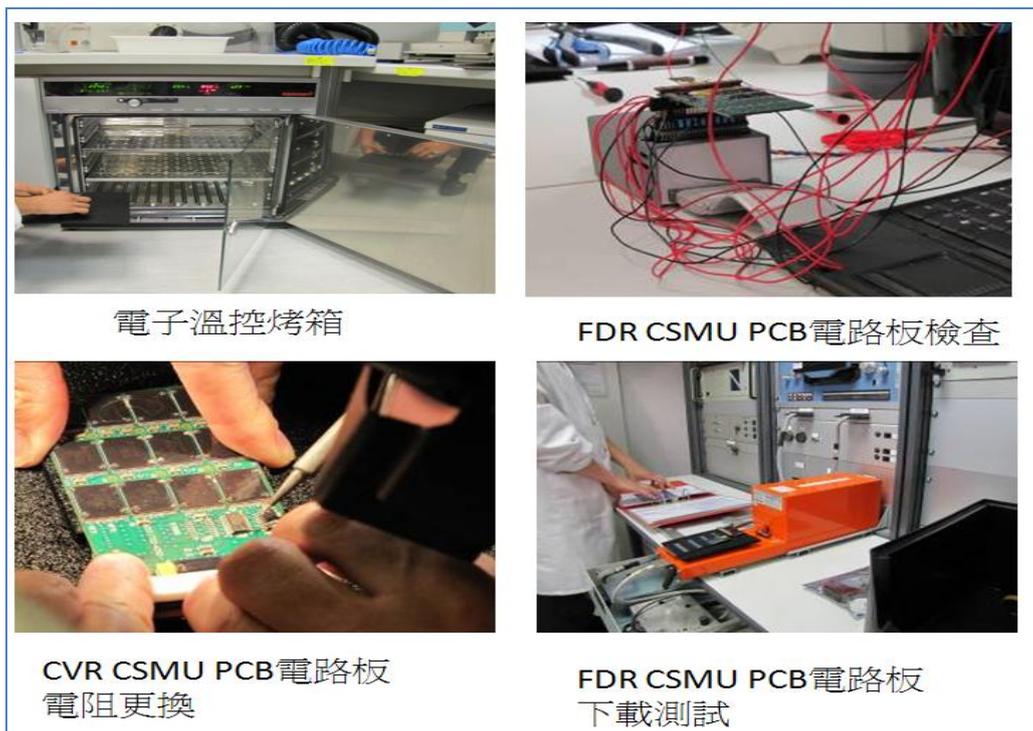


圖3.3 AF447 飛航紀錄器之解讀前置程序

AF447 飛航紀錄器修復及解讀之經驗與學習，重點摘要如下：

1. 有賴於國際社會的共同努力及群體的技術合作，BEA才能完成艱鉅的黑盒子飛航紀錄器打撈及解讀工作；
2. 完整紀錄解讀過程及所發現的問題很重要；
3. 需要特殊工具，硬體包括：電子溫控烤箱、充填氬氣的封箱、特殊雙通道CSMU PCB電路板；軟體包括：BEA開發個別晶片下載軟體、Honeywell 原廠為本案開發的CHIPS軟體。前兩項軟體的特點為搜尋每一顆PCB電路板之記憶體之原始資料起始指標及終止指標、記憶體刪除指標；類似磁帶式FDR讀取磁帶訊號時可以不檢查原始資料框內的終止字元。

3.3 應用多重聲譜分析航空器之飛行軌跡

會議中NTSB提報一篇應用多重聲譜分析航空器之飛行軌跡的論文，其背景為一架CESSNA 310R自美國華盛頓特區某機場起飛不久即失事並造成3人死亡，調查中取得次級航管雷達只有4點位置。另外，亦取得失事地點5浬範圍內5座地

面反恐監控攝影機及錄音資料，該裝置平常只會持續記錄監控影像，如於偵測範圍內有疑似槍響或爆炸聲響，則會觸動該裝置將最近1分鐘內收集的聲音存檔。

所謂多重聲譜分析為應用都卜勒效應（Doppler Effect）將觀察者（本案5座地面反恐錄音裝置）及聲源（本案之CESSNA 310R）間的聲音頻率變化，假設此失事5哩範圍內空氣傳播速度及溫度恆定，則CESSNA發動機因轉速變化及運動方向變化，造成5座地面反恐錄音裝置取得之聲音可作聲譜分析，圖3.4為相關方程式。

$$f_s = \frac{c + |v_s| \cos \theta}{c} f_o$$

f_o = Source frequency
 f_s = Receive frequency
 c = Speed of sound
 v_s = Source velocity
 θ = Angle between v_s & LOS from source to observer

TSB

圖3.4 都卜勒效應及其方程式

本案失事地點及5座地面反恐錄音裝置之座標均為已知，因此由每一座錄音檔的航空器撞擊聲響為標記時間（receiver N impact time），配合恆定空氣傳播速度（676哩／時）及相對距離，可以計算出失事時間。經過時間同步後，以每一座地面反恐錄音裝置的聲音進行聲譜分析，並以三組座標交會方式求出每一秒航跡座標。圖3.5為基本事實資料、分析後飛航軌跡及失事墜毀前的CESSNA 發動機頻譜。

3.4 機載損壞晶片解讀之發展趨勢

本次會議中英國 AAIB、美國 NTSB、俄國 IAC 都對機載損壞晶片解讀發表一篇論文，關注的焦點有三：取得適航認證的飛航紀錄器（固態晶片）、未取得適航認證的航空導航裝置（如：可攜式 GPS、IPAD、IPHONE 等）、取得適航認證的航空導航裝置（如：Avidyne MFD, PFD）。

首先，NTSB 與會人員指出，近期美國國會要求 NTSB 對全模載具的損壞晶片建立其完整能量，NTSB 正在研擬建議並回應國會，目的是透過立法要求任何在美上市販賣及生產導航裝置的製造商，要無條件提供這類導航裝置之晶片的解碼文件及規範，以俾利於事故調查工作及提升運輸安全。NTSB 並表示，今年他們約投入 3,500 萬預算以提升其實驗室有關損壞晶片的解讀能量，平均一年解讀約 400 餘件的飛航紀錄器及損壞晶片。其中，損壞晶片約 200 件，造成很大的工作負擔。NTSB 的發展中多功能解讀及分析軟體 CIDER 為核心，分別探討如何解讀 GPS 原始資料，並列舉許多小型航空器機載的資料紀錄設備及其解讀方法。圖 3.6 為 GARMIN MAP 496 資料框結構及轉換公式。

- ✓ Traditional Data Logger
- ✓ New style Data Logger
 - Coliri— USB 下載資料，資料儲存於 SRAM
 - VOLKS—RS-232 下載資料，資料儲存於 Flash memory。以 micro-switch 來保護資料。
 - EW MicroReader—USB 或 SD 卡下載資料，資料儲存於 Flash memory。資料格式稱為 IGC，屬全球滑翔翼學會標準格式。

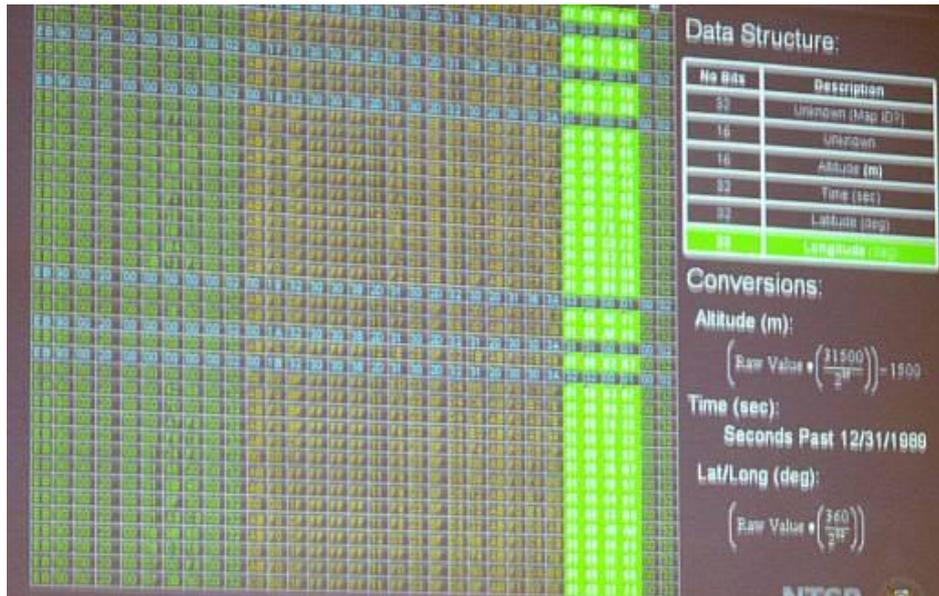


圖 3.6 GARMIN MAP 496 資料框結構及轉換公式

目前，各國運安會的損壞晶片解讀系統十分多樣性且複雜，會議中有許多討論，基本硬體設備包括：電子電熱式機台（移除晶片用途）、溫度感測器、平移顯微鏡（檢查晶片表面損傷用途）、TSOP 及 BGA 晶片下載裝備、雷射蝕刻裝備、X-Ray（檢查晶片內部損傷用途），詳圖 3.7。

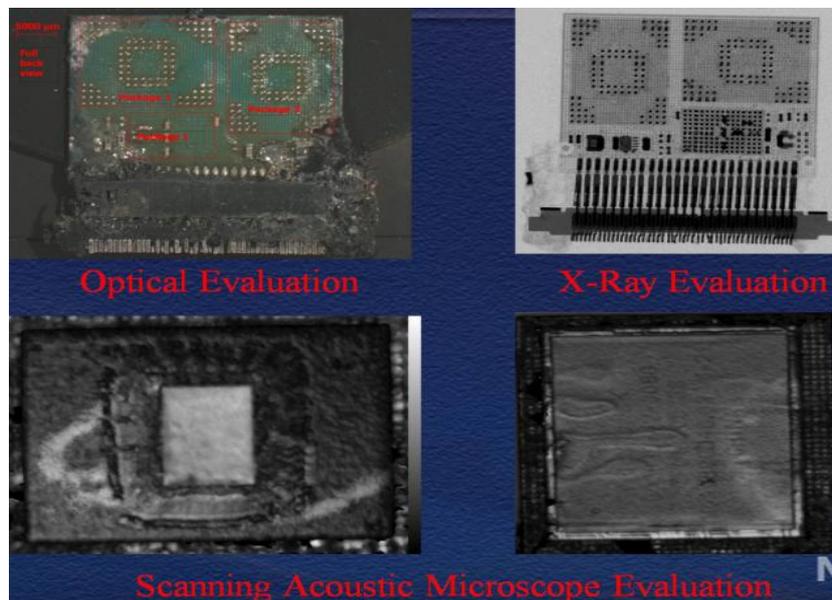


圖 3.7 晶片損傷檢測比較

目前，英國 AAIB 針對雷射蝕刻裝備於損壞飛航紀錄器之解讀提出一個案例解說，處理經過較為複雜本報告僅說明解讀流程，詳圖 3.8。調查人員取得蝕刻後的 CSMU 晶片，因其接腳已全數曝露出來，其接點極為脆弱要小心移動至萬用 PCB 電路板。AAIB 的作法係將事故的 CSMU 晶片經由萬用 PCB 電路板下載原始檔 (image files)，再寫入同型 CSMU 晶片內，最後以新的 CSMU 晶片裝上同型飛航紀錄器的模組執行正常下載。

此作法可徹底解決 CSMU PCB 電路板或及個別 CSMU 晶片的腐蝕問題，但蝕刻過程需要事先練習至熟練階段。此外，應該收集各國的經驗發展最佳的處理程序，以確保 CSMU 晶片的乾燥過程，晶片的前置檢查程序。

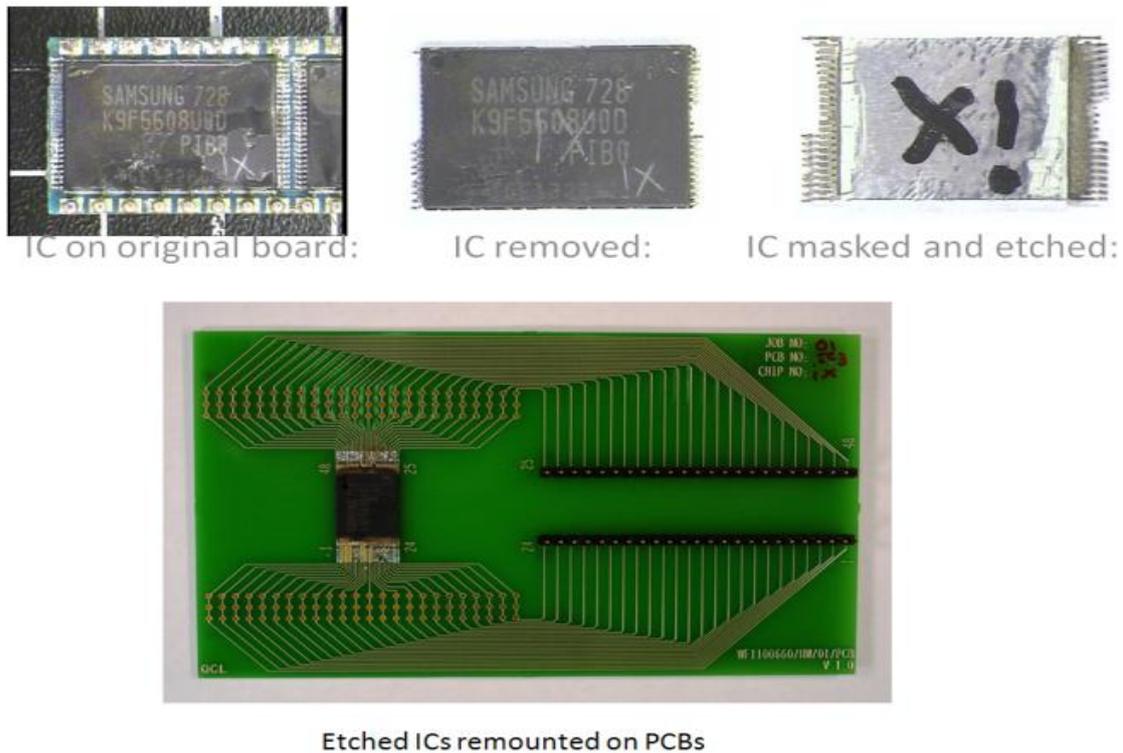


圖 3.8 某一 SSFDR CSMU 晶片之蝕刻及解讀過程

3.5 敏感資料保全議題

本次會議有關敏感資料保全的討論十分熱烈，本會透過 IRIG 網路論壇收集各國調查機構對敏感資料保全的作法並作一提報。所謂敏感資料，包括：座艙語音紀錄器（CVR）之聲音及抄件、飛航資料紀錄器（FDR）之原始檔及分析意見、座艙錄像紀錄器（AIR）之圖像及抄件、航管機構之聲音及抄件、調查過程中取得相關人員的訪談錄音及陳述意見、飛航操作有關人員間的所有通信、與事故有關人員之醫療及私人資料、與調查報告草案有關之不同看法與爭議等。本次會議只針對 CVR/FDR/AIR 等三面進行研討，相關法規詳 ICAO Annex 13 V10 及 EU No.996/2010。摘錄重點如下：

- ◆ CVR 資料保全不當之可能因素，包括：
 - ◆ 民航業者未遵守相關法規；
 - ◆ 民航監理機關或航空站接獲疑似飛航事故通報後，未主動提醒民航業者盡速保全 CVR 資料；
 - ◆ 民航業者未建立適當的程序、訓練、檢查單，以確保飛航組員及維修人員據以即時保全 CVR 資料（包含疏忽及蓄意行爲）：
 - ◆ CVR 持續保持紀錄模式
 - ◆ 飛航組員延遲執行 CVR CB 斷電程序
 - ◆ 駕駛艙內無 CVR CB 開關（如：A330/A340）
 - ◆ 航空器停止後，飛航組員按下 CVR Erase 按鈕
 - ◆ 航空器停止後，航組員或維修人員於連接地面電源情況下，將「RCDR/GND CTL」開關置於「ON」位置，強破 CVR 進入紀錄模式
 - ◆ 航空器停止後，飛航組員按下 CVR Erase 按鈕後，並持續保持 CVR 紀錄模式
 - ◆ 為確保 CVR 的聲音不會外洩，造成飛航組員的隱私權被公諸於世，整個歐盟的會員國及加拿大等事故調查機構均主張 CVR 歸還業者前均刪除 CVR 聲音；目前，僅美國 NTSB、澳洲 ATSB、中國

CAAC、日本 JTSB 及俄國 IAC 未刪除就直接歸還。此外，涉及司法調查時的一致做法為邀請司法調查人員到實驗室聽 CVR 並僅提供確認過的 CVR 抄件。

- ◆ 飛航資料紀錄器（FDR）之原始檔可以提供給授權代表及航空器製造商；但不會提供給司法調查機構，僅提供公聽會或事實資料報告的工程參數；完成調查後，該飛航資料可作為安全研究、適航檢查及維修等用途。
- ◆ 各國調查機構均欠缺 AIR 的實務經驗，惟北美地區及歐盟地區的看法一致，亦即將 AIR 的保全作為視同 CVR 錄音；
- ◆ 美 NTSB、法 BEA、英 AAIB 及澳 ATSB 均表示，未取得適航的機載導航裝備（如：GPS、Iphone、Ipad、Smart Phones、MFD、PFD 等）的解讀需求日益增加，相關解讀程序涉及損壞晶片處理其耗時費力且裝備甚多；因調查需要以逆向工程進行解讀的作為，有可能侵犯隱私權，建議各國及早因應。

四、建議

本次赴俄羅斯莫斯科市參加飛航事故調查員紀錄器會議（AIR），行程圓滿且收穫豐富。各國的飛航紀錄器專家計 30 餘人出席，相關議題的討論及交流熱絡。明年年會將於荷蘭運安會（DSB）舉行。職提出三項建議：

1. 持續收集各國敏感資料的保全作為，完備本會相關程序。
2. 持續研習損壞晶片的解讀能量，及規畫未來的發展及經費需求。
3. 選派本會的適合的技術同仁，送往歐美澳英等調查機構進行短期培訓。