



勞工安全衛生研究報告

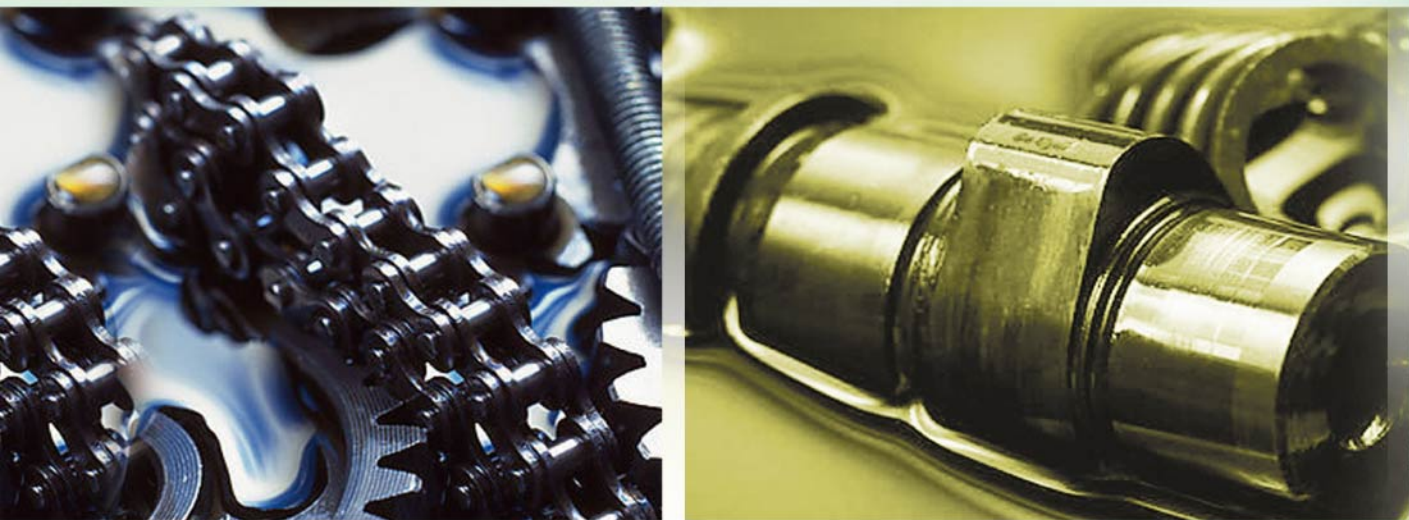
職場勞工低頻電磁場(波)暴露調查研究

The Exposure Survey of the Low-Frequency
Electromagnetic Field/ Wave in the Workplace



職場勞工低頻電磁場(波)暴露調查研究 IOSH99-H305

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

職場勞工低頻電磁場(波)暴露調查研究

The Exposure Survey of the Low-Frequency Electromagnetic Field/ Wave in the Workplace

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

職場勞工低頻電磁場(波)暴露調查研究

The Exposure Survey of the Low-Frequency Electromagnetic Field/ Wave in the Workplace

計畫主持人：張振平、林桂儀

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間：中華民國 99 年 3 月 10 日至 99 年 12 月 31 日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 100 年 3 月

摘要

電場來自電位差，電力伏特數越高，電場越大。磁場則因電流之流動而產生，因此，當電流越大則磁場越強。工業中使用許多不同功能且耗電量高的設備，因此，產生頻率與強度多樣化的各種電磁輻射。國際非游離幅射防護委員會(ICNIRP)雖已提出工作環境電磁場暴露標準建議值，但國際間目前並未有針對職場電磁場暴露評估之標準方法。本計畫旨在整合職場電磁場相關文獻之評估作法，提出可行之職場量測模式，並進行工作場所低頻電磁場量測評估，藉此建立國內低頻電磁場職場暴露特性基本資料。

本計畫收集近10年來探討電磁場與健康效應暨國際相關機構關於電磁場之準則或建議文件，作為規劃之依據，並邀集專家學者進行3階段之審議，提供本計畫合理可行之執行方向。另外，本研究參酌國際相關準則，提出針對工作場所中勞工特定操作位置或潛在發生源及其周遭進行定點低頻(1Hz-100kHz)電磁場量測方法，並編製「低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊」，內容分為摘要、背景、目的、範圍、依據、定義與單位、評估模式與採樣策略、量測方法、量測數據分析與評估及應用限制等單元。

本計畫亦進行現場量測，完成15場次職業場所低頻電磁場(波)現場量測評估工作，其中包括一般產業7廠次及光電高科技產業8廠次。結果發現，除少數操作(如鑄造業之高周波爐或超音波塑膠融接等)外，多數行業之低頻電磁場仍以電力頻率(60Hz)為主，而低頻磁場場強除鑄造業之高周波爐附近較高外(可達數百毫高斯)，其餘均遠低於國際暴露建議值。在量測之8場次光電高科技廠部分，在例行性操作情況下，各廠低頻電場及磁場場強值亦遠低於國際暴露建議值。

關鍵詞：低頻電磁場(波)、暴露評估

Abstract

Electric fields are created by differences in voltage, thus higher the voltage, stronger the resultant field. Conversely magnetic fields are created when electric current flows, and increases with the current. Industrial uses of wide variety of high-electricity consumption machinery have generated the electro-magnetic fields (EMF) of different frequencies and strengths. Although an exposure guideline has been set by International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), method for assessing occupation exposures to EMF has not been proposed. This project aims to propose a method for measuring occupational exposure to low frequencies (LF, 1Hz-100KHz), and to perform measurement in the related industries.

Literature regarding the biological effect by EMF and various international guidelines are adopted as the basis, and professionals from related fields are invited to offer advices during the project implementation. This project proposes a measurement method that is suitable for assessing occupational LF-EMF exposure at or near the potential sources. Additionally a manual, which comprises abstract, background, purposes, scopes, basis, definition and units, sampling mode and strategy, procedure, data process and limitations, for such practices is prepared.

Field measurements are performed in 15 factories, including 7 in conventional manufacturing industry and 8 electrical high-tech plants. The results indicate that the EMF from alternating currents (60Hz) prevails in most factories, except for plastic welding and inductive heating. Magnetic fields at LF near the inductive heating oven in foundry factory can reach hundreds of mG, which are below the ICNIRP guideline. The EMF levels under normal operational conditions at current high-tech plants are also below the recommended value set by ICNIRP.

Key Words : Low-Frequency Electromagnetic Field/Wave, Exposure evaluation.

目 錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
目 錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	vii
第一章 計畫概述	1
第一節 計畫背景.....	1
第二節 計畫目的.....	2
第三節 計畫主旨.....	2
第二章 文獻探討分析.....	3
第一節 電場與磁場量測	3
第二節 先前研究成果.....	8
第三章 研究方法與步驟.....	9
第一節 計畫執行架構.....	9
第二節 執行步驟.....	9
第四章 執行成果	13
第一節 職業場所低頻電磁場(波)相關規範及文獻收集分析.....	13
第二節 專家學者審議會議	17
第三節 事業單位現場量測評估.....	18
第四節 現場量測方法檢討	87
第五節 低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊	88
第五章 結論與建議.....	89
第一節 結論	89
第二節 建議	90
誌謝.....	91
參考文獻.....	92

附錄一.....	94
附錄二.....	101

圖目錄

圖 1 本計畫執行架構.....	9
圖 2 造船廠空壓機/電銲(電場/磁場)頻率特性	20
圖 3 造船廠空壓機分布及電場特性.....	22
圖 4 造船廠變電站配置圖及磁場分布特性	23
圖 5 造船廠空壓機/電銲量測實況	24
圖 6 鐵路電車維修場平面月台(電場/磁場)頻率特性.....	25
圖 7 鐵路電車維修場量測實況	27
圖 8 區域型醫院頂樓天台(電場/磁場)頻率特性.....	28
圖 9 區域型醫院機房電場頻率特性.....	29
圖 10 區域型醫院頂樓天台電場頻率特性	31
圖 11 區域型醫院頂樓天台/機房量測實況	31
圖 12 鑄造廠高週波爐(電場/磁場)頻率特性	32
圖 13 鑄造廠高週波爐電場頻率特性.....	33
圖 14 鑄造廠高週波爐量測實況	34
圖 15 塑膠產品製造廠(電場/磁場)頻率特性	36
圖 16 塑膠產品製造廠量測實況	38
圖 17 食品製造廠吹瓶機(電場/磁場)頻率特性.....	39
圖 18 食品製造廠吹瓶機電場頻率特性.....	41
圖 19 食品製造廠吹瓶機量測實況.....	41
圖 20 教學型醫院加馬刀控制端電場與磁場頻率特性.....	43
圖 21 教學型醫院磁振造影控制端電場與磁場頻率特性.....	44
圖 22 教學型醫院加馬刀/磁振造影/機房量測實況	45
圖 23 高科技光電廠機台(電場/磁場)頻率特性.....	46
圖 24 高科技光電廠量測現場平面圖.....	48
圖 25 高科技晶圓廠量測機台(電場/磁場)頻率特性.....	49
圖 26 高科技晶圓廠量測現場平面圖.....	51
圖 27 高科技晶圓廠高溫爐管/高電流離子植入量測實況.....	53
圖 28 高科技光電廠量測機台(電場/磁場)頻率特性.....	54
圖 29 高科技光電廠量測現場平面圖.....	58
圖 30 高科技光電廠 RIE 蝕刻機/ SPTG100 金屬鍍膜機量測實況	60

圖 31	高科技晶圓廠量測機台(電場/磁場)頻率特性.....	61
圖 32	高科技晶圓廠量測現場平面圖.....	63
圖 33	高科技晶圓廠乾式蝕刻機/薄膜機量測實況	65
圖 34	高科技光電廠量測機台(電場/磁場)頻率特性.....	66
圖 35	高科技光電廠量測現場平面圖.....	68
圖 36	高科技晶圓廠量測機台(電場/磁場)頻率特性.....	70
圖 37	高科技晶圓廠量測現場平面圖.....	74
圖 38	高科技晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機台量測實況.....	75
圖 39	高科技太陽能廠量測機(電場/磁場)頻率特性.....	76
圖 40	高科技太陽能廠量測現場平面圖.....	79
圖 41	高科技太陽能量廠串焊機/層壓機量測實況	80
圖 42	高科技光電廠量測機台(電場/磁場)頻率特性.....	81
圖 43	高科技光電廠量測現場平面圖.....	84
圖 44	高科技光電廠 CVD/UCD 量測實況	86

表目錄

表 1 世界各國對於 50/60 HZ 電場暴露標準建議值	6
表 2 世界各國對於 50/60 HZ 磁場暴露標準建議值	7
表 3 國際非游離輻射防護委員會工作環境電磁場暴露標準建議值.....	7
表 4 國際電磁場(波)之量測評估方法暨相關準則.....	13
表 5 專家審議會議辦理情形	17
表 6 職場低頻電磁場(波)現場量測摘要	18
表 7 造船廠空壓機/電銲(單軌/雙軌)6 分鐘量測結果.....	20
表 8 高週波爐控制面板 3 種高度量測結果	33
表 9 塑膠產品製造廠 6 分鐘/3 種高度/其他儀器量測結果.....	36
表 10 食品製造廠吹瓶機 6 分鐘/其他儀器量測結果.....	39
表 11 高科技光電廠有機金屬化學氣相沉積機 6 分鐘電場/磁場量測結果	47
表 12 高科技光電廠有機金屬化學氣相沉積機機型暴露危害比量測結果	47
表 13 有機金屬化學氣相沉積機頻率特性分析	48
表 14 高科技晶圓廠高溫爐管/高電流離子植入 6 分鐘電場/磁場量測結果.....	50
表 15 高科技晶圓廠機台高溫爐管/高電流離子植入暴露危害比量測結.....	51
表 16 高科技晶圓廠機台高溫爐管/高電流離子植入頻率特性分析.....	52
表 17 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機 6 分鐘電場/磁場量測結果.....	55
表 18 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機後移 30 公分 3 種高度電場/磁場量測結果.....	57
表 19 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機暴露危害比量測結果	57
表 20 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機後移 30 公分 3 種高度暴露危害比量測結果.....	58
表 21 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機頻率特性分析.....	58
表 22 高科技晶圓廠乾式蝕刻/薄膜機 6 分鐘電場/磁場量測結果	62
表 23 高科技晶圓廠乾式蝕刻/薄膜機暴露危害比量測結果	63
表 24 高科技晶圓廠乾式蝕刻/薄膜機頻率特性分析.....	64
表 25 高科技光電廠電漿化學氣相沉積鍍膜機物理氣相沉積濺鍍機.....	66
表 26 高科技光電廠電漿化學氣相沉積鍍膜機/物理氣相沉積濺鍍機暴露危害比	68
表 27 高科技光電廠電漿化學氣相沉積鍍膜機/物理氣相沉積濺鍍機頻率特性分析.....	69
表 28 晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機 6 分鐘電場/磁場量測結果	71
表 29 晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機後移 30 公分 3 種高度電/磁場量測結果	72
表 30 高科技晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機暴露危害比量測結果	72

表 31	高電流離子植入機/快速熱製程機後移 30 公分 3 種高度暴露危害比量測結果.....	74
表 32	高科技晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機頻率特性分析.....	74
表 33	高科技太陽能廠串焊機/層壓機 6 分鐘電場/磁場量測結果	77
表 34	高科技太陽能廠.串焊機/層壓機後移 30 公分 3 種高度電場/磁場量測結果	78
表 35	高科技太陽能廠串焊機/層壓機暴露危害比	78
表 36	高科技太陽能廠串焊機/層壓機後移 30 公分 3 種高度暴露危害比	79
表 37	高科技太陽能廠串焊機/層壓機頻率特性分析.....	79
表 38	高科技光電廠機台 6 分鐘電場/磁場量測結果.....	82
表 39	高科技光電廠機台/後移 30 公分 3 種高度電場/磁場量測結果.....	83
表 40	高科技光電廠機台/暴露危害比.....	83
表 41	高科技光電廠機台後移 30 公分 3 種高度暴露危害比	84
表 42	高科技光電廠機台頻率特性分析.....	84

第一章 計畫概述

第一節 計畫背景

非游離輻射(non-ionizing radiation)屬物理性之危害，其中頻率小於1000 GHz者稱為射頻，包括極高頻(EHF, 30 GHz–300 GHz)的雷達波、衛星基地、微波，超高頻(UHF, 300 MHz–3000 MHz)的雷達波、無線電視、行動電話、藍芽等，特高頻(VHF, 30 MHz–300 MHz)的FM廣播、無線電視、軍用頻道，高頻(HF, 3 MHz–30 MHz)的軍用頻道、業餘通訊，中頻(MF, 300 KHz–3000 KHz)的AM廣播、感應式加熱，低頻(LF, 30 KHz–300 KHz)的AM廣播、感應式加熱，特低頻(VLF, 9 KHz–30 KHz)的感應式加熱，與極低頻(ELF, 30–300 Hz)的交流電力系統（主要為50/60 Hz）。本計畫研究之範圍涵蓋1Hz–100 KHz頻率之低頻及極低頻電磁輻射，但不包括靜態磁場 (static magnetic fields, 0 Hz)。

電場 (electric fields) 來至電位差，因此，電力 (交流電 (AC)) 伏特數越高，則電場越大。電流流過電線時，會在周圍形成磁場 (magnetic fields)，因此，電流越大，則磁場越強。磁場與電場均隨著與發生源之距離越大而減少。人們日常生活中所使用的各種電器設備，例如：電視、檯燈等都會產生極低頻的電磁波；另外，戶外的輸配電線、變電箱、以及變電所等電力設備亦會有較高強度的極低頻電磁場。而許多職業，因為工作所接觸或使用的機器設備必須使用大量電流，因此也暴露於高強度的低頻與極低頻電磁波之下，這些職業族群包括：電焊工人、變電所電力工作者、鋼鐵廠電弧爐工作者、鑄造廠高週波爐操作者等。

一般而言，極低頻電磁場的能量都很小，對生物組織亦不會產生熱效應。急性高強度暴露時，可造成神經與肌肉刺激，及增加中樞神經之敏感度，而可能引起頭痛、頭暈、記憶力喪失、疲倦等主觀症狀。雖然目前仍缺乏可接受之致癌機制，但部分流行病學研究發現極低頻電磁場暴露及兒童白血病之關聯性，因此，國際癌症研究總署 (IARC) 將極低頻電磁場歸類人類可能致癌因子。

第二節 計畫目的

許多勞工，例如戶外輸配電線、變電箱及變電所等電力設施工作人員，或接觸耗用大量電流的機器設備的工作人員，例如電焊工、鋼鐵廠電弧爐勞工、鑄造廠高週波爐操作者等，均為高強度低頻 [主要為極低頻之交流電力系統(50/60Hz)與低頻/特低頻之工業感應式加熱 (9KHz－300KHz)] 的電磁場暴露高危險族群。勞委會雖已提出我國職場環境電磁場之容許暴露強度標準建議值，但尚未有暴露評估建議方法或準則，亦無國內相關行業之暴露調查資料。因此，本研究整合國際相關機構之評估方法，提出可行之職場量測模式，並進行勞工之暴露特性調查評估，希望建立國內低頻電磁場職場的暴露之基本資料。

第三節 計畫主旨

1. 透過科學文獻的收集分析，探討低頻電磁場暴露之健康效應及健康風險評估結果，及各相關機構關於電磁場之相關規範及暴露標準建議值。
2. 分析探討國際上對低頻電磁場暴露評估具體作法，例如量測時機、量測方法、量測儀器及校正方法等，並提出最佳評估模式，作為國內進行評估之用；並據此編製「低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊」，作為後續評估時之依據。
3. 針對高危險暴露族群，進行現場暴露評估，利用上述評估方法，分析各行業之暴露特性。

第二章 文獻探討分析

第一節 電場與磁場量測

1974年，國際輻射防護協會(IRPA/ International Radiation Protection Association)設立了非游離輻射(NIR/ non-ionizing radiation)工作組織，開始對各種類型的NIR防護方面的問題進行研究。在1977年巴黎召開的IRPA大會上，該工作組演變成爲國際非游離輻射委員會(INIRC/ International Non-Ionizing Radiation Committee)。並與世界衛生組織(WHO/ World Health Organization)環境衛生部的合作，IRPA/INIRC制定了許多有關NIR健康的標準文件，作爲由聯合國環境規劃綱要(the United Nations Environment Programme, UNEP)倡導的WHO環境衛生標準專案的一部分[1]。國際非游離輻射防護委員會(the International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, ICNIRP)的專家學者根據目前世界上所有的研究證據進行討論，認爲除了可能會導致乳腺癌之外，截至目前爲止，並無令人信服的證據證明這類磁場具有致癌作用，同時也無法利用這些資料作爲制定暴露標準的基礎。可能需要更多且深入的研究來驗證ELF磁場是否能夠真正影響細胞膜的生理以及對內分泌的調節發生影響，因爲此二者都會促進原始癌細胞的生長來影響腫瘤的進一步發展。根據流行病學與動物實驗數據，ICNIRP於1998年訂定了國際間有關暴露於0-300 GHz電磁場所導致的暴露規範[2]，而大多數國家也從此依循ICNIRP之規範訂定職場與一般環境之電磁場暴露規範，2005年6月WHO國際電磁場計畫(International Electromagnetic Fields Project)之年度報告也繼續支持此一規範，並鼓勵其會員國繼續遵循此一國際標準。隨著科技文明的進展，工作場所裡許多的物理性與化學性危害都直接或間接對人類身體造成威脅，物理性危害之防護較化學性危害困難許多，主要原因是物理性危害之無形與其偵測技術之困難。因此美國ACGIH於2001年也訂定了職場極低頻電磁場的管制值(ACGIH, 2001) [3]。有鑑於此，勞委會也於2006年制定中華民國職場危害因子(職場環境電磁場)容許標準建議值，希望能藉此保護勞工的健康。

電場只與電荷的存在相關，而磁場則是電荷發生物理運動(電流)的結果。電場E(electric field)對電荷施加作用力，單位以伏特/米(Vm^{-1})表示。磁場也可以對電荷產生

力，但這些只是在電荷運動的情況下發生。電場和磁場都有大小又有方向的(向量)。磁場可以通過兩種方式來表示，一種是磁通密度**B**(magnetic flux density)，單位是特斯拉(Tesla, T)，另外一種是磁場強度**H** (magnetic field strength)，單位是安培/米(Am⁻¹)。這兩個物理量的關係如下：

$$\mathbf{B} = \mu\mathbf{H} \quad (1)$$

式中， μ 是比例常數(磁導率)；在真空和空氣以及非磁性(包括生物的)材料中， μ 的值為 $4\pi \times 10^{-7}$ ，單位是亨利/米(Hm⁻¹)。因此出於防護目的而描述磁場時，只需用**B** 或**H**中的一個物理量來說明。

在遠場區域，平面波模型是一種表示電磁場傳播的很好的近似模型。平面波的特性是：

第一節 波前是平面。

第二節 **E**、**H** 向量和傳播方向都是互相垂直的。

第三節 **E** 和 **H** 場的相位相同，在整個空間二者的振幅比恒定不變。在自由空間，二者的振幅比 $E/H = 377$ 歐姆，這是自由空間的特徵阻抗。

第四節 功率密度 **S**，即與傳播方向垂直的單位面積上的功率，以下公式顯示了它與電場和磁場的關係：

$$\mathbf{S} = \mathbf{E}\mathbf{H} = E^2/377 = 377\mathbf{H}^2 \quad (2)$$

在近場區域的情況相對而言比較複雜，因為沿著傳播方向，**E** 和 **H** 的最大值和最小值並不像在遠場區域那樣出現在同一點。在近場區域，電磁場的結構可能很不均勻，與 377 歐姆的平面波阻抗相比可能有很大的變化，也就是說，可能在某些區域幾乎是純粹的電場，而其他區域則幾乎是純粹的磁場。在近場區域的暴露描述起來更為困難，因為 **E** 和 **H** 都必須測量出來，而且場的模式也比較複雜；在此情況下，功率密度就不再是用來描述暴露限值的恰當物理量了(如在遠場區域) (ICNIRP 導則) [2]。因此如何建立適當的量測方法標準是非常重要的。

暴露于 **EMF** 會使體內產生電流和組織吸收能量，具體與耦合機制和涉及的頻率有關。可以用歐姆定律表示內部電場與電流密度之間的關係：

$$\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E} \quad (3)$$

式中， σ 表示介質的導電率。考慮到不同的頻率範圍和波形，ICNIRP 導則中所用的劑量測定量綱如下：

- 電流密度 J ，適用的頻率範圍在 10 MHz 及以下；
- 電流 I ，適用的頻率範圍在 110 MHz 及以下；
- 比吸收率 SAR(Specific energy absorption rate)，適用的頻率範圍在 100 kHz – 10 GHz；
- 比吸收能 SA(Specific energy absorption)，適用於脈衝場，頻率範圍在 300 MHz – 10 GHz；
- 功率密度 S (Power density)，適用的頻率範圍在 10 – 300 GHz；

目前有三種已經確立下來的基本耦合機制，電場和磁場通過這些機制直接與活性物質相互作用[4]：

第五節 低頻電場的耦合；

第六節 低頻磁場的耦合；

第七節 從電磁場吸收能量。

低頻電場的耦合

時變電場與人體之間的相互作用可以導致電荷流動(電流)、電荷極化(形成電偶極子)以及組織中的電偶極子重新定向。各種效果的相對強弱取決於人體的電特性，亦即導電率(控制著電流)和介電常數(控制著極化效果的大小)。導電率和介電常數隨身體組織類型的變化而有所不同，此外還取決於相應場頻率的高低。身體外部的電場可以在身體上感應出表面電荷，進而會在體內感應出電流，電流的分佈則取決於暴露條件、人體的尺寸和形狀以及身體位於場中的位置。

低頻磁場的耦合

時變磁場與人體之間的相互作用可以產生感應電場以及迴圈電流。感應電場以及電流密度的大小與環路的半徑、組織的導電率以及磁通密度的變化率和大小成正比關係。如果磁場大小及頻率已經確定，最大的環路可以感應出最強的電場。人體內任何部位所產生的感應電流的實際路徑和大小都取決於組織的導電率。暴露於低頻電場和磁場中導致的身體能量吸收和體溫升高一般可以忽略不計。

國際間目前並未有針對職場環境 ELF 或 RF 暴露評估之標準方法，我國環保署環境檢驗所在 2003 年公告了「環境中(架空高壓線路、變電所、落地型變壓器)電場

與磁場檢測方法」與「環境中電磁波檢測方法—調頻調幅廣播電臺、無線電視臺、行動電話基地臺」。前者主要是參考 ANSI/IEEE Std 644-1994 標準[5]。有關量測儀器的規範係完全依據 ANSI/IEEE Std 644-1994 標準。在量測程序方面則考量我國輸配電線路型態特性後，尤其是人口密集區域的線路特性，對 ANSI/IEEE Std 644-1994 標準的建議稍加修正。此量測方法以 Institute of electrical and electronics engineers(IEEE C95.3-1997)為主要參考依據，訂定實際可行之量測方法。至於後者，主要採用三軸全向性電磁場感測頭搭配電磁場強度顯示器(包含 Electromagnetic field strength meter/sensor/probe, RF radiation hazard meter/monitor/survey instrument 等，簡稱全向性電磁場強度計)為檢測儀器，所有量測點離地面的高度皆以 1 公尺為原則。針對每一個空間測量點，將記錄採瞬間值(spot measurement)每 3-10 秒記錄一穩定數據。量測結果與行政院環境保護署公告「非游離輻射環境建議值」比較，若超過「環境建議值」則採用天線與頻譜分析儀(接收機)組成之量測系統進行量測及確認。亦可直接使用天線與頻譜分析儀(接收機)組成之量測系統進行量測，以確定受測廣播電臺或行動電話基地臺等在其周遭環境所產生的電磁波強度是否超過「環境建議值」。世界各國對 50/60 Hz 電場及磁場暴露標準或建議值如表 1 及表 2。

表 1 世界各國對於 50/60 Hz 電場暴露標準建議值

國家/機構	建議值 (kV/m)		
	職 場		一般民眾
國際輻射保護協會(IRPA/INIRC/WHO)	全天	10	5
	數小時	30	10
日 本	連續曝露	10	5
	短時間曝露	30	10
波 蘭	連續曝露	15	(家中、醫院、學校) 1
	2 小時	20	(其他) 10
蘇 聯	8 小時	5	-
	半小時	20	-
英國國家輻射保護局(NRPB)	12.3		12.3
美國政府工業衛生師協會(ACGIH)	25		-
捷 克	15		-
德 國	20.7		20.7
澳 洲	同 IRPA		同 IRPA

表 2 世界各國對於 50/60 Hz 磁場暴露標準建議值

國家/機構	建議值 (mG)		
	職 場		一般民眾
國際輻射保護協會(IRPA/INIRC/WHO)	全天	5,000	1,000
	數小時	50,000	10,000
日 本	連續暴露	50,000	2,000
	短時間暴露	100,000	10,000
蘇 聯	8 小時	18,000	-
	1 小時	75,000	-
英國國家輻射保護局(NRPB)	20,000		20,000
美國政府工業衛生師協會(ACGIH)	10,000		-
德 國	50,000		50,000
澳 洲	同 IRPA		同 IRPA

惟考慮職場作業型態及暴露特性與一般環境差異甚大，目前尚未有暴露評估建議方法或準則，而職場環境電磁場之容許暴露強度標準建議值則主要參考國際非游離輻射防護委員會之規範[2]，如表 3 所示，本規範預計於 2010 年進行改版 (Personal communication)。

表 3 國際非游離輻射防護委員會工作環境電磁場暴露標準建議值

(未受干擾的均方根值)

頻率範圍	電場強度 E (Vm ⁻¹)	磁場強度 H (Am ⁻¹)	磁通密度 B (μT)	等效平面波功率密度 Seq (Wm ⁻²)
< 1 Hz	—	1.63×10 ⁵	2×10 ⁵	—
1–8 Hz	20 000	1.63×10 ⁵	2×10 ⁵ /f	—
8–25 Hz	20 000	2×10 ⁴ /f	2.5×10 ⁴ /f	—
0.025–0.82 kHz	500/f	20/f	25/f	—
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065–1 MHz	610	1.6/f	2.0/f	—
1–10 MHz	610/f	1.6/f	2.0/f	—
1–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2000 MHz	3f ^{1/2}	0.008 f ^{1/2}	0.01f ^{1/2}	f/40
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

第二節 先前研究成果

國內已針對數種行業進行電磁場之先期現場量測[6]，結果發現：

(1) 發電廠

- 發電廠內之電磁場來源皆為 60Hz 之電力頻率及其諧波成分。
- 發電機輸出端之大電流(約 19.7kA)，在人員操作範圍內產生之高磁場強度，可達 1700mG；瓦斯絕緣斷路器，最高磁場達 490mG；戶外型升壓變壓器在 18.5kV 側（負載電流仍為 19.7kA），但裸露未加以屏蔽處理，在人員操作範圍內測得之磁場最大值達 2500mG。

(2) 變電所

- 變電所內之電磁場來源皆為 60Hz 之電力頻率及其諧波成分。
- 變電所內 6.9kV 配電箱之負載電流(約 1.73kA)，在人員操作範圍內產生之高磁場場強可達 1100mG (無磁場屏蔽)；所內 3.3kV 配電箱之負載電流(約 470kA)，磁場可達約 120mG (無磁場屏蔽)；負載控制室之磁場只有約 2 mG (負載室的顯示設備皆為低壓弱電的信號源)

(3) 電熔爐煉鋼廠 – 以 60Hz 電力頻率提供電源，再搭配變頻器以提昇周波數 (360Hz，中週波) 來熔解鐵材。

- 廠內低頻磁場在電熔爐附近呈現高磁場值(300 mG)，而最高暴露位置為電熔爐中週波電源供應主機機體中央附近。
- 頻譜分析結果，主要集中於 360 Hz 附近。

(4) 高週波射出成型塑膠工廠

- 廠內低頻磁場的暴露值皆遠低於 60Hz 頻率之磁場建議值 4167mG(ICNIRP 及我國職業暴露建議值)。
- 頻譜分析結果，強度主要集中於 1500-2000 Hz，少數分布於 750-1000 Hz。

第三章 研究方法與步驟

第一節 計畫執行架構

計畫執行架構 – 本計畫執行架構如圖 1 所示。

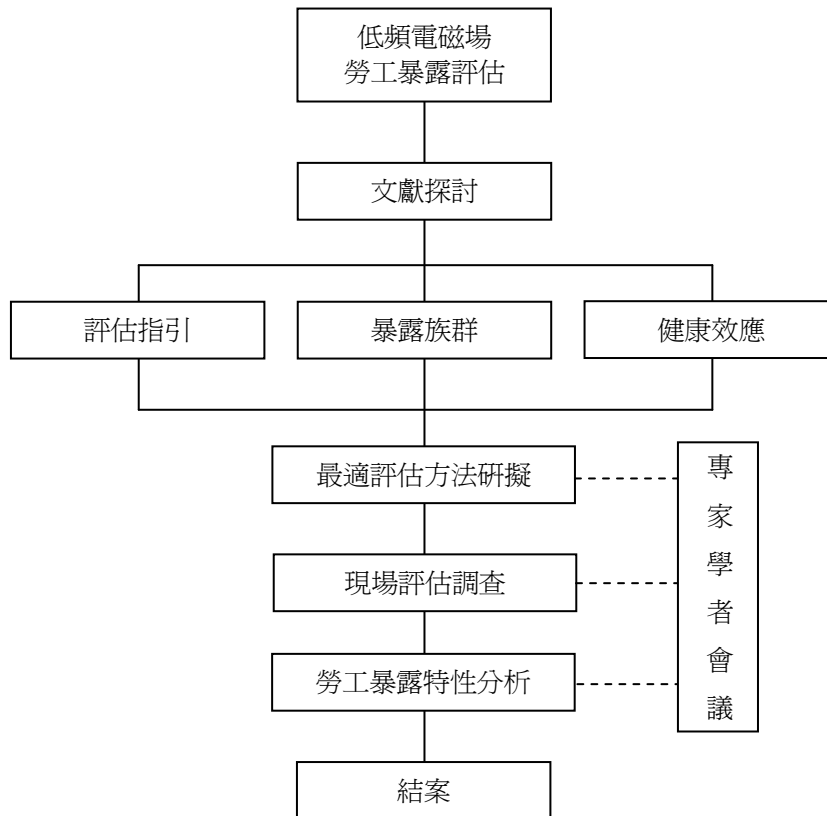


圖 1 本計畫執行架構

第二節 執行步驟

一、 文獻收集探討

本計畫透過各類環境科學及醫學資料庫收集最新關於分析低頻電磁場暴露之健康效應、流行病學調查及健康風險評估之文獻，及國際性、區域性或個別國家關於EMF之相關規範，如International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH 等，及暴露標準建議值等資料，作為後續規劃之依據[7-12]。

二、 量測評估方法擬定

國際間目前尚無一致之暴露評估準則或方法，因此，本研究參考歐盟 Electronic Communications Committee (ECC) 建議之評估模式進行，其中包括3種量測情境(如下)，其適用性再透過現場量測及專家審查加以確認。

(一) 快速篩檢模式

- 適用時機：篩檢評估職場電磁場強度潛勢。
- 評估方法：利用直讀式儀器進行遠場(far field)測量6分鐘以上。
- 結果應用：如使用不同頻段之直讀式儀器進行量測時，各讀值平方總和後取平方根(Root Mean Square, RMS)作為電場或磁場之強度值，再與建議值比較。

(二) 頻譜分析模式

- 適用時機：須了解各頻率之電磁場強度。
- 評估方法：利用頻譜分析儀器進行遠場測量。
- 結果應用：各頻率之電場與磁場強度分別與建議值比較，而電場與磁場強度可再計算電磁場強度活動值(S)，可再與建議值比較。而個別頻率之電磁場強度活動值與建議值之比值的總和(total exposure quotient)，如小於1，表示仍在安全暴露範圍。

(三) 完整評估模式

- 適用時機：現場電磁場強度較大，需進行近場(near field)量測；或電磁場之產生屬於非連續或頻率較廣時。
- 評估方法：各頻率之電場與磁場強度需分別量測(利用不同接收天線)。
- 結果應用：3軸方向量得之電場(或磁場)強度的平方總和平方根，即為其總電場(或磁場)，數值可分別與建議值比較。

三、 國內暴露調查

(一) 調查對象選定：

文獻中發現之高危險族群有電力設施工作人員(如戶外輸配電線、變電箱及變電所等)，或接觸耗用大量電流的機器設備的工作人員，(例如電焊工、鋼鐵廠電弧爐勞工、鑄造廠高週波爐操作者、鐵路電車駕駛等)，因此，以此為基礎，進行選

擇，挑選相關行業共7-8廠次進行，另外，由於光電高科技業為國內重要之產業，因此，亦選定相關廠商7-8家進行現場量測評估。

(二) 測量步驟與方法：

1. 測量的頻段範圍：本計畫設定之量測頻率為 1Hz-100kHz。
2. 測量時，應記錄測量之日期、時間及所使用之測量儀表，同時工作場所之設備、機具及人員作業區域之相關位置圖面與勞工時間/活動特性(time-activity pattern)也予以記錄。
3. 工作區域全區快速篩檢：以直讀式寬頻電磁場測量儀對低頻範圍進行對工作區域進行全區檢測。
4. 測量時以手持儀表(或絕緣之支撐物固定儀表)距離地面約 1m 高度之方式沿工作場所人員作業之區域測量之。(若以不同之高度測量，將註記其特別原因)。
5. 接近明顯之作業設備、機具時，應採由遠至近的方式測量，並於相對最大讀值位置將儀表旋轉待讀值穩定後記錄最大場強值。
6. 測量於無明顯之作業設備、機具時，應沿著電氣設備之架空或地下電纜配線或集線槽等處測量。
7. 測量儀器之探針或天線部位與待測物體距離避免少於 30cm，以免電磁場過強時，導致儀器受損。
8. 測量值若高於該頻段職業場所電磁場暴露建議值(或該頻段之均方根電磁場露建議值)時，應進一步進行電磁場分佈特性測量。
9. 電磁場分佈特性：為鑑定電磁場之最大暴露量位置，於前項測得相對最大值位置周遭，依配線、線槽、重負載電氣機具、設備或特殊型機具、設備或其相關配線之周遭環境，以等距離劃分測量格點。(格點之間距不得大於 30cm，但對於變化緩慢的電磁場或因相鄰兩點之測量值變化少於 30% 者，則可適度放寬測量格點之距離)。依站姿操作者於距地面高度 1.0m、1.3m 及 1.6m (分別代表國人腹部、胸部及頭部相對高度) 或坐姿操作者於 0.6m、0.9m 及 1.2m (分別代表國人腹部、胸部及頭部相對高度)以寬頻電磁場場強計由遠漸近待測物體，並探知電磁場暴露最大值之位置。

10. 現場電場與磁場強度可隨設備之作動而改變(非定值)，因此，可先以 6 分鐘之量測數據作為參考，如在此一期間內無明顯變動，且評估正常 8 小時之工作內容亦屬重複性之暴露情況時，則視為穩定暴露情況，可計算其均方根值，再與相關建議值進行比對。

(三) 測量設備：本研究使用之測量儀器設備包括：

寬頻電磁場監測分析儀 Narda EHP-50C (5Hz-100kHz)

電力頻率磁場記錄器 EMDEX II (40-800Hz)

高頻電磁場測量儀 EMR300 (100kHz-3GHz)

電磁場測量儀 NF-5020 (30Hz-100kHz)

頻譜分析儀 Agilent E4445A PSA (3Hz-22GHz)

小環形天線 EMC O-7604 (30Hz-100kHz)

大環形天線 EMC O-6502 (100 kHz-30MHz)

單極主動天線 EMC O-3301B (30Hz-50MHz)

雙錐天線 EMCO-3110B (30MHz-300MHz)

對數週期天線 EMCO-3147 (300MHz-3GHz)

四、 專家審查及會議

專家會議之功能在於確認文獻收集探討之完整性及適切性、量測分析方法之適切性及可行性、國內暴露調查策略及步驟之適切性，與國內勞工暴露特性分析之合理性等。專家會議將邀集電機、電磁輻射、職業衛生、法規等專業之專家學者，進行3階段之審議，辦理時間為99年6/8、8/12及11/22等3日。

第四章 執行成果

第一節 職業場所低頻電磁場(波)相關規範及文獻收集分析

本研究透過美國國家衛生研究院的生物資訊中心(NCBI)之 Pubmed 資料庫，以關鍵詞 *electromagnetic field* 及 *emf* 進行蒐尋，收集分析2010年關於探討電磁場相關之科學文獻，暨國際相關機構(如ICNIRP、IEEE 及NIOSH) 關於電磁場(波)之準則或建議文件。目前已收集電磁場與健康效應、動物暨細胞毒性、流行病學調查及健康風險評估相關之科學文獻59則(如附件一)與相關準則或建議13則(表4)，內容除已應用於量測方法之建立外，亦將作為後續規劃之依據。

表 4 國際電磁場(波)之量測評估方法暨相關準則

機構	準則/指引	主要內容
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). <i>Health Phys.</i> 74, 494–522; 1998.	國際非游離輻射防護委員會(ICNIRP)針對工作場所及一般環境提出之電磁場暴露標準建議值，及建議值之依據等。世界多數國家均參考本準則訂出建議值。
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. <i>Health Phys.</i> 66:100 –106; 1994.	國際非游離輻射防護委員會針對工作場所及一般環境提出之靜態磁場暴露標準建議值，及建議值之依據等。
The European Committee for Electrotechnical Standardisation (CENELEC)	Assessment of the exposure of workers to electromagnetic fields. EN50499. CENELEC, Dec. 2008.	歐盟電工技術委員會所制定的職業場所電磁場暴露評估的方法，主要提出進行現場測量時建議的場所與評估步驟，但不提出實際的測量技術，屬於評估策略的規範。

<p>Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)</p>	<p>Standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers; IEEE C95.1-1991; 1992.</p>	<p>IEEE 所提出的射頻之電磁場(波)測量標準與校正方法，適用於較高頻率(如 AMFM 電台廣播之電磁場測量方法。目前我國的射頻電磁波場強測量與校正方法主要參考本標準。</p>
<p>Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)</p>	<p>IEEE recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz. IEEE Std. C95.3-2002 (R2008)</p>	<p>IEEE 所提出之電磁場(波)測量方法，適用於較高頻率 (100 kHz-300 GHz)之電磁場測量。</p>
<p>Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)</p>	<p>Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines. IEEE Std. 644-1994</p>	<p>IEEE 所提出的交流電力線之電磁場測量標準與校正方法，適用於電力頻率 60Hz 之架空線或是變壓器等設備之電磁場測量。目前我國的電力頻率電磁場測量與校正方法主要參考本標準。</p>
<p>International Labour Organisation (ILO)</p>	<p>Protection of workers from power frequency electric and magnetic fields. Geneva: International Labour Office; Occupational Safety and Health Series, No. 69; 1994.</p>	<p>由聯合國國際化學品安全計畫署所提出的環境健康標準針對工作場所之極低頻電磁場(<300Hz)可能對生物造成之健康效應及其機制進行探討，並討論制定暴露標準時之依據。</p>

International Radiation Protection (IRP)	Association/International Non-Ionizing Radiation Committee. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. <i>Health Phys.</i> 58:113–121; 1990.	國際輻射防護與國際非游離輻射聯合會共同提出關於電力頻率(50/60 Hz)之電場與磁場暴露標準建議值
Electronic Communications Committee (ECC)	“Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 KHz- 300GHz)” – Electronic Communications Committee (ECC), European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT); 2007	歐洲議會郵電管理部所提出測量頻段在9 KHz-300GHz之職業場所電磁場場強測量方法與建議評估方式，其中包括3種量測情境如快篩、頻譜分析及完整模式測量。
American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	“Sub-radiofrequency (30KHz and below) and Static electric fields” - Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2004.	美國政府工業衛生技師學會 (ACGIH)針對工作場所之電場 (<30KHz 及靜電場)可能造成之健康效應進行分析，並提供暴露評估之方法及提供暴露標準建議值。

<p>American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)</p>	<p>“Sub-radiofrequency (30KHz and below) magnetic fields” - Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2004.</p>	<p>美國政府工業衛生技師學會針對工作場所之磁場(<30KHz)可能造成之健康效應進行分析，並提供暴露評估之方法及提供暴露標準建議值。</p>
<p>American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)</p>	<p>“Radiofrequency and microwave radiation” - Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2004.</p>	<p>美國政府工業衛生技師學會針對工作場所之電磁場(無線電及微波等高頻)可能造成之健康效應進行分析，並提供暴露評估之方法及提供暴露標準建議值。</p>
<p>National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)</p>	<p>“Manual for Measuring Occupational EMF Exposures” Publication Number 98-154. NIOSH, Centers for Disease Control and Prevention, U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; Oct. 1998.</p>	<p>美國職業安全衛生研究所(NIOSH)針對工作場所電磁場暴露評估之方法提供建議。內容包含採樣策略及案例分析，探討不同研究目的下的採樣策略。</p>

第二節 專家學者審議會

本計畫共完成 3 場次專家審議會，邀集電機、電磁輻射、職業衛生、法規等專業之專家學者共 12 人次，進行 3 階段之審議，分別於 99 年 6 月、8 月及 11 月辦理完成，詳細之辦理情況如表 5。

表 5 專家審議會辦理情形

次數	時間/地點	會議實況	討論議題
1	6/8/2010 15:00 中山醫學 大學		1. 計畫執行內容之 合理性 「低頻電磁場 (波)現場量測與 評估方法技術手 冊」之編纂方向
2	8/12/2010 13:00 勞研所		1. 「低頻電磁場(波) 現場量測與評估 方法技術手冊」之 適切性 2. 職業場所低頻電 磁場(波)現場量測 之合理性
3	11/22/2010 14:00 勞研所		1. 「低頻電磁場(波) 現場量測與評估方 法技術手冊」之適 切性 2. 職業場所低頻電 磁場(波)現場量測 之合理性

第三節 事業單位現場量測評估

一、 量測行業及區域

本計畫依據前述方法，選定各類具潛在暴露之行業，進行現場量測評估，如表 6 所示：

表 6 職場低頻電磁場(波)現場量測摘要

事業單位/行業	量測日期	檢測區域/設備/人員
1. 造船廠	7/20	電焊、大型空壓機，變電站
2. 鐵路電車維修場	7/27	電力機車維修、電車駕駛室
3. 區域型醫院	7/29	用電設備總機房、頂樓基地台
4. 鑄造廠	8/03	高週波爐
5. 塑膠產品製造廠	8/03	塑膠零件射出、超音波熔接
6. 食品製造廠	8/03	飲料罐射出成型機
7. 教學型醫院	8/10	醫療設備(磁振造影、加馬刀)、電力機房
8. 高科技光電廠	8/31	有機金屬化學氣相沉積機(MOCVD)
9. 高科技晶圓廠	8/31	高溫爐管、高電流離子植入機
10. 高科技光電廠	9/03	蝕刻機、金屬鍍膜機
11. 高科技晶圓廠	9/06	乾式蝕刻(Dry Etcher)機、薄膜(Thin Flim)機
12. 高科技光電廠	9/07	化學氣相沉積鍍膜機、物理氣相沉積濺鍍機
13. 高科技晶圓廠	9/13	高電流離子植入機(IMP)、快速熱製程機台(RTP)
14. 高科技太陽能廠	9/13	串焊機 (Stringer)、層壓機 (Laminator)
15. 高科技光電廠	9/14	CVD、UCD

二、 量測結果

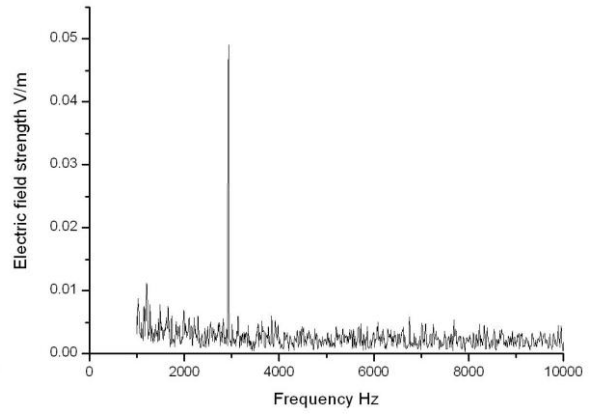
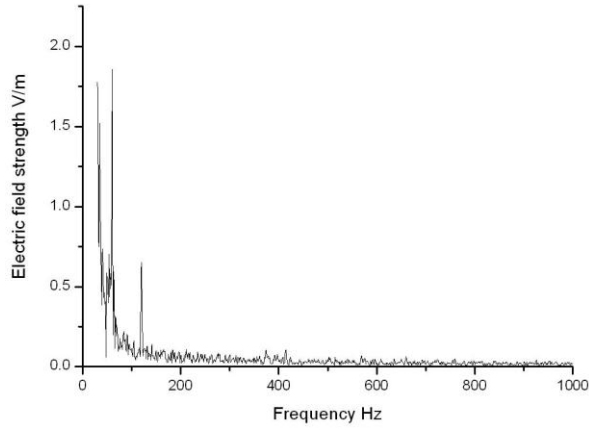
(一) 造船廠

1. 產品製程概述 - 各噸位船隻製造及維修
2. 量測區域工作特性 - 本量測評估空氣壓縮機、自動大型雙軌連續電焊機及變電站等 3 個區域。空氣壓縮機/壓縮空氣產生動力，技術師開關空壓機控制壓力，每小時固定到外抄表(站姿，約 2 分鐘)，餘停留在值班室內 (坐姿)；

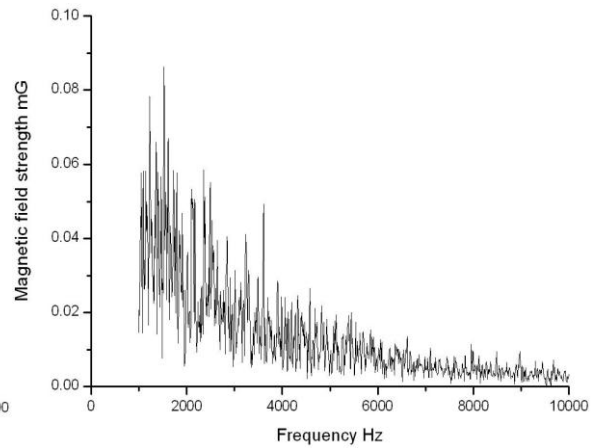
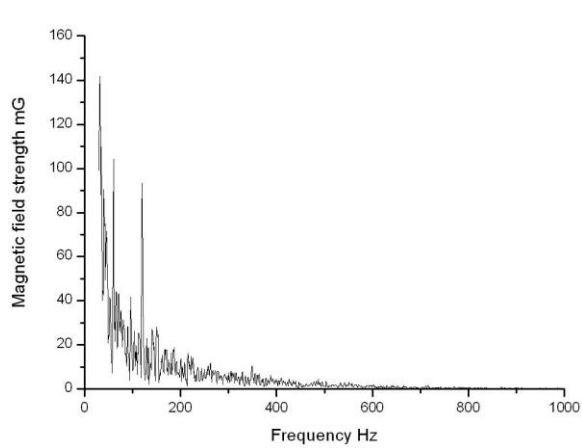
自動大型雙軌連續電焊機，1 天 (8 小時) 約操作 28 次，每次電焊機移動 14 米 (12 分鐘)。

3. 電磁場頻率特性

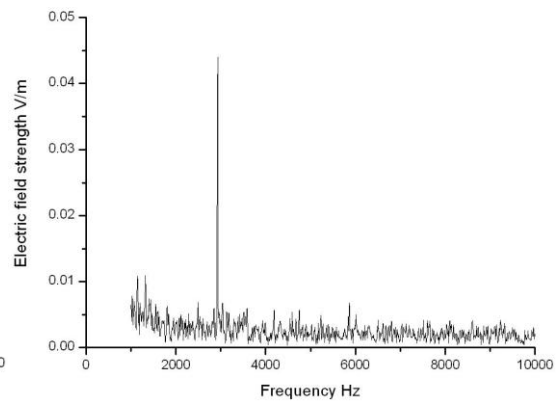
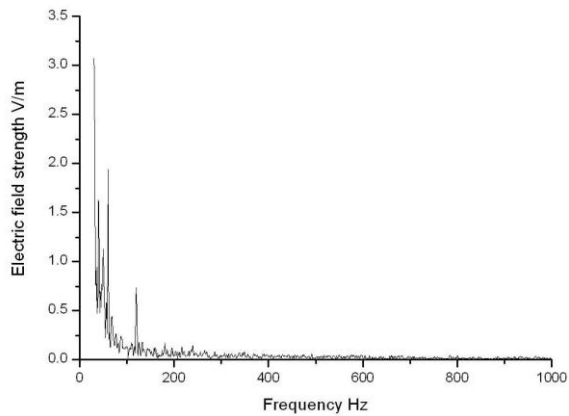
空壓機 - 電場



空壓機 - 磁場



電焊 - 電場



電焊 - 磁場

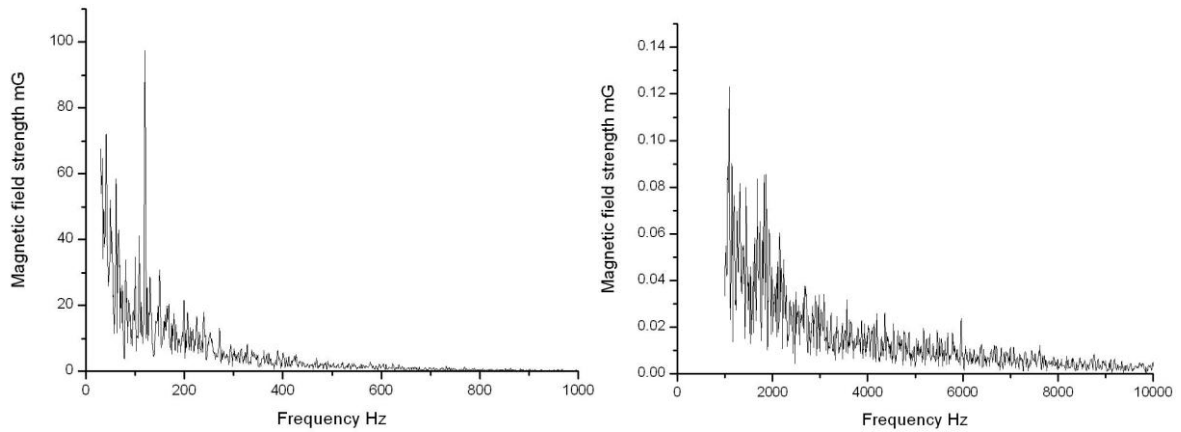


圖 2 造船廠空壓機/電銲(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 7 造船廠空壓機/電銲(單軌/雙軌)6分鐘量測結果

空壓機 - 值班室 (人員休息位置) (60Hz-400Hz, mG)

高度(m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	4.6	4.5	4.6	4.5	4.2	4.3
1.4	4.8	4.9	4.8	4.8	4.8	4.9
1.0	9.2	9.1	9.0	9.1	9.2	9.1

空壓機 - 控制面盤 (距人員約 30cm) (60Hz-400Hz, mG)

高度(m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	11.8	11.6	13.6	13.4	13.4	13.9
1.4	13	11.8	12.2	12.5	13.2	12.4
1.0	11	11.4	11.8	11	11	11.6

雙軌電焊 - 人員操作端 (電焊中) (60Hz-400Hz, mG)

高度(m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	38.8	54.4	48.8	60.6	64.2	65.0
1.4	44.2	48.8	57.8	62.4	58.8	59.2
1.0	43.2	60.8	65.4	64.4	67.0	65.4

雙軌電焊 - 電源供應器部分 (60Hz-400Hz, mG)

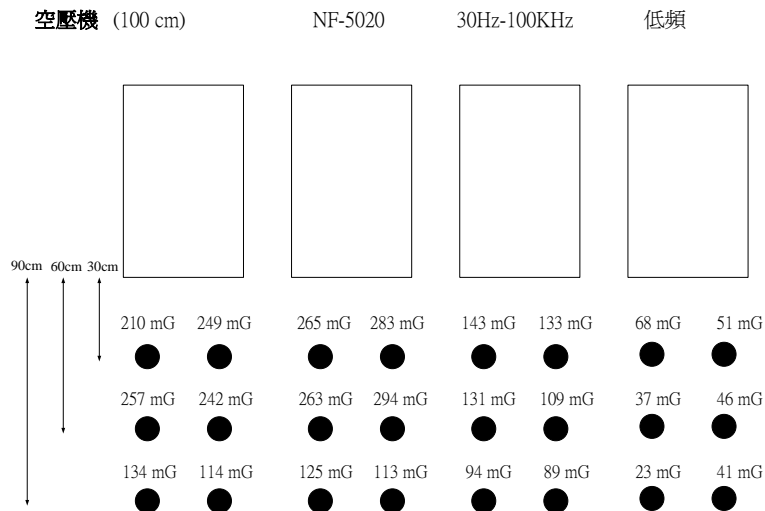
高度(m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	201.6	198.4	198.4	185.6	185.6	167.8
1.4	163.2	176.0	163.2	166.4	156.8	144.2
1.0	160.2	131	139.2	142.6	132.8	152.5

單軌電焊 – 人員操作端(未電焊) (60Hz-400Hz, mG)

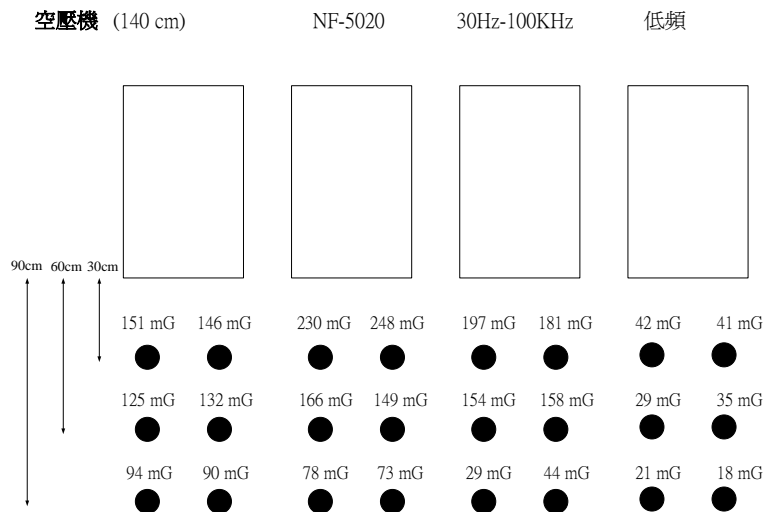
高度(m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	19.0	18.4	15.4	13.6	14.2	13.2
1.4	19.6	21.4	15.4	14.6	14.8	14.4
1.0	26.6	27.0	16.2	16.8	16.4	16.2

另外，以電磁場測量儀(NF-5020:30HZ-100kHz)進行空壓機磁場分布特性量測，結果如下：

1.0m



1.4m



1.6m

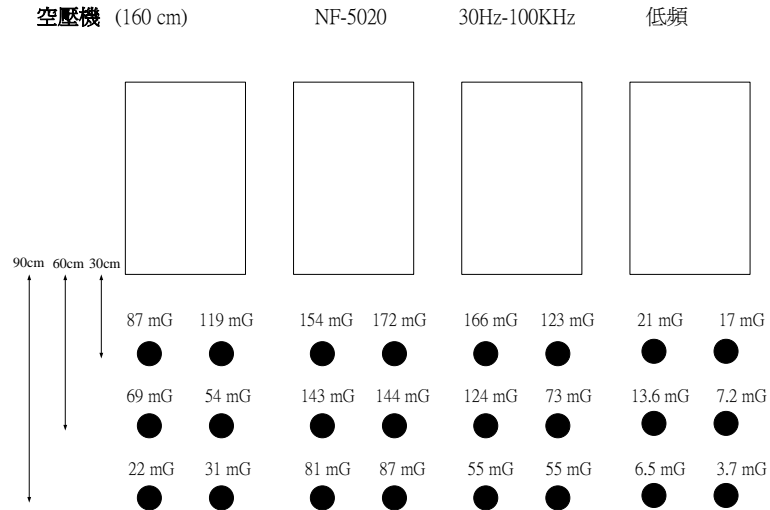
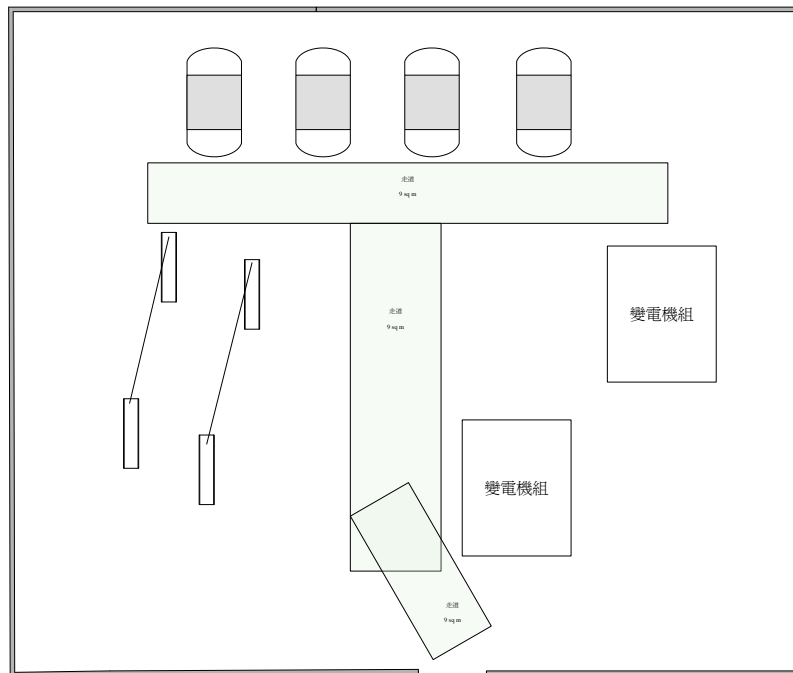


圖 3 造船廠空壓機分布及電場特性

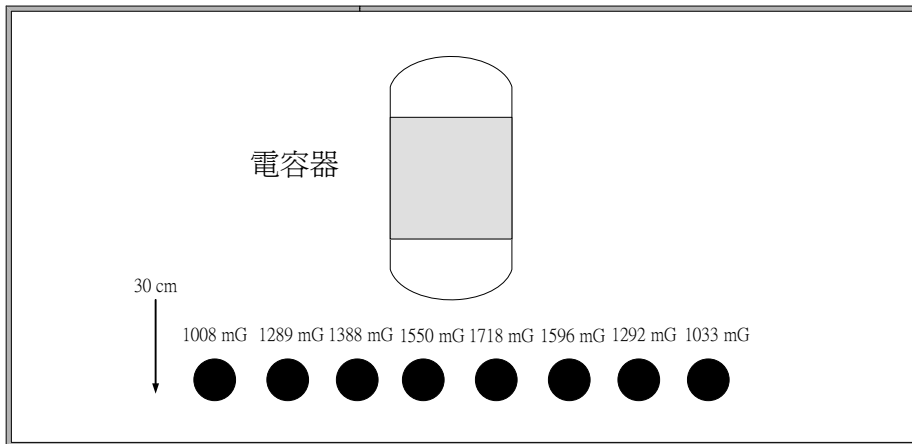
變電站

60Hz - 400Hz 電力頻率：測量結果為 15 – 2460 毫高斯(mG)，最高磁場場強值在第二個電容器旁測得。

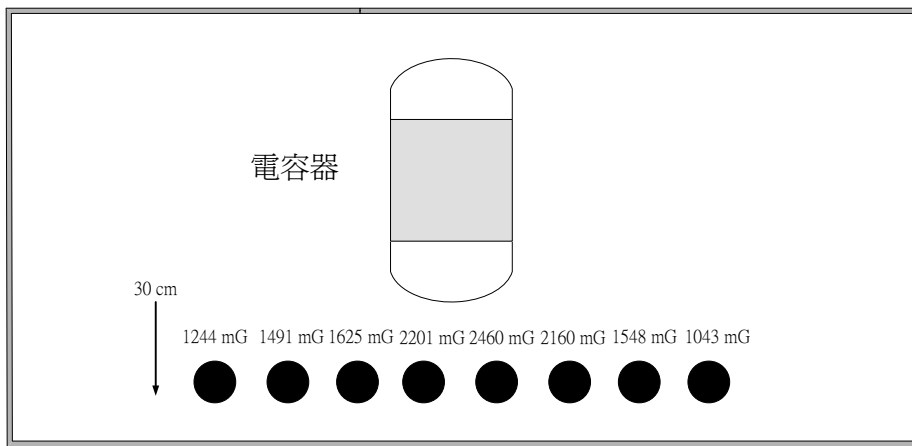


平面配置圖

變電站 (電容器) (100 cm) EMDEX-II 400Hz以下 低頻



變電站 (電容器) (140 cm) EMDEX-II 400Hz以下 低頻



變電站 (電容器) (160 cm) EMDEX-II 400Hz以下 低頻

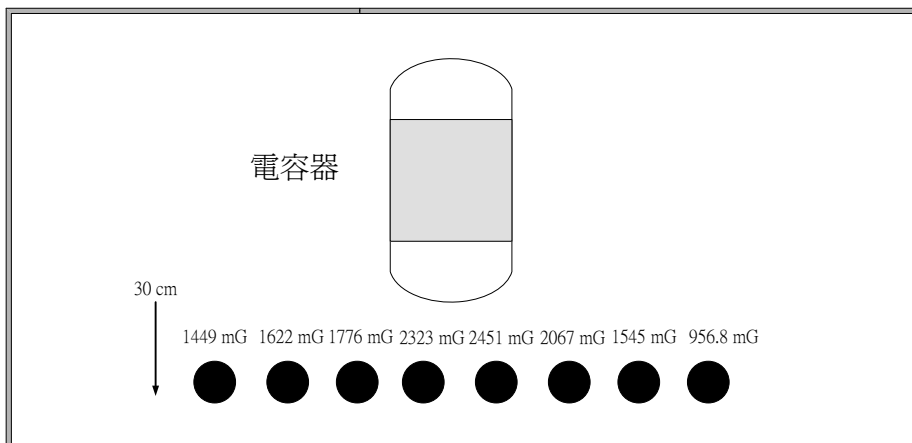


圖 4 造船廠變電站配置圖及磁場分布特性

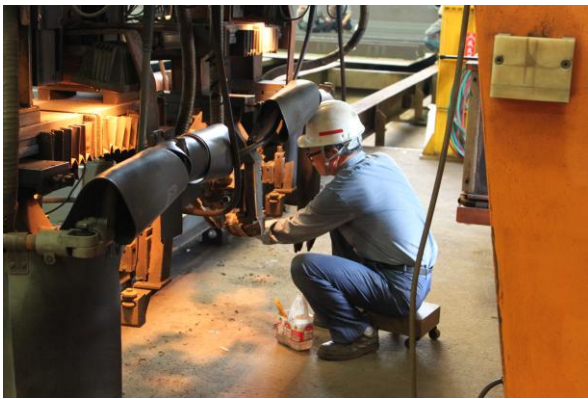
5. 量測實況



空壓機及控制面盤



空壓機值班室



雙軌電焊 - 人員操作



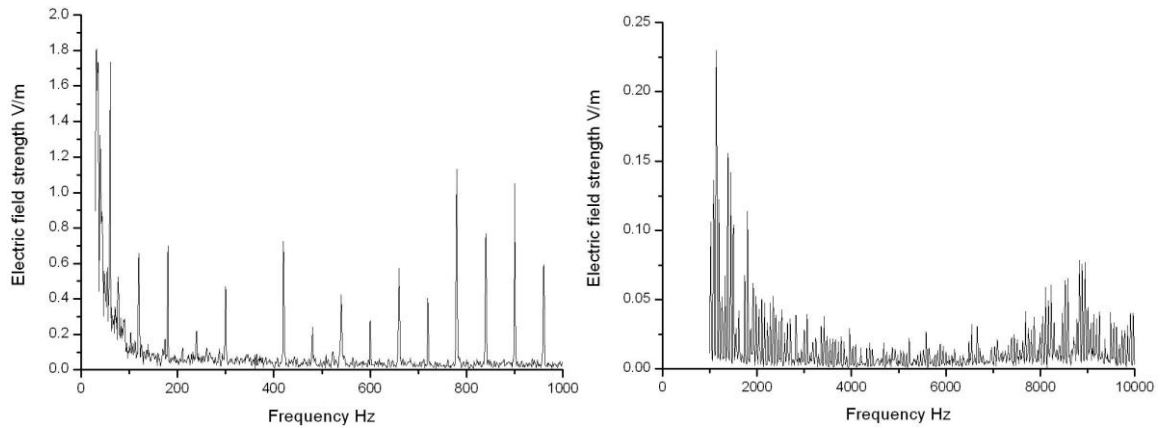
雙軌電焊 - 電源供應器

圖 5 造船廠空壓機/電焊量測實況

(二) 鐵路電車維修場

1. 產品製程概述 - 電力機車故障維修及保養
2. 量測區域工作特性 - 本量測評估 3 種維修路線、輔助電源電纜連接端及電車駕駛室等 3 個區域。維修工作區域分為高架平台、中層平台、中間平台及平面月台，負責進場車輛之機件簡易故障維修及保養，每車入場維修約 2 小時，工作人員一班 8 小時；另有清潔人員負責車內清潔工作；完成後，由駕駛以低速(約 25KM/H)駛離。
3. 電磁場頻率特性 -

平面月台 - 電場



平面月台 - 磁場

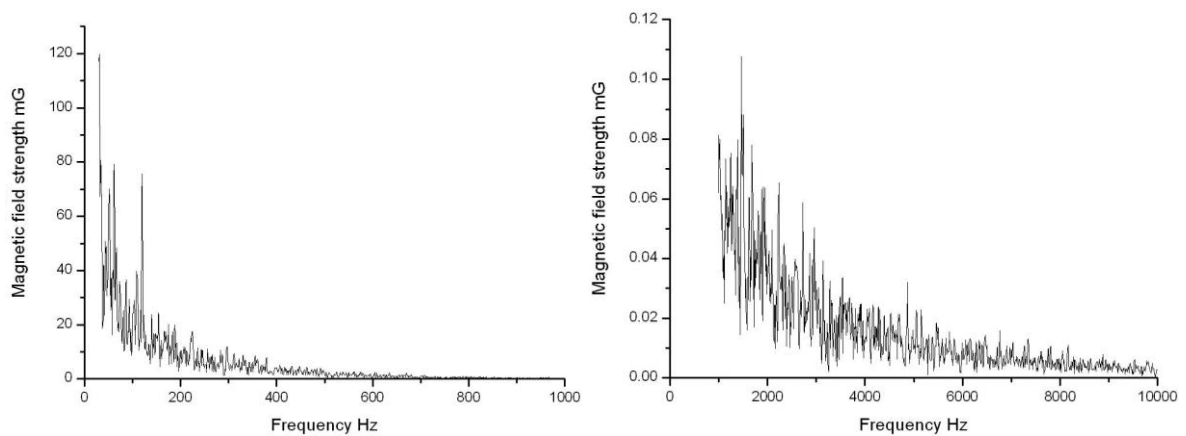


圖 6 鐵路電車維修場平面月台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

路徑 A：沿列車維修保養時之平面月台四周 (約 1.4m 高):

60Hz - 400Hz 電力頻率：測量結果為 1.6 – 61.6 毫高斯(mG)

10Hz – 400kHz 頻段：測量結果為 0.4 – 31.8 毫高斯(mG)

100kHz – 3GHz 頻段：測量結果為 0.37 – 0.45 毫高斯(mG)

最高磁場場強值在靜式變流器整旁測得，該最高磁場場強值(61.6 mG)

地點 B：列車維修保養時之輔助電源電纜連接端:

60Hz - 400Hz 電力頻率：測量結果為 729 – 1184 毫高斯(mG)

10Hz - 400kHz 頻段：測量結果為 217 – 681 毫高斯(mG)

30Hz - 100kHz 頻段：測量結果為 71 – 338 毫高斯(mG)

100kHz – 3GHz 頻段：測量結果為 0.07 – 0.45 毫高斯(mG)

路徑 C：沿列車維修保養時之月台四周 (約 1.4m 高):

60Hz - 400Hz 電力頻率：(地面-中層平台)測量結果為 2.6 – 10.5 毫高斯(mG)

：(地下-中間平台)測量結果為 2.5 – 14.8 毫高斯(mG)

10Hz - 400kHz 頻段：(地面)測量結果為 6.5 – 17.7 毫高斯(mG)

：(地下)測量結果為 3.3 – 18.6 毫高斯(mG)

30Hz - 100KHz 頻段：(地面)測量結果為 2.4 – 13.08 毫高斯(mG)

：(地下)測量結果為 1.78 – 15.63 毫高斯(mG)

100kHz – 3GHz 頻段：(地面)測量結果為 0.24 – 0.57 毫高斯(mG)

：(地下)測量結果為 0.38 – 0.52 毫高斯(mG)

人員 D：駕駛以低速(約 25KM/H)駛離:

10Hz - 400kHz 頻段：1.8 – 2.1 毫高斯(mG)

30Hz - 100KHz 頻段：0.5 – 0.7 毫高斯(mG)

5. 量測實況，如圖 7 所示。

(三) 區域型醫院

1. 產品製程概述 – 本場所為中型區域型醫院，包含各種醫療設備與醫療行爲。

2. 量測區域工作特性 – 本量測評估用電設備之總機房及頂樓無線通訊基地台等 2 個區域。醫院急診區所有用電設備之總機房位於 13 樓，且頂樓加裝無線通訊基地台，因此，本量測係針對 13 樓辦公室人員之工作區域及頂樓天台進行。

3. 電磁場頻率特性：如圖 7 所示。

4. 量測結果

機房

60Hz - 400Hz 電力頻率：測量結果為 11.8 – 104.6 毫高斯(mG)，最高值於 CAM
PANEL 前測得

30Hz – 100kHz 頻段：測量結果為 2.83 – 22.5 毫高斯(mG)

100kHz – 3GHz 頻段：測量結果為 0.7 – 1.09 毫高斯(mG)



電場量測



中間平台



中層平台



平面月台



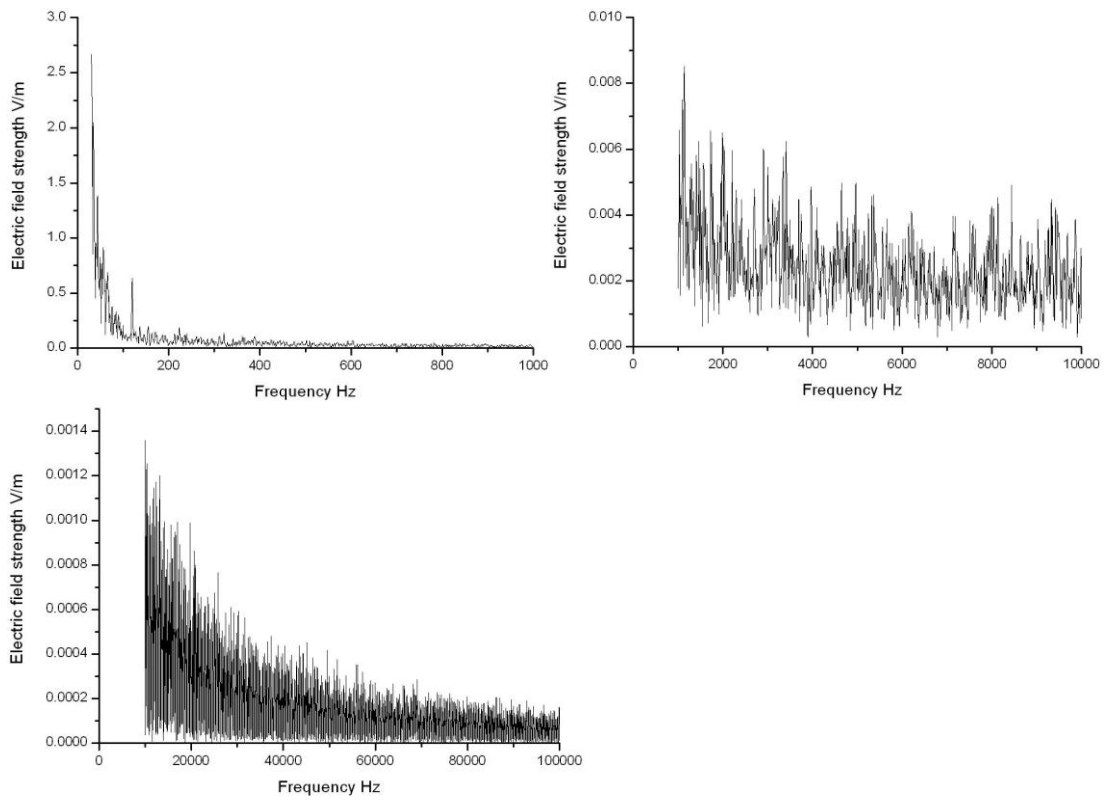
電力機車駕駛 - 低速行駛



輔助電源電纜連接端

圖 7 鐵路電車維修場量測實況

頂樓天台 - 電場



頂樓天台 - 磁場

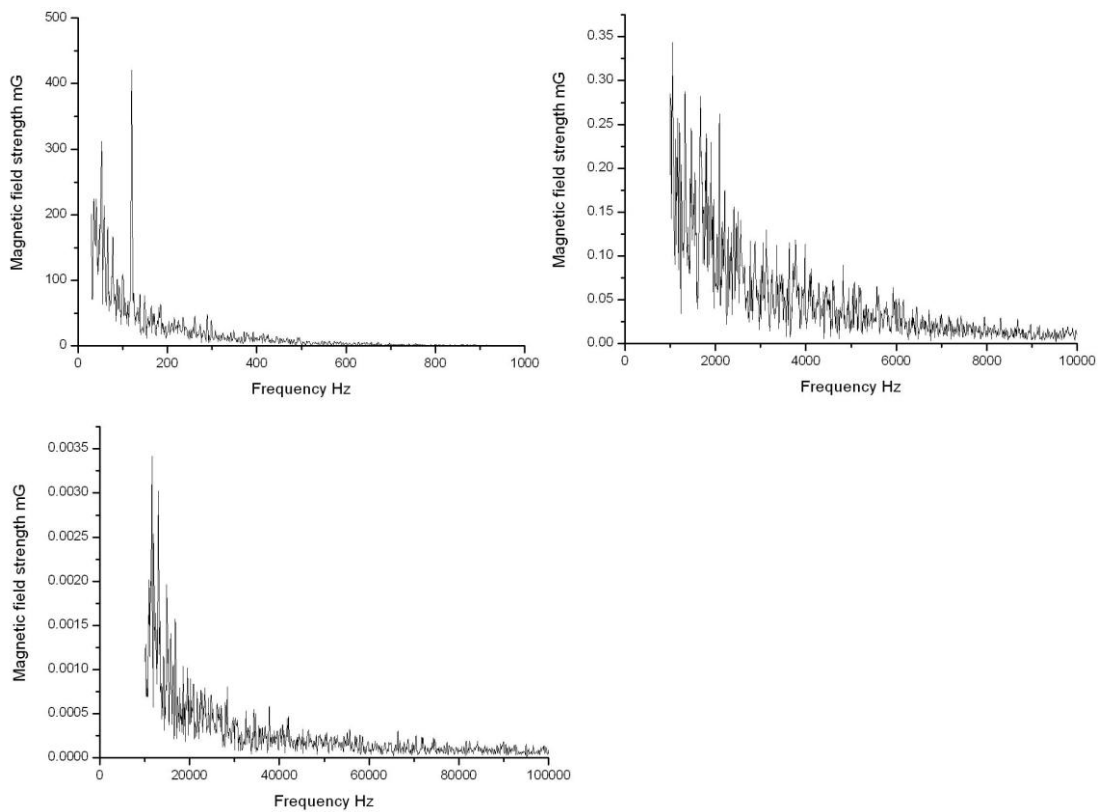


圖 8 區域型醫院頂樓天台(電場/磁場)頻率特性

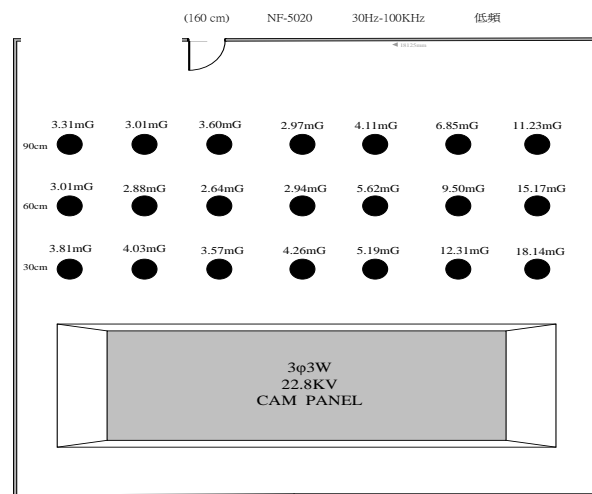
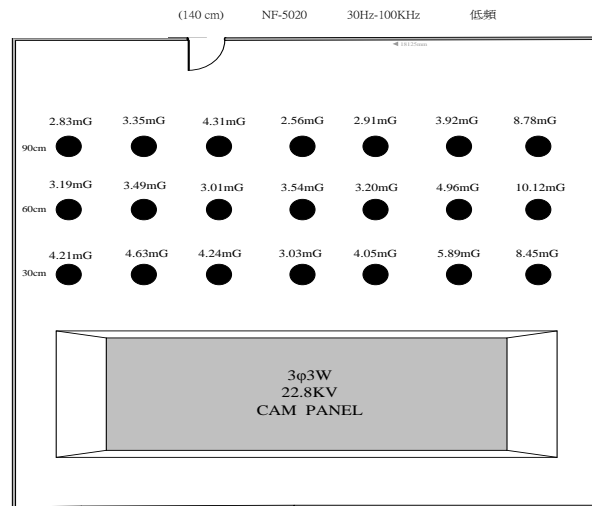
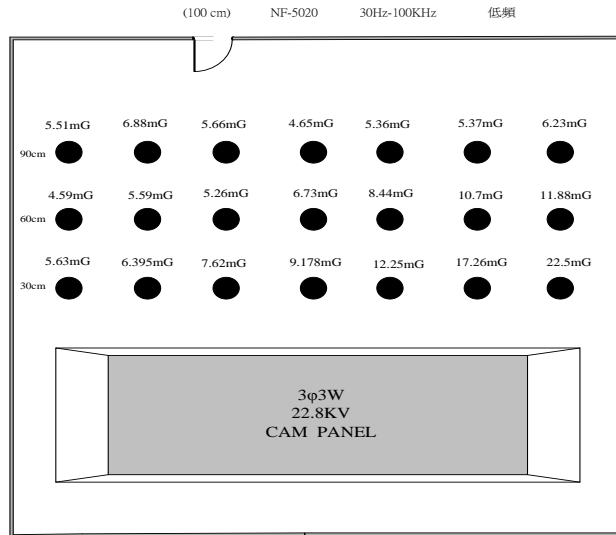


圖 9 區域型醫院機房電場頻率特性

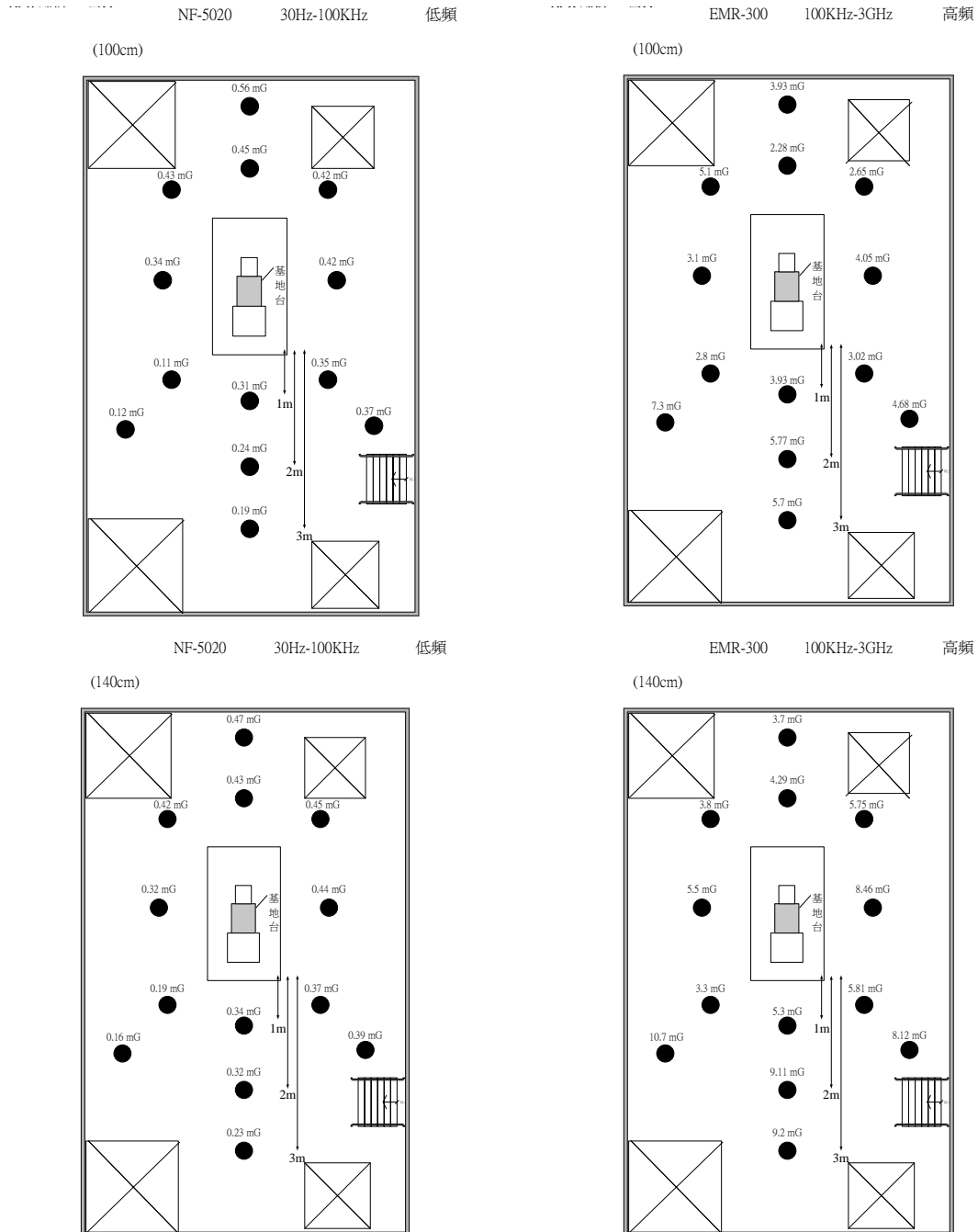
頂樓天台

30Hz – 100kHz 頻段：測量結果為 0.11 – 0.56 毫高斯(mG)

100kHz – 3GHz 頻段：測量結果為 2.28 – 14.2 毫高斯(mG)，最高磁場場強值在基地台正前方(160cm)高度測得，如圖 10 所示。

低頻 (30Hz – 100kHz)

高頻 (100kHz – 3GHz)



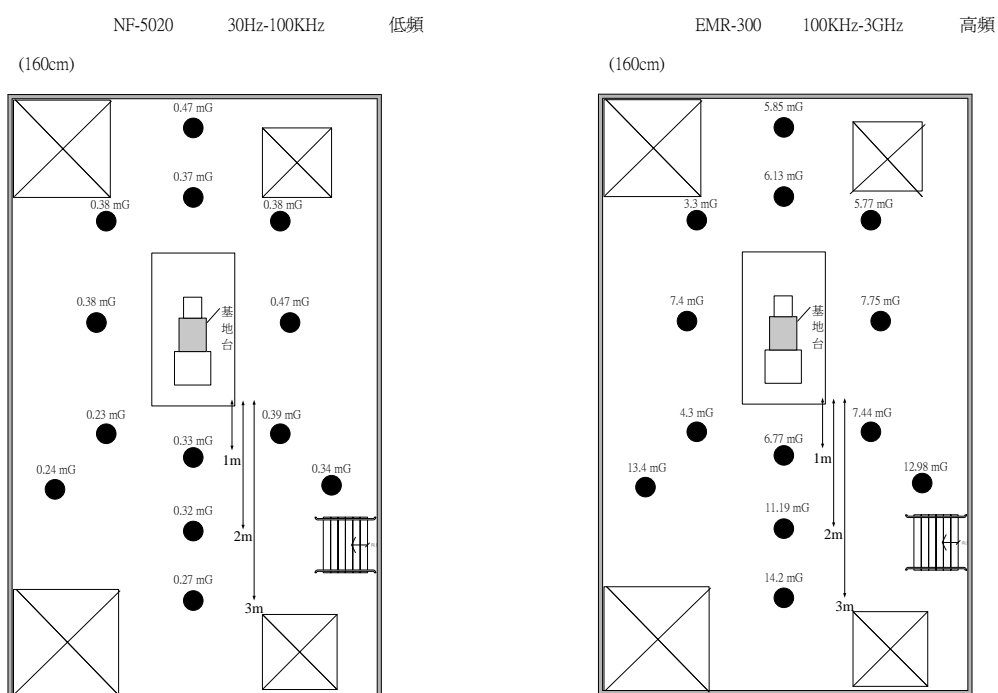
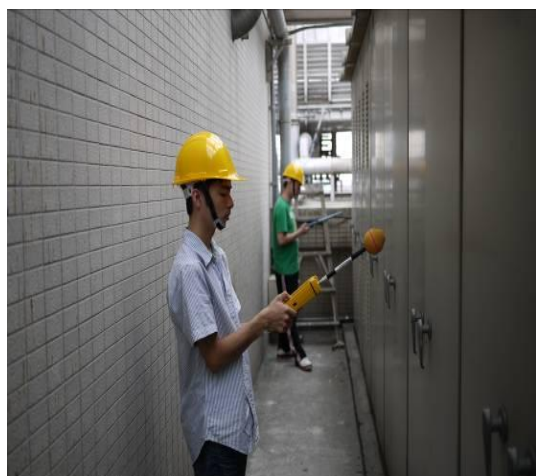


圖 10 區域型醫院頂樓天台電場頻率特性

5. 量測實況



用電設備之總機房



頂樓天台

圖 11 區域型醫院頂樓天台/機房量測實況

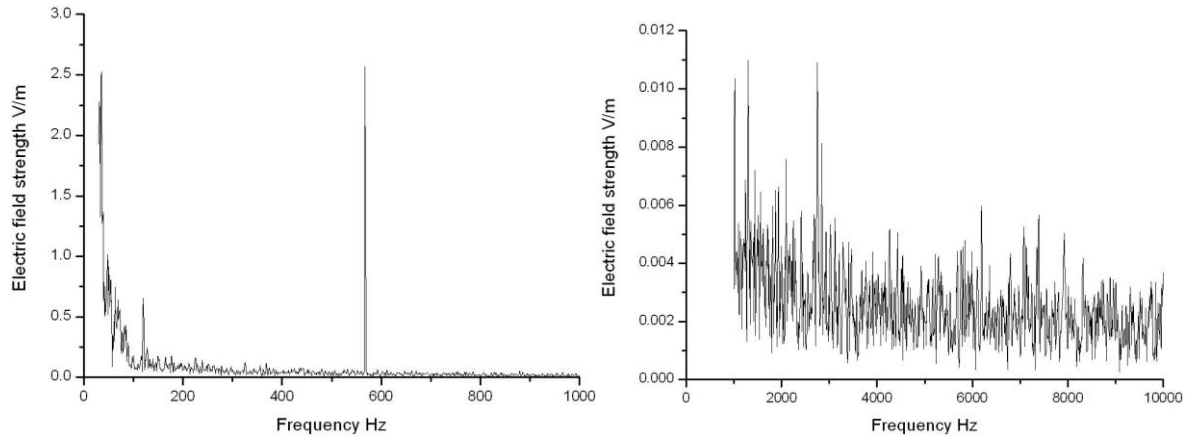
(四) 鑄造廠

1. 產品製程概述 - 先製造沙模，利用高週波爐熔化鐵材，形成鐵水，再倒入沙模中，生產金屬零件
2. 量測區域工作特性 - 本量測評估高週波爐爐頂操作區域。高週波爐由 3 個員工於

爐頂操作 2 個爐及 2 個控制台，工作時間約 10 小時(8:00am-6:00pm) ， 1
爐需 1 小時，倒鐵水後，補料再加熱

3. 電磁場頻率特性 -

高週波爐 - 電場



高週波爐 - 磁場

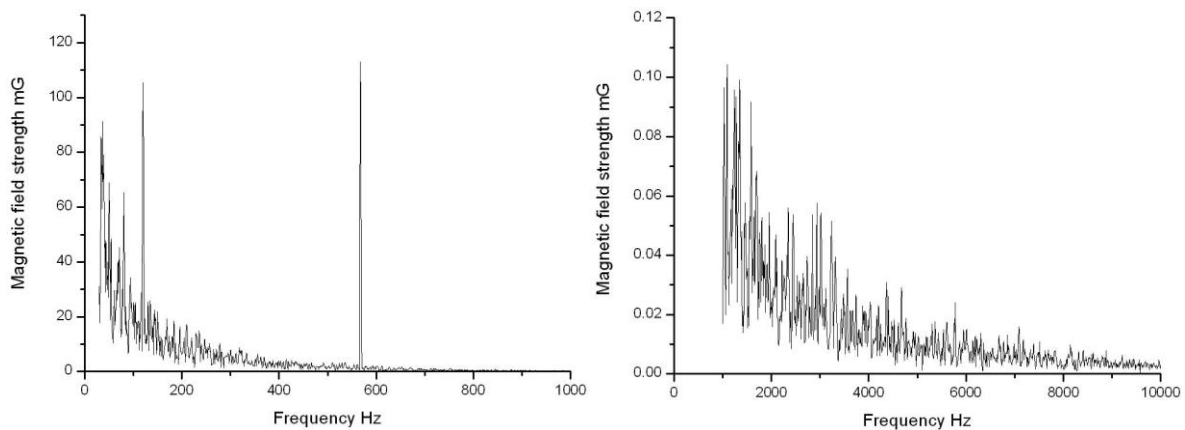


圖 12 鑄造廠高週波爐(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

高週波爐爐頂:

60Hz - 400Hz 頻率：測量結果為 268 – 800 毫高斯(mG)

10Hz – 400kHz 頻率：測量結果為 5 – 20 毫高斯(mG)

100kHz – 3GHz 頻率：測量結果為 0.2–0.6 毫高斯(mG)

最高磁場場強值在高週波爐加熱動作時測得，該最高磁場場強值(800mG)。

高週波爐控制面版 (距離30cm):

30Hz-100kHz 頻率：(mG)

表 8 高週波爐控制面板 3 種高度量測結果

高度(m)	爐1	爐2
1.6	2.09	1.92
1.4	2.66	0.58
1.0	1.85	1.07

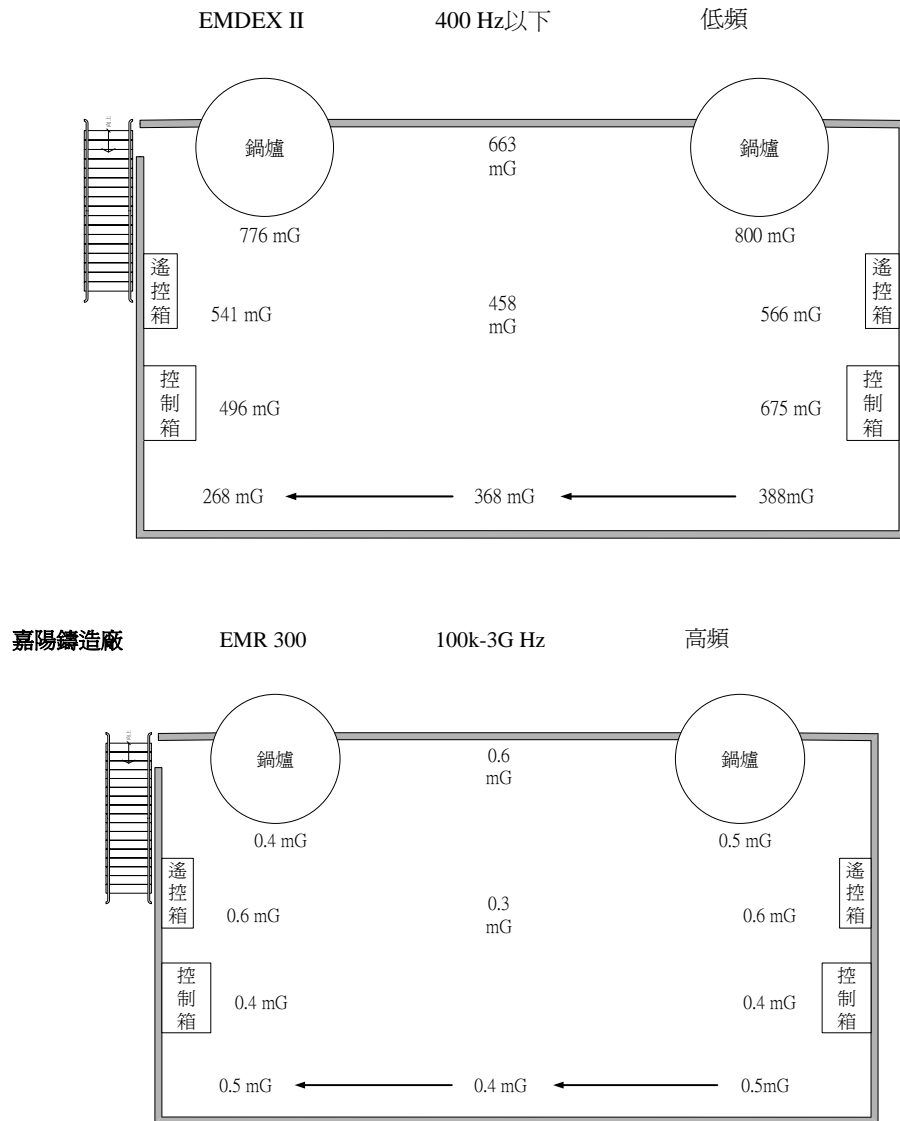


圖 13 鑄造廠高週波爐電場頻率特性

5. 量測實況



高週波爐 - 控制面盤



高週波爐頂 - 倒鐵水



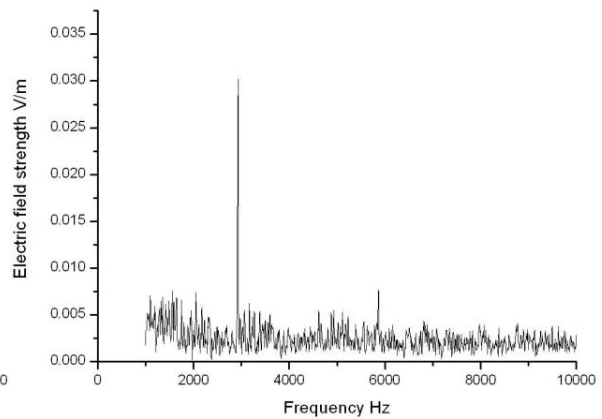
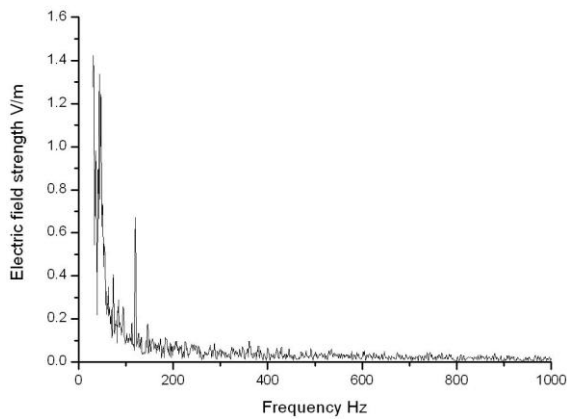
高週波爐頂 - 加熱中

圖 14 鑄造廠高週波爐量測實況

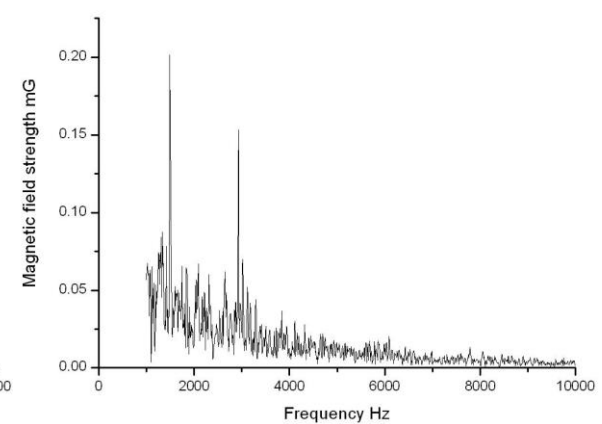
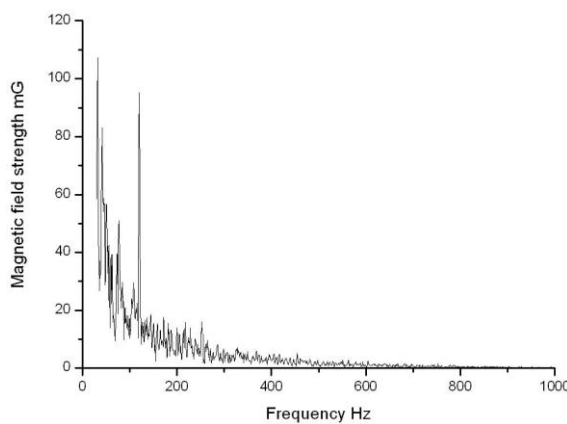
(五) 塑膠產品製造廠

1. 產品製程概述 - 本廠生產多功能數位印表機碳粉匣、雷射印表機碳粉匣、影印機碳粉匣及感光鼓精密齒輪印表機碳粉匣
2. 量測區域工作特性 - 本量測評估碳粉匣組裝區 (含超音波塑膠融接機)及塑膠射出區等 2 個區域。組裝區利用超音波塑膠融接機將碳粉匣外殼融接，本區工作人員一班 8 小時，採坐姿，融接機有 2 種機型，機型 1(融接 6 次/1 分鐘)，機型 2(融接 5 次/1 分鐘)；另一為塑膠射出區，約 12 人採取三班制，工作為參數設定及故障排除(非定點作業)
3. 電磁場頻率特性 -

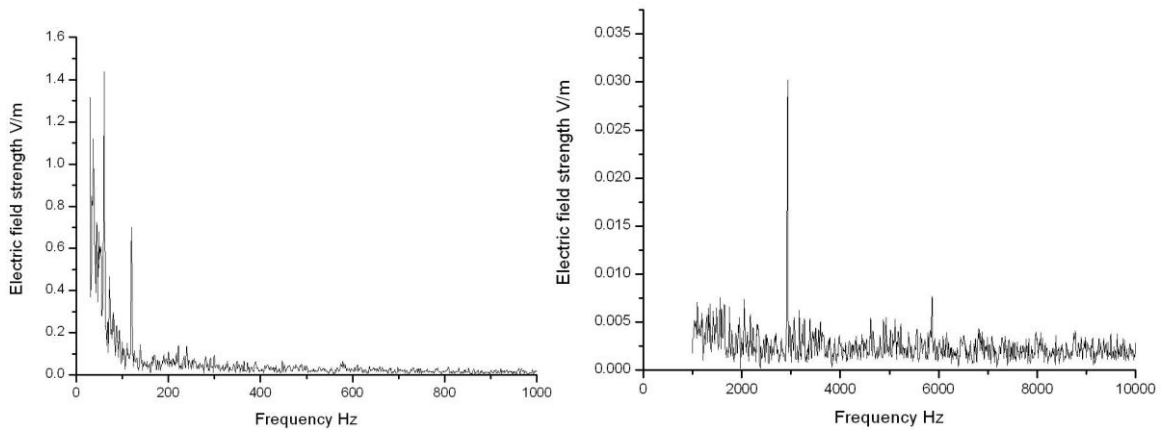
超音波融接 - 電場



超音波融接 - 磁場



塑膠射出 - 電場



塑膠射出 - 磁場

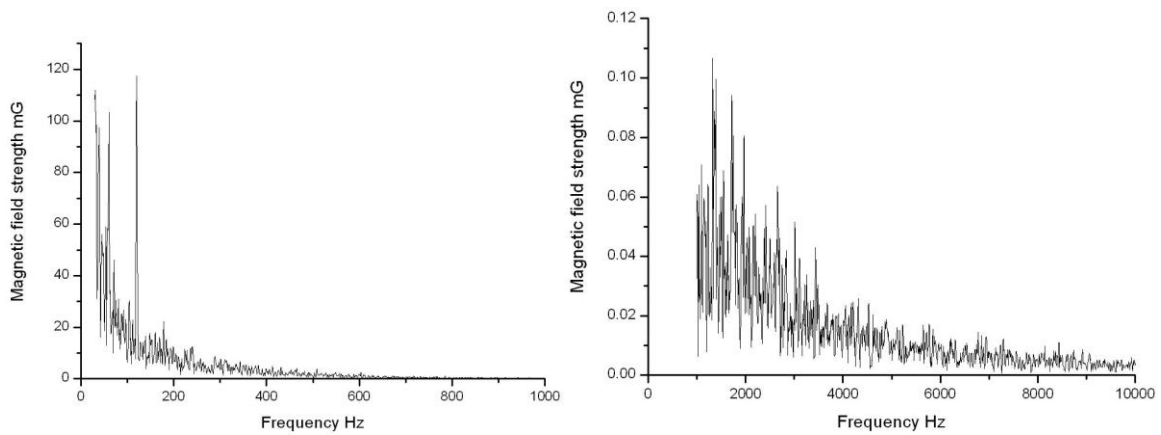


圖 15 塑膠產品製造廠(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 9 塑膠產品製造廠 6 分鐘/3 種高度/其他儀器量測結果

30Hz-100kHz頻率 (mG)：超音波塑膠融接機-機型1

高度 (m)	距離 (cm)		
	0	30	60
1.6	2.3	1.3	0.63
1.4	2.8	1.6	0.66
1.0	2.4	1.1	0.54

30Hz-100kHz頻率 (mG)超音波塑膠融接機-機型2

高度 (m)	距離 (cm)		
	0	30	60
1.6	0.42	0.30	0.17
1.4	0.75	0.21	0.32
1.0	1.06	0.79	0.13

其他儀器測量結果

區域	EMR300(100kHz-3GHz)	EMDEXII(60Hz-400Hz)
沿工作區域四周	0.23-0.9	0.5-0.6
機台	0.7-0.9	0.6-0.9

30Hz-100kHz頻率 (mG)：塑膠射出成型機(控制面版)

高度 (m)	距離 (cm)		
	0	30	60
1.6	6.6	4.5	2.8
1.4	6.3	5.6	3.4
1.0	7.5	7.0	3.3

30Hz-100kHz頻率 (mG)：塑膠射出成型機(穩壓機)

高度 (m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	1.3	3.3	3.5	4.4	3.8	3.2
1.4	3.8	4.0	7.2	5.6	5.5	5.9
1.0	8.8	9.9	12.5	10.4	10.2	10.6

其他儀器測量結果

區域	寬頻磁場分析儀HIOKI	高頻電磁場分析儀EMR300(100kHz-3GHz)	高斯測量儀EMDEXII(60Hz-400Hz)
沿機器四周	2-20	5-9	0.6-0.9
控制面版	20-75	40 (穩壓機測量有200)	1.2-1.5
變電箱			22.1-24.3

5. 量測實況



超音波塑膠融接機



電源控制箱



塑膠射出成型機



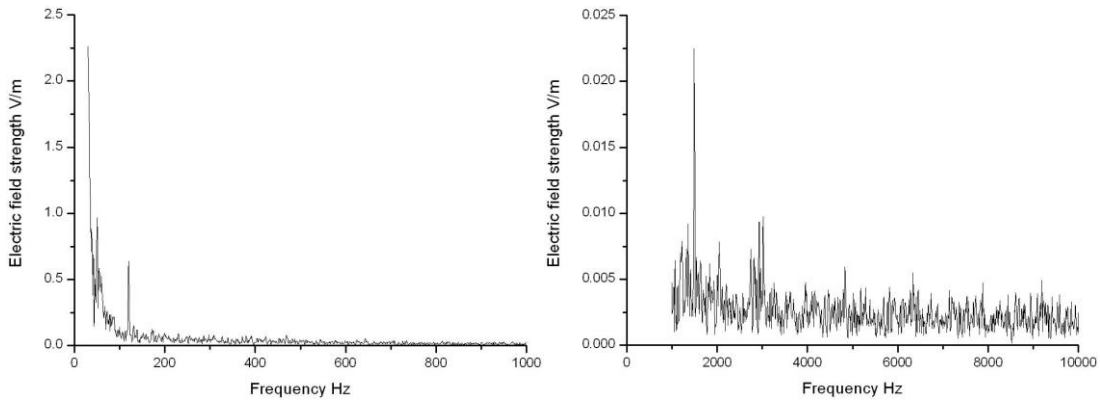
塑膠射出成型機 - 穩壓機

圖 16 塑膠產品製造廠量測實況

(六) 食品製造廠

1. 產品製程概述 - 本廠以生產塑膠瓶飲料為主。
2. 量測區域工作特性 - 本量測評估塑膠瓶吹瓶機區域(包含控制面板總電源及吹瓶機四周)。塑膠瓶以 PET 高速耐熱吹瓶機製造，1 分鐘可以製作 600 瓶，採 2 班制(12 小時 1 班)，工作人員 1-2 人，其工作內容包括倒瓶胚、清潔、故障排除、換膜等。
3. 電磁場頻率特性

吹瓶機-電場



吹瓶機-磁場

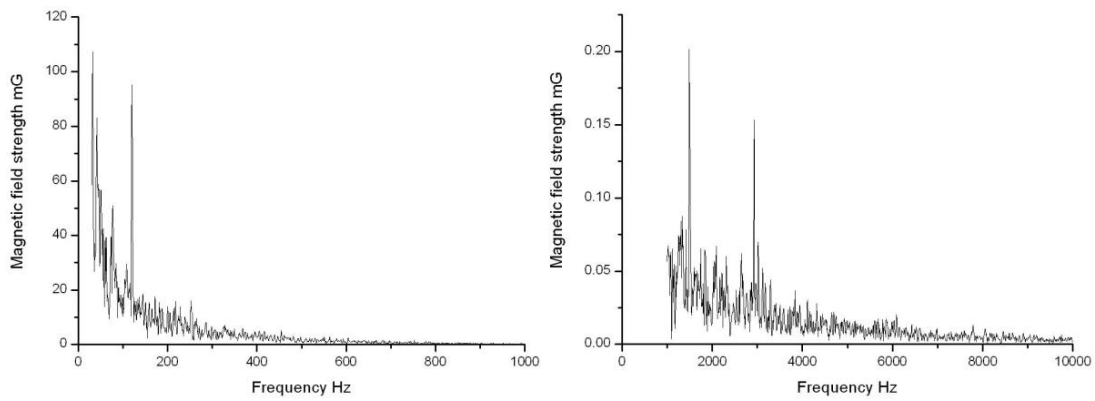


圖 17 食品製造廠吹瓶機(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果：

表 10 食品製造廠吹瓶機 6 分鐘/其他儀器量測結果

30Hz-100kHz 頻率 (mG)：塑膠吹瓶機 (控制面板操作端)

高度 (m)	時間 (min.)					
	1	2	3	4	5	6
1.6	0.45	0.44	0.37	0.46	0.35	0.32
1.4	0.56	0.53	0.52	0.54	0.64	0.47
1.0	0.72	0.63	0.47	0.48	0.56	0.48

其他有較高電磁波區域: 1.總電源配電箱27.90；2.吹瓶機主電源35.31

其他儀器測量結果 (mG)

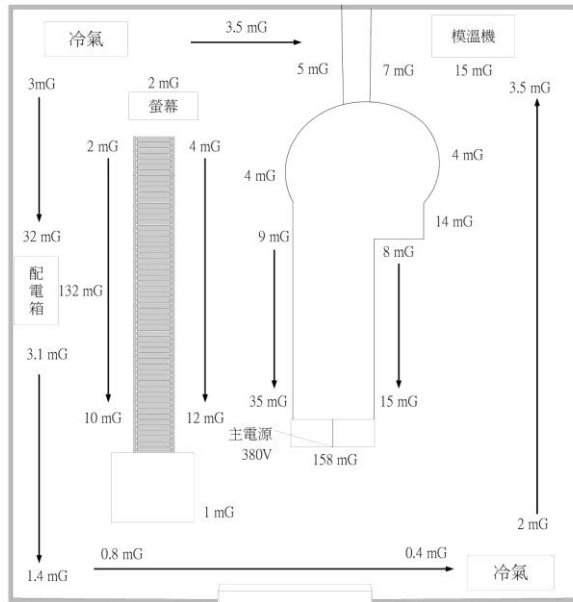
區域	寬頻磁場分析儀 HIOKI	高頻電磁場分析儀 EMR300(100kHz-3GHz)	高斯測量儀 EMDEXII(60Hz-400Hz)
沿機器四周	0.4-1.48	0.12-101	2-3.5
總電源配電箱	60.9	1.72	132
吹瓶機主電源	150	1.72	158

食品加工廠

EMDEX-II

400Hz 以下

低頻

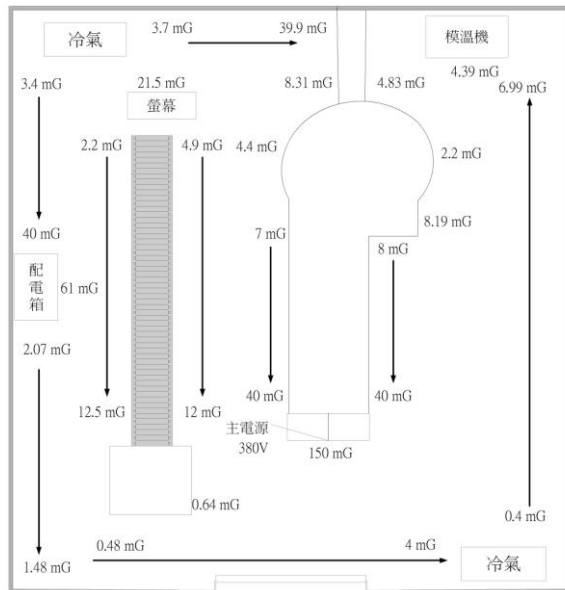


食品加工廠

HIOKI

100Hz ~ 400KHz

低頻



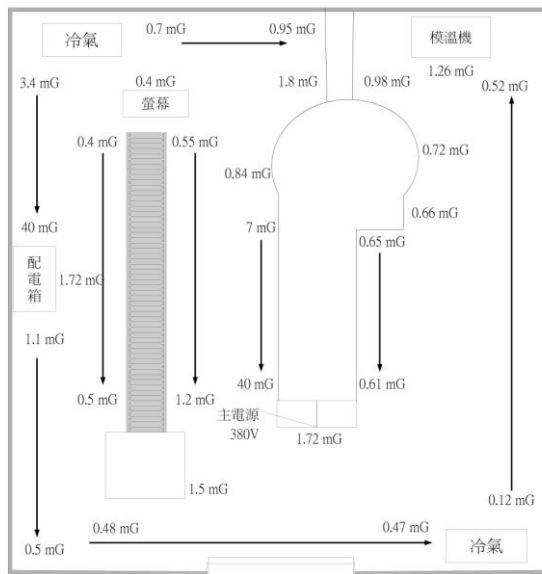


圖 18 食品製造廠吹瓶機電場頻率特性

5. 量測實況



塑膠吹瓶機 - 總電源配電箱



塑膠吹瓶機 - 機器四周

圖 19 食品製造廠吹瓶機量測實況

(七) 教學型醫院

1. 產品製程概述 - 本場所為大型教學醫院，包含各種醫療設備與醫療行爲。
2. 量測區域工作特性 - 本量測評估加馬刀治療中心、磁振造影健檢中心及電力機房等 3 個區域。加馬刀治療中心利用加馬射線進行醫療手術，工作人員進行病患定位後，即於控制端進行儀器操作。磁振造影健檢中心之作業型態類

似。電力機房主要負責各大樓儀器設備之電源供應(含緊急供電)，工作人員每小時固定到外抄表(站姿，約 10 分鐘)，餘停留在值班室內(坐姿)；

3. 電磁場頻率特性：教學型醫院加馬刀與磁振造影控制端電場與磁場頻率特性分別如圖 20 及圖 21 所示。

4. 量測結果

加馬刀治療中心-控制端

頻段 400Hz 以下電力頻率磁場場強：低於 11.2 毫高斯(mG)

頻段 10Hz-100kHz 頻段磁場場強：低於 12.9 毫高斯(mG)

頻段 100kHz-3GHz 頻段電場場強：低於 0.35 伏特/公尺(V/m)

磁振造影健檢中心-控制端

頻段 400Hz 以下電力頻率磁場場強：低於 8.2 毫高斯(mG)

頻段 10Hz-100kHz 頻段磁場場強：低於 25.7 毫高斯(mG)

頻段 100kHz-3GHz 頻段電場場強：低於 2.96 伏特/公尺(V/m)

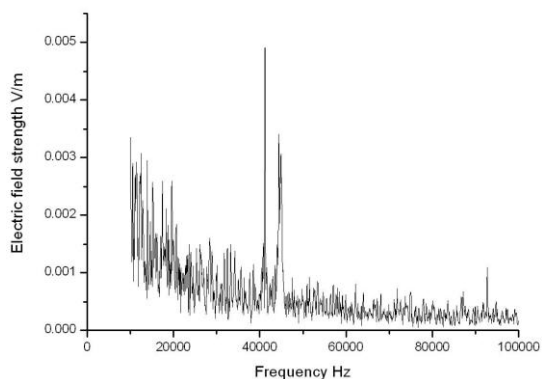
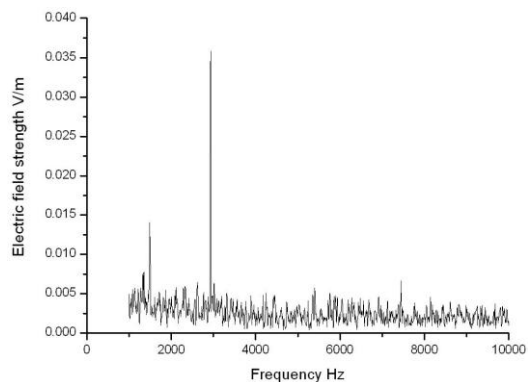
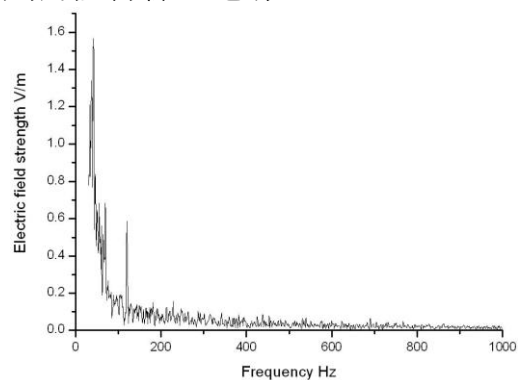
電力機房-電氣箱前端通道

頻段 400Hz 以下電力頻率磁場場強：低於 288.3 毫高斯(mG)

頻段 10Hz-100kHz 頻段磁場場強：低於 211.3 毫高斯(mG)

頻段 100kHz-3GHz 頻段電場場強：低於 1.07 伏特/公尺(V/m)

加馬刀控制端 - 電場



加馬刀控制端 - 磁場

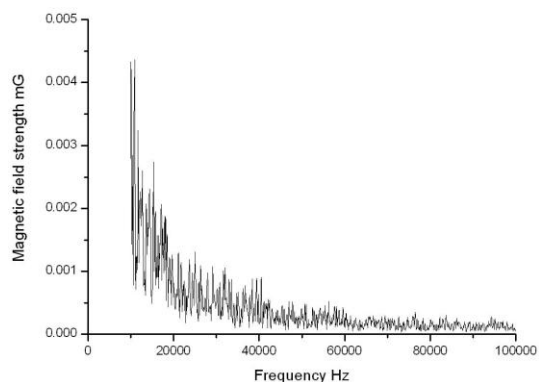
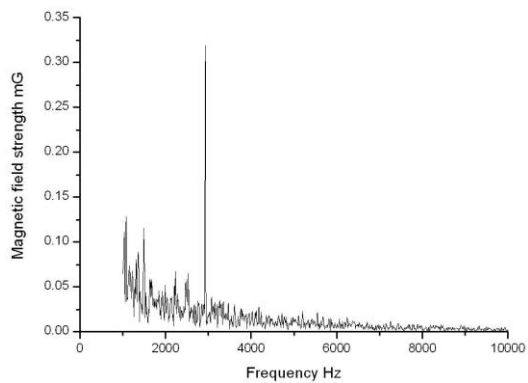
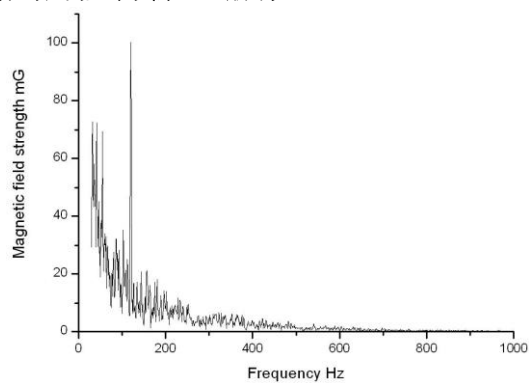
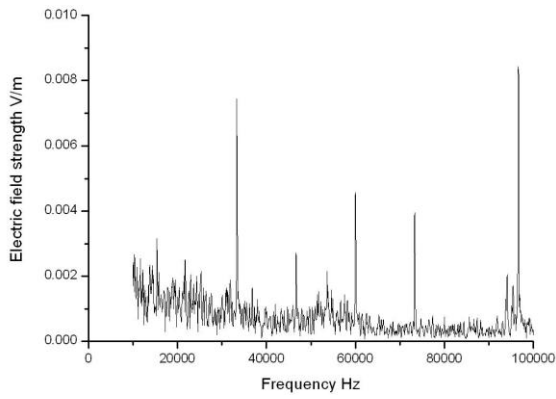
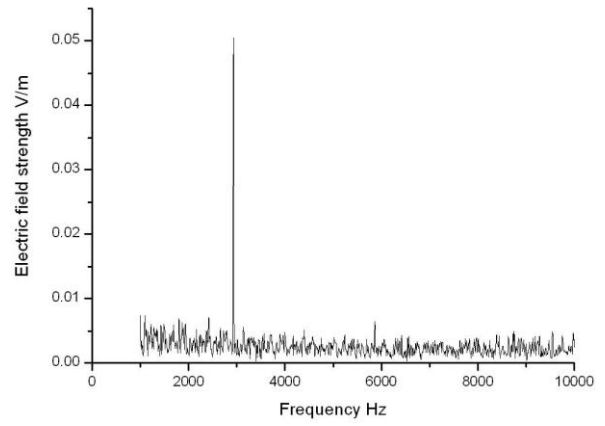
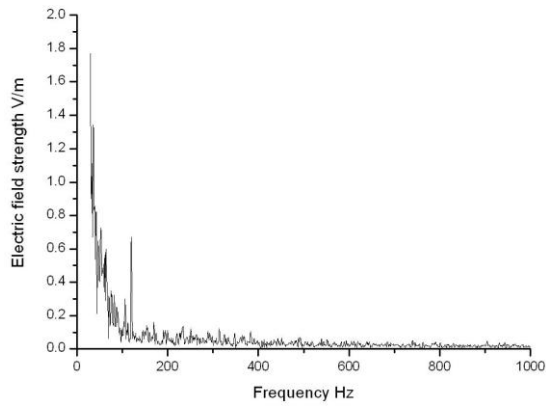


圖 20 教學型醫院加馬刀控制端電場與磁場頻率特性

磁振造影控制端 - 電場



磁振造影控制端 - 磁場

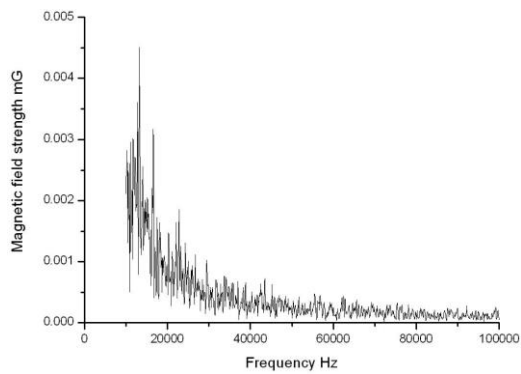
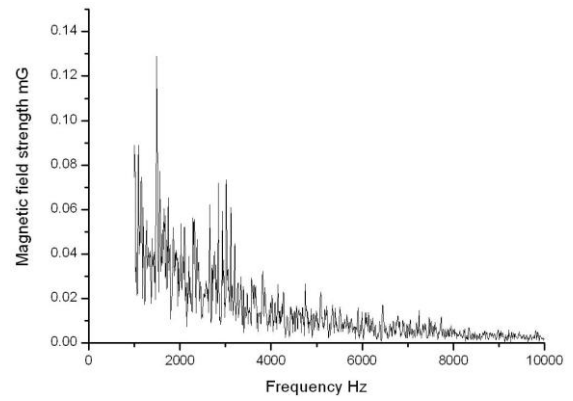
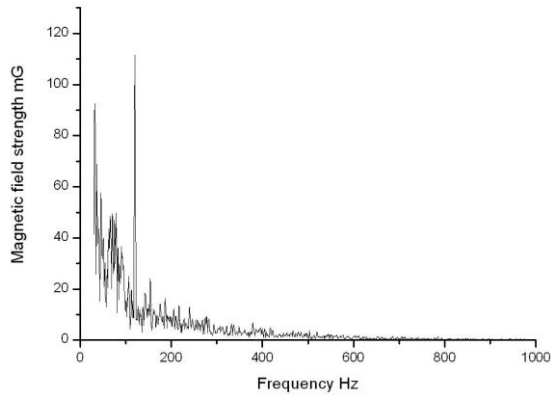


圖 21 教學型醫院磁振造影控制端電場與磁場頻率特性

5. 量測實況



加馬刀治療中心 - 控制端



磁振造影健檢中心 - 控制端



電力機房 - 電氣箱前端通道

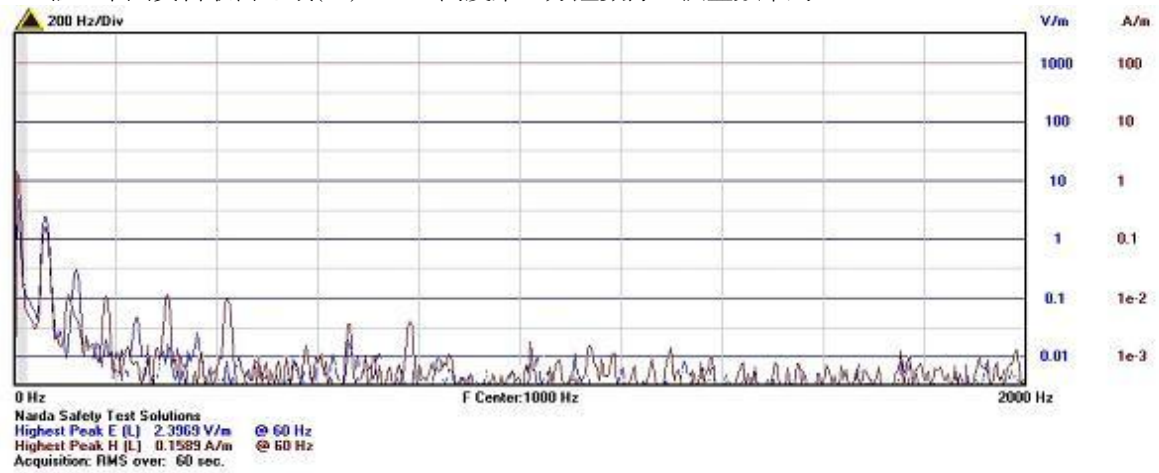
圖 22 教學型醫院加馬刀/磁振造影/機房量測實況

(八) 高科技光電廠

1. 產品製程概述 -本場所為高科技光電廠，專門負責磊晶製程及晶粒製造。
2. 量測區域工作特性-本量測評估有機金屬化學氣相沉積機(MOCVD)區域(一)/區域(二)；平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作。
3. 電磁場頻率特性

有機金屬化學氣相沉積機(MOCVD)區域(一)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



有機金屬化學氣相沉積機(MOCVD)區域(二)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

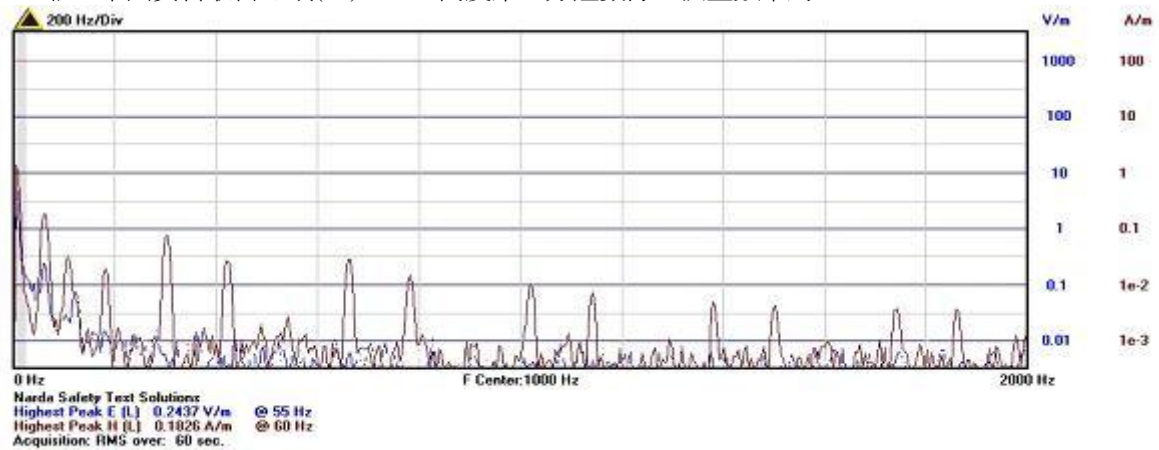


圖 23 高科技光電廠機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 11 高科技光電廠有機金屬化學氣相沉積機機 6 分鐘電場/磁場量測結果

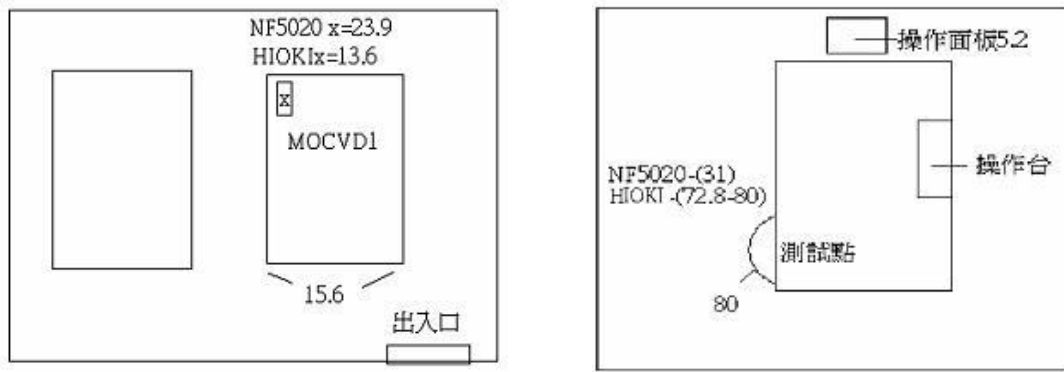
Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.2752	0.0417	0.2602	0.0459
	30K	0.1978	0.0308	0.1858	0.0319
	2K	2.8593	0.1840	0.1550	0.2360
130	100K	0.2908	0.0406	0.2571	0.0449
	30K	0.1881	0.0327	0.2034	0.2034
	2K	2.3969	0.1589	0.2437	0.1826
160	100K	0.3038	0.0438	0.2684	0.2684
	30K	0.2040	0.0310	0.2131	0.0326
	2K	1.9011	0.1465	0.3949	0.1817
能量平均 (3 種高度)	100K	0.2901	0.0420	0.2619	0.1593
	30K	0.1967	0.0315	0.2010	0.1203
	2K	2.4176	0.1638	0.2824	0.2017
算數平均強 (3 種高度) \pm CV	100K	0.2899 \pm 4.94%	0.0420 \pm 3.87%	0.2619 \pm 2.23%	0.1197 \pm 107.53%
	30K	0.1966 \pm 4.08%	0.0315 \pm 3.31%	0.2007 \pm 6.89%	0.0893 \pm 110.65%
	2K	2.3857 \pm 20.09%	0.1631 \pm 11.71%	0.2645 \pm 45.85%	0.2001 \pm 15.545

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz); 2K(5Hz)]

表 12 高科技光電廠有機金屬化學氣相沉積機機型暴露危害比量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.0160947	0.06377	0.014124	0.072788
	30K	0.005816	0.022018	0.005091	0.023166
	2K	0.003632	0.011969	0.002296	0.021494
130	100K -1	0.01614	0.063325	0.014019	0.068993
	30K -1	0.006595	0.021061	0.005392	0.028443
	2K - 1	0.003644	0.010575	0.002455	0.022673
160	100K	0.016785	0.064723	0.014456	0.075068
	30K	0.005483	0.020843	0.006655	0.028622
	2K	0.003935	0.011233	0.00311	0.025327
平均 TEQ \pm CV	100K	0.00373 \pm 4.58%	0.01125 \pm 6.2%	0.00262 \pm 16.47%	0.02316 \pm 8.48%
	30K	0.00596 \pm 9.57%	0.0213 \pm 2.93%	0.00571 \pm 14.53%	0.02674 \pm 11.59%
	2K	0.01633 \pm 2.36%	0.06393 \pm 1.12%	0.01419 \pm 1.61%	0.07228 \pm 4.25%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient, 總暴露危害比) 求出每一數據之 TEQ



區域 1

區域 2

(註: 圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀電磁場測量儀 NF-5020 (30Hz~ 100kHz)儀器測得之磁場強度 (單位: mG)

圖 24 高科技光電廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30Hz~100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於 5.2 至 31 mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值 (4167 mG at 60Hz; ICNIRP，1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註: 依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz。

表 13 有機金屬化學氣相沉積機頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	6.4075	5	1.4582
2	5	6.3191	5	1.3665

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.003632 至 0.016785

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.002296 至 0.014456

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.010575 至 0.064725

區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.021494 至 0.075068

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

(九) 高科技晶圓廠

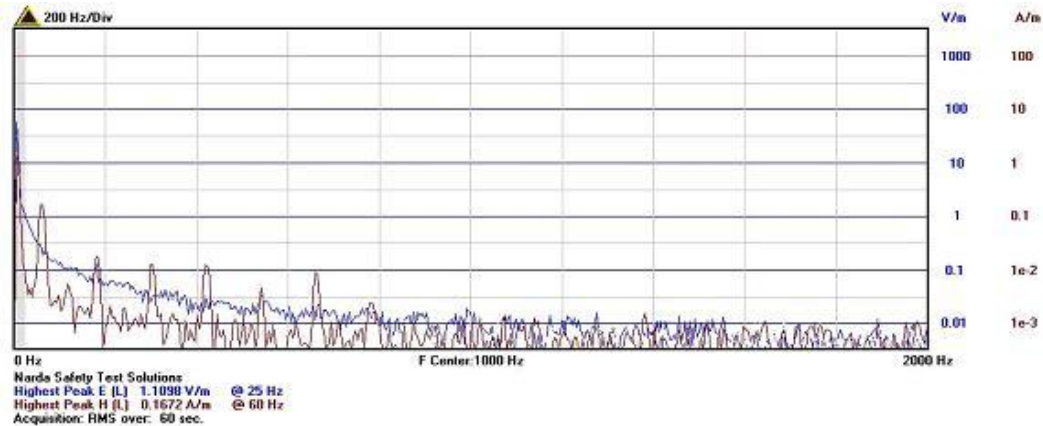
1. 產品製程概述

2. 量測區域工作特性 -本量測評估高溫爐管區域(一)/ 高電流離子植入機區域(二)平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採坐姿。

3. 電磁場頻率特性

高溫爐管區域(一)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)110cm 高度量測數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



高電流離子植入區域(二)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

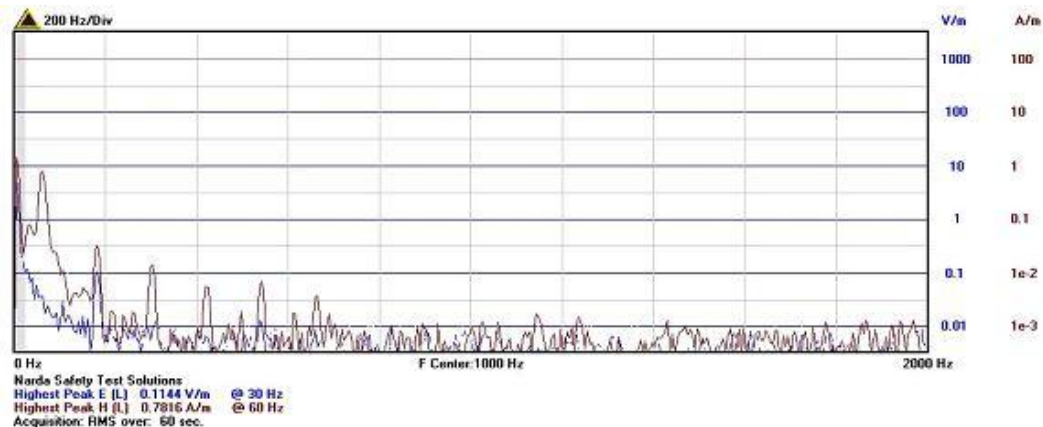


圖 25 高科技晶圓廠量測機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 14 高科技晶圓廠高溫爐管/高電流離子植入 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	1.1098	0.1672	0.3178	0.2983
	30K	2.7859	0.1841	0.3221	0.3321
	2K	0.2770	0.2085	0.6273	0.9650
130	100K -1	0.2986	0.2731	0.4895	0.3399
	100K -2	0.2704	0.2919	0.4592	0.4069
	100K -3	0.3000	0.2360	0.4616	0.3882
	30K -1	0.2472	0.2487	0.4455	0.2968
	30K -2	0.2597	0.2792	0.4557	0.3285
	30K -3	0.2837	0.2332	0.4852	0.3362
	2K -1	0.3783	0.1674	0.1409	1.3632
	2K -2	0.1472	0.1709	0.1425	1.0687
	2K -3	0.1636	0.1714	0.2005	1.0724
能量強度 (3 個時間)	100K	0.1674	0.1547	0.2715	0.2190
	30K	0.1524	0.1468	0.2669	0.1853
	2K	0.1458	0.0980	0.0944	0.6790
算數平均 強度 (3 個時 間)±CV	100K	0.2896±5.77%	0.267±10.65%	0.4701±3.58%	0.3783±9.14%
	30K	0.2635±7.04%	0.2537±9.23%	0.4621±4.46%	0.3205±6.52%
	2K	0.2297±56.14%	0.1699±1.28%	0.1613±21.05 %	1.1681±14.47%
160	100K	0.3439	0.2571	0.5100	0.4077
	30K	0.3700	0.3364	0.5767	0.3833
	2K	0.1419	0.1699	0.1836	0.8757
能量強度 (3 種高度)	100K	0.6887	0.2444	0.4366	0.3745
	30K	1.6294	0.2738	0.4633	0.3488
	2K	0.1987	0.1839	0.3862	0.9730
算數平均 強 (3 種高 度)±CV	100K	0.5747±80.89%	0.2387±26.95%	0.429±23.22%	0.3709±16.96%
	30K	1.1385±125.40%	0.2665±28.86%	0.4515±28.21 %	0.3479±8.81%
	2K	0.1887±40.55%	0.1831±12.02%	0.3178±84.59 %	0.9698±9.96%

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz); 2K(5Hz)]

表 15 高科技晶圓廠機台高溫爐管/高電流離子植入暴露危害比量測結

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.01581	0.11167	0.01517	0.09402
	30K	0.00678	0.06958	0.02190	0.04346
	2K	0.00598	0.02133	0.01299	0.01230
130	100K -1	0.01707	0.11662	0.01496	0.09883
	100K -2	0.01639	0.12525	0.01421	0.10139
	100K -3	0.01717	0.12185	0.01489	0.09348
	30K -1	0.00775	0.06988	0.00635	0.05180
	30K -2	0.00719	0.06819	0.00639	0.05487
	30K -3	0.00780	0.07273	0.00660	0.05074
	2K -1	0.00230	0.02583	0.00240	0.01227
	2K -2	0.00235	0.02310	0.00260	0.01247
	2K -3	0.00292	0.02195	0.00242	0.01206
160	100K	0.01744	0.12272	0.01528	0.09835
	30K	0.00924	0.07346	0.00845	0.06340
	2K	0.00262	0.02110	0.00220	0.01291
平均 TEQ±C V	100K	0.01654±4.99%	0.11988±6.02%	0.01488±3.95%	0.09792±3.78%
	30K	0.0077±17.04%	0.07041±3.88%	0.01224±68.78%	0.05391±18.56%
	2K	0.0037±55.41%	0.02184±5.01%	0.00593±103.16%	0.01256±2.51%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient, 總暴露危害比) 求出每一數據之 TEQ

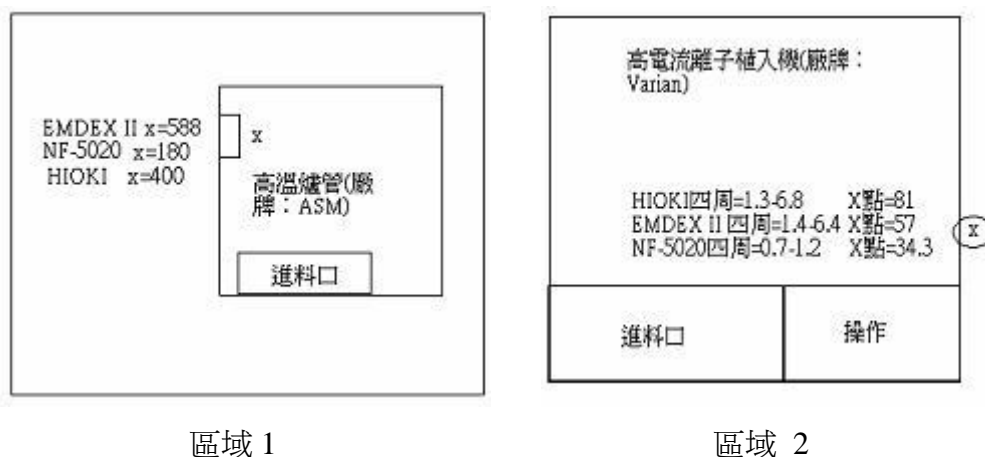


圖 26 高科技晶圓廠量測現場平面圖

(註: 圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz) 儀器測得之磁場強度 (單位:

mG))

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30Hz~100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖),介於 0.3 至 49 mG, 強度遠低於國際現行職場暴露建議值(4167 mG at 60Hz; ICNIRP, 1998), 因此, 應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示:

註: 依據 130cm 高度數據, 涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 16 高科技晶圓廠機台高溫爐管/高電流離子植入頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	7.0155	5	1.4204
2	5	6.5516	5	1.4629

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出, 區域 1 之電場 TEQ 介於 0.00230 至 0.01744, 區域 2 之電場 TEQ 介於 0.00220 至 0.02190, 結果均遠低於 1, 顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出, 區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.02110 至 0.12525, 區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.01206 至 0.10139, 結果均遠低於 1, 顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

6. 量測實況



高溫爐管區域(一)

高電流離子植入區域(二)

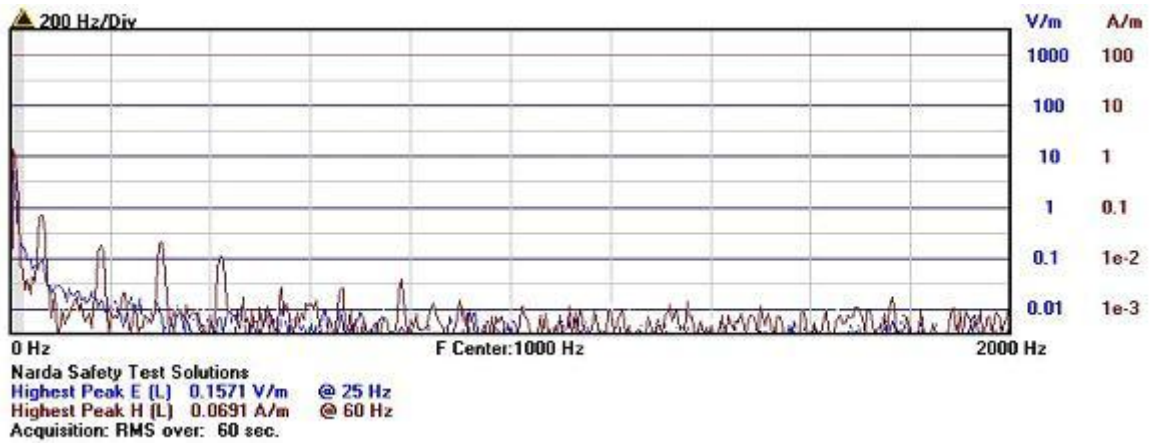
圖 27 高科技晶圓廠高溫爐管/高電流離子植入量測實況

(十) 高科技光電廠

1. 產品製程概述-液晶面板設計、研發及製造公司，產品涵蓋 1.2 吋至 65 吋應用廣泛的 TFT-LCD 面板。
2. 量測區域工作特性-本量測評估蝕刻機區域(一)/金屬鍍膜區域區域(二)平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時(1-2 位工程師)，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採站姿，維修時是斷電狀態(不會刻意靠近)。
3. 電磁場頻率特性：

蝕刻機(區域一) 電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



金屬鍍膜(區域二) 電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

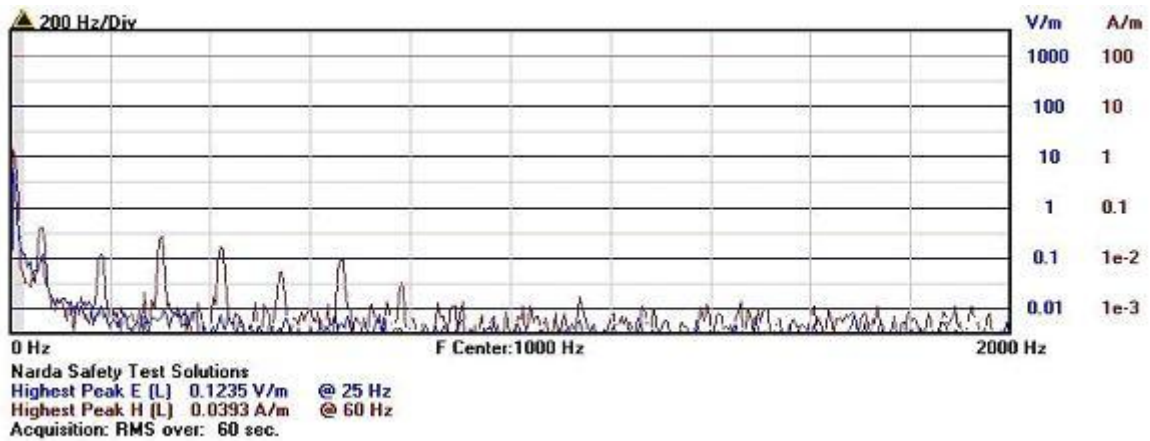


圖 28 高科技光電廠量測機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 17 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.2509	0.0412	0.2628	0.0426
	30K	0.1839	0.0312	0.2058	0.0326
	2K	0.5256	0.0394	0.2082	0.0326
130	100K -1	0.2602	0.0412	0.2670	0.0418
	100K -2	0.2577	0.0444	0.2587	0.0402
	100K -3	0.2544	0.0418	0.2524	0.0417
	30K -1	0.2037	0.0313	0.1952	0.0335
	30K -2	0.1918	0.0337	0.1892	0.0299
	30K -3	0.1933	0.0303	0.1949	0.0292
	2K -1	0.1290	0.0483	0.0292	0.0464
	2K -2	0.1438	0.0479	0.0464	0.0409
	2K -3	0.1677	0.0835	0.1427	0.0469
能量強度 (3 個時間)	100K	0.1486	0.0245	0.1497	0.0238
	30K	0.11335	0.0183	0.1114	0.0178
	2K	0.0852	0.0359	0.0509	0.0258
算數平均強度 (3 個時間) \pm CV	100K	0.2574 \pm 1.13%	0.0424 \pm 4.01%	0.2593 \pm 2.82%	0.0412 \pm 2.17%
	30K	0.1962 \pm 3.30%	0.0317 \pm 5.50%	0.1931 \pm 1.75%	0.0308 \pm 7.47%
	2K	0.1468 \pm 13.30%	0.0599 \pm 34.12%	0.0727 \pm 84.07%	0.0447 \pm 7.44%
160	100K	0.2542	0.0419	0.2494	0.0414
	30K	0.2151	0.0283	0.1864	0.0315
	2K	0.1721	0.0251	0.1442	0.0639
能量強度 (3 種高度)	100K	0.2542	0.0425	0.2570	0.0414
	30K	0.1973	0.0311	0.1939	0.0313
	2K	0.3299	0.0386	0.1486	0.0476
算數平均強度 (3 種高度) \pm CV	100K	0.2542 \pm 1.34%	0.0425 \pm 3.96%	0.2569 \pm 2.67%	0.0414 \pm 2.90%
	30K	0.1969 \pm 8.24%	0.0310 \pm 8.70%	0.1938 \pm 5.41%	0.0313 \pm 4.33%
	2K	0.2805 \pm 75.84%	0.0374 \pm 30.75%	0.1329 \pm 61.30%	0.0458 \pm 35.40%

* 儀器量測頻率範圍 [解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz) ; 2K(5Hz)]

表 18 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機後移 30 公分 3 種高度電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域(一) RIE		區域(二) SPTG100	
		E(V/m)	H(A/m)	E(V/m)	H(A/m)
130(後退 30 公分)	100K	0.2569	0.0424	0.2467	0.0428
	30K	0.1914	0.0319	0.1984	0.0304
	2K	0.1332	0.0681	0.1347	0.0586

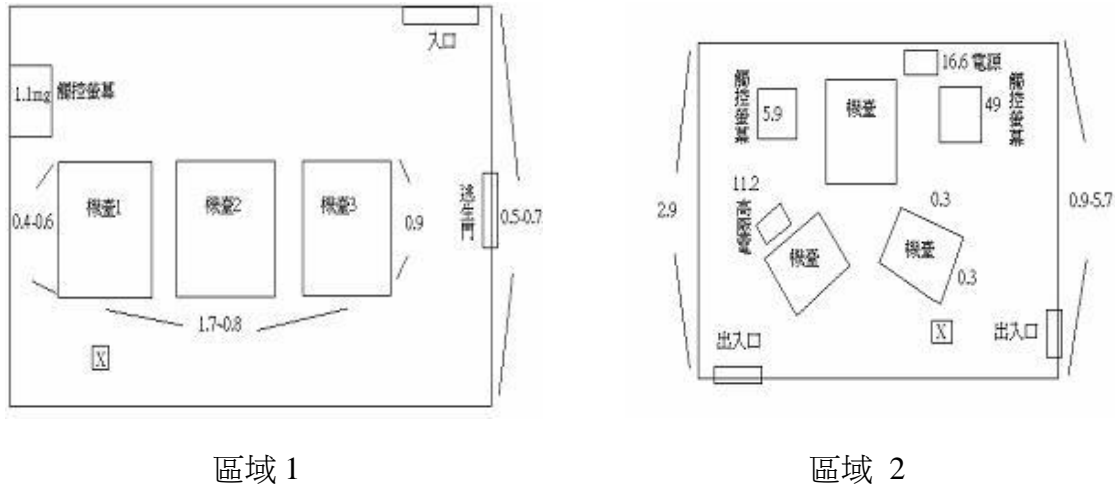
表 19 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機暴露危害比量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.01352	0.05939	0.01396	0.06283
	30K	0.00494	0.01896	0.00553	0.02177
	2K	0.00527	0.00921	0.00207	0.00961
130	100K -1	0.01406	0.06057	0.01375	0.06417
	100K -2	0.01359	0.06212	0.01487	0.05982
	100K -3	0.01403	0.05900	0.01346	0.06106
	30K -1	0.00544	0.01763	0.00522	0.02394
	30K -2	0.00532	0.01783	0.00532	0.02024
	30K -3	0.00511	0.01957	0.00477	0.02107
	2K - 1	0.00221	0.00940	0.00206	0.01291
	2K - 2	0.00223	0.00811	0.00221	0.01173
	2K - 3	0.00260	0.01099	0.00231	0.01207
160	100K	0.01418	0.05935	0.00225	0.01165
	30K	0.00629	0.01748	0.00514	0.02319
	2K	0.00239	0.00801	0.01359	0.06002
平均 TEQ±CV	100K	0.01376±2.63%	0.0603±2.63%	0.01036±67.94%	0.04476±64.15%
	30K	0.00551±12.62%	0.0181±4.28%	0.00533±3.66%	0.02173±6.79%
	2K	0.00329±51.90%	0.0084±7.89%	0.00595±110.99%	0.02712±105.13%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient, 總暴露危害比) 求出每一數據之 TEQ

表 20 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機後移 30 公分 3 種高度暴露危害比量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
130(後退 30 公分)	100K	0.014081	0.061261	0.01344	0.0623925
	30K	0.005089	0.018840	0.00531	0.0186998
	2K	0.002101	0.011286	0.00208	0.0112015



(註：圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz)儀器測得之磁場強度 (單位: mG))

圖 29 高科技光電廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30Hz~100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於 0.3 至 49 mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值(4167 mG at 60Hz; ICNIRP，1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註：依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 21 高科技光電廠蝕刻機/金屬鍍膜機頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	7.0155	5	1.4204

2	5	6.5516	5	1.4629
---	---	--------	---	--------

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.00221 至 0.01418

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.00206 至 0.01487

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

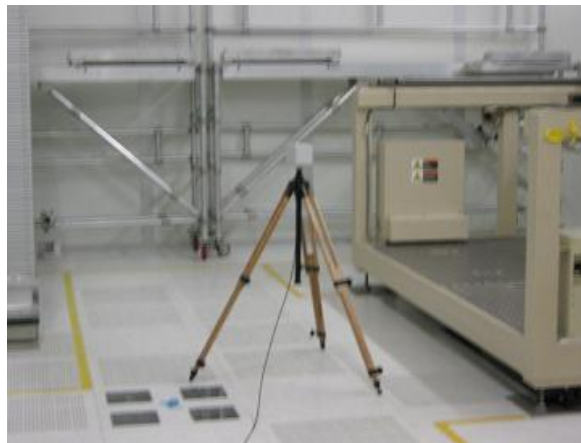
利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.00801 至 0.06212

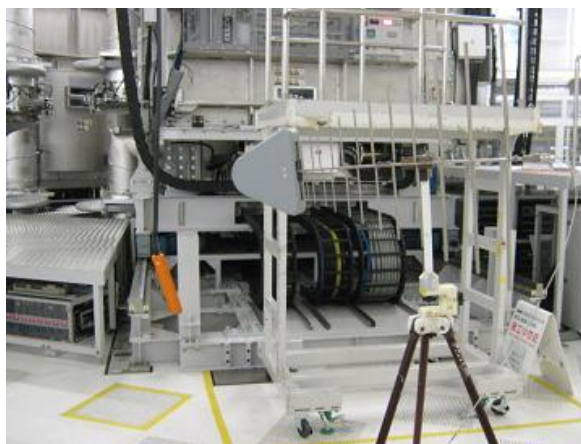
區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.00961 至 0.06417

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

6. 量測實況



RIE 蝕刻機



SPTG100 金屬鍍膜機

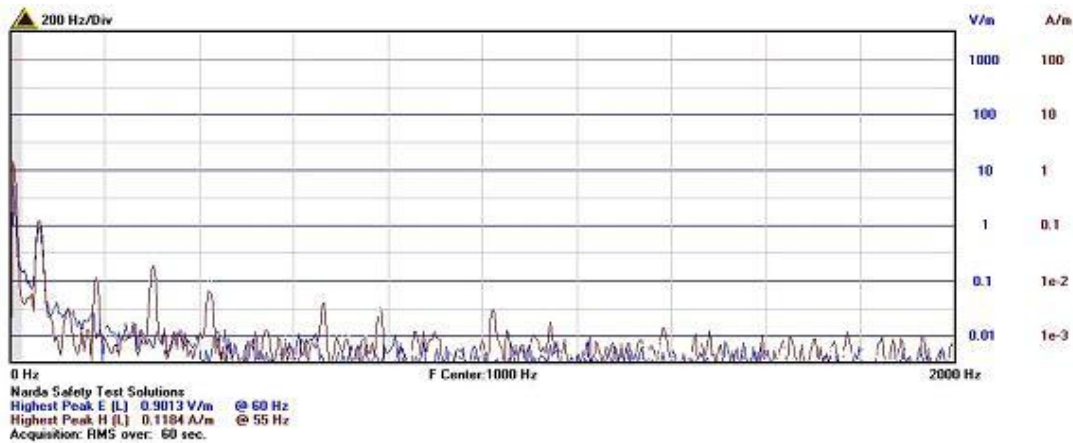
圖 30 高科技光電廠 RIE 蝕刻機/ SPTG100 金屬鍍膜機量測實況

(十一) 高科技晶圓廠

1. 產品製程概述-提供客戶積體電路設計、製造及行銷之整體解決方案：1.行動記憶體、2.利基型動態隨機存取記憶體、3.繪圖型隨機存取記憶體、4.快閃記憶體。
2. 量測區域工作特性-本量測評估乾式蝕刻(Dry Etcher)機區域(一)/ 薄膜(Thin Flim)、機區域(二)，平時並無特定人員在現場(於固定時間會來巡視)，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採站姿，24 小時輪班制(一部分正常班-3 班制，一部份做 2 休 2)，，平均產能是 2 分鐘 1 片，25 片為 1 組(蝕刻部分)，5000 片約要 20-24 天(薄膜部份的產能)。
3. 電磁場頻率特性

乾式蝕刻(Dry Etcher)機區域(一)電場/磁場

註: 本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



薄膜(Thin Flim)機區域(二)電場/磁場

註:本圖資料取自區域(二)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

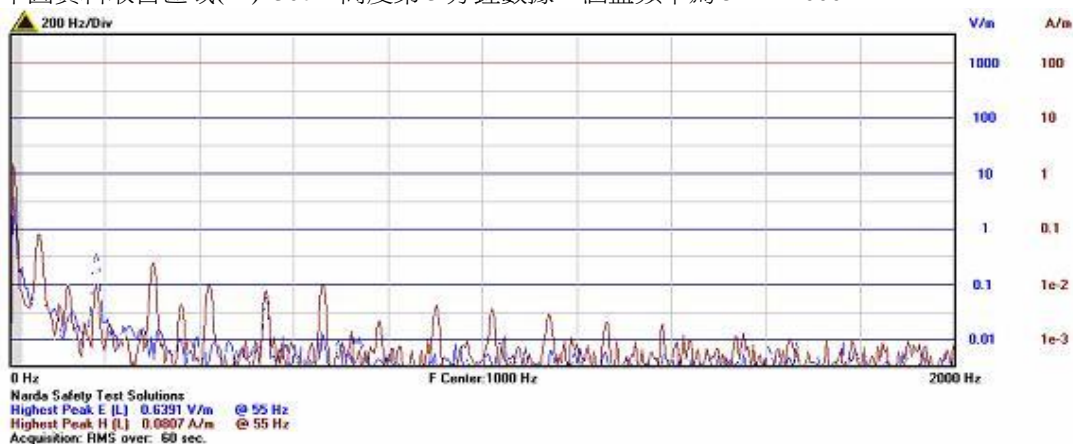


圖 31 高科技晶圓廠量測機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 22 高科技晶圓廠乾式蝕刻/薄膜機 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.2680	0.1700	0.7909	0.2947
	30K	1.2535	0.1924	0.7167	0.3469
	2K	1.0509	0.1233	0.0813	0.0813
130	100K -1	0.2499	0.1908	0.5854	0.3073
	100K -2	0.2501	0.1950	0.3688	0.3115
	100K -3	0.2557	0.2229	0.7617	0.2401
	30K -1	0.1971	0.2143	0.7813	0.2945
	30K -2	0.1976	0.2208	0.4793	0.3508
	30K -3	0.1914	0.1732	1.1923	0.4152
	2K -1	0.9174	0.1238	0.6391	0.0556
	2K -2	0.9065	0.1198	0.6437	0.0723
	2K -3	0.9013	0.1219	0.6876	0.0813
能量強度 (3 個時間)	100K	0.1454	0.1174	0.3430	0.1663
	30K	0.1128	0.1176	0.5013	0.2060
	2K	0.5244	0.0703	0.3794	0.0407
算數平均 強度 (3 個時 間)±CV	100K	0.2519±1.31%	0.2029±8.60%	0.5719±34.41%	0.2863±13.99%
	30K	0.1953±1.76%	0.2027±12.73%	0.8176±43.77%	0.3535±17.08%
	2K	0.9084±0.90%	0.1218±1.64%	0.6568±4.08%	0.0697±18.70%
160	100K	0.2578	0.1932	1.5185	0.2994
	30K	0.1815	0.1572	0.8805	0.4065
	2K	0.3605	0.1529	0.7773	0.0541
能量強度 (3 種高度)	100K	0.6411	0.1737	0.9034	0.2538
	30K	0.7401	0.1919	0.7114	0.3690
	2K	0.8278	0.1328	0.5845	0.0701
算數平均 強 (3 種高 度)±CV	100K	0.2586±3.47%	0.1860±7.49%	0.8927±65.15%	0.3018±2.87%
	30K	0.5442±112.89%	0.1901±16.76%	0.6921±29.14%	0.3680±9.06%
	2K	0.7726±47.13%	0.132±13.78%	0.5007±73.76%	0.0692±20.01%

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz); 2K(5Hz)]

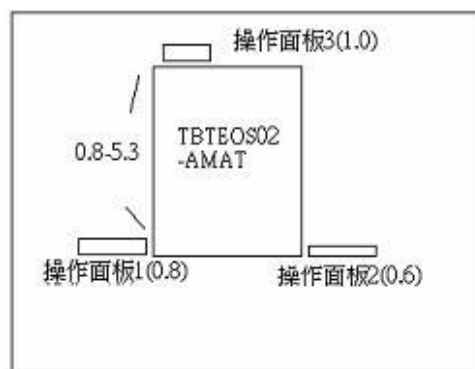
表 23 高科技晶圓廠乾式蝕刻/薄膜機暴露危害比量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.014342	0.086343	0.017992	0.100807
	30K	0.01139	0.04201	0.008878	0.065224
	2K	0.00278	0.010384	0.002985	0.012482
130	100K -1	0.013606	0.083962	0.017344	0.100823
	100K -2	0.013599	0.090144	0.016537	0.10209
	100K -3	0.013832	0.091285	0.01879	0.096097
	30K -1	0.006013	0.046038	0.009521	0.057734
	30K -2	0.005621	0.045888	0.008619	0.062177
	30K -3	0.00546	0.040638	0.01178	0.069082
	2K -1	0.003268	0.010187	0.003267	0.012871
	2K -2	0.003218	0.011072	0.003106	0.011735
	2K -3	0.00298	0.01237	0.003293	0.011367
160	100K	0.014037	0.0899184	0.022985	0.100876
	30K	0.005062	0.038721	0.011099	0.068837
	2K	0.002364	0.01326	0.003536	0.009559
平均 TEQ±CV	100K	0.01399±2.67%	0.08880±2.40%	0.01917±7.64%	0.10125±.71%
	30K	0.00735±47.61%	0.04220±8.5%	0.00953±14.3%	0.06541±5.1%
	2K	0.00278±15.32%	0.01157±12.98%	0.00032±9.02%	0.0113±3.49%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient，總暴露危害比) 求出每一數據之 TEQ



區域 1



區域 2

註：圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz)儀器測得之磁場強度 (單位: mG)

圖 32 高科技晶圓廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30Hz-100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於0.6 至 57.2 mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值 (4167 mG at 60Hz; ICNIRP，1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註：依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 24 高科技晶圓廠乾式蝕刻/薄膜機頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	7.0459	5	1.4497
2	5	6.9569	5	1.4892

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.00236 至 0.01432

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.002985 至 0.022985

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.010187 至 0.091285

區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.009559 至 0.10209

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

6. 量測實況

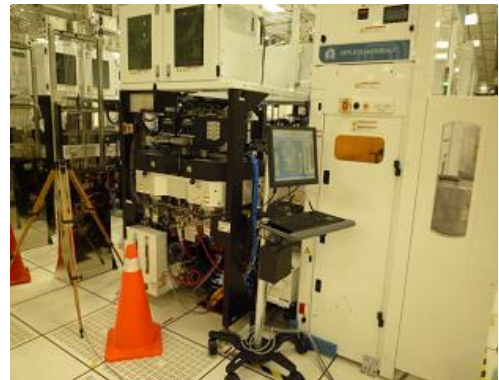
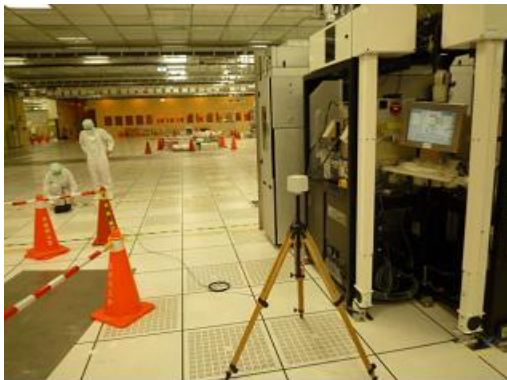


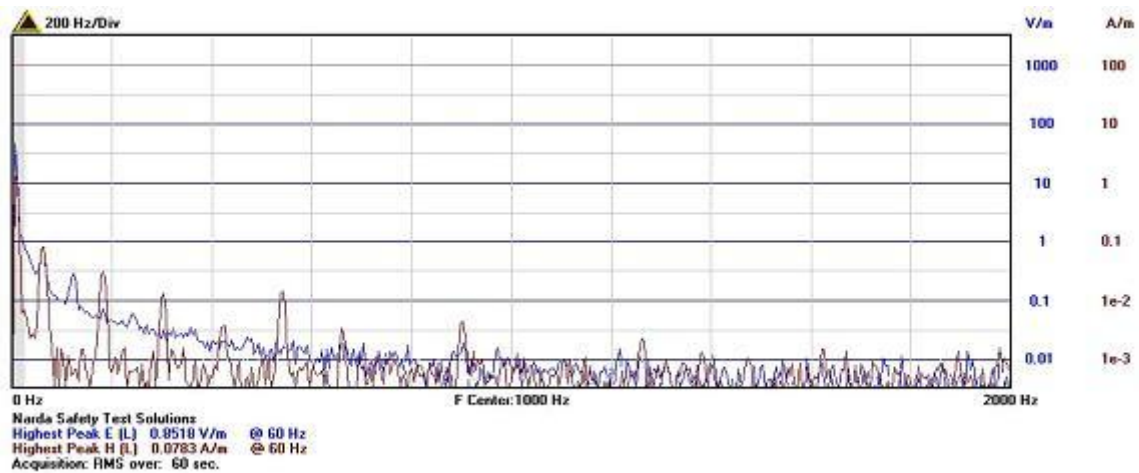
圖 33 高科技晶圓廠乾式蝕刻機/薄膜機量測實況

(十二) 高科技光電廠

1. 產品製程概述-主要提共 3 種產品：1.非晶矽 SA-100、2.非晶/微晶矽 SA-130、3.建築一體 BIPV。
2. 量測區域工作特性-本量測評估 D200/電將化學氣相沉積鍍膜機區域(一)/ D500/物理氣相沉積濺鍍機區域(二)，平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採站姿，此區域由 4 位工程師，5 位作業原負責維修及設定，當有產程時採取 24 小時不停工，平均約 90 秒出一片。
3. 電磁場頻率特性

D200/電將化學氣相沉積鍍膜機區域(一)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



D500/物理氣相沉積濺鍍機區域(二)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(二)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

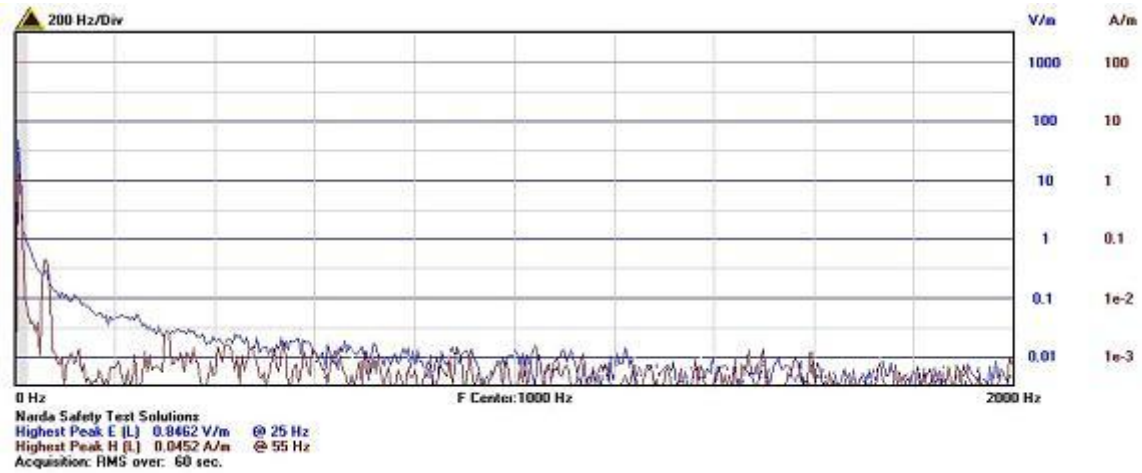


圖 34 高科技光電廠量測機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 25 電漿化學氣相沉積鍍膜機物理氣相沉積濺鍍機 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.2679	0.0438	0.2503	0.0398
	30K	0.1996	0.0301	0.2174	0.0325
	2K	0.4120	0.0959	0.2074	0.0431
130	100K -1	0.2966	0.0437	0.2590	0.0413
	100K -2	0.2869	0.0404	0.2572	0.0412
	100K -3	0.2612	0.0409	0.2554	0.0425
	30K -1	0.1900	0.0317	0.1950	0.0293
	30K -2	0.1809	0.0295	0.1869	0.0285
	30K -3	0.1812	0.0284	0.2063	0.0336
	2K -1	0.9400	0.0783	0.8462	0.0457
	2K -2	0.5506	0.0923	1.7639	0.0419
	2K -3	0.8580	0.0929	0.1987	0.0467
能量強度 (3 個時間)	100K	0.2819	0.0416	0.2572	0.0416
	30K	0.1840	0.0298	0.1962	0.0305
	2K	0.8006	0.0880	1.1353	0.0448
算數平均 強度 (3 個時 間) \pm CV	100K	0.2815 \pm 6.5%	0.0416 \pm 4.27%	0.2572 \pm 0.7%	0.0416 \pm 1.74%
	30K	0.1840 \pm 2.81%	0.0298 \pm 5.63%	0.1960 \pm 4.97%	0.0304 \pm 9%
	2K	0.7828 \pm 26.22%	0.0878 \pm 9.41%	0.9362 \pm 84%	0.0447 \pm 5.66%

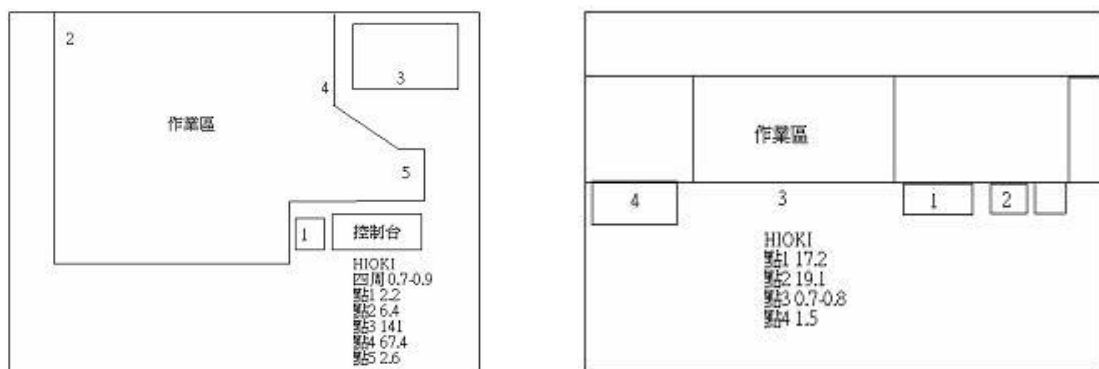
160	100K	0.3218	0.0414	0.2731	0.0425
	30K	0.1878	0.0300	0.1969	0.0310
	2K	0.6446	0.0678	0.3507	0.0479
能量強度 (3種高度)	100K	0.3442	0.0646	0.2474	0.0422
	30K	0.1895	0.0298	0.2008	0.0307
	2K	0.5133	0.0707	1.0483	0.0433
算數平均 強 (3種高 度) \pm CV	100K	0.2922 \pm 9.36%	0.0418 \pm 4.17%	0.2602 \pm 4.49%	0.0411 \pm 3.28%
	30K	0.1894 \pm 4.99%	0.0298 \pm 1.08%	0.2004 \pm 7.76%	0.0306 \pm 6.59%
	2K	0.5357 \pm 21.84%	0.085 \pm 17.92%	0.77 \pm 111.15%	0.0443 \pm 7.17%

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz) ; 2K(5Hz)]

表 26 高科技光電廠電漿化學氣相沉積鍍膜機/物理氣相沉積濺鍍機暴露危害比

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.014013	0.064998	0.013802	0.056196
	30K	0.005492	0.021654	0.005301	0.018229
	2K	0.002519	0.011122	0.002967	0.007797
130	100K -1	0.014952	0.063362	0.013876	0.059136
	100K -2	0.014741	0.061912	0.014271	0.059926
	100K -3	0.014052	0.060356	0.014048	0.059086
	30K -1	0.005273	0.02011	0.005406	0.017917
	30K -2	0.004987	0.018933	0.005225	0.01789
	30K -3	0.005002	0.018341	0.006034	0.017446
	2K - 1	0.008593	0.0122	0.008668	0.007878
	2K - 2	0.004218	0.011192	0.021784	0.007962
	2K - 3	0.003094	0.010698	0.002461	0.007886
160	100K	0.015245	0.061395	0.014352	0.059845
	30K	0.005739	0.019937	0.005532	0.018492
	2K	0.003026	0.011541	0.003867	0.008045
平均 TEQ±CV	100K	0.01466±4.22%	0.06276±3.1%	0.01414±2.1%	0.0587±3.63%
	30K	0.0054±7.09%	0.02017±6.82%	0.00535±2.99%	0.0182±1.66%
	2K	0.00325±26.8%	0.01128±1.99%	0.0095±111.3%	0.0079±1.59%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient，總暴露危害比)求出每一數據之 TEQ



區域 1

區域 2

註：圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz)儀器測得之磁場強度(單位: mG)

圖 35 高科技光電廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30HZ-100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於 0.7 至 141 mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值 (4167 mG at 60Hz; ICNIRP，1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註：依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 27 高科技光電廠電漿化學氣相沉積鍍膜機/物理氣相沉積濺鍍機頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	13.93	5	1.4639
2	5	7.6739	5	0.9279

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.002519 至 0.015245

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.002461 至 0.021784

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.010698 至 0.064998

區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.007797 至 0.059926

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

(十三) 高科技晶圓廠

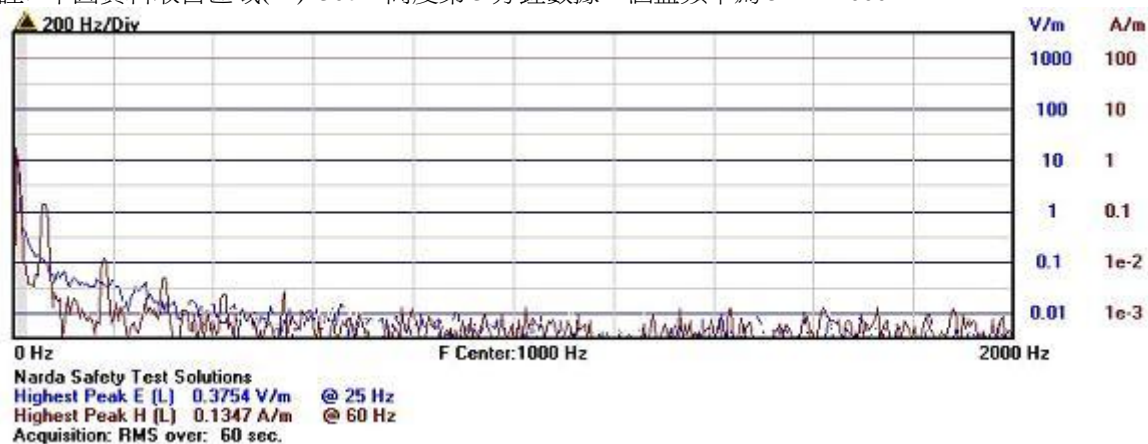
1. 產品製程概述-生產設備與製程技術,專業代工生產高密度、高性能之 DRAM (動態隨機存取記憶體)產品;其不僅導入爾必達的領先研發技術,更結合了力晶半導體的優異製造效能。
2. 量測區域工作特性 -本量測評估高電流離子植入機(IMP)區域(一)/ D500/快速熱製

程機台(RTP)區域(二)，平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採站姿。

3. 電磁場頻率特性

高電流離子植入機(IMP)區域(一)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



快速熱製程機台(RTP)區域(二)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(二)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

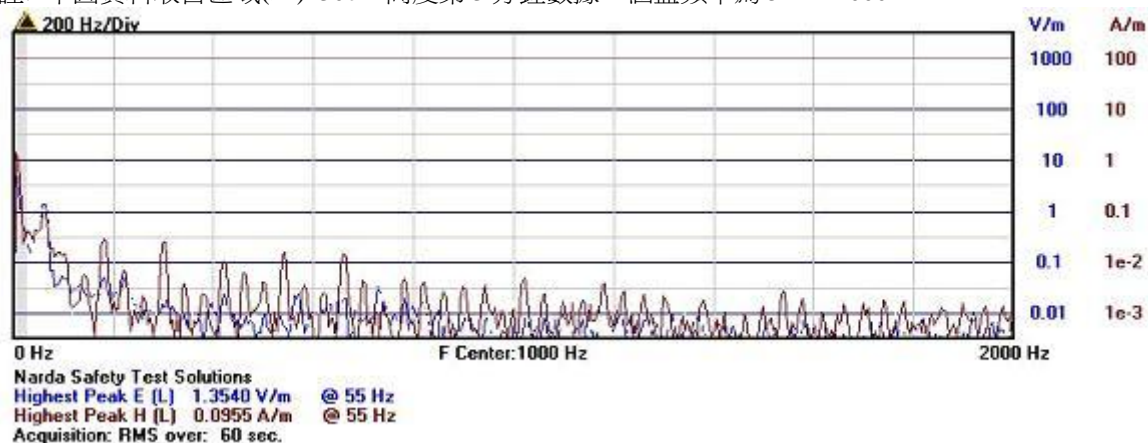


圖 36 高科技晶圓廠量測機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 28 晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.3605	0.0411	0.2543	0.0454
	30K	0.1974	0.0319	0.1914	0.0393
	2K	0.1432	0.1432	1.6195	0.0931
130	100K -1	0.2632	0.0422	0.2668	0.0474
	100K -2	0.2967	0.0432	0.2488	0.0500
	100K -3	0.2646	0.0429	0.2571	0.0478
	30K -1	0.2056	0.0321	0.1895	0.0413
	30K -2	0.1981	0.0325	0.2047	0.0428
	30K -3	0.2014	0.0292	0.2067	0.0398
	2K -1	0.3754	0.1347	1.3540	0.0961
	2K -2	0.1399	0.1338	1.2745	0.1120
	2K -3	0.1471	0.1293	1.3375	0.1168
能量強度 (3 個時間)	100K	0.1589	0.0246	0.1487	0.0279
	30K	0.1164	0.0180	0.1157	0.0540
	2K	0.1422	0.0765	0.7635	0.0627
算數平均強度 (3 個時間) \pm CV	100K	0.2748 \pm 6.9%	0.0427 \pm 1.2%	0.2575 \pm 3.5%	0.0484 \pm 2.89%
	30K	0.2017 \pm 1.86%	0.0312 \pm 5.76%	0.2003 \pm 4.70%	0.0776 \pm 8270%
	2K	0.2208 \pm 60.66%	0.1326 \pm 2.18%	1.322 \pm 3.17%	0.1083 \pm 10%
160	100K	0.2938	0.0437	0.1587	0.0319
	30K	0.2090	0.0354	0.1602	0.0291
	2K	0.0354	0.1422	0.5844	0.0930
能量強度 (3 種高度)	100K	0.3184	0.0426	0.2249	0.0431
	30K	0.2015	0.0333	0.1863	0.0920
	2K	0.1173	0.1397	1.2367	0.0997
算數平均強 (3 種高度) \pm CV	100K	0.317 \pm 11.89%	0.0426 \pm 3.23%	0.2206 \pm 24.33%	0.0424 \pm 22.17%
	30K	0.2015 \pm 3.23%	0.0332 \pm 5.63%	0.1854 \pm 12.32%	0.0733 \pm 92.73%
	2K	0.1061 \pm 57.75%	0.1397 \pm 3.69%	1.1594 \pm 45.46%	0.0993 \pm 11.01%

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz); 2K(5Hz)]

表 29 晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機後移 30 公分 3 種高度電/磁場量測結果

Height(cm)	Frequency(Hz)	區域(一)(IMP)		區域(二)(RTP)	
		E(V/m)	H(A/m)	E(V/m)	H H(A/m)
130(後退 30 公分)	100K	0.2516	0.0463	0.2578	0.0498
	30K	0.1911	0.0337	0.1834	0.0354
	2K	0.2963	0.1270	0.6390	0.0871

表 30 高科技晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機暴露危害比量測結果

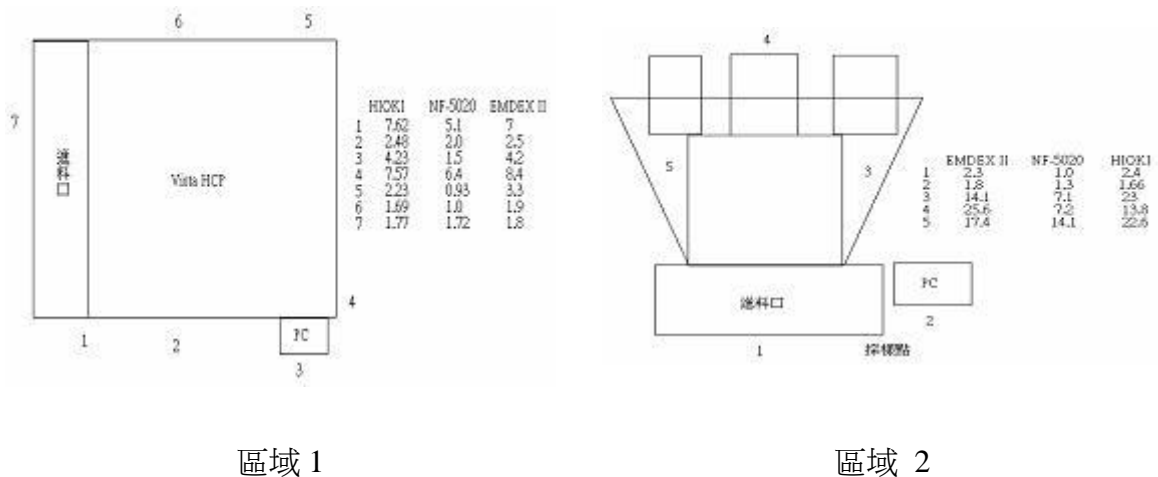
Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.015779	0.0617731	0.014771	0.0700982
	30K	0.005351	0.0201896	0.00487	0.0269748
	2K	0.002871	0.009626	0.003781	0.019505
130	100K -1	0.014255	0.065496	0.01513	0.0679927
	100K -2	0.01564	0.059973	0.014288	0.0679425
	100K -3	0.014206	0.065591	0.014825	0.0733272
	30K -1	0.005623	0.020339	0.005885	0.0241377
	30K -2	0.005415	0.020359	0.005492	0.026786
	30K -3	0.005556	0.019188	0.005974	0.02604
	2K -1	0.004198	0.009271	0.00435	0.02078
	2K -2	0.002583	0.009212	0.004075	0.018258
	2K -3	0.002702	0.00985	0.004024	0.0178895
160	100K	0.01571	0.063196	0.014366	0.0656528
	30K	0.00553	0.022437	0.005396	0.0234761
	2K	0.002711	0.009888	0.003895	0.0166616
平均 TEQ±CV	100K	0.01570±0.44%	0.06164±2.62 %	0.01448±1.79 %	0.067 9±3.27%
	30K	0.00543±1.67%	0.02099±5.96 %	0.00525±6.37 %	0.0257±7.64%
	2K	0.00272±5.3%	0.00957±3.56 %	0.00392±3.78 %	0.0181±7.86%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient，總暴露

危害比)求出每一數據之 TEQ

表 31 高電流離子植入機/快速熱製程機後移 30 公分 3 種高度暴露危害比量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
130(後退 30 公分)	100K	0.014339	0.063868	0.013816	0.0699978
	30K	0.005198	0.021326	0.00522	0.022605
	2K	0.002937	0.0096	0.003114	0.0179472



註：圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz)儀器測得之磁場強度 (單位: mG)
圖 37 高科技晶圓廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30HZ-100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於 1.8 至 25.6 mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值 (4167 mG at 60Hz; ICNIRP, 1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註：依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 32 高科技晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	6.7669	5	1.4828
2	5	7.3521	5	1.4456

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.002583 至 0.015779

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.003781 至 0.01513

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.009212 至 0.065591

區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.0166616 至 0.0700982

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

6. 量測實況



高電流離子植入機(IMP)



快速熱製程機台(RTP)

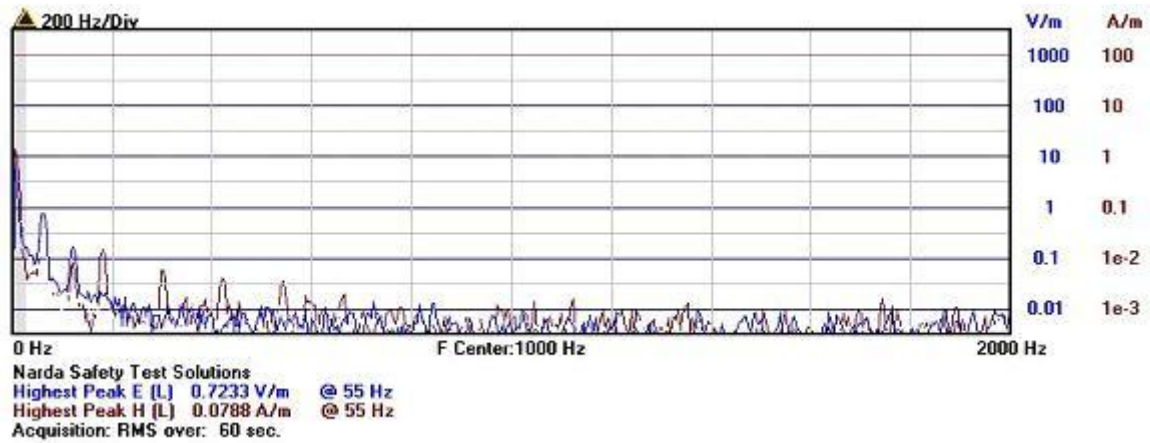
圖 38 高科技晶圓廠高電流離子植入機/快速熱製程機台量測實況

(十四) 高科技太陽能廠

1. 產品製程概述-主要產品營業項目：薄膜式太陽光電電池模組、矽晶圓式太陽光電電池。
2. 量測區域工作特性-本量測評估串焊機(Stringer)區域(一)/ D500/層壓機(Laminator)區域(二)，平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採站姿。
3. 電磁場頻率特性

串焊機 (Stringer) 區域(一)電場/磁場

註: 本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



層壓機 (Laminator) 區域(二)電場/磁場

註: 本圖資料取自區域(二)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

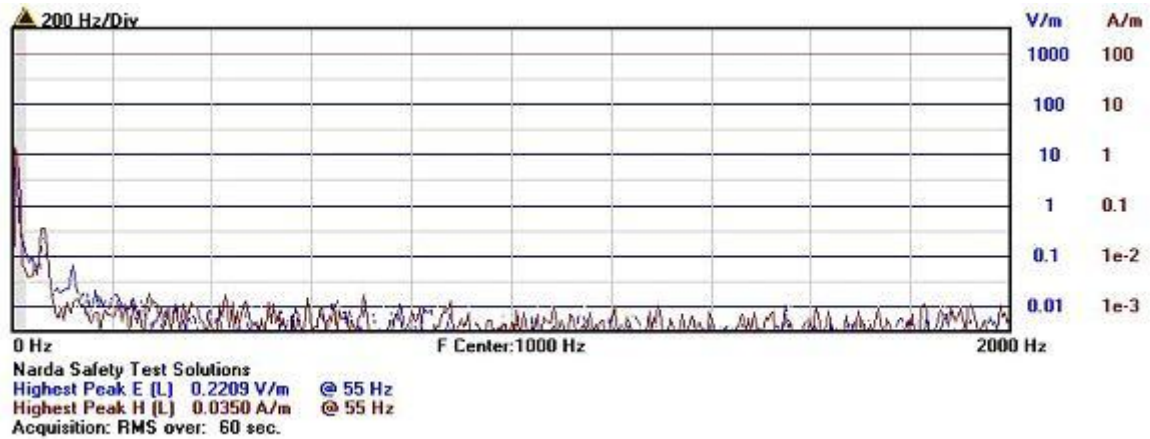


圖 39 高科技太陽能廠量測機(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 33 高科技太陽能廠串焊機/層壓機 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.7151	0.0413	0.2554	0.0417
	30K	0.7329	0.0278	0.1931	0.0296
	2K	0.9756	0.0828	0.3548	0.0419
130	100K -1	0.3892	0.0420	0.2574	0.0419
	100K -2	0.4361	0.0406	0.2586	0.0402
	100K -3	0.3179	0.0423	0.2600	0.0418
	30K -1	0.3198	0.0301	0.1967	0.0287
	30K -2	0.2306	0.0292	0.1831	0.0294
	30K -3	0.4675	0.0326	0.1997	0.0300
	2K - 1	0.7233	0.0788	0.1691	0.0221
	2K - 2	0.7786	0.0981	0.2100	0.0405
	2K - 3	0.7918	0.0773	0.2209	0.0350
能量強度 (3 個時間)	100K	0.2217	0.0240	0.1493	0.0238
	30K	0.2038	0.0177	0.1116	0.0169
	2K	0.4417	0.0492	0.1161	0.0193
算數平均 強度 (3 個時間) ±CV	100K	0.3581±15.62%	0.0416±2.18%	0.2586±0.5%	0.0413±2.31%
	30K	0.3393±35.26%	0.0306±5.75%	0.1931±4.58%	0.0293±2.22%
	2K	0.7645±4.75%	0.0847±13.69%	0.25±13.65%	0.0325±29.03%
160	100K	0.2969	0.0417	0.2628	0.0388
	30K	0.2097	0.0288	0.1831	0.0319
	2K	0.6262	0.0778	0.2752	0.0252
能量強度 (3 種高度)	100K	0.5130	0.0412	0.2589	0.0402
	30K	0.4598	0.0286	0.1864	0.0303
	2K	0.8062	0.0866	0.2861	0.0366
算數平均 強 (3 種高 度)±CV	100K	0.4827±44.12%	0.0412±1.35%	0.2589±1.43%	0.0402±3.6%
	30K	0.391±75.75%	0.0286±2.52%	0.1864±3.1%	0.0303±4.58%
	2K	0.7934±22.08%	0.0862±12.27%	0.28±25.9%	0.0358±25.83%

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz) ; 2K(5Hz)]

表 34 高科技太陽能廠.串焊機/層壓機後移 30 公分 3 種高度電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		E(V/m)	H(A/m)	E(V/m)	H(A/m)
130(後退 30 公分)	100K	0.2680	0.0421	0.2478	0.0421
	30K	0.1932	0.0301	0.1969	0.0307
	2K	0.6023	0.0848	0.1969	0.0571

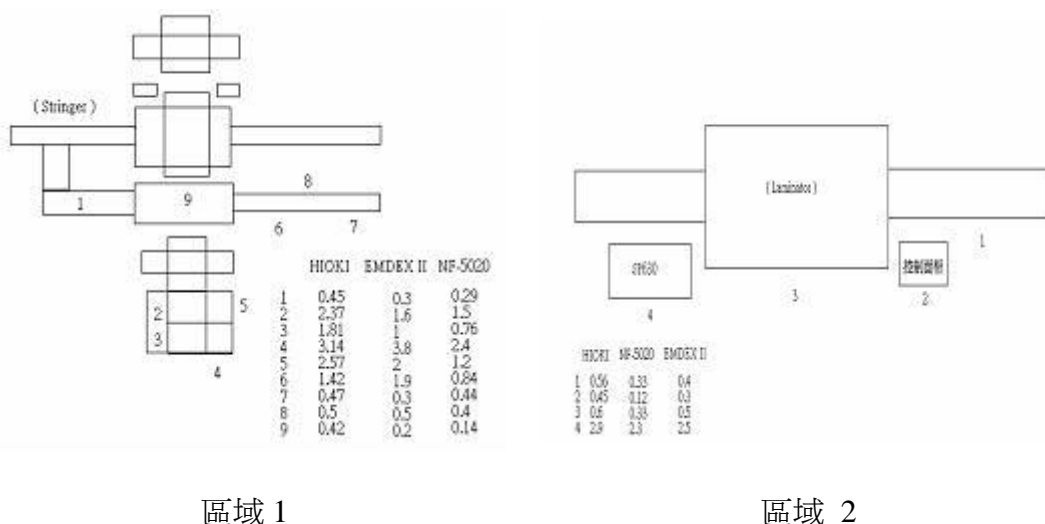
表 35 高科技太陽能廠串焊機/層壓機暴露危害比

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.019588	0.059686	0.013948	0.060972
	30K	0.008943	0.018337	0.005627	0.016539
	2K	0.002883	0.00961	0.004442	0.007646
130	100K -1	0.01774	0.061174	0.016752	0.0618
	100K -2	0.017584	0.058912	0.013988	0.058542
	100K -3	0.016174	0.061822	0.014458	0.060964
	30K -1	0.006887	0.017661	0.005484	0.01887
	30K -2	0.006259	0.018376	0.00533	0.017268
	30K -3	0.007765	0.017917	0.005314	0.01719
	2K -1	0.003332	0.009405	0.002632	0.007429
	2K -2	0.002876	0.0100207	0.002787	0.008152
	2K -3	0.002911	0.009295	0.002626	0.007196
160	100K	0.015401	0.061307	0.014517	0.057127
	30K	0.005805	0.019241	0.005189	0.018012
	2K	0.002934	0.009626	0.002492	0.007486
平均 TEQ±C V	100K	0.0175±11.95%	0.05996±2.04%	0.01415±2.24%	0.05888±3.3%
	30K	0.007±24.22%	0.01865±2.74%	0.00538±4.15%	0.01727±4.26%
	2K	0.00289±1.09%	0.00975±2.39%	0.00324±32.44%	0.00776±4.48%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient，總暴露危害比) 求出每一數據之 TEQ

表 36 高科技太陽能廠串焊機/層壓機後移 30 公分 3 種高度暴露危害比

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		E(V/m)	H(A/m)	E(V/m)	H(A/m)
130(後退 30 公分)	100K	0.014468	0.060362	0.013977	0.060403
	30K	0.005821	0.018336	0.005377	0.017817
	2K	0.003002	0.009435	0.002696	0.008285



註：圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz)儀器測得之磁場強度 (單位: mG)

圖 40 高科技太陽能廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30HZ-100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於 0.2 至 3.8 mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值 (4167 mG at 60Hz; ICNIRP, 1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註：依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 37 高科技太陽能廠串焊機/層壓機頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	7.7353	5	1.4415
2	5	7.3477	5	1.4874

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.002876 至 0.019588

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.002492 至 0.016752

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.009295 至 0.061822

區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.007196 至 0.0618

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

6. 量測實況



串焊機 (Stringer)



層壓機 (Laminator)

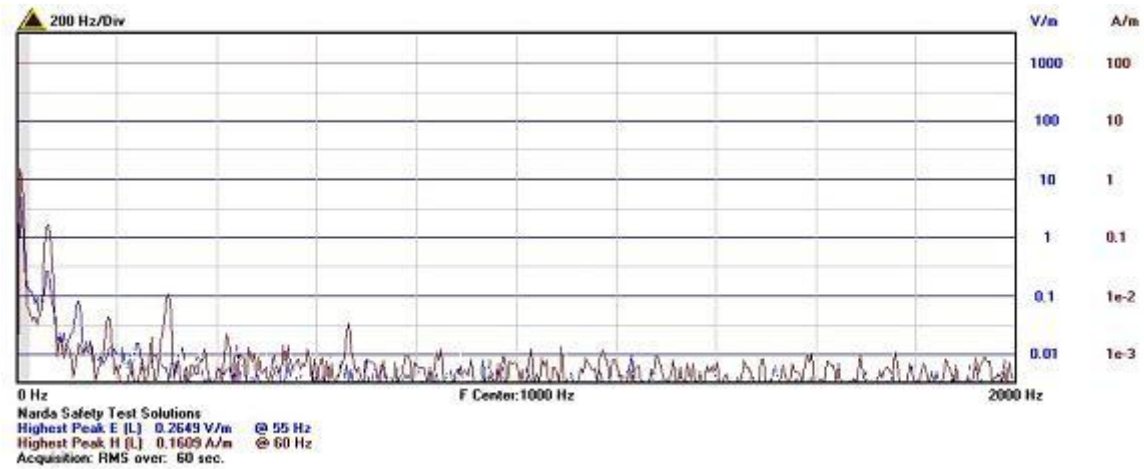
圖 41 高科技太陽能量廠串焊機/層壓機量測實況

(十五) 高科技光電廠

1. 產品製程概述-服務項目：1.太陽光電模組設計製造及研發；2.太陽光發電系統設計及安裝；3.大型太陽能電廠專案開發。
2. 量測區域工作特性-本量測評估區域(一)/區域(二)，平時並無特定人員在現場，只有維修或者是整備時，技術人員才會前來操作，操作時技術人員多採坐姿。
3. 電磁場頻率特性

區域(一)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(一)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz



區域(二)電場/磁場

註：本圖資料取自區域(二)130cm 高度第 3 分鐘數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

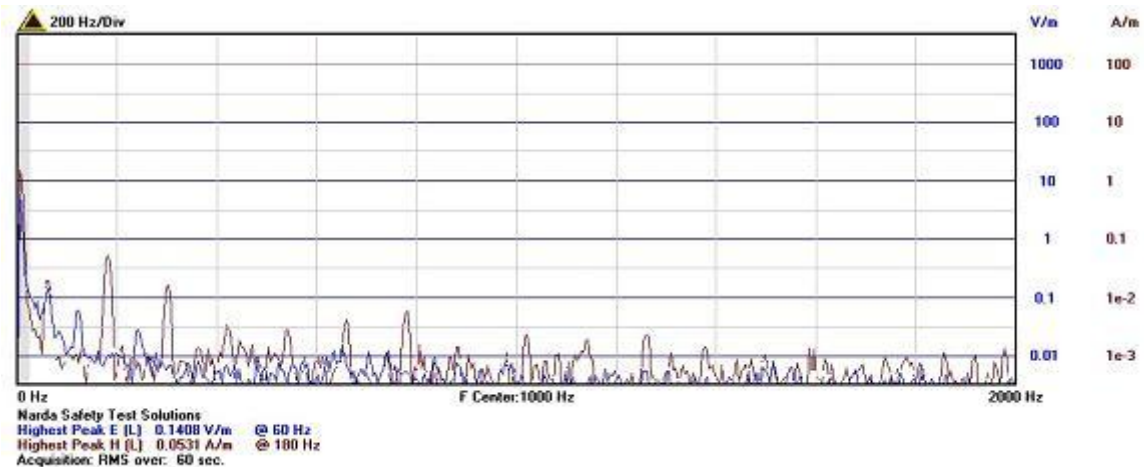


圖 42 高科技光電廠量測機台(電場/磁場)頻率特性

4. 量測結果

表 38 高科技光電廠機台 6 分鐘電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)*	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
100	100K	0.2552	0.0407	0.2445	0.0402
	30K	0.1912	0.0315	0.1735	0.0290
	2K	0.2514	0.0419	0.2046	0.0328
130	100K -1	0.2563	0.0413	0.2566	0.0417
	100K -2	0.2541	0.0431	0.2653	0.0429
	100K -3	0.2535	0.0409	0.2508	0.0407
	30K -1	0.1837	0.0300	0.1798	0.0323
	30K -2	0.1866	0.0290	0.1778	0.0307
	30K -3	0.1876	0.0281	0.1939	0.0304
	2K -1	0.2649	0.1609	0.1724	0.0531
	2K -2	0.2564	0.1437	0.1931	0.0170
	2K -3	0.2645	0.1843	0.1867	0.0692
能量強度 (3 個時間)	100K	0.1470	0.0241	0.1487	0.0241
	30K	0.1073	0.0167	0.1062	0.0179
	2K	0.1512	0.0945	0.1063	0.0296
算數平均 強度 (3 個時間) ±CV	100K	0.2546±0.58%	0.0417±2.81%	0.2575±2.83%	0.0417±2.34%
	30K	0.1859±1.09%	0.0290±3.27%	0.1838±4.77%	0.0311±3.28%
	2K	0.2619±1.83%	0.1629±12.5%	0.1840±5.76%	0.0464±57.57%
160	100K	0.2365	0.0403	0.2993	0.0392
	30K	0.1766	0.0311	0.1903	0.0326
	2K	0.2201	0.1825	0.1756	0.0225
能量強度 (3 種高度)	100K	0.2487	0.0413	0.2706	0.0407
	30K	0.1849	0.0305	0.1806	0.0308
	2K	0.2431	0.1362	0.1914	0.0249
算數平均 強 (3 種高度) ±CV	100K	0.2486±4.22%	0.0413±3.66%	0.2697±10.26%	0.0407±4.69%
	30K	0.1848±4.04%	0.0305±4.4%	0.1805±4.83%	0.0307±5.85%
	2K	0.2426±8.11%	0.1227±59.18%	0.1911±7.64%	0.0241±33.28%

* 儀器量測頻率範圍 [儀器: Narda EHP-50C。解析度: 100K (250Hz); 30K(250Hz); 2K(5Hz)]

表 39 高科技光電廠機台/後移 30 公分 3 種高度電場/磁場量測結果

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)	電場 E(V/m)	磁場 H(A/m)
130(後退 30 公分)	100K	0.2555	0.0413	0.2640	0.0412
	30K	0.1815	0.0302	0.1825	0.0307
	2K	0.2025	0.1875	0.1717	0.0266

表 40 高科技光電廠機台/暴露危害比

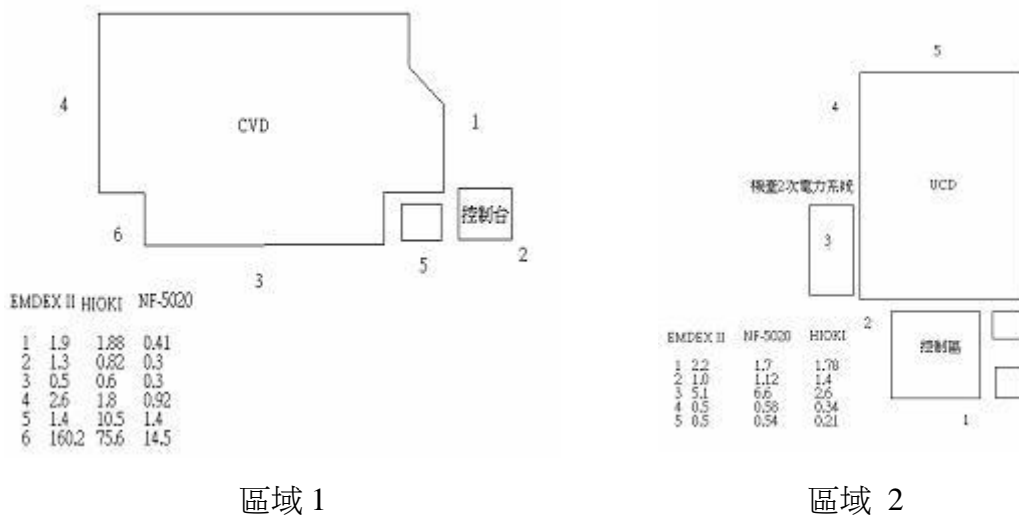
Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
100	100K	0.013873	0.057614	0.01396	0.058678
	30K	0.005177	0.017537	0.004964	0.020431
	2K	0.010142	0.043462	0.002395	0.010931
130	100K -1	0.013969	0.060332	0.014013	0.060635
	100K -2	0.013952	0.062474	0.014253	0.064614
	100K -3	0.013774	0.059761	0.013472	0.061883
	30K -1	0.005041	0.019573	0.005183	0.020678
	30K -2	0.005185	0.019683	0.005064	0.018324
	30K -3	0.005171	0.020857	0.005471	0.020954
	2K - 1	0.002397	0.009447	0.002464	0.011699
	2K - 2	0.002891	0.009394	0.002678	0.011816
	2K - 3	0.002612	0.009988	0.002872	0.013275
160	100K	0.013534	0.059259	0.015176	0.058576
	30K	0.005065	0.019201	0.005077	0.018756
	2K	0.002557	0.010326	0.00257	0.009414
平均 TEQ±CV	100K	0.01378±1.61%	0.0597±4.13%	0.01446±4.39%	0.06062±5.7%
	30K	0.00514±1.3%	0.0188±5.99%	0.00503±1.23%	0.0192±5.81%
	2K	0.00519±82.48%	0.021±92.14%	0.00254±5.61%	0.0107±11.33%

暴露危害比-利用個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和 (Total Exposure Quotient, 總暴露

危害比)求出每一數據之 TEQ

表 41 高科技光電廠機台後移 30 公分 3 種高度暴露危害比

Height (cm)	Frequency (Hz)	區域 1		區域 2	
		電場 TEQ	磁場 TEQ	電場 TEQ	磁場 TEQ
130(後退 30 公分)	100K	0.013842	0.060207	0.014155	0.058244
	30K	0.00484	0.020151	0.005278	0.020132
	2K	0.00282	0.009687	0.00256	0.008088



註: 圖中之數字表示由直讀式磁場量測儀 EMDEX II (60Hz-400Hz)儀器測得之磁場強度 (單位: mG)

圖 43 高科技光電廠量測現場平面圖

5. 量測結果評析

(1) 機台四周之磁場強度快速評估

由電磁場測量儀 NF-5020 (30H-100kHz)儀器測得之磁場強度(參見平面圖)介於 0.5 至 160.2mG，強度遠低於國際現行職場暴露建議值 (4167 mG at 60Hz; ICNIRP, 1998)，因此，應不具明顯危害。

(2) 頻率特性分析

本量測中 2 個區域之電磁場最大值(峰值)出現之頻率及其強度如下所示：

註: 依據 130cm 高度數據，涵蓋頻率為 5 Hz -2000 Hz

表 42 高科技光電廠機台頻率特性分析

區域	電場 (峰值)		磁場 (峰值)	
	頻率 (Hz)	強度 (V/m)	頻率 (Hz)	強度 (A/m)
1	5	6.9852	5	1.5113

2	5	7.0295	5	1.468
---	---	--------	---	-------

(3) 電場效應評估

利用個別頻率之電場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之電場 TEQ 介於 0.002397 至 0.013969

區域 2 之電場 TEQ 介於 0.002395 至 0.015176

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻電場強度應不具明顯危害。

(4) 磁場效應評估

利用個別頻率之磁場強度值與建議值之比值的總和求出

區域 1 之磁場 TEQ 介於 0.009394 至 0.062474

區域 2 之磁場 TEQ 介於 0.009414 至 0.064614

結果均遠低於 1，顯示該區域(位置)之低頻磁場強度應不具明顯危害。

6. 量測實況



CVD



UCD

圖 44 高科技光電廠 CVD/UCD 量測實況

第四節 現場量測方法檢討

對於職場低頻電磁場評估而言，電場與磁場必須分別量測，由於市面上缺乏涵蓋低頻電場與磁場分別量測之個人採樣器，因此，本研究建立之方法，係針對工作場所中勞工特定操作位置或潛在發生源及其周遭進行定點量測為主。由量測結果發現，多數工廠設備產生之電磁場屬於低頻範圍，但市售量測儀器所涵蓋之範圍各有不同，因此，其可應用性應特別注意。

在建立職場低頻電磁場量測方法時，面臨之兩大問題為整合不同空間(高度)及時間量測之數據，成為具有代表性之暴露指標。在不同高度部份，職場低頻電磁場主要考慮對神經系統之影響(非熱效應)，因此，主要於腹部(骨盆)、胸部及頭部對應之高度進行量測，量測高度歐盟 ECC 建議分別以 1.1m、1.5m 及 1.7m 為原則，若有坐姿工作之地點則可特別加註並降低高度。考慮國人人體計測值與國外之差異，特依據國人之人體計測資料進行調整，建議站姿操作者於高度 1.0m、1.3m 及 1.6m(分別代表國人腹部、胸部及頭部相對高度) 或坐姿操作者於 0.6m、0.9m 及 1.2m(分別代表國人腹部、胸部及頭部相對高度)等高度進行量測。本方法假設低頻電磁場對人體腹部、胸部及頭部之影響均等，因此將 3 種高度之個別讀值平方，經總和並取算術平均後，再取平方根，作為代表本量測位置全身平均之電場或磁場之強度值。值得注意的是：市面上雖有個人採樣器，除須確認其量測之頻率外(例如常見之多功能低頻磁場記錄器 EMDEX II 涵蓋 40Hz 至 800Hz)，由於一般僅配掛於腰間或胸前，因此，對於身體其他區域(例如頭部) 之暴露量，亦可能產生低估(或高估)，在使用前應先確認採樣目的，例如評估電磁場及腦癌之關係時，採樣器應接近頭部，而評估電磁場對白血病發生之影響時，採樣器應接近骨盆(腹部)。

在不同時間部份，依據文獻及現場量測之過程中，歸納出兩類測定模式：

1. 對於作業型態屬於重複穩定之職業而言，例如生產線、儀器操作員、抄表員等，可於其正常工作位置 6 分鐘之量測數據作為參考，如在此一期間內無明顯變動，可計算 6 分鐘之均方根值，代表 8 小時工作之平均暴露強度。
2. 對於工作型態不固定之職業而言，例如巡檢員、維修人員等，則需考慮進行其活動區域之強度分布測量，並估計其於各區域之活動時間，以各時段之場強值，取

其平方及對應時間的乘積後加總，再取平方根後除以總量測時間，作為平均值。對於工作型態屬於明顯波動之特性者，亦適用本估算法。

如作業型態特殊，可能產生高強度之場強時，亦可考慮以此時段之平均值，代表 8 小時工作之暴露強度，以提供更加保守之保護。

第五節 低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊

本計畫參考相關國際機構出版之準則，並考量現場量測評估時之可行性，研擬低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊，作為後續評估時之依據，手冊分為 1.摘要、2.背景、3.目的、4.範圍、5.依據、6.定義與單位、7.評估模式與採樣策略、8.量測方法、9.量測數據分析與評估、10.應用限制等章節，並經 3 次專家學者會議審議通過，內容如附件 2 所示。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本計畫旨在整合國際電磁場相關文獻之評估方法，提出可行之職場量測模式，並進行工作場所低頻電磁場量測評估，除建立國內低頻電磁場職場暴露特性基本資料外，亦藉此評估量測模式之合理性及可用性。本研究執行之成果總結如下：

1. 蒐集國際關於職業場所低頻電磁場(波)測量與評估方法之相關規範及文獻

本研究透過科學資料庫(NCBI Pubmed)收集 2010 年關於探討電磁場與健康效應、動物暨細胞毒性、流行病學調查及健康風險評估相關之科學文獻 59 則，暨國際相關機構(如 ICNIRP 及 NIOSH)關於電磁場(波)之準則或建議文件 13 則。內容除已應用於量測方法之建立外，亦將作為後續規劃之依據。

2. 辦理專家學者會議審查提昇計畫執行內容之合理性

本計畫依照規劃，邀集電機、電磁輻射、職業衛生等專業之專家學者共 12 人次，進行 3 階段之審議，提供本計畫合理可行之執行方向。

3. 執行事業單位低頻電磁場(波)現場量測

本計畫完成 15 場次職業場所低頻電磁場(波)現場量測評估工作，其中包括一般產業 7 廠次及光電高科技產業 8 廠次。結果發現，除少數操作(如鑄造業之高周波爐或超音波塑膠融接等)外，多數行業之低頻電磁場仍以電力頻率(60Hz)為主，而低頻磁場場強除鑄造業之高周波爐附近較高外(可達數百毫高斯)，其餘均遠低於國際暴露建議值。在量測之 8 場次光電高科技廠部分，在例行性操作情況下，各廠低頻電場及磁場場強值亦遠低於國際暴露建議值。

4. 研擬職業場所低頻電磁場(波)之量測與評估方法

本研究參酌國際相關準則，提出針對工作場所中勞工特定操作位置或潛在發生源及其周遭進行定點低頻(1Hz-100KHz)電磁輻射場強量測方法。由於職場低頻電磁場量測屬於近場模式，因此，電場與磁場必須分別量測，並進行頻譜分析。本方法建議於選定位置之 3 種高度(1.0m、1.3m 及 1.6m)分別量測，並綜合不同時段量測結果，作

為勞工平均電磁輻射場強值。而針對個別頻率量測之場強值與對應之暴露標準建議值之比率加總後，可求得總暴露比，最後再據此判定暴露是否過量。

5. 編寫「低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊」

本計畫參考相關國際機構出版之準則，並根據上述之現場量測評估方法，編寫低頻電磁場(波)現場量測與評估方法技術手冊，內容分為摘要、背景、目的、範圍、依據、定義與單位、評估模式與採樣策略、量測方法、量測數據分析與評估及應用限制等單元，並經專家學者會議審議修正，可作為未來現場量測與評估之依據，後續將持續依文獻蒐集、國際規範內容及現場調查結果，配合國內更多專家學者的意見，持續修改技術手冊內容，使其更臻符合國內職業場所電磁場(波)分布特性。

第二節 建議

1. 環境與職場電磁場量測與暴露調查目前已獲得各國普遍的重視，勞工安全衛生研究所亦於2006年完成我國職場危害因子(職場電磁場)容許標準建議值之文獻彙整分析，提出容許標準建議值草案，建議有關單位儘速審查通過此一標準，作為事業單位量測評估時的參考依據。
2. 職場電磁場屬於物理性危害，其量測評估多依賴各類直讀式儀器，因此，儀器設備之校正與調整，便成為影響數據品質的重要因素之一。建議儘速規劃建立國家級電磁場頻率及場強校準公正機構，作為量測評估之基礎。
3. 本年度已完成職場低頻電磁場之量測方法建立，及相關行業之現場量測，未來可擴及至其他中高頻電磁場作業場所(例如雷達、短波及電信通訊等)，規劃量測模式及暴露特性調查，以提供相關勞工完整之保護。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所張組長振平、林副研究員桂儀外，另包括弘光科技大學錢教授葉忠、明志科技大學古教授家豪，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] International Labour Organisation (ILO). Protection of workers from power frequency electric and magnetic fields. Geneva: International Labour Office; Occupational Safety and Health Series, No. 69; 1994.
- [2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP (1998). Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* 74, 494-522.
- [3] ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2001.
- [4] United Nations Environment Programme/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 137; 1993.
- [5] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) “Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines” IEEE Std. 644. 1994.
- [6] 古家豪等 “職業場所電磁場（波）現場量測及評估技術之探討”，勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH98-3069，2009年12月，台北
- [7] Electronic Communications Committee (ECC), European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). “Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9KHz–300GHz)” 2007.
- [8] The European Committee for Electrotechnical Standardisation (CENELEC). “Assessment of the exposure of workers to electromagnetic fields” EN50499. Dec. 2008.
- [9] National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). “Manual for Measuring Occupational EMF Exposures” Publication Number 98-154. NIOSH, Centers for Disease Control and Prevention, U.S. Department of Health and Human Services; Oct. 1998.
- [10] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). “IEEE recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields

with respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz.” IEEE Std. C95.3., 2002 (revised 2008).

- [11] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). “Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields” *Health Phys.* 66:100 –106; 1994.
- [12] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). “Sub-radiofrequency (30KHz and below) and Static electric fields” Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, 2004.

附錄一

電磁場(波)對生物體之影響相關文獻 (2010 年)

I. 人類流行病學研究

1. Berg-Beckhoff G, Heyer K, Kowall B, Breckenkamp J, Razum O. The views of primary care physicians on health risks from electromagnetic fields. *Dtsch Arztebl Int.* 2010;107(46):817-23.
2. Rössli M, Frei P, Mohler E, Hug K. Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bull World Health Organ.* 2010;88(12):887-896F.
3. Heinrich S, Thomas S, Heumann C, von Kries R, Radon K. Association between exposure to radiofrequency electromagnetic fields assessed by dosimetry and acute symptoms in children and adolescents: a population based cross-sectional study. *Environ Health.* 2010;9(1):75.
4. Bédja M, Magne I, Souques M, Lambrozo J, Le Brusquet L, Fleury G, Azoulay A, Deschamps F, Carlsberg A. Methodology of a study on the French population exposure to 50 Hz magnetic fields. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010;142(2-4):146-52.
5. Lazutkin D, Husar P. Modeling of electromagnetic stimulation of the human brain. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2010;1:581-4.
6. Souques M, Magne I, Lambrozo J. Implantable cardioverter defibrillator and 50-Hz electric and magnetic fields exposure in the workplace. *Int Arch Occup Environ Health.* 2010 Nov 11. [Epub ahead of print]
7. Drozdov AV, Nagorskaia TP, Masiukevich SV, Gorshkov ES. Quantum mechanical aspects of effects of weak magnetic fields upon biological objects. *Biofizika.* 2010 Jul-Aug;55(4):740-9. Russian.
8. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, Mezei G, Oksuzyan S, Schüz J, Swanson J, Tittarelli A, Vinceti M, Wunsch Filho V. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer.* 2010;103(7):1128-35.

9. Kroll ME, Swanson J, Vincent TJ, Draper GJ. Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *Br J Cancer*. 2010;103(7):1122-7.
10. Schmiedel S, Blettner M. The association between extremely low-frequency electromagnetic fields and childhood leukaemia in epidemiology: enough is enough? *Br J Cancer*. 2010;103(7):931-2.
11. Grigoriev YG, Grigoriev OA, Ivanov AA, Lyaginskaya AM, Merkulov AV, Shagina NB, Maltsev VN, Lévêque P, Ulanova AM, Osipov VA, Shafirkin AV. Confirmation studies of Soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. *Bioelectromagnetics*. 2010;31(8):589-602. doi: 10.1002/bem.20605.
12. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Feychting M, Johansen C, Monroe J, Murphy MF, Oksuzyan S, Preston-Martin S, Roman E, Saito T, Savitz D, Schüz J, Simpson J, Swanson J, Tynes T, Verkasalo P, Mezei G. A pooled analysis of extremely low-frequency magnetic fields and childhood brain tumors. *Am J Epidemiol*. 2010;172(7):752-61.
13. Kakizawa Y, Seguchi T, Horiuchi T, Hongo K. Cerebral aneurysm clips in the 3-tesla magnetic field. Laboratory investigation. *J Neurosurg*. 2010;113(4):859-69.
14. Han J, Cao Z, Liu X, Zhang W, Zhang S. Effect of early pregnancy electromagnetic field exposure on embryo growth ceasing. *Wei Sheng Yan Jiu*. 2010;39(3):349-52. Chinese.
15. Calvente I, Fernandez MF, Villalba J, Olea N, Nuñez MI. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: a systematic review. *Sci Total Environ*. 2010;408(16):3062-9.
16. Qiu LB, Ding GR, Li KC, Wang XW, Zhou Y, Zhou YC, Li YR, Guo GZ. The role of protein kinase C in the opening of blood-brain barrier induced by electromagnetic pulse. *Toxicology*. 2010;273(1-3):29-34.
17. Mehic B. Bosn. Retraction: Evaluation of carcinogenic effects of electromagnetic fields (EMF). *J Basic Med Sci*. 2010;10(4):331.
18. Bayazit V, Bayram B, Pala Z, Atan O. Evaluation of carcinogenic effects of electromagnetic fields (EMF). *Bosn J Basic Med Sci*. 2010; 10(3):245-50.

19. Emre M, Cetiner S, Zencir S, Unlukurt I, Kahraman I, Topcu Z. Oxidative Stress and Apoptosis in Relation to Exposure to Magnetic Field. *Cell Biochem Biophys*. 2010 Sep 8. [Epub ahead of print]
20. Keevil SF, Krestin GP. EMF directive still poses a risk to MRI research in Europe. *Lancet*. 2010 Oct 2;376(9747):1124-5.
21. Akan Z, Aksu B, Tulunay A, Bilsel S, Inhan-Garip A. Extremely low-frequency electromagnetic fields affect the immune response of monocyte-derived macrophages to pathogens. *Bioelectromagnetics*. 2010;31(8):603-12.
22. Behrens T, Lyngé E, Cree I, Sabroe S, Lutz JM, Afonso N, Eriksson M, Guénel P, Merletti F, Morales-Suarez-Varela M, Stengrevics A, Févotte J, Llopis-González A, Gorini G, Sharkova G, Hardell L, Ahrens W. Occupational exposure to electromagnetic fields and sex-differential risk of uveal melanoma. *Occup Environ Med*. 2010;67(11):751-9.
23. Augner C, Hacker GW, Oberfeld G, Florian M, Hitzl W, Hutter J, Pauser G. Effects of exposure to GSM mobile phone base station signals on salivary cortisol, alpha-amylase, and immunoglobulin A. *Biomed Environ Sci*. 2010;23(3):199-207.
24. Iorio R, Delle Monache S, Bennato F, Di Bartolomeo C, Scrimaglio R, Cinque B, Colonna RC. Involvement of mitochondrial activity in mediating ELF-EMF stimulatory effect on human sperm motility. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(1):15-27.
25. Andel R, Crowe M, Feychting M, Pedersen NL, Fratiglioni L, Johansson B, Gatz M. Work-related exposure to extremely low-frequency magnetic fields and dementia: results from the population-based study of dementia in Swedish twins. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010;65(11):1220-7.
26. Stam R. Electromagnetic fields and the blood-brain barrier. *Brain Res Rev*. 2010;65(1):80-97.
27. Dimida A, Ferrarini E, Agretti P, De Marco G, Grasso L, Martinelli M, Longo I, Giulietti D, Ricci A, Galimberti M, Siervo B, Licitra G, Francia F, Pinchera A, Vitti P, Tonacchera M. ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS DO NOT MODIFY THE BIOCHEMICAL PROPERTIES OF FRTL-5 CELLS. *J Endocrinol Invest*. 2010 Jun 11. [Epub ahead of print]
28. Frei P, Mohler E, Bürgi A, Fröhlich J, Neubauer G, Braun-Fahrlander C, Rösli M;

QUALIFEX Team. Classification of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields (RF-EMF) for epidemiological research: Evaluation of different exposure assessment methods. *Environ Int.* 2010;36(7):714-20.

II. 動物或細胞毒性研究

1. Kim J, Ha CS, Lee HJ, Song K. Repetitive exposure to a 60-Hz time-varying magnetic field induces DNA double-strand breaks and apoptosis in human cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2010;400(4):739-44.
2. Kuo YC, Chen HH. Effect of electromagnetic field on endocytosis of cationic solid lipid nanoparticles by human brain-microvascular endothelial cells. *J Drug Target.* 2010;18(6):447-56.
3. Garip AI, Akan Z. Effect of ELF-EMF on number of apoptotic cells; correlation with reactive oxygen species and HSP. *Acta Biol Hung.* 2010;61(2):158-67.
4. Collard JF, Mertens B, Hinsenkamp M. In vitro study of the effects of ELF electric fields on gene expression in human epidermal cells. *Bioelectromagnetics.* 2011;32(1):28-36.
5. Magazù S, Calabrò E, Campo S. FTIR spectroscopy studies on the bioprotective effectiveness of trehalose on human hemoglobin aqueous solutions under 50 Hz electromagnetic field exposure. *J Phys Chem B.* 2010;114(37):12144-9.
6. Berg H, Günther B, Hilger I, Radeva M, Traitcheva N, Wollweber L. Bioelectromagnetic field effects on cancer cells and mice tumors. *Electromagn Biol Med.* 2010;29(4):132-43.
7. Watilliaux A, Edeline JM, Lévêque P, Jay TM, Mallat M. Effect of Exposure to 1,800 MHz Electromagnetic Fields on Heat Shock Proteins and Glial Cells in the Brain of Developing Rats. *Neurotox Res.* 2010 Nov 2. [Epub ahead of print]
8. Jacquot JF, le Bail JL, Bardet M, Tabony J. Exposure of biological preparations to radiofrequency electromagnetic fields under low gravity. *Rev Sci Instrum.* 2010;81(11):115103.
9. Frilot C 2nd, Carrubba S, Marino AA. Transient and steady-state magnetic fields induce increased fluorodeoxyglucose uptake in the rat hindbrain. *Synapse.* 2010 Nov 16. [Epub ahead of print]

10. Kraiukhina KIu, Lobkaeva EP, Deviatkova NS. Effect of the low-frequency impulse magnetic field on the autonomic nervous system in animals. *Biofizika*. 2010;55(4):720-6. Russian.
11. Ikehara T, Nishisako H, Minami Y, Ichinose Sasaki H, Shiraishi T, Kitamura M, Shono M, Houchi H, Kawazoe K, Minakuchi K, Yoshizaki K, Kinouchi Y, Miyamoto H. Effects of exposure to a time-varying 1.5 T magnetic field on the neurotransmitter-activated increase in intracellular Ca(2+) in relation to actin fiber and mitochondrial functions in bovine adrenal chromaffin cells. *Biochim Biophys Acta*. 2010;1800(12):1221-30.
12. Gurbuz N, Sirav B, Yuvaci HU, Turhan N, Coskun ZK, Seyhan N. Is there any possible genotoxic effect in exfoliated bladder cells of rat under the exposure of 1800 MHz GSM-like modulated radio frequency radiation (RFR)? *Electromagn Biol Med*. 2010;29(3):98-104.
13. Ibeý BL, Pakhomov AG, Gregory BW, Khorokhorina VA, Roth CC, Rassokhin MA, Bernhard JA, Wilmlink GJ, Pakhomova ON. Selective cytotoxicity of intense nanosecond-duration electric pulses in mammalian cells. *Biochim Biophys Acta*. 2010;1800(11):1210-9.
14. O'Connor RP, Madison SD, Leveque P, Roderick HL, Bootman MD. Exposure to GSM RF fields does not affect calcium homeostasis in human endothelial cells, rat pheochromocytoma cells or rat hippocampal neurons. *PLoS One*. 2010;5(7):e11828.
15. de Bruyn L, de Jager L. Effect of long-term exposure to a randomly varied 50 Hz power frequency magnetic field on the fertility of the mouse. *Electromagn Biol Med*. 2010;29(1-2):52-61.
16. Xiao D, Yang L, Lei ZJ, Yang YH, Qiang G, He CQ. Effect of pulsed electromagnetic fields on biomechanical properties of femur in ovariectomized rats. *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2010;41(2):296-8. Chinese.
17. Okudan N, Celik I, Salbacak A, Cicekcibasi AE, Buyukmumcu M, Gökbel H. Effects of long-term 50 Hz magnetic field exposure on the micro nucleated polychromatic erythrocyte and blood lymphocyte frequency and argyrophilic nucleolar organizer regions in lymphocytes of mice. *Neuro Endocrinol Lett*. 2010;31(2):208-14.
18. Jiménez-García MN, Arellanes-Robledo J, Aparicio-Bautista DI, Rodríguez-Segura

- MA, Villa-Treviño S, Godina-Nava JJ. Anti-proliferative effect of extremely low frequency electromagnetic field on preneoplastic lesions formation in the rat liver. *BMC Cancer*. 2010;10:159.
19. Ammari M, Gamez C, Lecomte A, Sakly M, Abdelmelek H, De Seze R. GFAP expression in the rat brain following sub-chronic exposure to a 900 MHz electromagnetic field signal. *Int J Radiat Biol*. 2010;86(5):367-75.
 20. Ntzouni MP, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Margaritis LH. Short-term memory in mice is affected by mobile phone radiation. *Pathophysiology*. 2010 Nov 25. [Epub ahead of print]
 21. Xu YQ, Zheng NX, Xu XY, Zhao XZ, Ren N, Lin W, Wang JL. Effects of high-frequency electromagnetic field on morphology of hippocampal cells in female rats. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2010;28(6):410-3. Chinese.
 22. Tenorio BM, Jimenez GC, Morais RN, Torres SM, Albuquerque Nogueira R, Silva Junior VA. Testicular development evaluation in rats exposed to 60 Hz and 1 mT electromagnetic field. *J Appl Toxicol*. 2010 Oct 8. [Epub ahead of print]
 23. Ulku R, Akdag MZ, Erdogan S, Akkus Z, Dasdag S. Extremely Low-Frequency Magnetic Field Decreased Calcium, Zinc and Magnesium Levels in Costa of Rat. *Biol Trace Elem Res*. 2010 Sep 25. [Epub ahead of print]
 24. Martínez-Sámano J, Torres-Durán PV, Juárez-Oropeza MA, Elías-Viñas D, Verdugo-Díaz L. Effects of acute electromagnetic field exposure and movement restraint on antioxidant system in liver, heart, kidney and plasma of Wistar rats: a preliminary report. *Int J Radiat Biol*. 2010;86(12):1088-94.
 25. Sonmez OF, Odaci E, Bas O, Kaplan S. Purkinje cell number decreases in the adult female rat cerebellum following exposure to 900 MHz electromagnetic field. *Brain Res*. 2010;1356:95-101.
 26. Nishimura T, Okano H, Tada H, Nishimura E, Sugimoto K, Mohri K, Fukushima M. Lizards respond to an extremely low-frequency electromagnetic field. *J Exp Biol*. 2010;213(Pt 12):1985-90.
 27. Polaniak R, Bułdak RJ, Karoń M, Birkner K, Kukla M, Zwirska-Korczala K, Birkner E. Influence of an extremely low frequency magnetic field (ELF-EMF) on antioxidative vitamin E properties in AT478 murine squamous cell carcinoma culture in vitro. *Int J*

- Toxicol. 2010;29(2):221-30.
28. Takahashi S, Imai N, Nabae K, Wake K, Kawai H, Wang J, Watanabe S, Kawabe M, Fujiwara O, Ogawa K, Tamano S, Shirai T. Lack of adverse effects of whole-body exposure to a mobile telecommunication electromagnetic field on the rat fetus. *Radiat Res.* 2010;173(3):362-72.
 29. Zhang X, Liu X, Pan L, Lee I. Magnetic fields at extremely low-frequency (50 Hz, 0.8 mT) can induce the uptake of intracellular calcium levels in osteoblasts. *Biochem Biophys Res Commun.* 2010 4;396(3):662-6.
 30. Lerchl A. Are these data real? Comments on "No effects of intermittent 50 Hz EMF on cytoplasmic free calcium and on the mitochondrial membrane potential in human diploid fibroblasts." by Pilger et al. (*Radiat Environ Biophys* 43:203-7 (2004)). *Radiat Environ Biophys.* 2010;49(3):491-3; author reply 495-7. Epub 2010 Apr 3.
 31. Ivanov AA, Grigor'ev IuG, Mal'tsev VN, Ulanova AM, Stavrakova NM, Skachkova VG, Grigor'ev OA. Autoimmune processes after long-term low-level exposure to electromagnetic fields (the results of an experiment). Part 3. The effect of the long-term non-thermal RF EMF exposure on complement-fixation antibodies against homogenous tissue. *Radiats Biol Radioecol.* 2010;50(1):17-21. Russian.

附錄二

工作場所低頻電磁場(波)現場量測與評估方法

技術手冊

摘要

本方法提供工作場所中勞工特定操作位置或潛在發生源及其周遭進行定點低頻(1Hz–100KHz) 電磁輻射場強量測時之用。由於職場電磁場(多數為低頻)量測屬於近場模式，因此，電場與磁場必須分別量測，並進行頻譜分析。本方法建議於選定位置之3種高度(1.0m、1.3m及1.6m)分別量測，並綜合不同時段量測結果，作為勞工平均電磁輻射場強值。而針對個別頻率量測之場強值與對應之暴露標準建議值之比率加總後，可求得總暴露比，最後再據此判定暴露是否過量。

背景

電場(electric fields)來至電位差，因此，電力(交流電(AC))伏特數越高，則電場越大，而即使沒有電流通過時，電場依然存在，且其值固定。電場隨著與發生源之距離增大而減少，且可被多數之材質，例如牆壁及樹木所減弱。

磁場(magnetic fields)則因電流之流動而產生，因此，電流越大，則磁場越強。磁場亦隨著與發生源之距離越大而減少，但磁場並不易被多數之物件材質所阻絕。另外，靜態磁場(static magnetic fields)多數由直流電(DC)產生，它並不隨著電流強弱變動，地球天然之磁場亦屬於靜態磁場。

由於人類創造出許多不同功能且耗電量高的設備，因此，產生頻率與波長多樣化的各種電磁輻射。而許多職業，因為工作所接觸或使用的機器設備必須耗用大量電流，因此也暴露於高強度的低頻電磁波之下，這些職業族群包括：電力供應業者(變電所、輸配線工作者)及高耗電行業(電焊、鋼鐵廠電弧爐工作者、高週波爐操作者)等。

一般而言，極低頻電磁場的能量都很小，主要對人體神經系統造成影響，但對生物組織不會產生熱效應(註: >100kHz 頻率時，身體組織將明顯吸收能量，造成組織之

熱效應)。急性高強度暴露時，可造成神經與肌肉刺激，及增加中樞神經之敏感度，而可能引起頭痛、頭暈、記憶力喪失、疲倦等主觀症狀。雖然目前仍缺乏可接受之致癌機制，但部分流行病學研究發現極低頻電磁場暴露及兒童白血病之關聯性，因此，國際癌症研究總署(IARC) 將極低頻電磁場歸類人類可能致癌因子。

目的

低頻電磁場具有較大的波長與皮膚穿透深度(Skin Depths，其定義為穿透組織之電磁場強度達原來 37%所需之距離)，例如交流電力頻率 50-60 Hz 之電磁場的波長約為 5000KM，其皮膚穿透深度約為 150 公尺。近場(near field) 通常定義為距離電磁場發生源數個波長內的距離，在此距離內，電磁場的結構可能很不均勻，電場(E)與磁場(H)的最大值和最小值並不像在遠場(far field) 狀況時呈現重疊現象，因此，對於職場（多數為低頻電磁場)評估而言，電場與磁場必須分別量測。本手冊旨在提供工作場所電磁場量測評估時之方法。

範圍

本方法主針對工作場所中勞工特定操作位置或潛在發生源進行定點電磁輻射場強量測之用。

本方法涵蓋工作場所中 1Hz – 100kHz 頻率(包括交流電力頻率 60Hz)之低頻及極低頻電磁輻射量測與評估。

惟考量及整合勞工之時間/活動特性後，本量測結果可應用於勞工電磁場暴露評估。

依據

本方法主要參考下列準則整合而成：

1. 採樣評估策略

“Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9KHz–300GHz)” – Electronic Communications Committee (ECC), European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT); 2007.

“Assessment of the exposure of workers to electromagnetic fields” EN50499. The European Committee for Electrotechnical Standardisation (CENELEC), Dec. 2008.

“Manual for Measuring Occupational EMF Exposures” Publication Number 98-154. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), Centers for Disease Control and Prevention, U.S. Department of Health and Human Services; Oct. 1998.

2. 儀器量測

“Standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz”. IEEE C95.1-1991. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). 1992.

“Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines” IEEE Std. 644. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), 1994.

3. 數據評估

“Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)” *Health Phys.* 74, 494–522; 1998. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

“Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields” *Health Phys.* 66:100 –106; 1994. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

“Sub-radiofrequency (30KHz and below) and Static electric fields” Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2004.

定義與單位

本方法量測評估時使用之專有名詞與單位如下：

表 1 專有名詞與單位

Quantity	Symbol	Unit
Conductivity	σ	Siemens per meter ($S\ m^{-1}$)
Current	I	Ampere (A)
Current density	J	ampere per square meter ($A\ m^{-2}$)
Frequency	f	Hertz (Hz)
Electric field strength	E	volt per meter ($V\ m^{-1}$)
Magnetic field strength	H	ampere per meter ($A\ m^{-1}$)
Magnetic flux density	B	Tesla (T)
Magnetic permeability	μ	henry per meter ($H\ m^{-1}$)
Permittivity	ϵ	farad per meter ($F\ m^{-1}$)
Power density	S	watt per square meter ($W\ m^{-2}$)

Specific energy absorption	SA	joule per kilpgram(J kg ⁻¹)
Specific energy absorption rate	SAR	watt per kilpgram(W kg ⁻¹)

採樣策略與評估模式

一、工作場所電磁場暴露評估時之採樣策略

國際間目前對職場電磁場強度尚無一致之量測評估方法，依據評估目的不同，可參考下列採樣策略：

1. 訪查量測(walk-through survey) – 利用簡易型儀器，進行篩檢，於初次訪查時量測全廠，針對特定頻率範圍，找出高強度之區域（或個人）。
2. 發生源量測(source assessment) – 針對廠內特定區域及潛在發生源（可藉上述之量測或專業判斷選定）附近之量測，特別是針對時間及空間的分布特性，以訂出強度較高之區域。
3. 區域量測(area monitoring) – 針對廠內人員工作區域/位置之特定時間點量測或連續量測，量測內容包括電磁場之頻率、時間、高度、波型等特性，屬完整評估模式，以掌握潛該區域(或在該區域活動之人員)的暴露特性。

二、量測高度

職場低頻電磁場主要對人體神經系統造成影響（非熱效應），由於職業場所現場複雜的作業環境可能產生不同的電磁場發生源(如架空懸吊線路、平行配置線路及地下敷設線路等，加上設備本身之電磁場可能並不均勻)，因此，評估時針對腹部(骨盆)、胸部及頭部對應之高度進行量測。

量測高度歐盟 ECC 建議分別以 1.1m、1.5m 及 1.7m 為原則，若有坐姿工作之地點則可特別註明，並降低高度。考慮國人人體計測值與國外之差異，特進行調整(見表 2)，建議站姿操作者於高度 1.0m、1.3m 及 1.6m(分別代表國人腹部、胸部及頭部相對高度)或坐姿操作者於 0.6m、0.9m 及 1.2m(分別代表國人腹部、胸部及頭部相對高度)等高度進行量測。本方法假設低頻電磁場對人體腹部、胸部及頭部之影響均等，因此將 3 種高度之個別讀值平方，經總和並取算術平均後，再取平方根，作為代表本量測位置全身平均之電場或磁場之強度值。

訪查量測時可於 1.3m(站姿胸部高度)或 1.0m(坐姿胸部高度)，進行快速篩選。

表 2 量測高度及其對應之人體部位

量測高度 (cm)	代表人體部位	參考參數*
站姿		
100	腹部	肚臍高 99.0
130	胸部	$129.6 = (\text{肩高 } 138.2 + \text{乳頭離地高 } 121.0) / 2$
160	頭部	眼高 157.0
坐姿		
60	腹部	坐姿膝上緣高 51.6
90	胸部	$91.6 = (\text{坐姿肩高 } 100.2 + \text{坐姿乳頭離地高 } 83) / 2$
120	頭部	坐姿眼高 119.0

* 我國男性勞工平均值(單位:公分)，民 89 年 1 月人體計測資料庫

三、量測時間

如作業型態屬於重複穩定狀態(可藉工作流程或用電量之變動性進行簡易判定)，則先以 6 分鐘之量測數據作為參考，如在此一期間內無明顯變動，可計算 6 分鐘之均方根值，代表 8 小時工作之平均暴露強度。

如作業型態屬於明顯波動，可量測各時段之場強值，取其平方及對應時間的乘積後加總，再取平方根後除以總量測時間，作為平均值。

如作業型態特殊，可能產生高強度之場強時，亦可考慮以此時段之平均值，代表 8 小時工作之暴露強度，以提供更加保守之保護。

四、儀器設備

電場與磁場量測儀器須具有可分別量測個別頻率場強之功能(頻譜分析或窄頻 narrowband)，儀器之解析度在 1Hz－1KHz 範圍應小於 5Hz，而在 1KHz－100 KHz 範圍應小於 100Hz，各頻率之場強值可直接與暴露標準建議值進行比較。惟職場環境中之電磁場頻率已知時，可使用具檢測該頻率之儀器，進行量測。儀器量測之不確定性需小於±10%。

量測儀器之感測元件分為兩種類別：一為等向性探頭(isotropic probe)，具有三個垂直正交軸感測器，並可求得有效場強(即三軸場強分量之真均方根值，true rms value)；另一類為非等向性單軸探頭(anisotropic probe)，包括測量電場場強之棒形天線(rod antenna)與測量磁場場強之環形天線(loop antenna)，但這些亦能分別測得場強三軸之正交分量。本方法建議使用等向性儀器進行量測。

感測元件與測定人員應至少間隔 2 公尺以降低干擾，其支撐腳架應使用低導

電之絕緣材質(如木質)，且與儀器本體間之信號傳輸應採用光纖或抗電磁線。

儀器使用前應有正常校準程序，建議校正之有效期限為一年，但具自動校正功能者得至3年。

量測步驟

注意事項：

- (1) 由於低頻電磁場量測屬於近場(near field)量測，此時電場與磁場的場強值並不會呈現在遠場(far field)時的固定比例條件($E/H = 377\Omega$)，為減少近場效應所產生的誤差，應對電場及磁場分別進行測量。但考量低頻場強存在較高的潛在傷害風險，故應優先進行電場場強測量。
- (2) 對高強度場區，應由較低朝較高場強區接近，並於測量時與發生源保持適當之距離(不得低於10cm)，以避免感測元件因強度過大而過載損毀。
- (3) 對於未知頻率、調變方式及場強變化劇烈的區域，應準備具有頻譜分析功能之電磁場場強儀器來測量。

I. 職場電力頻率(60 Hz)電磁場場強評估與測量：

1. 適用時機：職業場所使用之設備所發射之電磁場以電力頻率(60 Hz)為主。
2. 儀器使用與校正：選擇能夠涵蓋我國電力頻率(60 Hz)之電磁場測量儀器，無功能異常之狀態，並經適當之校正。儀器量測之不確定性需小於 $\pm 10\%$ 。
3. 訪查量測：使用涵蓋電力頻率之磁場場強測量儀，針對特定操作位置或潛在發生源進行篩檢評估。量測時，可先參考廠區內之電氣設備及線路配置圖，依循測量並找出最大電磁場(波)的發生地點；或以明顯有人員操作之重負載(Heavy load)電氣設備及附近之電氣線路入口處進行測量為原則。量測結果若超過職業場所電力頻率磁場場強暴露建議值($416.6\mu T$ 或 4167 mG 或 333 Am^{-1})的1/10時，則建議進行區域量測。注意:由於電流(耗電量)越大，磁場越強，因此訪查量測應涵蓋使用最大電流的操作時段。
4. 區域量測：主要針對廠內人員工作位置之特定時間點量測或連續量測。依操作者站姿於高度1.0m、1.3m及1.6m(或坐姿操作者於0.6m、0.9m及1.2m)進行測量，電場或磁場需分別量測並記錄讀值。如作業型態屬於重複穩定狀態，則以6分鐘之

量測數據計算其均方根值，代表8小時工作之平均暴露強度。如作業型態屬於明顯波動，可量測各時段之場強值，取其平方及對應時間的乘積後加總，再取平方根後除以總量測時間，作為平均值。

5. 發生源量測：針對特定區域或潛在發生源及其相關配線之周遭環境，以等距離劃分交叉測量格點(格點距離約30cm，但對於變化緩慢的發射源則可適度放寬距離)於高度1.3m(如同一位置另2種高度之場強變化超過1.5倍時，建議增加另一量測高度)進行測量，量測時由遠漸近針對待測區域/物體進行測量，其探針或天線部位與待測物體距離不得低於30cm。量測結果可藉繪製等強度線，呈現其空間分布特性。量測時亦應涵蓋使用最大電流的操作時段。

II. 職場低頻電磁場場強評估與測量：

1. 適用時機：職業場所使用之設備所發射之電磁場其頻率小於 100 Hz 或未知。
2. 儀器使用與校正：選擇能夠涵蓋電磁場測量頻率(約 1-100kHz)之適當儀器，無功能異常之狀態，並遵循正常校正程序。儀器之頻率響應範圍需為已知，且能分析、比較場強的頻譜或諧波成分。儀器量測之不確定性需小於 $\pm 10\%$ 。
3. 訪查量測：如針對電力頻率之電磁場進行評估，則可參考前述步驟進行篩檢。如使用之量測儀器具有頻譜分析功能(能涵蓋適用範圍 1-100kHz)，並內建暴露符合度評估功能者，可用於本量測，而當任一頻率之場強超過該頻率暴露建議值的 1/10 時，則建議進行區域量測。訪查量測時應涵蓋使用最大電流的操作時段。
4. 區域量測：主要針對廠內人員工作位置之特定時間點量測或連續量測。選定位置後，如操作者為站姿則於高度 1.0m、1.3m 及 1.6m(或坐姿操作者於 0.6m、0.9m 及 1.2m)進行測量，量測儀器需有頻譜分析功能，且電場或磁場需分別量測並依頻率分別記錄讀值。在量測時間上，如作業型態屬於重複穩定狀態，則以 6 分鐘之量測數據計算其均方根值，代表 8 小時工作之平均暴露強度。如作業型態屬於明顯波動，可量測各時段之場強值，取其平方及對應時間的乘積後加總，再取平方根後除以總量測時間，作為平均值。
5. 發生源量測：針對特定區域或潛在發生源及其相關配線之周遭環境，以等距離劃分交叉測量格點(格點距離約 30cm，但對於變化緩慢的發射源則可適度放寬距離)

於高度 1.3m(如同一位置 3 種高度之場強變化超過 1.5 倍時，建議增加另一量測高度)進行測量，量測時由遠漸近針對待測區域/物體進行測量，其探針或天線部位與待測物體距離不得低於 30cm。量測結果可藉繪製等強度線，呈現其空間分布特性。量測時亦應涵蓋使用最大電流的操作時段。

量測數據分析與評估

電磁場暴露標準建議值(ICNIRP, 1998)主要依據現有之健康效應資訊，再考慮安全係數而制定:

1. 介於 1 Hz - 10 MHz 頻率範圍：主要考量對神經系統之影響，因此針對頭部及軀體訂出電流密度(current density, J)建議值。例如介於 4 Hz – 1kHz 頻率範圍，當電流密度超過 100 mA/m² 時，中樞神經興奮閾值將改變，因此，職場暴露標準建議值訂為 10 mA/m²(安全係數設為 10)；而小於 4 Hz 或大於 1kHz 時，對中樞神經興奮性影響降低，因此建議值增加。
2. 介於 100kHz - 10 GHz 頻率範圍：主要考量組織之熱效應，因此針對局部及全身組織分別訂出特定吸收率(Specific energy absorption rate, SAR)之建議值；而介於 100kHz - 10 MHz 頻率範圍：則訂出電流密度及特定吸收率之建議值。例如介於 10 MHz – 數 GHz 頻率範圍，當暴露於平均全身組織特定吸收率大於 4W/kg 下 30 分鐘，體表溫度將上升 1°C，因此，職場暴露標準建議值訂為 0.4 W/kg (安全係數設為 10)。
3. 介於 10 GHz - 300 GHz 頻率範圍：主要考量組織或身體表面之熱效應，因此訂出電流密度建議值。

但電流密度及特定吸收率評估不易，因此，透過特定頻率之實驗評估數據及數學模式之推估，估算最大可能之暴露強度，並另制定不分暴露部位之全身性平均電磁場暴露標準建議值(如表 3)，作為現場電場與磁場強度量測後，是否過量暴露之依據。

由三個垂直正交軸感測器求得之有效場強 [即三軸場強強度的平均平方總和平方根，true root mean square (rms) value]，即為其總電場 (或磁場) 場強值。

$$\text{有效電場場強 } \vec{E} = \sqrt{(E_x^2 + E_y^2 + E_z^2)}/3 ;$$

$$\text{有效磁場場強 } \vec{H} = \sqrt{(H_x^2 + H_y^2 + H_z^2)/3} ;$$

注意：由此方法得到之數值有高估現象，因為進行 3 軸方向量測時，可能有部份頻率重疊，而估算公式並未校正此一現象。如使用具分析不同頻段之儀器進行量測時，各頻段讀值之平方總和平均後取平方根則為電場或磁場之強度值。

當綜合前述高度與時間之變異後，可計算其均方根值，再應用下列公式進行評估與判定。而個別頻率之電磁場強度值與建議值之比值的總和(Total Exposure Quotient)如小於 1，表示仍在安全暴露範圍。

表 3 國際非游離輻射防護委員會(ICNIRP)工作環境電磁場暴露標準建議值（未受干擾的均方根值）

頻率範圍	電場強度 E (Vm ⁻¹)	磁場強度 H (Am ⁻¹)	磁通密度 B (μT)	等效平面波功率密度 Seq (Wm ⁻²)
< 1 Hz	–	1.63×10 ⁵	2×10 ⁵	–
1–8 Hz	20 000	1.63×10 ⁵ /f ²	2×10 ⁵ /f ²	–
8–25 Hz	20 000	2×10 ⁴ /f	2.5×10 ⁴ /f	–
0.025–0.82 kHz	500/f	20/f	25/f	–
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	–
0.065–1 MHz	610	1.6/f	2.0/f	–
1–10 MHz	610/f	1.6/f	2.0/f	–
1–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2000 MHz	3f ^{1/2}	0.008 f ^{1/2}	0.01f ^{1/2}	f/40
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

註：本表參照 ICNIRP 1998 年文件；1μT=10mG=0.8Am⁻¹；例如：以單一電力頻率(60Hz)而言，磁場暴露建議值為 416.6μT (4167 mG 或 333 Am⁻¹)

(1) 電場效應評估計算式：當暴露之電磁場頻率介於 1Hz - 10 MHz 時使用

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{l,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1 \quad (1)$$

E_i 在頻率 i 的電場強度；

$E_{l,i}$ 該頻率 i 的電場強度建議值 (參見表 1)；

a 610 V/m；頻率介於 1 MHz - 10 MHz 時使用

(2) 磁場效應評估計算式：當暴露之電磁場頻率介於 1Hz - 10 MHz 時使用

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{150\text{kHz}} \frac{H_j}{H_{l,j}} + \sum_{j>150\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1 \quad (2)$$

H_j 在頻率 j 的磁場強度;

H_{lj} 該頻率 j 的磁場強度建議值 (參見表 1);

b 24.4 A/m (30.7 μ T); 頻率介於 65K - 10 MHz 時使用

應用限制

1. 本方法依據現有相關文獻準則整合而成，未來應適時修正更新。
2. 本方法未考慮維修保養時之非典型工作型態。
3. 量測時需注意量測儀器之頻率應用範圍。
4. 量測時需注意量測儀器在特定頻率範圍之解析度。
5. 使用者於量測前應考慮儀器之校準，確保數據品質。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

職場勞工低頻電磁場(波)暴露調查研究 / 張振平,
林桂儀著. -- 1版. -- 新北市 : 勞委會勞安所,
民100.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-02-7309-0(平裝)

1. 勞工衛生 2. 電磁波

412.53

100003786

職場勞工低頻電磁場(波)暴露調查研究

著(編、譯)者:張振平、林桂儀

出版機關:行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話:02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月:中華民國 100 年 3 月

版(刷)次:1 版 1 刷

定價:200 元

展售處:

五南文化廣場

台中市區中山路 6 號

電話:04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話:02-25180207

本書同時登載於本所網站之「出版中心」,網址為
http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx

- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者,須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有,翻印必究】

ISBN: 9789860273090

GPN: 1010000534