

核融合反應器專利分析

蕭子訓

核能研究所-綜合計畫組

2022/09

核融合乃是指將兩個原子量較小的元素透過特定的方式，進而變成原子量較大的元素，而在此過程中，質量並非處於守恆的狀態，因為有一部分的原子核質量被轉化成能量，核融合乃是如太陽等恆星能量的主要來源，在太陽的核心中，每分每秒都在進行核融合的反應，也因此，中國科學院的核融合裝置更有人造太陽之稱。雖然目前距離核融合反應器投入商業化的使用尚有一段距離，但由於核融合乃是相對潔淨且安全的能源，加上目前全球淨零碳排的趨勢下，未來極有可能成為各國重要的電力來源項目之一。爰此，本文透過專利分析的進行，探索其核心技術的分布，未來我國相關研究團隊可據此研擬技術研發的策略。

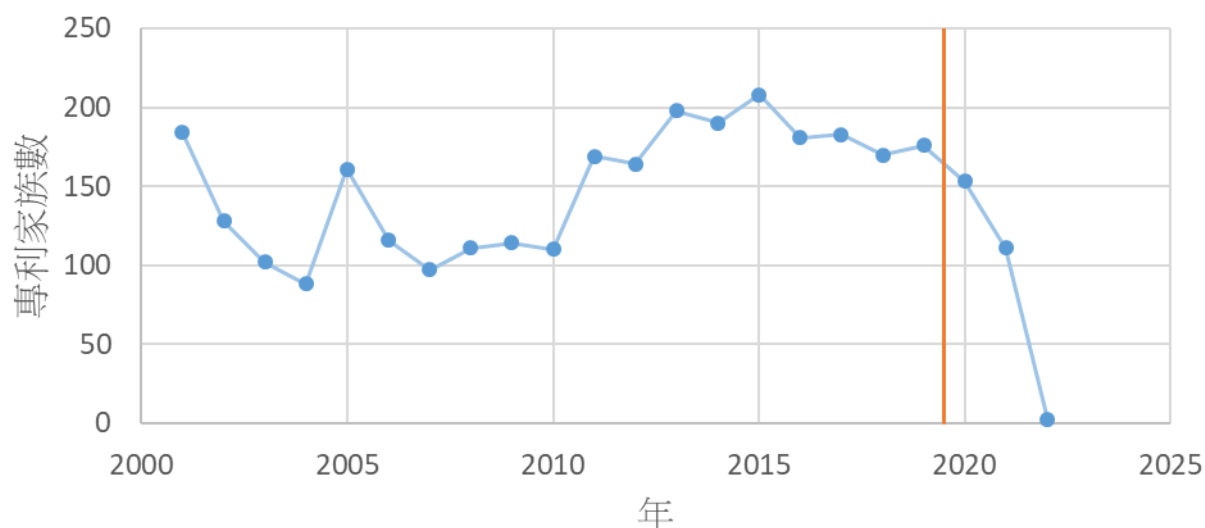
本文使用 Derwent Innovation 的專利資料庫[1]，進行 2001 年後核融合反應器專利的數據彙整，其檢索式如下：

檢索式：IC=(G21B) AND PRYS>=(2001) AND PRYS<=(2022);

檢索於 2022 年 4 月 29 日。

核融合反應器自 2001 年至今共有 6,298 個專利申請，共有 3,165 個 DWPI (Derwent World Patents Index) 專利家族，DWPI 專利家族乃是 Clarivate 公司委請大量有關領域專家針對優先權及權利範圍所定義之專利家族，本文據此作為數據分析的基礎。基於發明專利 18 個月的早期公開制度，本次檢索僅有至 2020 年 10 月的相關資料為完整資料。由於 DWPI 專利家族乃是 Clarivate 公司委請大量有關領域專家所定義之專利家族，故本文將據此作為數據分析的基礎。

圖 1 為核融合反應器整體專利家族的申請趨勢，可以發現在 2001 年時有近 200 個專利技術的申請，但自 2002 年至 2010 年間則每年約維持 100 個專利技術的申請，2011 年後的專利申請數量有所增加，並維持每年近 200 個專利技術申請量至今，其中，2011 年前後專利數量增加的趨勢，主要在於中國相關技術的發展與專利申請的投入所導致，然整體而言，由於核融合反應器技術仍未具備商業運轉的水平，因此技術的發展仍未進入成熟期。



備註：2020 至 2022 年的專利尚未完全公開，本次檢索僅有至 2020 年 10 月的相關資料為完整資料。

圖 1. 整體專利家族申請趨勢

由於在全球專利的申請中，根據 1971 年的「國際專利分類斯特拉斯堡協定」，均會給定由世界智慧財產權組織 (World Intellectual Property Organization, WIPO) 所管理的國際專利分類 (International Patent Classification, IPC)，因此本文的技術分析均據此進行，如圖 2 所示，核融合反應器主要的 IPC 分類為 G21B，其主要分為熱核融合反應器及低溫核融合反應器，其中熱核融合反應器更進一步的分類為「混合分裂—融合核反應器」、「使用慣性電漿圍束」、「使用磁力或電力電漿圍束」、「零部件」、「維修，例如修理或遠端檢查」等 5 個五階 IPC 分類。

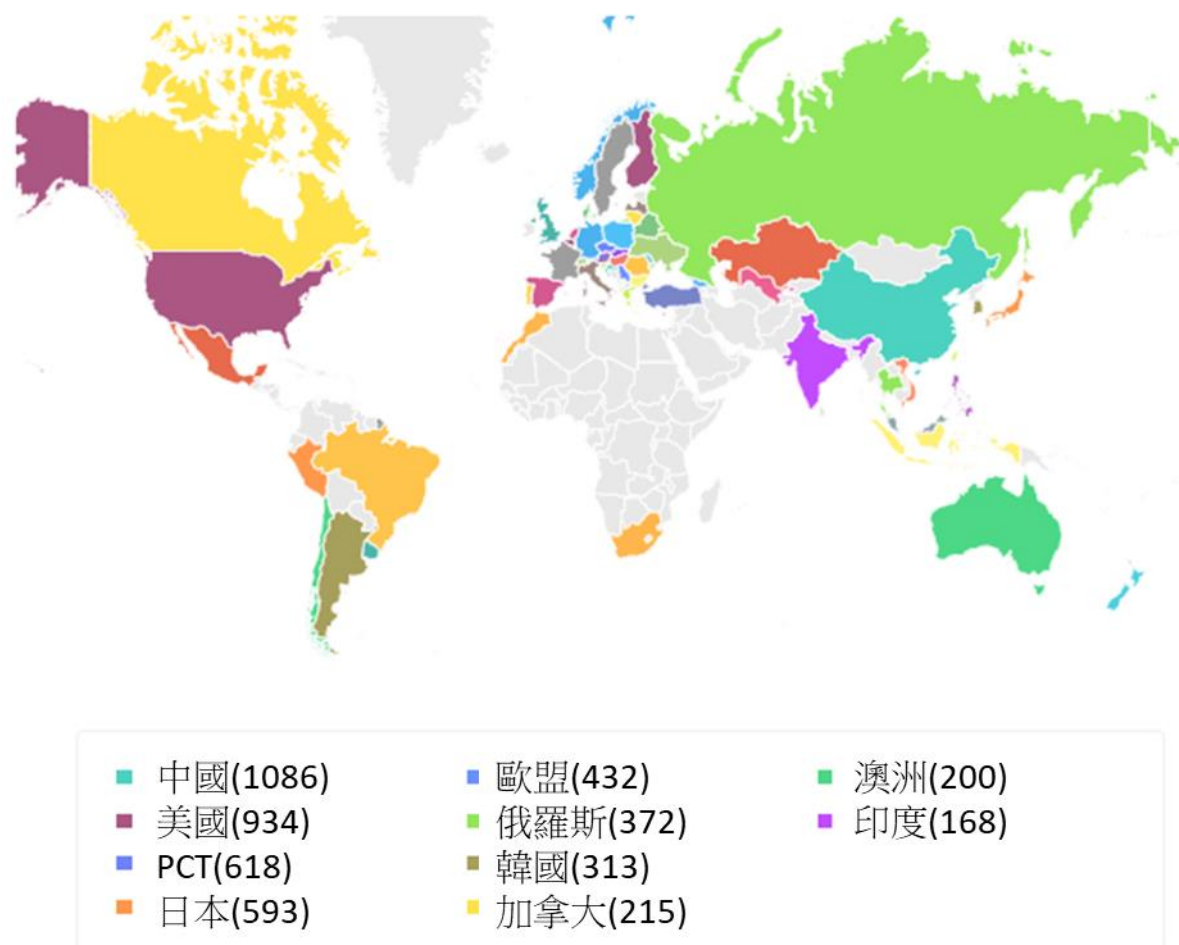
G	物理
G21	核物理；核工程
G21B	核融合反應器（不可控反應器見G21J）
G21B 1/00	熱核融合反應器 [1,8]
G21B 1/01	● 混合分裂－融合核反應器 [8]
G21B 1/03	● 使用慣性電漿固束 [8]
G21B 1/05	● 使用磁力或電力電漿固束 [8]
G21B 1/11	● 零部件 [8]
G21B 1/13	●● 第一壁；固包；分流偏濾器 [8]
G21B 1/15	●● 用以產生熱核融合反應之粒子注入器，例如彈丸注入器 [8]
G21B 1/17	●● 真空室；真空系統 [8]
G21B 1/19	●● 用以產生熱核融合反應之靶材[8]
G21B 1/21	●● 電力供給系統，例如用於磁系統者 [8]
G21B 1/23	●● 光學系統，例如用於照射靶材、加熱電漿或用於電漿量測技術者 [8]
G21B 1/25	● 維修，例如修理或遠端檢查 [8]
G21B 3/00	低溫核融合反應器，例如被稱為冷核融合反應器 [8] [1,8]

資料來源：經濟部智財局國際專利分類查詢網[2]

圖 2. 核融合反應器主要國際專利歸類

而從圖 3 可以看到，目前核融合反應器相關專利的申請，以中國及美國的申請案最多，分別為 1,086 個及 934 個專利家族，第二梯隊則包含了 PCT¹、日本、歐盟、俄羅及韓國，分別為 618 個、593 個、432 個、372 個及 313 個專利家族申請。台灣相關專利申請數量為 61 個，排名全球第 16 位。

¹ PCT 為專利合作條約(Patent Cooperation Treaty)的縮寫，由世界智慧財產組織負責管理，一般所稱的 PCT 案，即為依照專利合作條約所遞交的國際專利申請案，其好處在於可將優先權延長至 30 個月，以充分且仔細的考慮要申請的地區。



資料來源：本研究重繪自 Derwent Innovation 專利資料庫

圖 3. 核融合反應器專利申請地域分布

核融合反應器相關技術之主要國際專利分類如表 1 所示，主要涉及的技術包含「熱核融合反應器」(G21B 01) 共 2,308 個專利家族、「低溫核融合反應器」(G21B 03) 共 449 個專利家族、「電漿之產生；電漿之控制」(H05H 01) 共 329 個專利家族、「中性粒子束，例如：分子束或原子束之產生或加速」(H05H 03) 共 91 個專利家族、「用於產生核反應之靶」(H05H 06) 共 49 個專利家族、「由核融合或

核分裂反應直接產生電能之裝置」(G21D 07) 共 62 個專利家族、「粒子或游離輻射之處理裝置、如聚焦或緩和」(G21K 01) 共 45 個專利家族。

其中，熱核融合反應器近年主要聚焦於「使用磁力或電力電漿圍束」、「第一壁；圍包；分流偏濾器(零部件)」、「用以產生熱核融合反應之靶材(零部件)」、「光學系統，例如用於照射靶材、加熱電漿或用於電漿量測技術者(零部件)」、「維修，例如修理或遠端檢查」等技術項目，相較之下，低溫核融合反應器近年相關的研發較少。

電漿技術乃是進行核融合反應的重要技術項目，近年相關專利主要聚焦於「電漿加速器」，特別是將其用在「使用磁力或電力電漿圍束」的熱核融合反應器中，其雖然整體相關專利家族較少，僅 26 個專利家族，但多聚焦於近幾年進行技術的開發。「中性粒子束，例如：分子束或原子束之產生或加速」、「用於產生核反應之靶」、「由核融合或核分裂反應直接產生電能之裝置」、「粒子或游離輻射之處理裝置如聚焦或緩和」雖也有不少專利進行研發，但均非近幾年的重點研發項目。

表 1 核融合反應器之相關技術分類及統計

技術分類	專利家族數	近 5 年占比 ¹
熱核融合反應器(G21B 01)	2308	22.2%
混合分裂－融合核反應器	40	10.0%
使用慣性電漿圍束	168	16.1%
使用磁力或電力電漿圍束	465	36.3%
零部件	1194	26.8%
第一壁；圍包；分流偏濾器	276	28.3%
用以產生熱核融合反應之粒子注入器，例如彈丸注入器	124	19.4%
真空室；真空系統	170	15.3%
用以產生熱核融合反應之靶材	158	27.2%
電力供給系統，例如用於磁系統者	77	23.4%
光學系統，例如用於照射靶材、加熱電漿或用於電漿量測技術者	141	27.0%
維修，例如修理或遠端檢查	145	35.9%
低溫核融合反應器(G21B 03)	449	14.7%
電漿之產生；電漿之控制(H05H 01)	329	11.9%
用電場或磁場約束電漿之裝置；加熱電漿之裝置	241	9.5%
電漿之產生	104	13.5%
電漿加速器	26	19.2%
中性粒子束，例如：分子束或原子束之產生或加速(H05H 03)	91	12.1%
中子束之產生	74	13.5%
用於產生核反應之靶(H05H 06)	49	8.2%
由核融合或核分裂反應直接產生電能之裝置(G21D 07)	62	3.2%
粒子或游離輻射之處理裝置如聚焦或緩和(G21K 01)	45	6.7%

註¹：近 5 年占比=(近 5 年專利家族數) ÷ (2001 年迄今專利家族數)

核融合反應器之專利權人統計如表 2 所示，前五大專利權人中，除了 TAE Technologies 公司為公司外，其餘均為研究單位，且前五大的專利權人均為中國籍或者美國籍，但若聚焦於前 15 大專利權人，約一半為研究單位，另一半為公

司，其趨勢與申請地域分布表現一致。而我國學研界在核融合反應器的研發中，僅有國家同步輻射研究中心申請有一個相關專利。

未來我國若要投入相關研發，為參加國際研究合作做準備，可考量由電漿技術或中子束技術著手。而若聚焦於電漿技術上，我國的工業技術研究院、核能研究所、清華大學、成功大學、明志科大為具有較多電漿技術專利申請之學研單位，其中核能研究所特別在高能電漿的研發較為突出，其較適合應用於核融合反應器；而若聚焦於中子束技術上，我國的清華大學、核能研究所、工業技術研究院、台灣大學為具有較多中子束技術專利申請之學研單位，其中清華大學雖然在中子束相關專利較多，但其主要聚焦於硼中子捕獲治療技術，相較之下，核能研究所在中子束相關的技術涉及領域較廣，且研發成果包含中子產生技術，可應用於核融合反應器中。

表 2 核融合反應器之專利權人統計

專利權人	專利家族數	國籍
中國科學院	241	中國
加利福尼亞大學	144	美國
TAE Technologies 公司	152	美國
中國原子能科學研究院	135	中國
中國工程物理研究院激光聚變研究中心	74	中國
俄羅斯國家原子能公司	61	俄羅斯
托卡馬克能源公司	50	英國
韓國基礎科學研究所	48	韓國
東芝公司	38	日本
勞倫斯利弗莫爾國家安全有限責任公司	35	美國

原子能和替代能源委員會	30	法國
佛羅里達大學	29	美國
日本原子能研究開發機構	33	日本
洛克希德·馬丁公司	27	美國
三菱重工業	24	日本

結論

從專利分析的結果來看，核融合相關的專利以中國及美國的專利權人具備較多的專利申請量，主要申請地點亦以中國及美國為主要國家，我國目前僅有國家同步輻射研究中心申請有一個相關專利，相關研究並不蓬勃，且由於核融合需要的投資極為龐大，透過國際研究合作的方式進行應較為妥適。若聚焦於其他相關技術，我國在電漿技術及中子束技術上過去均有相關之研究，並申請有多個專利，未來若要參與國際研究合作並投入相關之研發，電漿技術及中子束技術是可考量之切入點。

參考文獻

1. Derwent Innovation 專利資料庫，<https://www.derwentinnovation.com/>。
2. 經濟部智財局國際專利分類查詢網，<https://topic.tipo.gov.tw/patents-tw/sp-ipcq-full-101.html>。