為台灣加油打氣專欄(56)微波放大器

李家同

 微波是一種電磁波，電磁波很難懂，各位比較容易懂的是海浪的波。我們在台灣都看過海浪的波，也看過人衝浪。我有一些寶貝學生，到了暑假就去衝浪，當然他們是週末去的，週一回來和我見面就很難為情，因為全身曬得漆黑。我一開始還會唸幾聲，後來就放棄了。可是我就問他們，到底如何可以衝浪的，我後來懂了，要衝浪必須人趴在衝浪板上，划到遠處等浪來，可是浪來的時候又要用力地划，使衝浪板往海岸前進的速度和海浪的速度差不多，這樣你的衝浪板就會隨著浪前進了。所以，我們必須要體力還不錯，否則你的衝浪板前進的速度比不上海浪的速度，就談不上什麼衝浪了。

 電磁波顧名思義也是一個波，像圖一所示。



圖一

 值得注意的是，電磁波是在前進的，但是我們完全看不見這個波。電磁波有不同的頻率，所謂頻率，就是一秒鐘震動多少次。我們現在所講的微波頻率是相當高的，如果又需要產生高功率的話，我們不能用普通的線路來放大它，而必須用一個微波真空管來將它放大。這個微波真空管有四大特性:

1. 高頻率
2. 高電壓
3. 高功率
4. 高真空

一個電磁波對我們而言，當然沒有什麼影響，我們聽不見又看不見它，可是對電子就不一樣了。電磁波造成了一個電場，這個電場可以看成一個力，這個力是專門對電子特別有作用的。現在我們假設有一個電子束，如圖二所示。



圖二

這個電子束通常是很細的一根，而且也不會四散。如果我們在這個電子束上面又讓電磁波通過，電子就會有群聚效應，也就是說，它們會擠成一團，如圖三所示。



圖三

電子真空管當然是一個很複雜的東西，可是它大致的原理，我可以用圖四來解釋。

圖四

這個管子的輸入是電磁波和電子束，我們的目的是要將電磁波放大，電子束裡面有很多的電子，因為電磁波的影響，電子就有所謂的群聚現象，因此我們可以看到一堆一堆的群聚電子。這個管子的前端叫做群聚段，電磁波到了管子的中間就被吸走了，但是電子堆繼續前進，到達真空管的作用段。每一個電子堆有很大的能量，這個能量一方面來自原來的高電壓，一方面來自電磁波。這個電子堆其實是一聚一散的，聚散也有一個頻率，有趣的是，這個聚散的頻率就是當初電磁波的頻率。由於電子堆有一聚一散的功能，它影響了它周圍的電場，也就產生了一個電磁波。這個電磁波的頻率和原來的頻率是完全一樣的，可是強度增加了很多。最後這個電磁波是輸出了，而輸出的是一個放大的電磁波。

問題來了，電磁波並不是固定不動的，它是在往前走的，可是它走得非常之快，物理學家告訴我們，電磁波移動的速度是光速，所以電子其實是趕不上它的，這有點像一個體力不夠好的人要想衝浪，一定衝不成，因為他划衝浪板所造成的速度是比不上海浪的速度的。因此，電磁波內其實有一個慢波結構，慢波結構可以使電磁波移動得比較慢。慢波結構其實是一種螺旋狀的結構，如圖五所示。因為這個波被引導沿著螺旋前進，當然速度就慢了下來，電子才趕得上。



圖五

 慢波結構是相當不容易的事，要做得非常好，需要很高的技術。值得我們驕傲的是，我們的螺旋是國人自己設計、自己製造的。

電子束也當然不容易，因為我們不能讓電子束擴散，所以需要一個磁場來控制它。磁場當然就需要一個磁鐵，這個磁鐵必須絕對地均勻，只要有一點不均勻就不行。也值得我們感到驕傲的是，我們國家已經可以製造這種非常精密的磁鐵。

既然是真空管，當然就要真空。除了抽真空很難以外，還有一個問題就是焊接。能夠製造這種真空管的公司，必須對焊接非常了解，否則絕對做不出真空管來。

還有一點希望大家知道，這個真空管裡面需要很多非常特殊的材料，這些材料也都需要特殊規格。以美國為例，他們經常將這些材料列入不可輸出的物品，因為這對國家安全是有很大關係的。

微波真空管有很多用途，對我們國家的安全也有很密切的關係。我們國家能夠設計而且製造這種元件，是一件不容易的事。工程師必須對於電磁學有非常深入的了解，而且不能忽略很多的製造細節以及材料科學。只要有一個細節出了問題，這個真空管就做不出來了。幸好我們國家有這些非常優秀的工程師，他們的貢獻是相當重要的。他們所克服的困難幾乎是很難想像的，從開始研究到最後做出來，他們所花的時間有五年之久。