



譯/蕭如珀、楊信男

## 1947年11月17日—12月23日：第一個電晶體的發明

（譯自 *APS News*，2000年11月）

第一個研發電晶體的過程，遠比貝爾實驗室的科學家在 1930 年代開始致力於此裝置的開發要早很多。這都是 1800 年代的科學家，包括馬克斯威爾（Maxwell）、赫茲（Hertz）和法拉地（Faraday）等人在科學上所做的驚人發現，以致於電可以為人們所用，而發明家也應用這些科學知識來研發收音機等有用的電器品。

無線通訊開始於 1895 年，當時馬可尼（Marconi）成功地將無線訊息傳送至超過 1 哩外的地方。但若要讓此技術可以完全實用，還需研發出更好的偵測器以偵測攜帶訊息的無線訊號。最後是將整流的電晶體偵測器置入無線電波的接收器內，可以將無線電波和帶有訊息的訊號分開。

然而，晶體組只能在強電磁波中使用，距離拉遠或地面物體的阻礙均會讓電磁波減弱，因此需要增加訊號的強度。英國物理學家 John Ambrose Fleming 發明整流的真空管—在收音機的接收系統中附加兩個電

極的燈管，跨出解決此問題的第一步。美國的發明家 Lee DeForest 再加上更進一步的創意—第三個電極，稱之為柵極，由圍繞陰極的細電線組所組成，帶負電壓，可以控制電子從陰極流向陽極，以加強電流。

有放大功能的真空管不僅在收音機的研發中是必要的裝備，它在早期的電話裝置、電視機和電腦中更是不可或缺的。但真空管的技術不夠完美，它耗太多電，散出太多熱量，佔用太大空間，生產成本太高，最後還會燒掉，需要重新更換。（美國賓州大學的 ENIAC<sup>1</sup> 計算機裝有好幾千隻的真空管，佔用好幾個大房間，所需的電力足以供應 10 個家庭的照明用。）真空管的缺點讓貝爾實驗室的一名工程師 J.R. Pierce 宣稱：「大自然憎恨真空管。」

1930 年代，貝爾實驗室的科學家試著使用超高頻電波做為電話通訊用，這需要比真空管更可靠的偵測器，因為真空管無法接收快速的振盪。他們於是回到以前使用晶體為基礎的偵測器，結果很有效，促使他們更進一步研發最可靠的半導體物質「矽」的特性。在此過程中，他們發現矽元素是由兩個不同的部分所組成，一部份有利於正電流通過（“P”），另一部份則有利於負電流通過（“N”）。這個「P-N 體」的發

蕭如珀 自由業

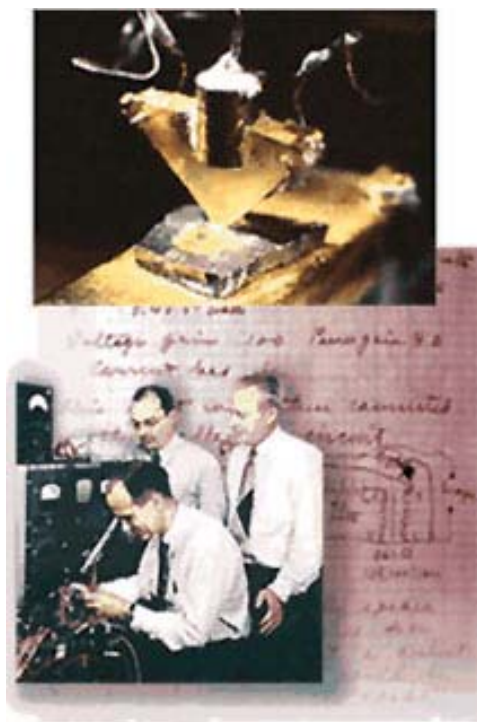
楊信男 台灣大學物理系

E-mail: snyang@phys.ntu.edu.tw

現，加上可以控制它的特性，奠定了電晶體的基礎。

John Bardeen、Walter Brattain 和 William Shockley 在貝爾實驗室帶頭開發增加強度的新方法，他們認為若在半導體偵測器中加上第三個電極，就可以控制通過的電流量。此裝置在理論上和真空管的強化效果一樣好，但省電許多，所佔空間也小。

此研發的努力於所謂的「神奇之月」—1947 年 11 月 17 日至 12 月 23 日達到高峰。Brattain 建造了一個奇妙的矽裝置來研究半導體表面的電子行為，希望能發現電子阻礙強化的原因，可是卻發現矽表面一直產生凝結物。爲了處理此問題，Brattain 就將整個實驗裝置放進水中，沒想到卻製造出前所未曾觀察到的最大強化效果。Bardeen 知道這個結果後就建議做一個加強器，將裡面金屬的一端插入矽中，再放入蒸餾水中。這個裝置可行，但是強化效果並不明顯。



圖片來源：<http://www.research.att.com/history/47trans.html/>

可是 Bardeen 和 Brattain 卻士氣大振，努力不懈地試用不同的材料與裝備，最後決定以「鍺」取代「矽」，結果得到的強化效果是之前的 330 倍。但很不幸地，這只在很低頻的電流中有效，而像電話線等則

是需要處理通話者聲音的所有複雜頻率。

他們決定以一層氧化鍺來取代液體。在實驗的過程中，Brattain 發現他會不經意地洗掉氧化層，但電壓還是會有一些強化效果，而且是在所有的頻率中都能達成，這令他很訝異。另外，金的接點將鍺刺出小洞，可以將表面電子的干擾因素去除掉。

因此，製造強化器的主要要件是一個厚片的鍺，和兩個相距幾毫米的金接點。謹記此原則，Brattain 在一個塑膠做的三角形周圍圍上一條金箔片，再在三角形的一個頂點以刀片將金箔切開，得到相隔只有一根毛髮寬的兩個金接點。當將此頂點放到鍺上時，訊號會通過一個金接點，當它衝至另一個金接點時，訊號就會加強，這就是第一個「點接觸」的電晶體。

第一個電晶體約有 0.5 吋高，以今日一個矽晶片可以容納 7 百萬個電晶體的標準來說是很大，但它確實是第一個可以執行真空管強化功能的固體裝置，所以讓 Bardeen、Brattain 和 Shockley 在 1956 年贏得了諾貝爾物理獎。更重要的是，它孕育了一個全面性的產業，開啓了資訊時代，在全球掀起了大革命。

註 1：ENIAC：Electronic Numerical Integrator and Calculator 的縮寫，是全球第一部可變程式的電子計算機，1946 年美國賓州大學的 John Mauchly 和 Presper Eckert 所製造，長 50 呎，寬 30 呎，重 30 噸。

進一步閱讀資料：Michael Riordan and Lillian Hoddeson (W. W. Norton and Co., 1997), "Crystal Fire" 進一步網上閱讀：<http://www.pbs.org/transistor/>, and <http://www.lucent.com/minds/transistor>。