

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(六)

(譯自美國國家技術學校函授教材)

王 洪 鎧 編譯

(七十六至八十課合訂本)

- A76 電晶體基本電路
- A77 電晶體控制電路——第一部份
- A78 電晶體控制電路——第二部份
- A79 電晶體控制電路之測試與故障排除
- A80 冷凍空調常用字典

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(共)

(譯自美國國家技術學校函授教材)

王 洪 鎧 編譯

(七十六至八十課合訂本)

- A76 電晶體基本電路
- A77 電晶體控制電路——第一部份
- A78 電晶體控制電路——第二部份
- A79 電晶體控制電路之測試與故障排除
- A80 冷凍空調常用字典

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年十一月卅日初版

冷凍空調與 電器修護科訓練教材(六)

(七十六至八十課合訂本)

基本定價 ~~2.30~~

2.20

編譯者 王洪鎧 徐氏基金會發行人

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 大興圖書印製有限公司三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

編譯者序言

由於人類的思考力與創造力永遠存在，使得文明不斷進步，工商經濟日趨繁榮；各色各式的機具乃告持續發明推展，其目的無非在造福人類，使生活過的更幸福舒適而已。惟繁榮進步之另一面，則對工程技術人員，業務推銷人員，以及教育訓練人員之需求殷切；這些人員，均需學識豐富，身懷一技之長者方能勝任；而且必須隨時代之進步不斷吸取並充實自己的學識方克有成。

求學識並不是一定要到學校去隨班聽課，事實上我們有許多業餘的時間和求學的方式可供選擇利用。徐氏基金會有鑑於此，乃創設科學函授學校，俾使任何有心向學，欲獲一技之長者能得到研習的機會。

本冷凍空調與電器修護科課程乃將歐美最優良之訓練教材去蕪存菁編譯而成。其內容為顧及一般學識程度，文句淺顯易懂，偏重實際應用，避免複雜之公式與理論；循序引導學員達於成功之境，所費極少而所獲極多，確是打開前途的最好方法，我們竭誠歡迎各位來參加函授學習的行列。

編譯者 王洪鎧敬識

民國六十八年三月

A 76

電晶體基本電路

冷凍空調與電氣修護科訓練教材

課程總目錄

課目編號	課程名稱	課目編號	課程名稱
(一) A 1	冷凍空調與電器修護介紹	(內) A 41	窗型調氣機之檢修—第二部份
A 2	冷凍學基礎	A 42	減濕器與空調器之維護
A 3	熱與壓力原理	A 43	暖氣介紹
A 4	壓縮機	A 44	暖氣系統設計
A 5	膨脹閥	A 45	瓦斯燃燒火爐
(二) A 6	浮球閥、毛細管、凝結器、蒸發器	(外) A 46	燃油及瓦斯、油燃燒器
A 7	電的基本原理	A 47	蒸汽及熱水暖氣系統
A 8	磁與電磁學	A 48	個別加熱器的安裝與維護
A 9	交流電、變壓器、電阻與電容器	A 49	重責務型個別加熱器
A 10	含電容與電感的電路	A 50	中央系統空氣調節—系統及控制電路
(三) A 11	冷凍馬達控制	(出) A 51	中央系統空氣調節—冷卻設備及控制
A 12	電動機	A 52	箱型冷氣機
A 13	工具的使用和維護	A 53	空氣之分配
A 14	家庭電路配線的檢修	A 54	空調用風管
A 15	配線技術、變壓器作用	A 55	風扇與鼓風機
(四) A 16	交流原理、電器零件、開關電路	(由) A 56	商業用冷凍與冷藏
A 17	冷媒與潤滑油	A 57	壓縮機的分類及額定
A 18	冷媒與乾燥器	A 58	商業用冷凍系統凝結器
A 19	家用電冰箱箱體	A 59	商業用冷凍系統蒸發器
A 20	密封式電冰箱機組	A 60	商業用冷凍機之控制—第一部份
(五) A 21	冷凍用管件及工具	(由) A 61	商業用冷凍機之控制—第二部份
A 22	電阻電路、繼電器與馬達控制電路	A 62	食品冷凍櫃之檢修
A 23	電冰箱之維護—故障排除	A 63	食品之凍結
A 24	電冰箱之維護—電路系統檢驗	A 64	製冰機械、飲水機
A 25	電冰箱之維護—冷凍系統檢修	A 65	飲料之冷卻
(六) A 26	自動製冰機	(由) A 66	冷凍車輛
A 27	無霜電冰箱及冷凍櫃	A 67	商業用冷凍系統之安裝—第一部份
A 28	電路選擇及定時器	A 68	商業用冷凍系統之安裝—第二部份
A 29	吸收式冷凍系統—瓦斯冰箱	A 69	空氣調節、熱泵、寒水空調系統
A 30	瓦斯冰箱的安裝與檢修	A 70	商業用冷凍系統之檢修
(七) A 31	基本冰箱檢修法	(由) A 71	電器檢修用儀器
A 32	電冰箱之電路系統	A 72	密封機組分析器之操作
A 33	家用冷凍櫃的檢修	A 73	開創你自己的事業
A 34	空氣調節基礎	A 74	電晶體之基礎
A 35	空氣流動的測量	A 75	電晶體之組成
(八) A 36	空氣污染、空氣洗滌室及過濾網	(內) A 76	電晶體基本電路
A 37	空氣之清淨、微管洗滌室、電子空氣清潔器	A 77	電晶體控制電路—第一部份
A 38	居所舒適區域之空調	A 78	電晶體控制電路—第二部份
A 39	窗型調氣機之安裝	A 79	電晶體控制電路之測試與故障排除
A 40	窗型調氣機之檢修—第一部份	A 80	冷凍空調常用字彙

課目編號	課 程 名 稱	課目編號	課 程 名 稱
ㄗA 81	冷凍循環	A108	空調控制、電路及儀器—第二部分
A 82	冷凍壓縮機	A109	汽車冷氣—第一部分
A 83	冷凍系統組份	A110	汽車冷氣—第二部分
A 84	冷凍配管	(庚) A111	TRANE離心機之操作保養
A 85	冷凍附件及控制	A112	TRANE離心式與往復式系統之控制
(內)A 86	冷卻負荷估算	A113	空調系統分析
A 87	空氣線圈	A114	自動控制配置
A 88	箱裝型空調設備之選用	A115	水管路設計分析
A 89	箱裝型空調設備之安裝與起動	A116	泵之能源節約方法
A 90	箱裝型空調設備之故障分析	(庚) A117	選用控制閥
(內)A 91	中央系統空調設備之選用	A118	氣動控制概要
A 92	中央系統空調設備之安裝與起動	A119	風扇分析及噪音控制
A 93	中央系統空調設備之故障分析	A120	冷凍空調配電設計
A 94	吸收式冷凍機組	(庚)	TRANE日光熱表
(甲) 9	冷凍空調技術資料	(丙) A121	TRANE CENTRAVAC
(丙)A 95	小型冷凍庫冷藏庫之實用設計		離心機安裝、操作、維護說明書
A 96	寒水冷卻管排之實用設計	A122	CARRIER 19D系列
A 97	學習國際公制(SI)單位		離心機安裝、操作、維護說明書
A 98	冷凍計算——第一部分	A122	YORK TURBOPAK
(丙)A 99	冷凍計算——第二部分		離心機安裝、操作、維護說明書
A100	特殊冷凍系統之組成與應用——第一部分	(庚) A124	變風量(VAV)空調系統——第一部分
A101	特殊冷凍系統之組成與應用——第二部分	A125	變風量(VAV)空調系統——第二部分
A102	特殊冷凍系統之組成與應用——第三部分	A126	變風量(VAV)空調系統——第三部分
(丙)A103	二次冷媒或間接冷凍——第一部分	A127	變風量(VAV)空調系統——第四部分
A104	二次冷媒或間接冷凍——第二部分	(丙) A128	熱回收空調機組
A105	食品冷凍——第一部分	A129	空調消音學
A106	食品冷凍——第二部分	A130	建築空調負荷分析
(丙)A107	空調控制、電路及儀器——第一部分		

目 錄

前言.....	76-1
場效應電晶體.....	76-1
接合型場效應電晶體.....	76-1
絕緣閘場效應電晶體.....	76-4
更多有關作用的模式.....	76-8
電壓變動接合型二極體電容器.....	76-9
光電池.....	76-11
光電壓電池或太陽電池.....	76-12
光導電電池.....	76-13
光導電電晶體.....	76-15
光線引動開關.....	76-16
熱電變阻器.....	76-17
氖燈.....	76-17
基本固態晶體應用控制電路.....	76-18
電源供給電路.....	76-18

半波電源供給.....	76-18
全波電源供給.....	76-22
全波電橋整流器.....	76-23
電壓倍增電路.....	76-25
電壓三倍電路.....	76-26
固態晶體電壓調整器.....	76-27
並聯電晶體電壓調整器.....	76-28
串聯電晶體電壓調整器.....	76-30
改良的串聯電晶體電壓調整器.....	76-31
大電流調整器.....	76-33
高電流調整器.....	76-35

前 言

你已經熟悉了許多用具控制電路上最常見型式的固態晶體組份 (components)，在本課內，我們將要研究其他的固態晶體組份，以及分析一些採用這些組份的基本電路。

場效應電晶體

有兩種型式的場效應電晶體 (FET)，稱之為接合型場效應電晶體 (JFET)，及絕緣閘場效應電晶體 (IGFET)，後者有時又稱為“金屬氧化物半導體” (MOS) 電晶體。

上述兩種電晶體的作用原理 (電流被一電場所控制) 是非常相似的，主要的區別只不過在控制元件上的製作方法而已。

接合型場效應電晶體

接合型場效應電晶體 (junction field effect transistor) 之最簡單的型式，就是一支矽棒，具有電阻的特性，如圖 1 A。

電流注入的一端可以稱之為“源”極 (source)，其對向的一端，電流流出者可以稱之為“洩”極 (drain)。電流在源和洩極之間的流動視洩源電壓 (V_{ds}) 及兩極間材料的電阻特性而定。

在圖 1 B 中，兩個 P 型區域擴散進入 N 型材料中，在源和洩極之間形成一條 N 型流道 (N-type channel)。這些 P 型區域可用以控制源和洩極間電流之流動，稱之為“閘區” (gate regions)。(也可以換用 N 型閘區，作成一條 P 型的流道。)

當 P - N 接合面施以逆向偏壓，在接合面的周圍會產生一空竭區 (depletion region)，如圖 1 C 所示。由於逆向偏

壓的關係，許多的電子和電洞在 P 和 N 區間接合面的空竭區內都消失了。

若逆向偏壓增加，空竭區 散佈入流道內愈大，直到它們在流道內會師為止。這樣在源和洩極間的流道內，幾乎形成了一個無限大的電阻。

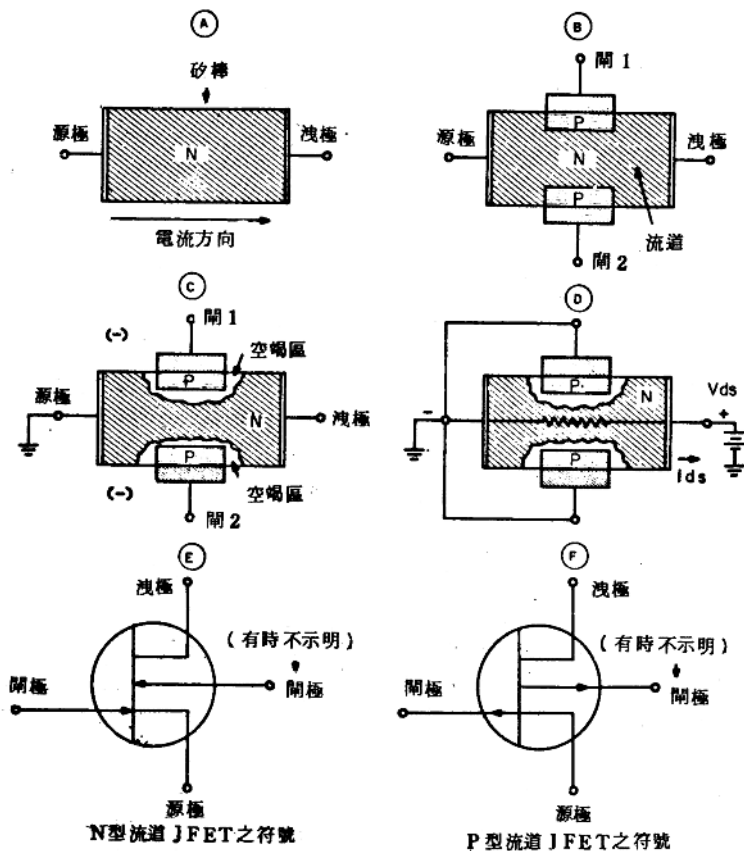


圖 2 JFET 的構造與符號

洩電流

如果閘極電壓 (V_{gs}) 爲零，但是在源和洩極間，有一電壓 V_{ds} ，則在流道上有洩電流 I_{ds} 流過，此將沿着閘極表面建立一逆向偏壓，平行於閘極，如圖 1 的 D 所示。

如果 V_{ds} 增加，使得逆向偏壓也增加，結果空竭區更散佈

入流道內。若讓空竭區這樣持續增長直到它們相遇會師，則到該一程度後，施加電壓再增加，也會被向着洩極增長的空竭區所抵銷。

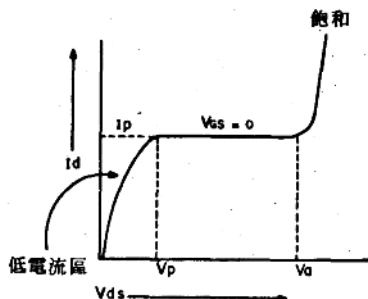
這樣等於有效增加了流道上的電阻，能夠防止洩電流作更進一步的增加。

JFET 的 N 流道和 P 流道的符號，表示於圖 1 的 E 和 F 中。

洩源電壓，導致這種電流被限制之狀況者，稱爲“捏斷”電壓 (pinch-off) (V_p)。到了捏斷電壓時，再增加洩源之間的電壓，只能獲得微量的洩電流。

在一零閘源 (gate-source) 電壓下，洩電流對洩源 (drain source) 電壓的關係示於圖 2 中。在低電流區，洩電流直接對洩源電壓有關。

當洩電流增加，流道開始成空竭，洩電流的曲線坡度減小。當洩源電壓等於捏斷電壓時，洩電流成水平，變得相當穩定，直到到達“崩落”電壓 V_a 爲止。斯時洩電流持續上升可直到飽和點。



V_{ds} = 洩源電壓 I_d = 洩電流
 V_p = 捏斷電壓 I_p = 捏斷電流
 V_a = 崩落電壓 V_{gs} = 閘源電壓

圖 2 典型 JFET 之洩電流特性

如果施於兩閘極的是負向電壓，以代替圖2的零閘極電壓，流道電流之掣斷點將發生在一較低的洩電流下，因為逆向偏壓所導致的空竭區散佈，再加上由洩源電壓所產生的空竭區合在一起，是故減小了任何 V_{ds} 值時的最大電流。

絕緣閘場效應電晶體 (IGFET)

絕緣閘場效應電晶體 (insulated gate field effect transistors) (IGFET) 較之JFET 稍有不同的控制機構，圖3示基本的構造及其符號。

構造

如圖3A所示，它的基本材料或“底質”可能為一高電阻的P型材料。兩個分立的低電阻N型區域（源極和洩極）予以擴散入底質中（圖3B）。然後這個構造物的表面再蓋上一層絕緣的氧化物，就像圖3C一樣。

在氧化層上鑽有多孔，允許金屬對源極和洩極有接觸。閘極金屬被覆在氧化物上，遮蓋了全部的流道區域，同時，對源極和洩極也同樣作金屬上的接觸，如圖3D所示。接觸到遮蓋流道面積的金屬這部份稱為閘極。

注意金屬並沒有通過氧化層作物理上的滲透入底質中。由於洩極和源極係被底質所隔離，在無閘極電壓下任何的洩源電流都是很低，因為它的構造就像兩個二極體連接成背對背一樣。

閘極的金屬面積，絕緣的氧化物層，以及半導體流道形成一電容器。金屬面積為上方板，底質材料為下方板，而氧化層為電介質。

提高模式作用

前面所講的JFET，其作用是一種利用“空竭”的模式，但絕緣閘場效應電晶體 (IGFET) 的作用，却是藉著一種“提高” (enhancement) 的模式，雖則IGFET 兩種模式都能作

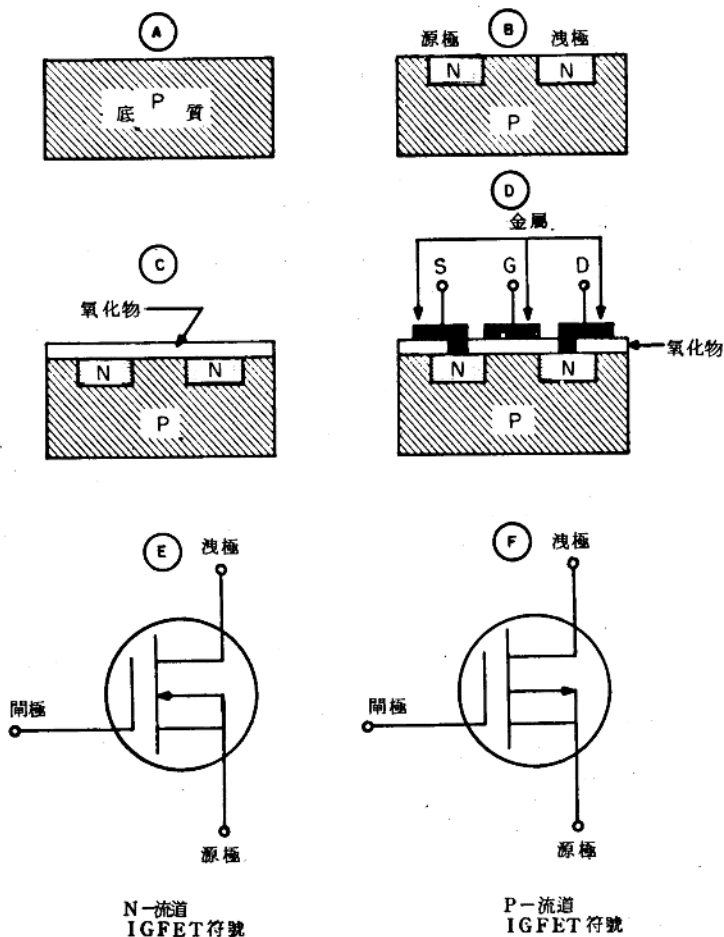


圖 3 IGFET之構造及符號

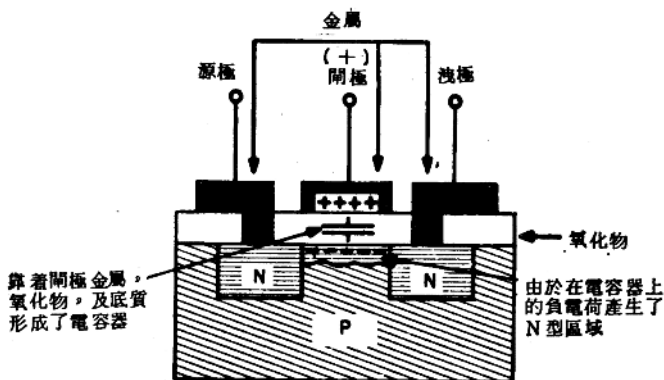


圖4 IGFET的流道提高特徵

用。

將IGFET以“提高”模式起作用就像圖4的例子。氧化物層的上方是金屬側，形成正極板，但對應的氧化物層的下方的半導體側，就帶了負電荷，形成負極板。

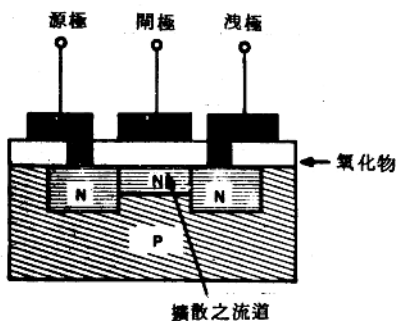


圖5 空竭模式的IGFET的構造

若閘極上的正電荷增加，半導體上的負電荷也增加，直到在氧化物層下面的區域變成了一N型半導體區域，則電流才能在源極和洩極間通過流道而流通。

換句話說，洩電流之流動，乃是靠閘極電壓“提高”後而產生，是故，洩電流可藉著閘極電壓來控制。

空竭模式的作用

剛才所講的場效應電晶體稱為一提高型的 IGFET，但它也能作成空竭型的 IGFET，就是在源極和洩極之間，再擴散入一 N 型流道，如圖 5 所示。在這種構造下，當閘極電壓為零時，洩電流能夠流動，而 IGFET 也能作得在空竭模式下起作用。

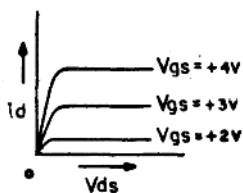
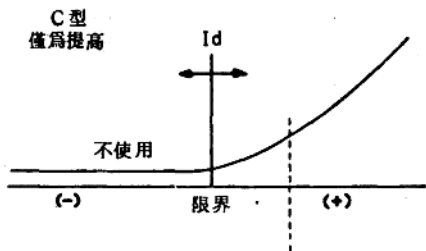
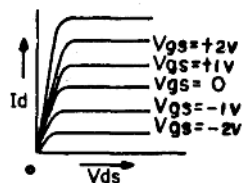
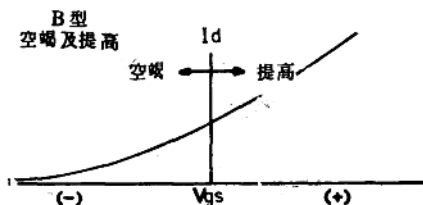
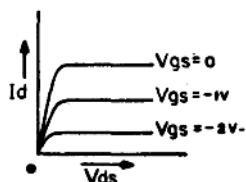
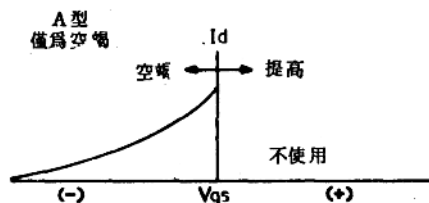


圖 6 A 型，B 型，及 C 型 FET 的轉移特性

在正閘電壓下，圖 5 的構造能提高洩電流，前已講過。因為在正閘電壓下，將在氧化物層下產生一負電荷區域（原來已是一 N 型區域了）。

在負閘電壓下，圖 5 的構造能空竭洩電流，因為負的閘極電壓將使氧化物層下的 N 型區域內產生一正電荷。

因之圖 5 的構造兼具有一空竭及一提高的模式之器具。

更多有關作用的模式

總之，FET 有兩種基本模式的作用，其一為空竭模式，指由於閘電壓變化下，在源和洩極之間的流道上，載子（carriers）會減少。另一為提高模式，指由於閘電壓，載子在流道中會增加。一種第三型的 FET 却在無論是空竭及提高下均能作用。

這些模式間基本的不同只要看一看圖 6 的轉移特性即很易於明瞭。這種圖例指出在三種模式的作用下，當源洩電壓（ V_{ds} ）及閘源電壓（ V_{gs} ）改變時，對洩電流（ I_d ）的效應。

空竭模式器具在零閘電壓下，具有相當大的洩電流流動。若施予閘極端子上一直向的電壓，洩電流才可減小。空竭型 FET 在工業界被分類為“A 型”，A 型的 FET 不在前向閘極電壓下使用。

空竭 / 提高模式型的器具當在零閘極電壓下，也有相當大的洩電流。此型的器具被分類為“B 型”，B 型的 FET 常在前向閘極電壓下使用，且在甚大的閘極電壓下，可能具有有用的前向特性。所謂前向，也稱順向，是指易造成電流通過的意思。

第三型的 FET 嚴格作用在提高的模式中。這稱之為“C 型”，C 型的 FET 在零閘極電壓下，洩電流很小。到閘極電壓稍大於一特定的“限界”（threshold）值時，洩電流才開始流動。在閘極電壓大於限界值的情形下，其轉移特性（transfer characteristics）相似於 B 型的 FET。