

GaN 類功率元件吸引眾廠商紛紛涉足，松下與 NEC 蓄勢待發

人們寄予厚望的新一代功率半導體 GaN 類功率元件的研發日漸繁盛。富士通研究所與古河電氣工業等組成的企業集團、美國國際整流器公司（International Rectifier）以及三壘電氣（Sanken Electric）等均已著手研發，近日，NEC 與 NEC 電子組成的企業集團和松下也加入了研發行列。在 2009 年 12 月舉辦的半導體製造技術國際學會“2009 IEEE International Electron Devices Meeting（IEDM 2009）”上，兩大陣營發佈了 GaN 類功率元件的研發成果。

GaN 類功率元件的研發之所以變得活躍，是因為利用變頻器以及轉換器之類的電力轉換器，可比採用已有的矽類功率元件大幅提高效率，並可實現小型化。

目前 GaN 類功率元件研發的焦點之一是底板的選擇。GaN 底板有助於提高 GaN 類功率元件的電氣特性，但同時也存在著價格較高的缺點。因此，為了控制製成本而採用矽底板以及 SiC 底板等特殊底板的廠商日益增多。此次進行了技術發佈的松下以及 NEC 集團採用的就是矽底板。兩大陣營均力爭於 2011 年前後實現矽底板的實用化，與開發矽底板產品的其他廠商大體同步（表 1）。

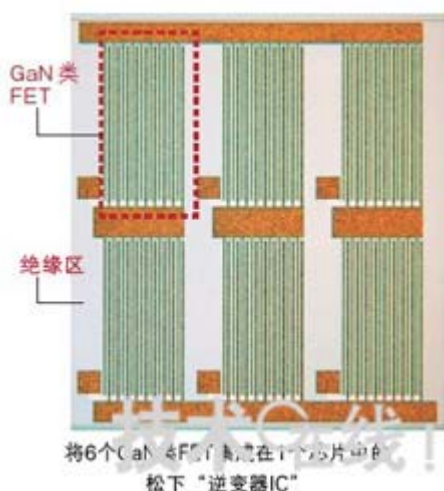
表1：采用硅底板的GaN类功率元件研发实例

企业以及企业集团	内容
富士通研究所	▶ 目标是2011年年底~2012年实现采用硅底板或者SiC底板、耐压为600V以上的中等耐压产品的量产*1
古河电气工业以及富士电机先进科技 (Fuji Electric Advanced Technology)	▶ 目标是2011年度内实现实用化
美国国际整流器公司	▶ 目标是2010年以后实现实用化。估计将首先投产耐压为数十V的低耐压产品
NEC及NEC电子	▶ 目标是2011年度内样品供货
松下	▶ 目标是2011年度内量产
罗姆	▶ 目标是2010年年内量产。GaN底板产品正在进行评估
三星电气	▶ 已完成耐压为800V的量产试制

*1 制造和销售方面估计将由富士通微电子等厂商承担

表 1：採用矽底板的 GaN 類功率元件研發實例

在單晶片上實現變頻器的功能



松下發佈的矽底板產品的特點是，在單晶片上集成了 6 個元件。因此，與採用其他元件構成變頻器相比，可實現變頻器的小型化以及降低寄生電感。寄生電感越小，越有利於實現高速開關。

將 6 個 GaN 類 FET 集成在 1 個晶片中的松下“變頻器 IC”

松下在面積為 $2.7\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 的晶片上集成了 6 個 GaN 類 FET，由此製成了變頻器 IC。借助這種 IC 來驅動馬達，與採用矽制 IGBT 構成的變頻器進行的電力損失對比結果顯示，在 20W 輸出功率時可使電力損失降低約 42%。松下稱，此前其他廠商已發佈過由數個 GaN 類 FET 構成變頻器驅動馬達的技術，但此次這樣的集成產品還是首次出現。

之所以能夠將 6 個 FET 集成在單晶片上，是因為提高了 FET 間的耐壓。通過在 FET 間設置注入了 Fe 離子的絕緣區，從而實現了比 FET 本身的 700V 耐壓更高的 900V 耐壓（圖 1）。該公司採用的 FET 為源極與漏極水準配置的橫置式元件，雖然在結構上易於實現集成化，但難以確保 FET 間的耐壓是此前進行集成化時的難題。

集成在變頻器 IC 中的 GaN 類 FET 的閾值電壓為 $+1 \sim 1.5\text{V}$ 。就是說，在用於電力轉換器以及電源電路時可實現常閉動作。這是通過在柵極電極正下方設置 p 型 AlGaIn 層從而實現的。作為耐壓 700V 的產品而言，其導通電阻低到只有 $2.0\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 。試製品上採用的矽底板的孔徑為 150mm。

松下的目標是首先在 2011 年度內投產採用矽底板的 GaN 類 FET 單品。之後，計劃實現此次這種變頻器 IC 的實用化。

通過中和層提高生產效率

NEC 集團所發佈技術的特點是可減小晶圓上嵌入的每個元件的閾值電壓誤差。這有助於提高成品率。

為了實現常閉動作，NEC 集團採用了在柵極正下方開槽的凹槽結構、與設置柵極絕緣膜的 MIS 結構兩種結構集于一體的 FET。在此次發佈的成果中，與採用凹槽結構的以往元件相比，閾值電壓誤差可降至約 1/10（圖 2）。

之所以可降低誤差，是因為用名為“中和層”及“緩衝層”的 2 個層夾住了電子供給層（AlGaIn 層）及溝道層（GaN 層）（圖 2）。在凹槽結構中，通過控制位於柵極正下方的電子供給層的膜厚，可調整閾值電壓。雖然膜厚越薄，越有利於提高閾值電壓，但由於難以高精度地完成凹槽結構的開槽，因而此前每個元件的膜厚誤差往往較大。



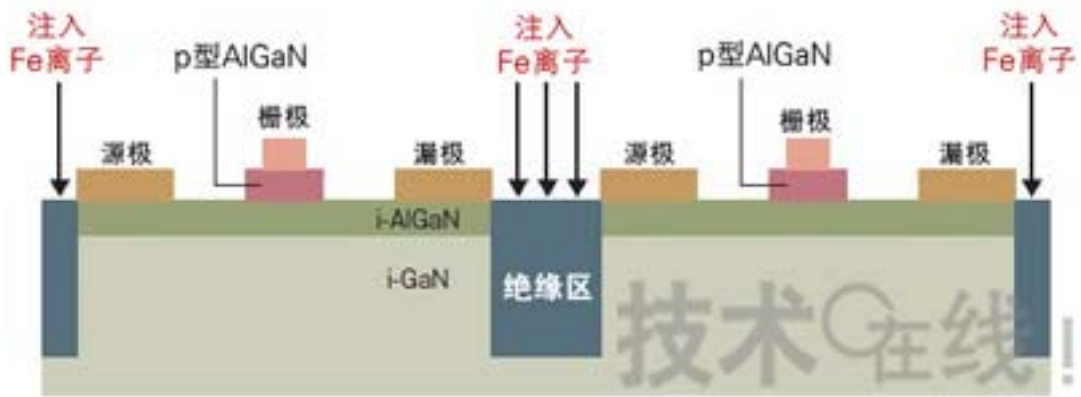


圖 1：將 6 個元件集成在 1 個晶片上製成變頻器 IC 松下試製出了 6 個 GaN 類 FET 集成于 1 個晶片上的“變頻器 IC”。

通過注入 Fe 離子在 FET 間設置絕緣區，從而集成了 6 個元件。（圖：本刊根據松下資料製作而成）

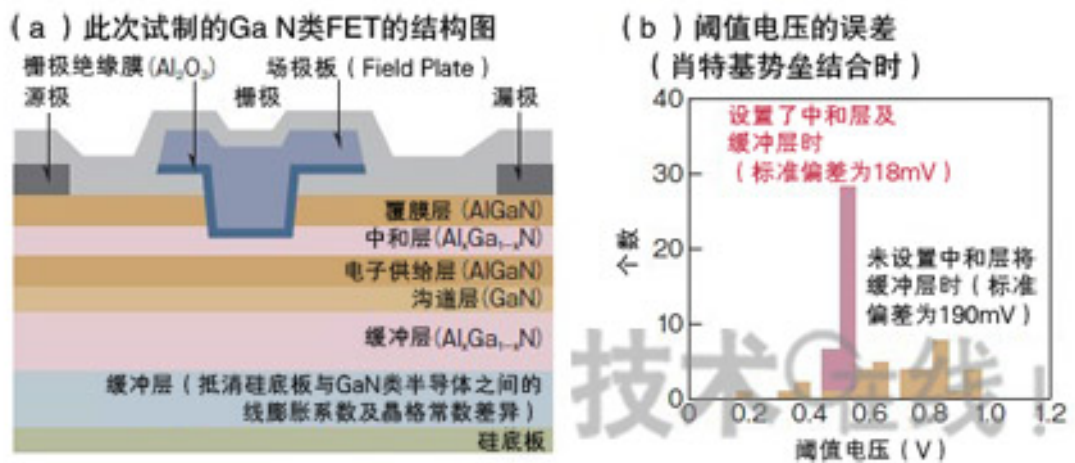


圖 2：通過中和層及緩衝層來提高閾值電壓的可控制性

NEC 等廠商試製出了通過中和層及緩衝層夾持電子供給層及溝道層的常閉型 GaN 類 FET (a)。該公司稱，可將閾值電

壓誤差（標準偏差）降至以前的約 1/10 (b)。（圖：本刊根據 NEC 資料製作而成）

由於中和層及緩衝層的存在，不通過電子供給層的膜厚就能中和因電子供給層 Al GaN 層與溝道層 GaN 層之間晶格常數等的差異而引發的分極電荷。這樣一來，便可降低閾值電壓的誤差。

實現常閉動作所需的閾值電壓控制動作，可通過調整中和層及緩衝層中採用

的 AlGaN 的組成比來實現。中和層及緩衝層中採用的 AlGaN 的組成比與電子供給層不同，且這兩層的組成比相同。由此，可將閾值電壓設定在約 +2V 範圍內。

此次試製的 GaN 類功率元件在確保 1260V 耐壓的同時，還將導通電阻降低到了 $5\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 。試製品採用了孔徑為 75mm 的矽底板，今後將探討採用孔徑為 150mm 的底板。NEC 的目標是 2011 年度提供樣品供貨。（記者：根津 禎）

<本文取自技術在線>

■日文原文

[參入相次ぐ GaN 係パワー素子、パナソニックやNECが本腰](#)

MASTTE