

新型電感器磁芯實現未來 電源轉換電路的小型化設計

■作者：Patrik Kalbermatten / KEMET

工程複合磁芯使電感器製造商可將大電感集成到小體積中。FlakeComposite 新技術將磁芯性能提升到了一個新的水準，並增加了額外的機械彈性，可支援新型的超薄器件。

功率電感器是用於管理開關轉換器中能量流的關鍵器件，可確保平穩輸電並幫助協調換向。為了保持電流流動足夠長的時間，而使電路在主開關關閉時能正確工作，工程師需要選擇合適的電感值來存儲足夠的能量。

雖然為了支援連續或不連續電流模式 (CCM 或 CDM) 或諧振工作，電感值的計算會根據轉換器的類型而有所不同，但對於給定的額定電流，電感值與尺寸相比通常要大。此外，還需要在預期頻率範圍內提供穩定性能，而對於汽車或航空航太等應用來說，還需要提供溫度穩定性並提高最高工作溫度。

工程電感器達到極限

電感器的屬性受物理定律限制。對磁芯材料進行精心設計，有助於將這些限制推向極限，從而為工程師的應用提供最佳參數組合。通常使用的磁芯材料包括錳鋅 (MnZn) 和鎳鋅 (NiZn) 鐵氧體，以及由特殊配方合金顆粒 (由絕緣粘合劑隔開) 所形成的金屬粉末芯。儘管通過增加磁芯體積來解決電源應用很困難，但薄膜電感器也可以通過沉積鈷基合金來製造，從而實現具有良好飽和性能的高磁導率。

儘管存在一些缺點，但鐵氧體磁芯具有高磁導率——NiZn 材料高達 300 左右，而 MnZn 則會更高。這些材料往往很脆，因此不適合嵌入到 PCB 中，或

製造薄型電感器，例如平面橫向通量器件。此外，它們會經歷突然的飽和，而引起電感隨直流偏置的增加而發生急劇滾降。

就粉末芯而言，流行的合金包括鐵矽 (FeSi) 或鐵矽鋁 (FeSiAl)，以及包括非晶鐵和坡莫合金在內的其他組合物。這類分散式氣隙磁芯具有顆粒結構，其飽和特性比鐵氧體電感器要軟，因此對小偏移直流偏置較不敏感。另一方面，其磁導率通常要比鐵氧體小約一個數量級，其有機粘合劑也不能耐受高工作溫度。

新的金屬薄片壓制技術現在可以生產出磁導率與 NiZn 鐵氧體相當、軟飽和特性與傳統粉末芯可比的分散式氣隙磁芯材料。此外，這種新型 FlakeComposite 磁芯還具有更高的溫度穩定性、更高的最高工作溫度和機械靈活性。這種靈活性增加所帶來的不僅是有機會創造超薄電感器，而且還可以在 PCB 內嵌入強大的電感器而節省空間，並可以探索機會，將新型電感器 (如橫向磁通電感器) 與有源器件一起集成在下一代電源轉換設計中。

性能比較

圖 1 給出了 FlakeComposite 磁芯材料與鐵氧體、粉末和薄膜磁芯的關鍵磁導率和飽和特性對比。

眾所周知，鐵氧體材料在高頻、高溫或高直流偏流值下會失去磁導率，導致電感值迅速降低，從而影響性能。為了確保 FlakeComposite 磁芯電感器至少能夠與鐵氧體電感器一樣好，我們需要比較頻率、溫度和直流偏置性能。

圖 2 比較了 FlakeComposite 與 NiZn 鐵氧體複

圖 1：FlakeComposite 的磁導率與鐵氧體相當，並具有卓越的飽和性能。

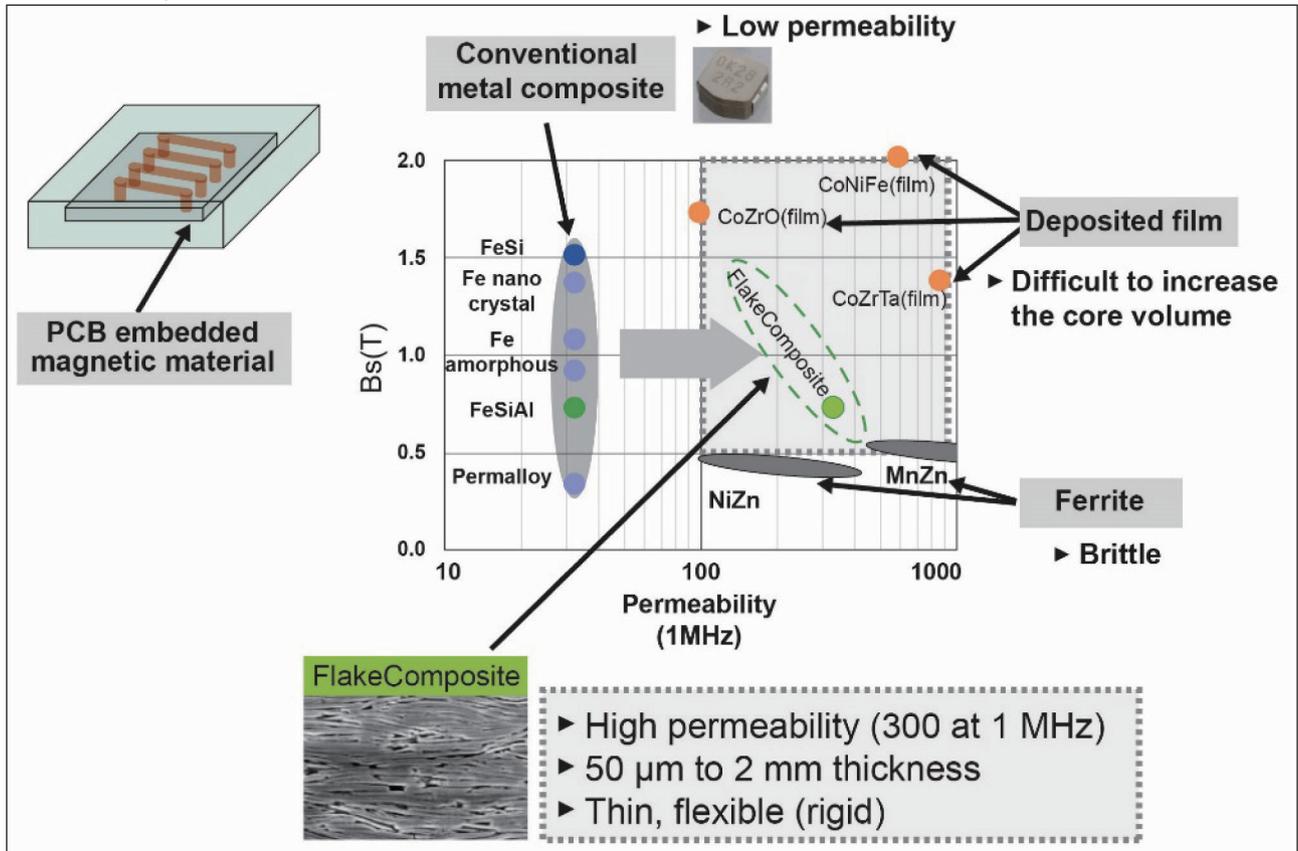
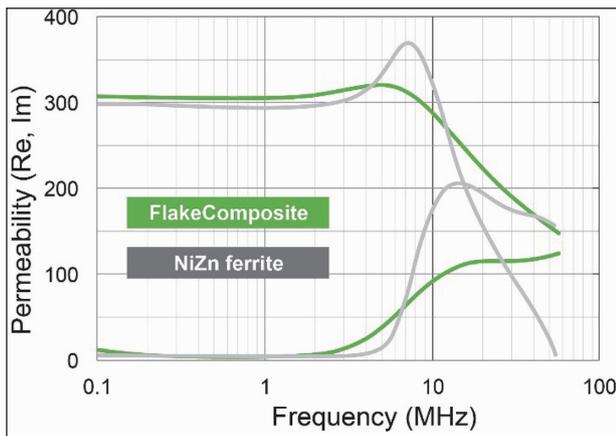


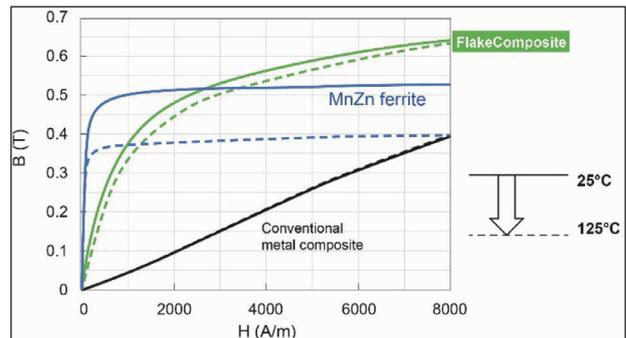
圖 2：對於高達數 MHz 頻率的電源應用來說，FlakeComposite 所提供的性能與 NiZn 鐵氧體相當。



合磁導率的頻散。兩種材料的曲線圖顯示，磁導率在約 6MHz 以上迅速降低，這表明 FlakeComposite 在工作頻率高達 1MHz 的開關轉換器中，性能與 NiZn 相同或者更好。

對磁飽和特性進行比較，FlakeComposite 進入飽和要比 NiZn 鐵氧體更軟，並且溫度相關性更低，

圖 3：與 NiZn 鐵氧體相比，FlakeComposite 的磁飽和曲線更軟，溫度相關性更低。



因此大有裨益 (圖 3)。

圖 4 對 FlakeComposite 與 NiZn 鐵氧體和傳統金屬複合材料 (粉末) 的直流偏置性能進行了對比。FlakeComposite 結合了兩種類型的優勢，在低偏置下具有與 NiZn 相當的優異磁導率，而在高偏置下則可保持更高的磁導率，並且溫度相關性最低。

如果電感器工作溫度達到磁芯材料的居裡溫度——在該溫度下磁芯會失去磁性——則磁芯磁導

圖 4：當施加高直流偏置電場時，直流偏置特性顯示 FlakeComposite 具有更高的磁導率。

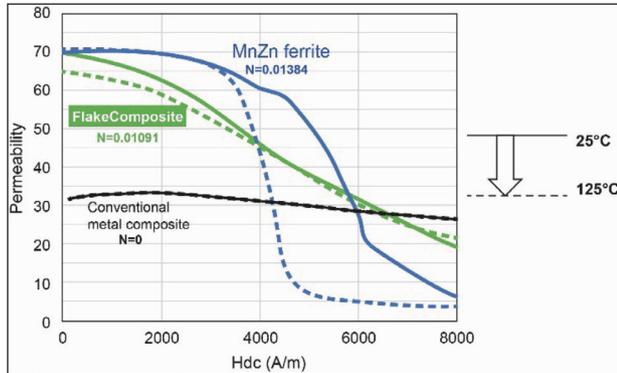
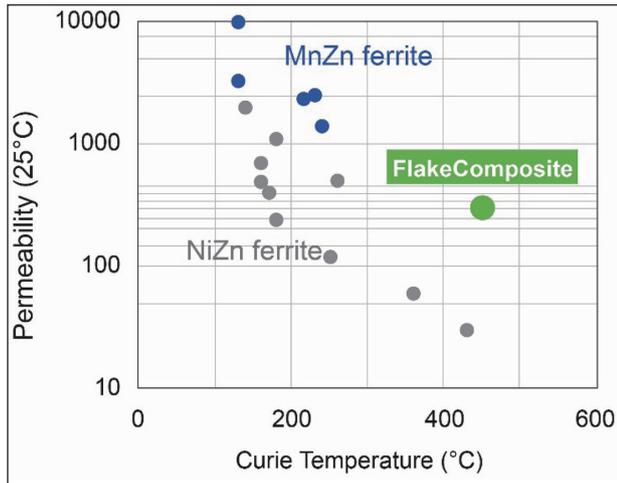


圖 5：FlakeComposite 的居裡溫度更高，可確保在更高的工作溫度下保持電感值。



率會迅速下降，從而使電感快速損失。如圖 5 所示，FlakeComposite 的居裡溫度也高於典型的 NiZn 或 MnZn 鐵氧體。

電感器變薄且占位面積變小

為了不斷降低負載點 (PoL) 轉換器等電源轉換模組的占位元面積，業界已提出集成有源和無源元器

件的新設計。與先前用於構建薄型電感器的傳統縱向通量模式不同，這些設計所用平面電感器經過專門設計，因而具有橫向通量模式。隨著電感器厚度的降低，與傳統的縱向通量器件相比，橫向磁通電感器顯現出越來越優越的電感。FlakeComposite 的機械特性可實現厚度為 50 μ m 至 2mm 的電感器，因此非常適合製造超薄橫向磁通電感器。

採用 FlakeComposite 製造的電感器極薄卻堅固，為了幫助節省占位面積，在將其嵌入到 PCB 時也可實現固有對齊，並且與傳統鐵氧體磁芯相比，也可降低高達 40% 的電感器高度。

彈性高磁導率材料

除了可用於功率電感器之外，FlakeComposite 的磁性和機械性能組合還適用於包括 EMI 抑制和遮罩無線輸電線圈在內的電磁遮罩應用，從而可優化充電性能並保護附近的電子設備。FlakeComposite 技術是基美電子 Flex Suppressor 產品的核心，事實證明這類產品可在各種應用中減少電磁雜訊。

總結

FlakeComposite 這種新方法可以優化電感器的磁芯性能，並進一步拓展機會，實現未來電源轉換路的小型化設計，因此它將超越當前鐵氧體磁芯材料所取得的成就。FlakeComposite 可提供類似的磁導率，以及卓越的飽和特性、直流偏置性能和更高的溫度性能，進而實現超薄功率電感器設計，並為 PCB 嵌入式電感器提供所需的機械性能，從而實現真正的節省空間。CTA

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩內容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>