



Ni-Cr-Mn-Y 薄膜合金電阻



一、商品化名稱：Ni-Cr-Mn-Y 薄膜合金電阻

二、開發團隊資訊

單位 (系 / 所)	姓名	職稱
材料工程研究所	李英杰	教授

三、開發理念

在行動資訊蓬勃發展的時代，高科技的電子類產品的研發往輕、薄、短、小及方便性是市場的趨勢，被動元件的尺寸大小從市場需求 0805 規格已往 0603 或 0402 規格前進。在晶片電阻方面，電阻器可分為厚膜電阻與薄膜電阻。薄膜電阻是以物理氣象沉積(PVD)製程方式於氧化鋁基板上沉積電阻層，加上薄膜電阻器比厚膜電阻器的均勻性、電阻率與尺寸都較優越，使得電阻器往尺寸更小且精密度高的薄膜電阻器發展。薄膜電阻主要要求為低電阻溫度係數(TCR, ± 50 ppm)及電阻值精確度($\pm 0.1\%$)；為符合此規格，薄膜組成為設計重點，本計畫以 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜合金電阻推動技術商品化，也已獲得發明專利 (I525196)。

四、技術競爭力及產業應用性

產品規格: 0603 100K Ω 之薄膜晶片電阻器，其容差在 $\pm 0.1\%$ 以內，TCR 可達 ± 50 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。

五、商品化成果說明

使用 Ni_{0.45}-Cr_{0.27}-Mn_{0.13}-Y_{0.16} 之比例鑄造濺鍍合金靶，利用 DC 磁控濺射製備 Ni-Cr-Mn-Y 電阻薄膜。當退火溫度設定為 400 $^{\circ}\text{C}$ 時，Ni-Cr-Mn-Y 薄膜有 Ni₁₇Y₁₂ 之結晶相產生。在退火 300 $^{\circ}\text{C}$ 時，從 TEM 中並沒有發現明顯的結晶。電性分析中，退火 300 $^{\circ}\text{C}$ 時，電阻率約為 480 $\mu\Omega\text{-cm}$ ，且擁有最佳的平均 TCR 值 +30 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。

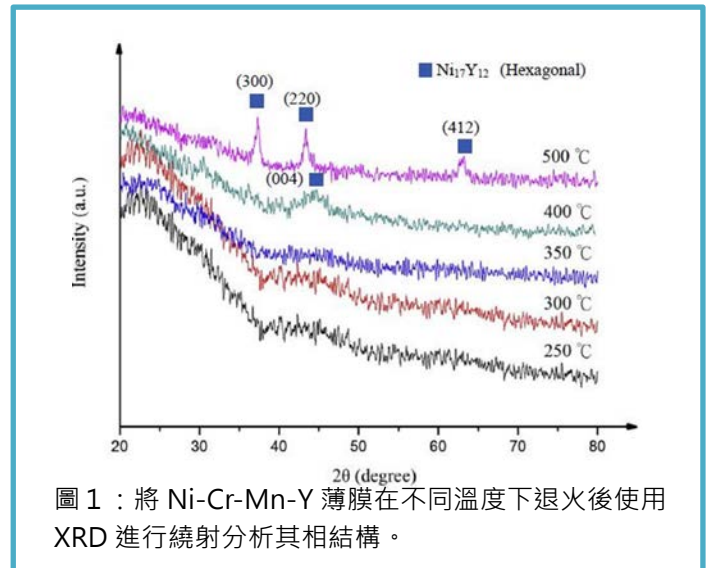


圖 1：將 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜在不同溫度下退火後使用 XRD 進行繞射分析其相結構。

將 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜在不同溫度下退火後使用 XRD 進行繞射分析其相結構，如圖 1 所示。從繞射圖中可以發現，退火溫度 < 400 $^{\circ}\text{C}$ 時都沒有結晶相的產生，表示未退火的 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜並沒有結晶相產生，且 400 $^{\circ}\text{C}$ 以下的溫度也不足以提供足夠的熱能使原子可以擴散、排列形成結晶態。然而，XRD 對於識別低體積微晶級分不夠敏感。將進行使用場發射透射電子顯微鏡 (FE-TEM) 的進一步微觀結構研究。當退火溫度高於 400 $^{\circ}\text{C}$ 時，Ni-Cr-Mn-Y 薄膜中 Ni₁₇Y₁₂ 的結晶性有明顯增強，繞射峰數量以及強度會因退火溫度提高，使薄膜有更多的熱能而成長，由退火 400 $^{\circ}\text{C}$ 提升至 500 $^{\circ}\text{C}$ 後，Ni₁₇Y₁₂ 的繞射峰由 (004) 轉變為 (300)、(220)、(412)。

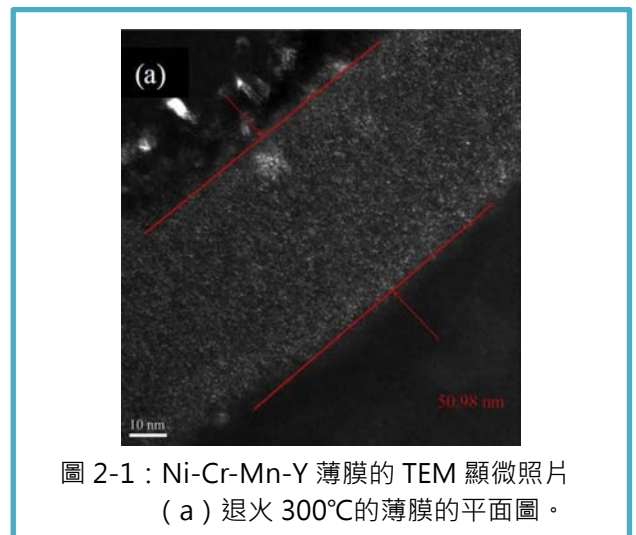


圖 2-1：Ni-Cr-Mn-Y 薄膜的 TEM 顯微照片 (a) 退火 300 $^{\circ}\text{C}$ 的薄膜的平面圖。

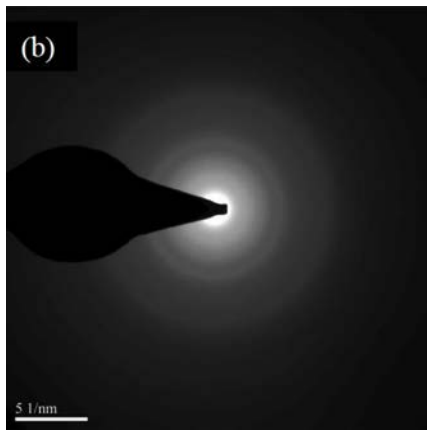


圖 2-2 : Ni-Cr-Mn-Y 薄膜的 TEM 顯微照片
(b) 退火 300°C 時之擇區繞射環。

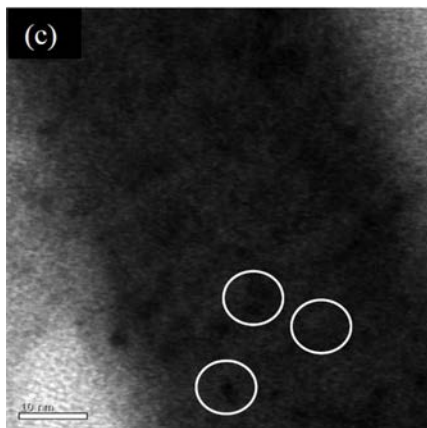


圖 2-3 : Ni-Cr-Mn-Y 薄膜的 TEM 顯微照片
(c) 退火 400°C 的薄膜平面圖。

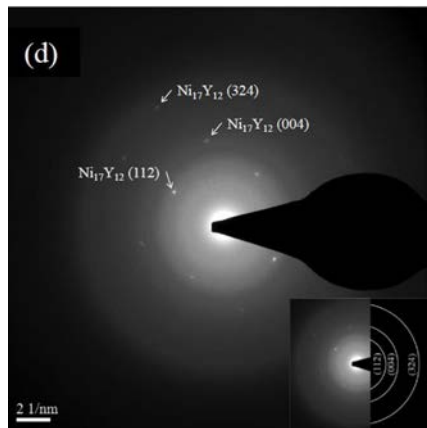


圖 2-4 : Ni-Cr-Mn-Y 薄膜的 TEM 顯微照片
(d) 退火 400°C 時之擇區繞射環。

利用 TEM 觀察 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜在退火 300 °C、400 °C 後的顯微結構，如圖 2 所示。圖 2(b) 中可以發現在退火 300 °C 時，Ni-Cr-Mn-Y 薄膜中為非晶態，隨著退火溫度升高至 400 °C，圖 2(c) 中發現膜層內部有些微的結晶，分析其繞射環而材料元素之間的相互作用抑制了結晶與成長。退火溫度提高至 400 °C 後之擇區繞射圖，如圖 2(d) 所示。

根據 SAD 分析，此繞射點屬於 Ni₁₇Y₁₂ 相，該結果與 XRD 分析一致。

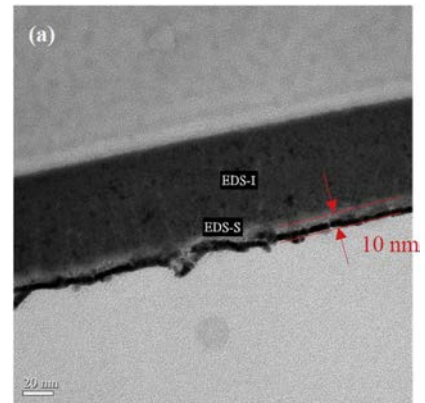


圖 3-1 : Ni-Cr-Mn-Y 薄膜退火 400°C 的 TEM-EDX 分析
(a) 薄膜的平面視圖。

(b)

No.	Film compositions (at.%)				
	Ni	Cr	Mn	Y	O
Surface	24.1	15.7	3.1	6.4	50.7
Inside	36.1	14.8	5.2	7.9	36.0

圖 3-2 : Ni-Cr-Mn-Y 薄膜退火 400°C 的 TEM-EDX 分析
(b) EDX 薄膜分析。

圖 3(a) 為退火 400 °C，利用 TEM 之做破斷面 EDX 成分分析位置圖，圖 3(b) 則為分析後的成分表。在表面上發現薄膜厚度約 11nm。從圖中可發先表面與薄膜內部的氧元素含量相差甚大，可以證明其退火 400°C 後表面氧化的情況較內部嚴重，這是因為，合金薄膜在空氣中退火易使表面氧化。

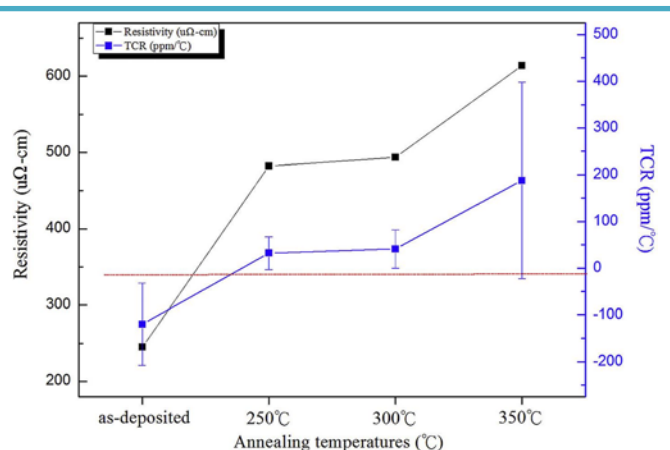


圖 4: Ni-Cr-Mn-Y 薄膜在室溫及不同退火溫度的電阻率和 TCR。

退火溫度對 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜電性之影響，如圖 4 所示。在退火 400°C 時，Ni-Cr-Mn-Y 薄膜電阻率顯著增加。一般來說，透過提高退火溫度，金屬膜電阻率隨著晶界、晶體缺陷和膜氧化的增加而增加。根據圖 3 (a) 的 TEM 分析所示，退火 400°C 時的電阻率增加是由於氧化層的形成。

圖 4 還顯示了退火溫度對 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜的電阻率溫度係數 (TCR) 的影響。隨著退火溫度的升高獲得正的 TCR 值。退火在 300°C 以下的 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜具有接近零的 TCR，因為退火後薄膜保留了非晶結構。TCR 的變化是金屬膜中結構變化之結果，導致退火後的金屬行為。退火處理是電阻器穩定性的重要因素。沉積膜的 TCR 為負，得到較為發散的 TCR 值 (-40~-200ppm/°C)。由於大多數結晶合金具有正的 TCR，因此 TCR 將變為正。

然而，當退火溫度升高到 400°C 以上時，TCR 值變差，這可以透過 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜的結晶度和氧化來解釋。該結果表明退火將影響 TCR。Nocerinot 和 Singer 報導，在沉積過程中將氧氣引入 NiCr 薄膜會影響 TCR 值，他們得出結論，在沉積過程中將氧氣引入薄膜的效果增加了電阻率並降低了 TCR。退火 300°C 的 Ni-Cr-Mn-Y 薄膜具有最好的電性，電阻率為 480 $\mu\Omega\text{-cm}$ ，電阻溫度係數為 +30ppm/°C (TCR)。

