

【11】證書號數：I270796

【45】公告日：中華民國96(2007)年1月11日

【51】Int. Cl. : **G06F17/50 (2006.01)**

發明 全 8 頁

【54】名稱：奈米積體電路中利用遞迴動差法估測非均勻性分佈式RLC耦合互連線路串擾雜訊的驗證方法

【21】申請案號：093130687

【22】申請日：中華民國93(2004)年10月8日

【11】公開編號：200508920

【43】公開日：中華民國94(2005)年3月1日

【72】發明人：馮武雄；朱家齊 CHU, CHIA CHI；李恆哲 LEE, HERNG JER

【71】申請人：長庚大學 CHANG GUNG UNIVERSITY

桃園縣龜山鄉文化一路259號

【74】代理人：

1

2

[57]申請專利範圍：

1.奈米積體電路中利用遞迴動差法估測非均勻性分佈式RLC耦合互連線路串擾雜訊的驗證方法，在此線路中一段非均勻分佈式線路Line_jⁱ於近端(x=0)電流動差i_{j,k}ⁱ(0)與遠端(x=d)電壓動差V_{j,k}ⁱ(d)為

$$i_{j,k}^i(0) = i_{j,k}^i(d) + J_{j,k}^i,$$

$$v_{j,k}^i(d) = V_{j,k}^i(0) - \sum_{n=0}^{q+m_k+2} b_{j,k,n}^i d^n - E_{LM_{i,j}}^i - E_{j,k}^i;$$

其中，

$$J_{j,k}^i = \int_d^0 i_{c,j,k}^i(z) dz = \sum_{n=0}^{m_k} \frac{a_{j,k,n}^i}{n+1},$$

$$5. E_{LM_{j,k}}^i = \sum_{n=0}^{q+m_k+2} \left(d_{j,k-1,n}^i + \sum_{nm_j^i} J_{j,k-1,n}^i \right) d^n,$$

$$E_{j,k}^i = \sum_{n=0}^{q+m_k+2} a_{j,k,n}^i d^n + \sum_{n=0}^{q+m_k+2} \left(c_{j,k-1,n}^i + \sum_{nm_j^i} e_{j,k-1,n}^i \right) d^n;$$

10. 且其中：

上標 i 表示電路模型中第 i 個樹狀結構線路 T^i 上；

下標 j 代表 T^i 中第 j 個節點 n_j^i ，此節點即為該線路遠端 ($x=d$)；

$v_j^i(x,s)$ 及 $v_{c_j}^i(x,s)$ 分別表示 $Line_j^i$ 上對電壓及電容性電流的轉換函式；

$v_{j,k}^i(x)$ 及 $i_{c_{j,k}}^i(x)$ 分別表示 $v_j^i(x,s)$ 及 $i_{c_j}^i(x,s)$ 以泰勒展開式展開時第 k 階的係數 (即動差)；

$I_{c_{j,k}}^i$ 表示 $Line_j^i$ 上的電容性電流；

$E_{j,k}^i$ 表示第 k 階與第 $k-1$ 階電容性電流動差流經 $Line_j^i$ 上的電阻所造成電壓動差 $v_{j,k}^i(0)$ 上的電壓驟降；

$E_{LM_{j,k}}^i$ 表示第 k 階與第 $k-1$ 階電容性電流動差流經 $Line_j^i$ 上的電感所造成電壓動差 $v_{j,k}^i(0)$ 上的電壓驟降；

mm_j^i 為所有與 $Line_j^i$ 有關之互感之集合；

$\alpha_{j,k,n}^i$ 為 $i_{c_{j,k}}^i(x)$ 以泰勒展開式展開時第

n 階的係數，即 $i_{c_{j,k}}^i(x) = \sum_{n=0}^{m_k} \alpha_{j,k,n}^i x^n$ 。

2. 如申請專利範圍第 1 項中所述之奈米積體電路中利用遞迴動差法估測非均勻性分佈式 RLC 耦合互連線路串擾雜訊的驗證方法，將 $i_{c_{j,k}}^i(x)$ 與 $v_{j,k}^i(x)$ 以多項式表示可得

$$i_{c_{j,k}}^i(x) = \sum_{n=0}^{m_k} \alpha_{j,k,n}^i x^n, \quad v_{j,k}^i(x) = \sum_{n=0}^{p_k} \beta_{j,k,n}^i x^n;$$

當 $k=0$ 時，第 0 階多項式 $i_{c_{j,0}}^i(x)=0$ 且 $v_{j,0}^i(x)=V_s^i$ 表示 $\alpha_{j,0,0}^i=0$ 且 $\beta_{j,0,0}^i=V_s^i$ ，因此 $m_0=p_0=0$ ；當 $k>0$ 時，可推導出 $m_k=q+(k-1)(2q+2)$ 及 $p_k=k(2q+2)$ ；而其中之 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 係數，可使用遞迴動差運算求得：

$$\int_0^x r_j^i(z) L_{c_{j,k}}^i(z) dz = \sum_{n=0}^{q+m_k+2} a_{j,k,n}^i x^n,$$

$$R_j^i(x) I_{j,k}^i(x) = \sum_{n=0}^{q+m_k+2} b_{j,k,n}^i x^n,$$

$$\int_0^x L_j^i(z) L_{c_{j,k-1}}^i(z) dz = \sum_{n=0}^{q+m_{k-1}+2} c_{j,k-1,n}^i x^n,$$

$$L_j^i(x) I_{j,k-1}^i(x) = \sum_{n=0}^{q+m_{k-1}+2} d_{j,k-1,n}^i x^n,$$

$$\int_0^x m_{j,j_1}^{i_1} L_{c_{j_1,k-1}}^{i_1}(z) dz = \sum_{n=0}^{q+m_{k-1}+2} e_{j,k-1,n}^i x^n,$$

$$M_{j,j_1}^{i_1}(x) I_{j_1,k-1}^{i_1}(x) = \sum_{n=0}^{q+m_{k-1}+2} f_{j,k-1,n}^i x^n;$$

且其中

$\beta_{j,k,n}^i$ 為 $v_j^i(x)$ 以泰勒展開式展開時第 n 階的係數；

$R_j^i(x)$ 和 $L_j^i(x)$ 表示非均勻分佈式線路 $Line_j^i$ 在位置座標 x 時的電阻和電感值；

$r_j^i(z)$ 與 $i_j^i(z)$ 分別表示 $Line_j^i$ 上單位長度電阻與電感；

$I_{j,k}^i(x)$ 表示輸入 n_j^i 節點的電流轉換函數；

$I_{c_{j,k}}^i(z)$ 表示線路 $Line_j^i$ 上的電容性電流；

$m_{j,j_1}^{i_1}$ 表示 $Line_j^i$ 與一鄰近非均勻分佈式線段 $Line_{j_1}^{i_1}$ 間之互感值；

$M_{j,j_1}^{i_1}$ 表示 L_j^i 與 $L_{j_1}^{i_1}$ 間之互感效應。

3. 如專利申請範圍第一點中所述之利用動差法估測非均勻性分佈式 RLC 耦合互連線路串擾雜訊的驗證方法，所求得之動差值與其他多項式係數可用於建構估測串擾雜訊峰值之簡化模型，其中非均勻分佈式線路 $Line_j^i$ 對其值之貢獻為：

$$\int_0^d v_{j,k-1}^i(z) L_{c_{j,l-1}}^i(z) dz = \sum_{n=0}^{p_{k-1}+m_{l-1}} \frac{g_{j,l,n}^i}{n+1} d^{n+1},$$

$$\int_0^d i_{j,k-1}^i(z) \left(L_j^i(z) i_{j,l-3}^i(z) + \sum_{mm_j^i} (M_{j,j_1}^{i_1}(z) i_{j_1,l-3}^{i_1}(z)) \right) dz = \sum_{n=0}^{q+m_{k-1}-m_{l-3}+3} \frac{h_{j,l,n}^i}{n+1} d^{n+1}$$

其中

$i_{C_{j,n}^{l-1}}(z)$ 為耦合RLC模型中的電容性電流；

係數 $g_{j,n}^l$ 及 $h_{j,n}^l$ 可使用解析解方式對多項式乘法積分運算而得。

圖式簡單說明：

圖一為施行本發明之演算工具的輸出輸入方塊圖。

圖二為計算系統動差之演算法流程圖。

圖三為耦合樹狀模型中的非均勻分佈式傳輸線模型。

圖四為耦合RLC樹狀模型T'的典型表示法。

圖五為完成非均勻分佈式線路模型之流程圖。

圖六為兩節點間發生耦合電容的情況：(a)為原始的電路模型；(b)為等效的動差模型。

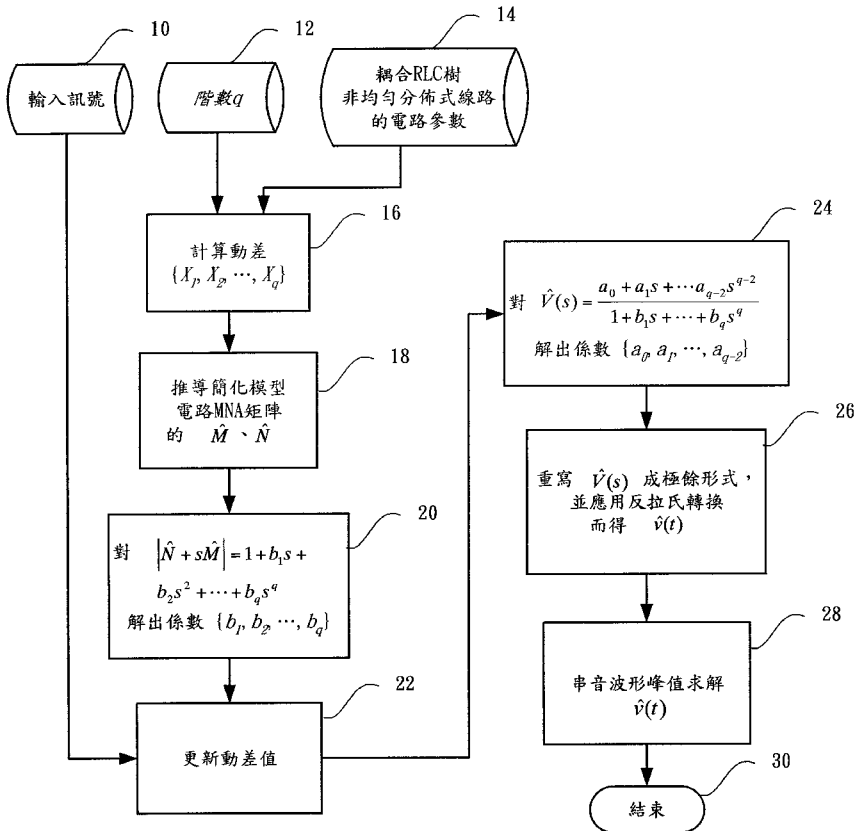
圖七為非均勻分佈式線路耦合

5. RLC線段的動差模型。

圖八為三種耦合RLC樹狀模型兩平行導線形態：(a)兩平行導線、(b)樹型1、(c)樹型2。其中導線1的耦合線段的長度計有 $L1=\{1,2,3,4,5\}$ (mm)五種，而導線2中的耦合線段長度亦有 $L2=\{1,2,3,4,5\}$ (mm)五種，其中後者比前者的長度為短。

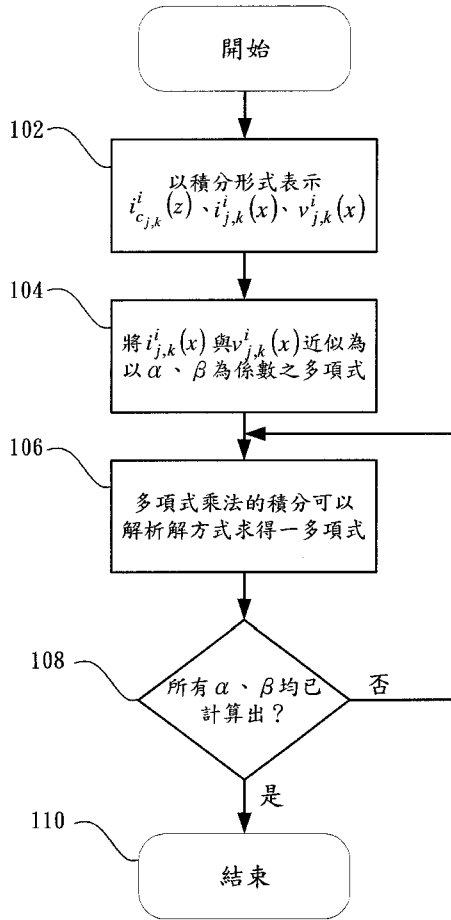
圖九為Spice、S3P模型、S4P模型及S6P模型之串擾雜訊峰值模擬

15. 形。



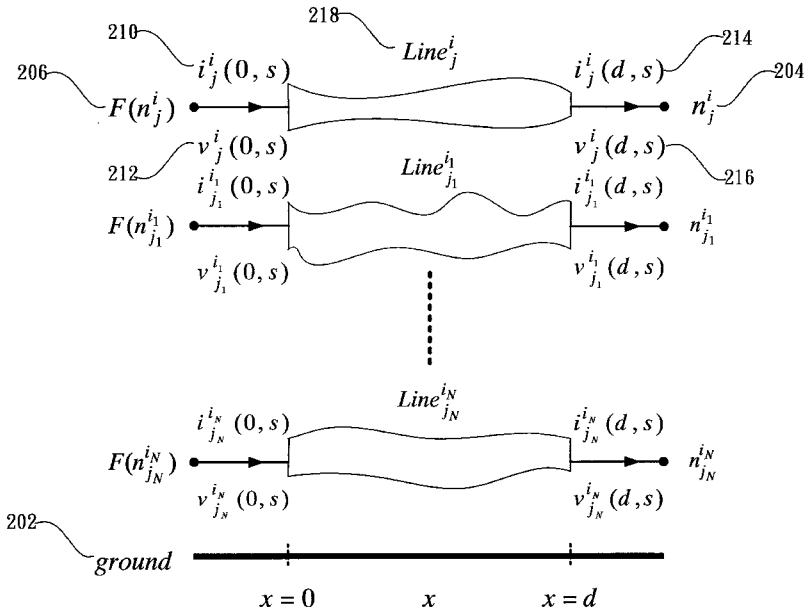
圖一

(4)

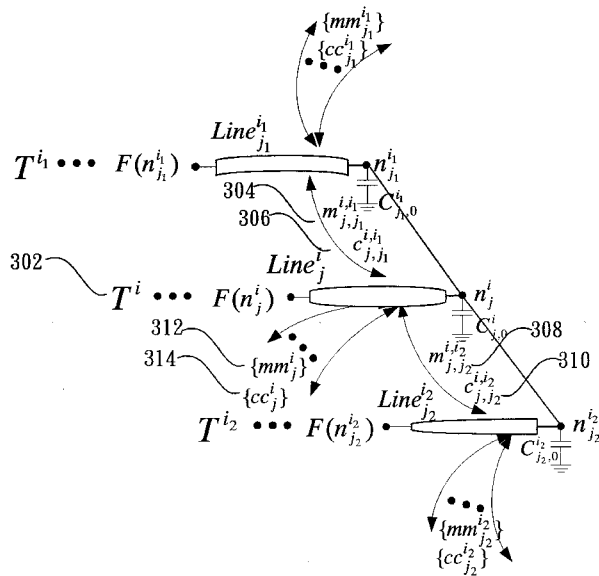


圖二

(5)

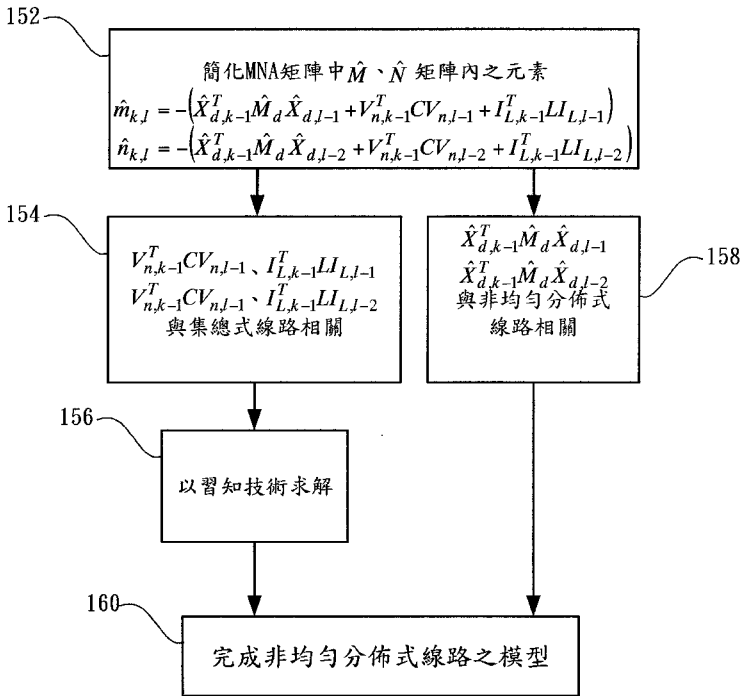


圖三

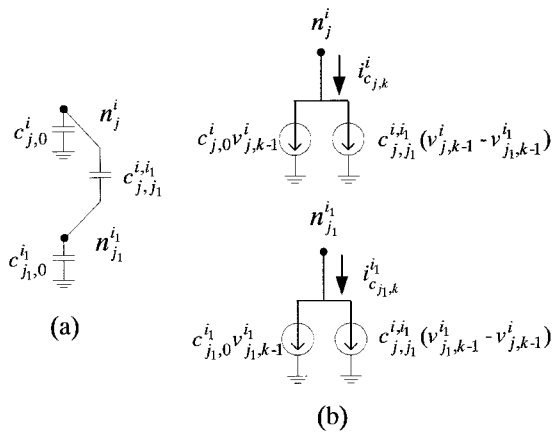


圖四

(6)

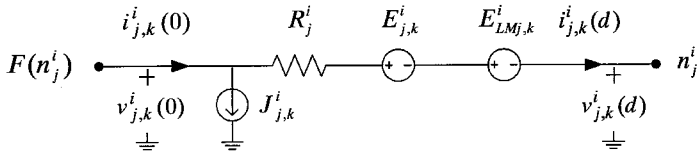


圖五

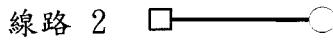
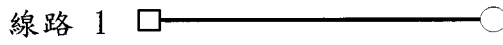


圖六

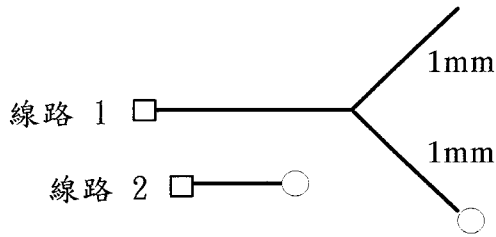
(7)



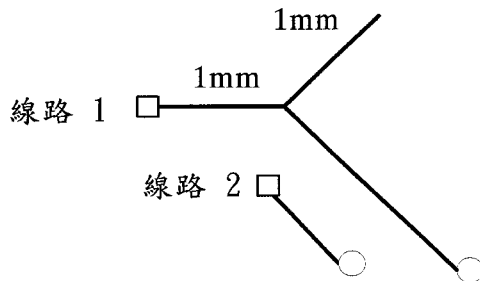
圖七



(a)



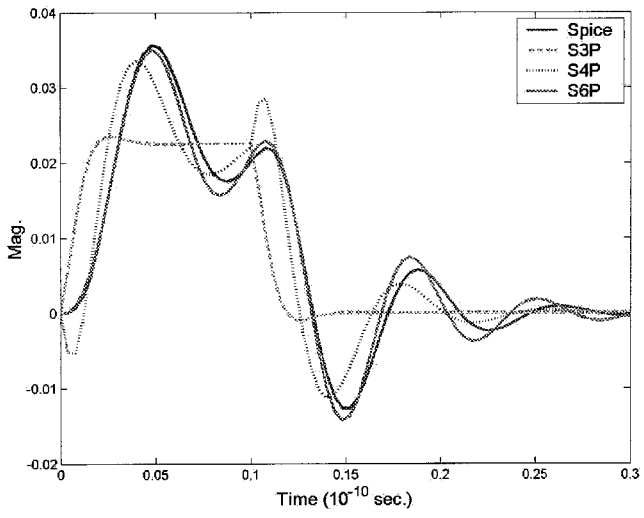
(b)



(c)

圖八

(8)



圖九