

聚焦氦離子束微影與鄰近效應修正技術

Proximity Effect Correction for Helium Ion Beam Lithography

李建霖^{1*}、蔡坤諭²、錢盛偉³

¹ 國立臺灣大學電子工程學研究所 博士班研究生

² 國立臺灣大學電機工程學系 副教授

³ 國立臺灣大學電機工程學系 技術研究專員

摘要：本文介紹一種基於模型的鄰近效應修正方法，並研究其應用於氦離子束微影的可行性。該方法通過回饋補償機制疊代地修正圖案的形狀，直到模擬的製像真確度滿足要求。我們利用點擴散函數來概括入射離子束粒子，在光阻中產生散射時所涉及的所有現象。爾後修正曝光程序的結果是利用點擴散函數和曝光圖案捲積產生之能量強度分佈及加上適當門檻值進行預測。該方法對改善氦離子束微影的效果透過數種設計好之圖案，從15到5奈米半間距於特定製程條件，包括加速電壓，光阻厚度和靈敏度等進行檢驗，初步結果顯示其在提高 HIBL 製像真確度方面之有效性。

Abstract : This work presents a model-based proximity effect correction method and investigates its potential for helium ion beam lithography (HIBL). This method iteratively modulates the shape of pattern by a feedback compensation mechanism until the simulated patterning fidelity satisfies specific constraints. A point spread function is utilized to account for all phenomena involved during the scattering events of incident ion beam particle in the resist. Patterning prediction for subsequent correction process is derived from the energy intensity distribution, as a result of convolution between the points spread function and the pattern, with an adequate threshold. The performance of this method for HIBL is examined through several designed patterns from 15- to 5-nm HP under certain process parameters, including acceleration voltage, resist thickness and sensitivity. Preliminary results show its effectiveness on improving the patterning fidelity of HIBL.

關鍵詞：氦離子束微影、點擴散函數、鄰近效應修正

Keywords : Helium ion beam lithography, Point spread function, Proximity effect correction

前言

無光罩微影 (MLL) 被認為是可能應用於次 20 奈米半節距節點的方法之一 [1]。與作為量產設備廣泛使用的投影式光學微影 (OPL) 不同，無光罩微影通常採用粒子束作為光阻曝光的來源。電子束微影 (EBL) 是經過長期研究的無光罩微影方法，因為它可忽略繞射效應，理論上具更高的解析度以及較光學微影簡易的設備，所以電子束微影是生產光罩和特殊應用積體電路的選項之一 [2][3]，

然而光阻和基板中嚴重的電子散射效應可能

使其對鄰近區域產生的影響，因而意外地使光阻曝光而導致解析度降低，特別是需要高製像真確度的密集圖案中更容易發生。這所謂的鄰近效應已經被大量研究，並且也有提出鄰近效應修正 [4] [7] (PEC) 等解決方法。這些方法透過調整電子束微影的劑量或光束形狀來減輕上述影響，並達成將圖案特徵尺寸控制在可接受的範圍內。即便如此，在先進技術中電子束微影仍可能遇到解析度不夠高的難點。

除了電子束微影，氦離子束微影 (HIBL) 亦是無光罩微影的一種方法。它具有次 0.5 奈米的聚焦光束直徑，較小的散射範圍，因而鄰近效應較

輕微，所以理論上具有比電子束微影更高的解析度和更好製像真確度之優勢 [10]。先前的研究已經指出能夠利用氦離子束微影製造 10 奈米半間距之圖案，但是當間距縮小到 10 奈米以下時，氦離子束微影仍然遇到相當的阻礙 [5]。雖然實驗和模擬產生的點擴散函數 (PSF) 都顯示氦離子束微影具有次 10 奈米解析度之可能性 [6]，但實際曝光上仍然存在需要填補的差距。因此與電子束微影類似，應將某種形式的鄰近效應修正套用於氦離子束微影上，以補償使解析度降低的效應 [8]。

在本文採用一種基於氦離子束點擴散函的形狀調變鄰近效應修正方法 [14]，包含用於修正程序的曝光結果預測和回饋補償機制，以調變圖案之幾何形狀而滿足製像真確度的要求。並利用數種設計過的圖案，包括 6T-SRAM 閘極層和高密度長條圖案，以研究鄰近效應修正方法的有效性。

鄰近效應修正及模擬方法

採用光學鄰近效應演算法 [12] 模型之鄰近效

應修正方法乃由數個部分組成，其流程圖如圖 1 所示。製程模型由光束 (氦離子束) 模型和光阻模型加上適當的光阻門檻值組成，以求得預測曝光結果和後續修正程序之能量分佈。回饋補償機制則由傳統的比例、積分和微分 (PID) 控制器等實現，其中 PID 參數調校基本上透過反覆試驗之方式以達成收斂條件的要求。

圖 1 中變數所表示之意義如下：

- (a) r : 目標圖案
- (b) y : 曝光後之圖案
- (c) e : r 和 y 之誤差
- (d) u : 補償後之目標圖案
- (e) C : 回饋補償機制
- (f) G : 包含光束及光阻模型之曝光模型

圖 1 虛線框內示意製程模型的主要組成部分，其中能量分佈可以透過將製程模型與目標圖案捲積來獲得。藉由適當地處理能量分佈，我們可以獲得用來決定所需修正程度的重要元素，即模擬之曝光圖像。製程模型的第一部分是光束模型。一些常見的光束模型參數如圖 2 所示 [13]，其中

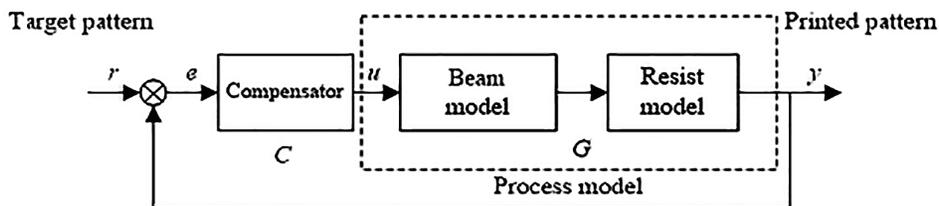


圖 1 鄰近效應修正流程圖 [12]

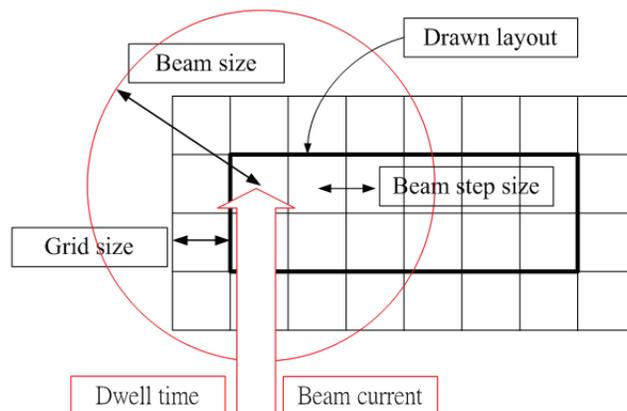


圖 2 常用之光束模型參數 [13]

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | · 435 期 · 108 年 6 月號

機械工業雜誌·每期 220 元·一年 12 期 2200 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將繳款收執或信用卡刷卡單傳真至(03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳真：03-582-2011

機械工業雜誌·官方網站：www.automan.tw 機械工業雜誌·信箱：jmi@itri.org.tw

機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 12 期

\$ 2200 / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

- A 史欽泰墨寶帆布袋
- B 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

\$ 3000 原價 \$ 4400

一年12期

贈送

- A 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 24 期

\$ 4000 / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

- A 史欽泰墨寶帆布袋
- B 工研院機械所無人車USB (8G)
- C 工具機叢書任一本
- D 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您



A



B



C



D