The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Radiation Effects of Electron Beams on Polymer Thin Films in Nanolithography
Author(s)	Dinh, Cong Que
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59584
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name (Dinh Cong Que)	
Title	Radiation Effects of Electron Beams on Polymer Thin Films in Nanolithography (ナノリソグラフィーにおける高分子薄膜の電子線照射効果に関する研究)

Abstract of Thesis

Electron beam lithography (EBL), which uses electron beams as the exposure source, is used for making nano-devices such as bio-sensors, and for making masks in semiconductor devices manufacturing. In EBL, a pattern can be created with the resists that are organic or inorganic polymeric materials which are sensitive to electrons. Four common resists, ZEP, PMMA, HSQ, and UV3, were used in this thesis. In the first chapter, four main problems; time delay effect, low speed, low resolution and shrinkage effect, that hinder the fabrication of suitable devices for future applications were discussed. Solutions for these four problems were studied in the following chapters.

In chapter 2, the problems of delay effect and low speed were studied. Firstly, the delay effect which means losing the pattern size at the same dose caused by the time delay between the spin-coating and exposure process, was studied. A method of using a top coat, that prevents the harmful contaminant in the atmosphere from diffusing into the resist, has shown to have minimised the effect over a delay time of 12 hours. Secondly, the problem of low speed in exposure process was discussed. Using an electron beam (EB) energy of 30 keV has shown to increase the speed about 10 times if compared to the reported method that used a higher energy at 100 keV to create the same pattern of 20 nm-dense line/space. In chemically amplified resist, a combination of UV3, 5 wt%TPS-tf (acid generator), 5 wt% PiMe (acid amplifier), and 0.1 wt% quencher had found to have a better performance (about 2.5 times faster) than the bulk UV3 without sacrificing its ultimate resolution of 50 nm-dense line/space patterns.

In chapter 3, the scattering of electrons which has a great impact on a low resolution pattern in EBL was studied. The impact of backscattering electrons on patterns was largely reduced using a high dose and a strong developer, and finally 30 nm-line/space patterns were achieved.

In chapter 4 and 5, the shrinkage effect (the pattern loss in its size upon EB exposure) was extensively studied for all line/space patterns of the four resists. It has shown that this shrinkage effect not only made it challenging to accurately determine their original sizes, but also caused the pattern loss in negative tone resists. The shrinkage effects were different for each type of resists, showing that the chemical structures of the resists significantly affected the extent of the shrinkage. The shrinkages were bigger when there were more volatile groups in the products of the chemical reactions. The three positive resists (ZEP, PMMA, UV3) were all changed to negative tone at a high exposure dose in isopropyl alcohol solution. In conclusion, the shrinkage effect has shown to occur in every resists and the extent of shrinkage is in a close connection with the main-chain scission and crosslinking reactions within the resists.

In chapter 6 presented techniques to control the shrinkage. A new method for estimating of the original size was also introduced to solve the shrinkage problem. We have also introduced a method of finely changing the sizes of a channel by taking advantage of shrinkage effect. A nano-channel have been changed its width by 12 nm smaller using the technique.

In this thesis, we have gained a better understanding of the four problems in EBL and have found solutions to minimise the impacts of the problems. This might bring the possibility of creating accurate devices over a limited time to meet the requirements of new applications.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（ Dinh Cong Que ）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	西嶋　茂宏
	副 査	教　授	藤井　俊行
	副 査	准教授	秋山　庸子

論文審査の結果の要旨

電子線リソグラフィー(EBL)は，バイオセンサーや半導体機器などのナノデバイスの製造に用いられ，電子感受性の高い有機あるいは無機高分子レジスト材料を用いてパターンを作製する手法である。本論文では EBL において一般的に用いられる 4 種のレジスト(ZEP，PMMA，HSQ，UV3)を用い，電子線リソグラフィーの応用に向けての問題点として挙げられる遅延効果，低速加工，低解像度，および収縮効果の機構について検討し，それらの解決方法を提案している。

第 2 章では，遅延効果と低速加工の問題について検討している。まず遅延効果，すなわちスピンコーティング工程と照射工程の間の放置時間によって照射後のパターンの大きさが変化する現象について検討している。この主な要因は空気中からの不純物がレジスト内に拡散することであると考え，それを防ぐ表面被覆の方法によって 12 時間の遅延時間においてもその影響を最小限にとどめることに成功している。次に，照射工程に時間がかかる問題（低速加工）について議論している。20 nm/20 nm（線幅/行間幅）のパターンを作製する際に 30keV の低エネルギーの電子線を用いることで，100keV の EB を使用した既存研究に比較して約 10 倍の加工速度を実現している。

また化学増幅型レジスト UV3 においては，5 wt.%の TPS-tf（酸発生剤），5 wt.%の PiMe（酸増幅剤）および 0.1wt.%の抑制剤の組合せにより，50 nm/50 nm（線幅/行間幅）のパターンの解像度を犠牲にすることなく，通常の UV3 に比較して約 2.5 倍の加工速度を実現している。

第 3 章では，EBL におけるパターンの低解像度の問題に大きな影響を与える，電子の後方散乱について検討を行っている。照射条件の検討の結果，高線量照射と強い現像液の使用によって，後方散乱電子の影響を大幅に減少させ，最終的には 30 nm/30 nm（線幅/行間幅）パターンを達成している。

第 4 と 5 章では，EB 照射によるパターンサイズの損失を引き起こす収縮結果について，4 種のレジストのそれぞれについて検討した。収縮効果は正確に初期のパターンサイズを決定することを困難にするだけでなく，ネガ型レジストの損失を引き起こす問題である。この収縮効果は各レジストの化学構造により大きく異なり，より不安定な官能基が存在する場合に収縮率が大きいことを明らかにしている。結論として，収縮効果はレジストからの揮発性ガスの放出と密接な関係にあることを明らかにしている。

第 6 章では，上記の収縮効果を制御するための技術を提案している。まず AFM を用いた実験により，初期サイズを推定するための手法を提案した。さらに，収縮効果を利用することによって，パターン幅を精密制御する方法を開発した。この技術を用いることで，初期の幅よりも 12 nm 小さい幅のパターンを作製することに成功している。

上記を総括すると，本論文では EBL の実用にあたっての 4 つの問題の機構を議論し，それぞれを解決するための手法を明らかにしている。このことにより，EBL の精密制御による新たな分野への応用の可能性が示されたといえる。

以上のように，本論文は EBL の既存技術が抱えていた課題を解決するための具体的な手法を提案しており，本研究の成果は EBL の適用範囲を広げ，より高度な技術とすることに大いに貢献するものと考えられる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。