

การปรับปรุงวิธีการกำจัดกากที่พอกตัวออกจากหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์  
ที่กักก่อนโดยวิธีรีเคทีฟไอออนเอทซิง



นางสาวณัฐพร ขำนวลทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 7 7 1 4 1 7 5 2 1

IMPROVEMENT OF REDEPOSITION REMOVAL FROM HARD DISK HEAD  
ETCHED BY REACTIVE ION ETCHING

Miss Nattaporn Khamnualthong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2007


Copyright of Chulalongkorn University

502182


Thesis Title                                   IMPROVEMENT OF REDEPOSITION REMOVAL  
FROM HARD DISK HEAD ETCHED BY  
REACTIVE ION ETCHING  
By                                                 Miss Nattaporn Khamnualthong  
Field of Study                                 Chemical Engineering  
Thesis Advisor                               Associate Professor Tawatchai Charinpanitkul, D.Eng.  
Thesis Co-advisor                          Krisda Siangchaew, Ph.D.


---


Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Master 's Degree


..........Dean of the Faculty of Engineering  
(Associate Professor Boonsom Lerdkhironwong, Dr.Ing.)


#### THESIS COMMITTEE

..........Chairman  
(Assistant Professor Vichitra Chongvisal, Ph.D. )

..........Thesis Advisor  
(Associate Professor Tawatchai Charinpanitkul, D.Eng.)

..........Thesis Co-advisor  
(Krisda Siangchaew, Ph.D.)

..........Member  
(Associate Professor Siriporn Damrongsakkul, Ph.D.)

..........Member  
(Associate Professor Suttichai Assabumrungrat, Ph.D.)

ณัฐพร ขำนวลทอง : การปรับปรุงวิธีการกำจัดกากที่พอกตัวออกจากหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ที่กัดกร่อนโดยวิธีรีเอคทีฟไอออนเอตซิง (IMPROVEMENT OF REDEPOSITION REMOVAL FROM HARD DISK HEAD ETCHED BY REACTIVE ION ETCHING)

อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. กฤษฎา เสียงแก้ว, 74 หน้า

ปัจจุบันขนาดของชิ้นส่วนของหัวอ่าน - เขียนมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้การกำจัดกากที่พอกตัวจากการกัดกร่อนด้วยวิธีการเอตซิง เป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในอุตสาหกรรมการผลิตหัวอ่าน - เขียน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้ในการเอตซิงทำให้การพอกตัวของกามีมากขึ้น ซึ่งการทำความสะอาดชิ้นงานโดยใช้สารละลายอัลคาไลน์เบสก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งได้เปรียบวิธีการอื่นคือ ประสิทธิภาพในการทำความสะอาด ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ ใช้สารเคมีที่มีอันตรายน้อย ทำให้การปฏิบัติงานง่ายและปลอดภัย ไม่ต้องทำการทดลองที่อุณหภูมิสูง และเครื่องมือที่มีราคาไม่สูงมากนัก

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรซึ่งก็คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำความสะอาดชิ้นงาน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูง และเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดชิ้นงานนานขึ้นจะให้ความสะอาดที่มากขึ้น แต่ทั้งนี้การเกิดตำหนิที่ชิ้นงานก็เป็นผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นด้วย สภาวะที่ดีที่สุดในการทำความสะอาดชิ้นงานคือ ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05% และเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด 12 นาที

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากสภาวะสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานใหม่ที่ได้จากการทดลองนี้ และที่สภาวะการทำความสะอาดชิ้นงานปัจจุบันคือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02% และเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด 4 นาที พบว่าความสะอาดของชิ้นงานดีขึ้นซึ่งแสดงได้จากภาพถ่ายของเครื่อง SEM และ AFM รวมทั้งผลของการตรวจสอบปริมาณฟลูออไรด์ไอออนที่ตกค้างบนชิ้นงานด้วยวิธี Ion Chromatography นอกจากนี้ประสิทธิภาพของชิ้นงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีขึ้น และชิ้นงานเสียยังมีปริมาณลดลง

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต..... ณัฐพร ขำนวลทอง.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา .....2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4771417521 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: POST ETCH RESIDUE /RIE REDEPOSITION REMOVAL

NATTAPORN KHAMNUALTHONG : THESIS TITLE. (IMPROVEMENT OF REDEPOSITION REMOVAL FROM HARD DISK HEAD ETCHED BY REACTIVE ION ETCHING) THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. TAWATCHAI CHARINPANITKUL, D.Eng. THESIS COADVISOR : KRISDA SIANGCHAEW, Ph.D. pp.74

As the feature size of read-write head devices becomes smaller, the removal of the post-etch residue, redeposition, at etched sidewall becomes a critical issue in the fabrication of read-write head fabrication due to the significant increase in etching time which causes the increase in redeposition formation. However, cleaning with alkaline base solution, sodium hydroxide, is one of method due to its advantages of high cleaning efficiency, low operation cost, easiness and safety to handle, soft chemistry, and requiring no special or expensive equipment.

In this research, the effect of sodium hydroxide concentration and the scrubbing time are investigated. For the experimental results, it could be clearly that the cleanliness of etched sidewall is dependent upon these parameters. With high sodium hydroxide concentration and long scrubbing time give more cleaning efficiency. In other hand, pitting defect can be created. The best cleaning condition which provides best cleanliness is 0.05% sodium hydroxide and scrubbing time of 12 minutes.

When compared with the outcome of new cleaning condition and current condition, 0.02% sodium hydroxide and scrubbing time of 4 minutes should result in the best in sidewall cleanliness which are confirmed by SEM and AFM analyses and fluoride ions measurement by Ion Chromatography. Moreover, the better electrical performance and failure rate due to cleanliness improvement are also obtained.

Department....Chemical Engineering.....Student's signature.....*Nattaporn Kh.*.....

Field of study...Chemical Engineering....Advisor's signature *T. Charinpanitkul*.....

Academic year.....2007.....Co-advisor's signature.....*K. Siangchae*.....

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am very grateful to my advisor, Assoc.Prof. Tawatchai Charinpanitkul, Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, for his indispensable advice and his continuous guidance. I am also grateful to my co-advisor, my boss, Dr.Krisda Siangchaew for his encouragement to continue the course of this work. I wish to express my profound gratitude to Assist. Prof. Vichitra Chongvisal, Assoc.Prof. Siriporn Damrongsakkul and Assoc.Prof. Suttichai Assabumrungrat for their suggestions and participation as the committee.

Grateful appreciate is also conveyed to Mr.Aniruj Tanterdtid and Ms.Saowalak Sukcharoenchoke for their valuable supporting to finish this work.

Finally it is my great wish to express my cordial and deep thank to my family for their love and encouragement.

# CONTENTS

	<b>Page</b>
<b>ABSTRACT IN THAI.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT IN ENGLISH.....</b>	<b>v</b>
<b>ACKNOWLEDGEMENTS.....</b>	<b>vi</b>
<b>CONTENTS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LIST OF TABLES.....</b>	<b>x</b>
<b>LIST OF FIGURES.....</b>	<b>xi</b>
 <b>CHAPTER</b>	
<b>I INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Background.....	1
1.2 Objective.....	7
1.3 Scope of work.....	8
1.4 Benefit to be expected.....	8
<b>II FUNDAMENTALS.....</b>	<b>9</b>
2.1 Photolithography and etching process overview.....	9
2.2 Reactive ion etching.....	.11
2.3 Post-etched residues (or redeposit).....	13
2.4 Cleaning process to minimize redeposit on etch sidewall.....	18
<b>III LISTERATURE REVIEWS.....</b>	<b>21</b>

<b>IV EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL TECHNIQUES.....</b>	<b>27</b>
4.1 Process description.....	27
4.2 Tool and equipment.....	30
4.2.1 Process equipment.....	30
4.2.2 Analytical equipment.....	30
4.3 Experimental procedure.....	31
4.3.1 Screening of process recipe.....	31
4.3.2 Comparison of etched sidewall cleanliness between current cleaning recipe and new recipe.....	33
4.3.3 Comparison of electrical performance and failure rate between current cleaning recipe and new recipe.....	36
4.4 Analytical techniques.....	38
4.4.1 Scanning electron microscopy.....	38
4.4.2 Atomic force microscopy.....	39
4.4.3 Ion chromatography.....	40
<b>V RESULT AND DISCUSSION.....</b>	<b>41</b>
5.1 Results of screening of process recipe.....	41
5.2 Parts cleanliness comparison.....	44
5.2.1 Comparison of etch sidewall cleanliness using SEM.....	44
5.2.2 Comparison of etch sidewall cleanliness using AFM.....	47
5.2.3 Comparison of fluoride ion residues using ion chromatography.....	50
5.3 Electrical performance and failure comparison.....	55



	<b>Page</b>
5.3.1 Quasi static test yield.....	55
5.3.2 Dynamic electrical test yield.....	56
5.3.3 Early touchdown failure during dynamic electrical test.....	58
5.3.4 Touchdown limit failure at hard disk drive assembly operation .....	60
5.4 Cost analysis.....	62
<b>VI CONCLUSTION AND RECOMMENDATION.....</b>	<b>64</b>
6.1 Conclusion.....	64
6.1.1 Impact Study in Terms of Physical Characterization.....	65
6.1.2 Impact Study in Terms of Electrical Characterization.....	66
6.2 Recommendation for future work.....	66
<b>REFFERENCES.....</b>	<b>67</b>
<b>APPENDICS.....</b>	<b>69</b>
APPENDIX A.....	70
<b>VITA.....</b>	<b>74</b>

## LIST OF TABLES

	<b>Page</b>
<b>Table 5.1</b> Pitting defect due to scrubbing versus sodium hydroxide concentration.....	42
<b>Table 5.2</b> Sidewall cleanliness inspection results subject to recipe screening.....	43
<b>Table 5.3</b> Quantity of fluoride ion existing on cleaned parts after cleaning.....	51
<b>Table 5.4</b> Comparison of operating cost and scrap cost.....	62

## LIST OF FIGURES

	<b>Page</b>
<b>Figure 1.1</b> A schematic of a Hard Disk Drive main components. ....	2
<b>Figure 1.2</b> An example illustration of presence of contaminant which will change the dynamics between the slider and the disk media causing head crashes.....	2
<b>Figure 1.3</b> (a) An SEM image of the whole slider. Marked box indicates the location of the read-write element. (b) A magnified view of the read-write elements as seen with an SEM. (c) A topographic profile of the ABS pattern on the slider is rendered by the white light interferometer as shown .....	3
<b>Figure 1.4</b> Key process step of magnetic recording head fabrication.....	5
<b>Figure 1.5</b> The schematic of magnetic recording head, etch sidewall and redepositions from reactive ion etching process on etch sidewall without cleaning process.....	6
<b>Figure 2.1</b> Illustration of photolithography and dry-etching process on ALTiC substrate.....	10
<b>Figure 2.2</b> 2-D and 3-D images of the ABS as rendered by the white light interferometry are shown .....	11
<b>Figure 2.3</b> A schematic of the reaction mechanism of RIE is shown .....	12
<b>Figure 2.4</b> A schematic of the RIE chamber is shown .....	12
<b>Figure 2.5</b> A schematic illustrating how redeposit is generated and accumulated on etched sidewall .....	13

<b>Figure 2.6</b> Illustration of sidewall etching and redeposition versus incident angle measured with respect to the normal of the sidewall surface.....	14
<b>Figure 2.7</b> Composition of the redeposit is detected by the Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Redeposit is composed mainly of alumina and fluorine with trace amount of carbon possibly from the photoresist residue.....	16
<b>Figure 2.8</b> Etched sidewall image comparing (a) a clean sidewall; and (b) a sidewall with redeposit after reactive ion etching .....	16
<b>Figure 2.9</b> The diagram of existing NaOH cleaning to remove redeposition from reactive ion etching process .....	18
<b>Figure 2.10</b> Redeposition left on etch sidewall after NaOH cleaning.....	19
<b>Figure 4.1</b> A schematic is shown here to describe the process configurations for (a) scrubbing, and (b) rinsing steps.....	28
<b>Figure 4.2</b> Example of inspection location for pitting defect and post-etched sidewall cleanliness.....	29
<b>Figure 4.3</b> A flow diagram of screening process used in screening the redeposit and defect to quantify the impact of each cleaning recipe factors .....	32
<b>Figure 4.4</b> A diagram illustrating how the comparisons was made for each cleaning condition .....	33
<b>Figure 4.5</b> SEM images showing the cleanliness quality from (a) cleaned and (b) uncleaned sidewalls .....	35

<b>Figure 4.6</b> AFM images showing the cleanliness quality from (a) cleaned and (b) uncleaned sidewalls.....	35
<b>Figure 4.7</b> A diagram showing the experimental flow .....	37
<b>Figure 4.8</b> A block diagram showing the electrical performance check .....	37
<b>Figure 4.9</b> Picture of the Phillip XL30S SEM.....	39
<b>Figure 4.10</b> Picture of the Dimension 5000 AFM .....	39
<b>Figure 5.1</b> A comparison of the post-etched residue (redeposit) inspection level ...	44
<b>Figure 5.2</b> A print-out of statistical analysis on redeposit removal from Minitab.....	45
<b>Figure 5.3</b> SEM images of point 1 sidewall that has been cleaned (a) with 0.05% NaOH 12 minutes scrubbing; and (b) with 0.02%NaOH 4 minutes scrubbing .....	46
<b>Figure 5.4</b> SEM images of point 2 sidewall that has been cleaned (a) with 0.05% NaOH 12 minutes scrubbing; and (b) with 0.02%NaOH 4 minutes Scrubbing.....	46
<b>Figure 5.5</b> Comparison of the protruded residue –“spike” – inspection result .....	47
<b>Figure 5.6</b> A print-out of statistical analysis on the spike removal from Minitab ...	48
<b>Figure 5.7</b> AFM images of point 2 sidewall that has been cleaned (a) with 0.05% NaOH 12 minutes scrubbing; and (b) with 0.02%NaOH 4 minutes scrubbing.....	49
<b>Figure 5.8</b> AFM images of point 3 sidewall that has been cleaned (a) with 0.05% NaOH 12 minutes scrubbing; and (b) with 0.02%NaOH 4 minutes scrubbing .....	49

<b>Figure 5.9</b> AFM images of point 4 sidewall that has been cleaned (a) with 0.05% NaOH 12 minutes scrubbing; and (b) with 0.02%NaOH 4 minutes scrubbing .....	50
<b>Figure 5.10</b> Plot of interval plot of fluoride ions on part from Minitab .....	52
<b>Figure 5.11</b> Print-out of statistical analysis on Fluoride ion residue from Minitab...	52
<b>Figure 5.12</b> A comparison of the QST yield .....	55
<b>Figure 5.13</b> A print-out of statistical analysis on QST yield from Minitab .....	56
<b>Figure 5.14</b> A comparison of DET yield .....	57
<b>Figure 5.15</b> A print-out of statistical analysis on DET yield from Minitab.....	57
<b>Figure 5.16</b> A comparison of ETD failure rate .....	59
<b>Figure 5.17</b> A print-out of statistical analysis on ETD failure rate from Minitab....	59
<b>Figure 5.18</b> A comparison of TD failure .....	60
<b>Figure 5.19</b> A print-out of statistical analysis on TD failure rate from Minitab .....	61