研究論文

データ保管用キーデバイス作製と安定供給に向けての製造技術開発

小林　泰則*　菅野　明宏*　山田　敏浩*　宮口　孝司*
安井　忠**　三村　清治**　平井　政夫**　中川　正人**　小林　一則**

Development of Manufacturing Technology for Stable Supply of the Key Device Equipped in Data Storage System

KOBAYASHI Yasunori*, KANNO Akihiro*, YAMADA Toshihiro*, MIYAGUCHI Takashi*, YASUI Tadashi**, MIMURA Seiji**, HIRAI Masao**, NAKAGAWA Masato**and KOBAYASHI Kazunori**

抄　録

大容量データ保管システムで用いられている絶縁基板上に SiO_2 で構成される幅約 1μm, 高さ約 3μm の柱状構造を形成させた部品（以後この部品をキーデバイスと呼称）を安定的に作製する技術の開発について検討した。本論文では Si ウェハー上に SiO_2 を堆積させた基板を用い，リフトオフ法によるマスク作製およびドライエッチングによる前記柱状構造の作製について，マスク作製条件およびエッチングガスとして CHF_3 を用いた場合のエッチング条件について検討を行った結果について報告する。

1. 緒　言

SiO_2 で構成される幅約 1μm，高さ約 3μm の柱状構造を持つキーデバイスを安定的に作製する技術の開発について検討した。上記キーデバイスは大容量データ保管システムを構成する部品の一つであり, この課題についてはこれまでに実基板（複数の絶縁性材料で構成される基板）を対象にウェットエッチングによるCrマスクの作製および C_4F_8 を用いたドライエッチングによって幅 1μm，高さ 3μm，側面テーパー角 14° 程度の微細柱状構造を作製する技術を確立しているが, 将来的には柱状構造の断面形状のアスペクト比の向上, 側面テーパー角の減少などの形状の良化の要求に対する対応が求められている。

このような現状を踏まえ, 昨年度までの研究では試験用 Si 基板を用い，マスク作製プロセスとしてリフトオフプロセスの導入[1)]ならびにエッチングガスとして C_4F_8 および CF_4 を用いた場合について, エッチング条件パラメータが微細構造形状やドライエッチング時のチャンバー内温度の上昇などに与える影響について検討を行い[2)]，Si 基板上で幅約 0.3μm, 高さ約 3μm, テーパー角 6° 程度の構造を実現できる作製条件をいくつか見出している。

本論文ではリフトオフによるマスク作製条件および CHF_3 ガスによるドライエッチング条件について検討した結果を報告する。

2. 実験

現状の製造工程と本研究にて検討した製造工程を比較したものを図 1 に示す。現状の製造工程ではドライエッチング用マスク材に Cr を用いてウェットエッチングによってマスクを作製しているが，昨年度までに試験用 Si 基板（Si ウェハー上に SiO_2 を厚さ 4μm 程度になるようにスパッタしたもの）を用いてマスクをリフトオフ法によって作製することについて検討している[1,2)]。本研

*　研究開発センター
　　レーザー・ナノテク研究室
**　シンコー（株）

究でもそれと同様の試験用 Si 基板に対して，エッチング用マスクをリフトオフ法によって作製した。

レジストには Allresist 社製 CSAR62 および MicroChem 社（現 KAYAKU Advanced Materials 社）製 950PMMA を用い，マスク材には Ni を用い，レジスト種，レジスト厚，マスクスパッタ厚がドライエッチング後の微細柱状構造の形状に与える影響について検討した。

電子線照射部の幅(以後これをライン幅と呼称)については 0.5，0.6，0.7，0.8，0.9μm と設定したものを同一基板上に形成して以後のプロセスを実施した。現像は各レジストでのメーカーの推奨条件によって実施し，電子線の照射量（以後ドーズ量と呼称)については設定したライン幅と実際に形成される溝部分の幅がほぼ同一になるような値に設定した。

ドライエッチングのエッチングガスは CHF_3 を用い，エッチングパラメータとしてエッチングガス流量，Ar ガス流量，コイル/プラテン出力，チャンバー内圧力の影響について検討した。なお，コイル出力とプラテン出力についてはそれらの比を 25:2 に固定することとした。エッチング時間はこれまで得られているエッチング結果から柱高さがおおよそ 3μm になると推定される値を用いた。なおエッチングパラメータがエッチング結果に与える影響を検討する際には，ある 1 つの基準条件を設定し，その基準条件から 1 つのエッチングパラメータのみを変化させることによってそのエッチングパラメータがエッチング結果に与える影響を調べた。

本研究で用いた機器のうちの主要なものを表1に示す。

また，後述する柱形状のテーパー角などの測定結果は柱状構造部の断面像が得られるように試験片を破折したものを破折面に垂直な方向から撮影した電子顕微鏡像に対し，像中に表示されているスケールを基準に定規によって寸法測定した結果から求めたものである。

3. 実験結果

3.1 リフトオフによるマスク作製条件が柱状構造形状に与える影響

リフトオフ条件を変えた場合の微細柱状構造のテーパー角の変化を調べた結果を表 2 に示す。なお，表中のテーパー角の値はライン幅 0.5～0.9μm の結果の値の平均値である。ドライエッチングは昨年度の研究にて決定した C_4F_8 による最良エッチング条件にて行った。

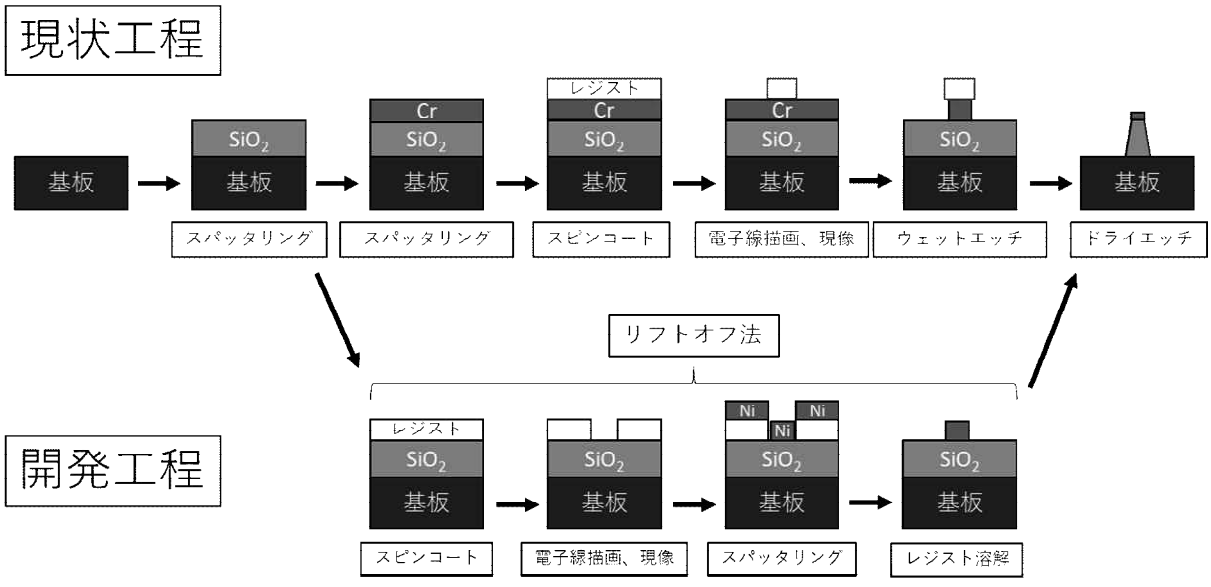


図 1　現状の製造工程と開発工程の比較

表 2 から，レジスト厚 250nm，マスクスパッタ厚 140nm の条件において 950PMMA のテーパー角の値が 3° 程度と格段に小さくなっているが，再現性試験を行った結果，この作製条件ではマスク作製に失敗する場合が非常に多いことがわかっている。

一方で CSAR62 を用いた場合では同様のレジスト厚，マスクスパッタ厚の条件でこれまでマスク作製に失敗した例はほぼないことから，本研究におけるリフトオフ法によるマスク作製条件においては，両者の比較という面では CSAR62 レジストの方が安定性に優れるものと考えている。

また，検討した条件においてレジスト厚 250nm，マスクスパッタ厚 140nm 以外の条件ではテーパー角はおおよそ 6～8° の範囲に留まっている。テーパー角の測定における 1～2° 程度の差は形状の測定方法や結果のばらつきを考慮すると有意差はないものと思われる。

図 2 にレジスト厚 250nm，マスクスパッタ厚 140nm，ライン幅 0.6μm の条件における CSAR62 および950PMMA での微細柱状構造の断面撮影結果を示す。

図 2 から微細構造の上部に残留している Ni マスク（破線で囲った部分）が確認できるが，その断面形状が両者で異なっていることがわかる。これまでの検討結果から，ドライエッチング後に微細柱状構造の上端部に残留している Ni マスクの断面形状は図 2(a)のような上に尖った三角形のような形状が一般的であり，図 2(b)のような両端に突起のようなものを持つ形状はこの条件に特有のものであることがわかっている。このことは950PMMA を用いた場合にこのマスク作製条件で特異的に良好なテーパー角の結果が得られていることおよびマスク作製に失敗する場合が多いことと関連があるものと考えている。

また，上記ドライエッチング後に残留するマスク形状の違いはそもそもマスク材スパッタ，レジスト除去後に形成されるマスクの断面形状が違うためであり，それは両レジストにおいて電子線照射，現像後に形成される溝部の断面形状が異なっていること[3)]が原因として考えられる。

表 1　本研究で用いた主要な装置

装置名	メーカー	機種
スパッタリング装置	芝浦メカトロニクス（株）	CFS-4EP-LL (i-Miller)
電子線描画装置	（株）日立ハイテクノロジーズ （電子線描画部：（株）東京テクノロジー）	S4300SE （電子線描画部：Beam Draw）

表 2　マスク作製条件が微細柱状構造のテーパー角に与える影響

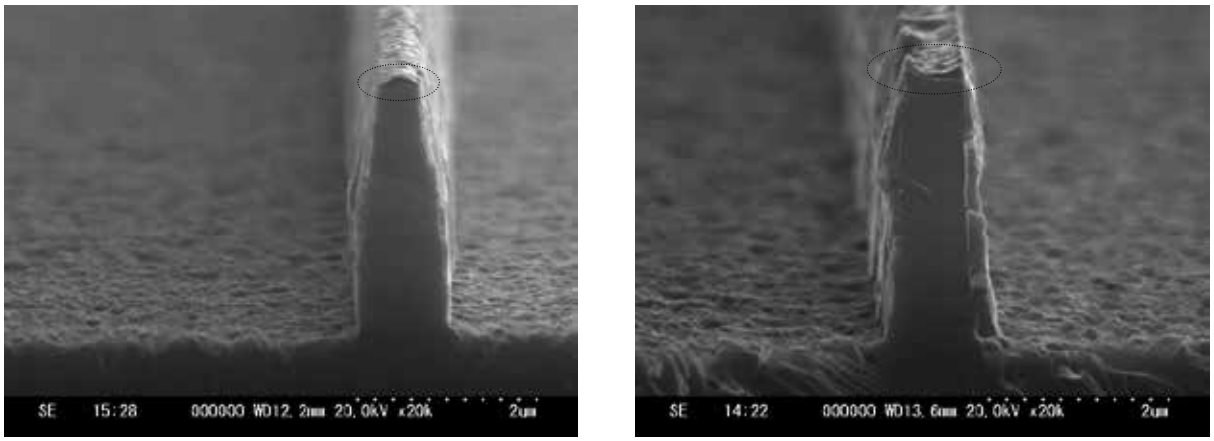
レジスト種	レジスト厚 (nm)	ドーズ量 ($\mu C/cm^2$)	マスクスパッタ厚 (nm)	テーパー角 (°)
CSAR62	250	70	140	6.0
CSAR62	500	157.5	140	7.6
CSAR62	500	157.5	350	6.7
950PMMA	250	122.7	140	3.1
950PMMA	500	192.5	140	7.9
950PMMA	500	192.5	350	6.8

3.2 CHF_3によるドライエッチングにおいてエッチング条件が柱状構造形状に与える影響

CHF_3を用いたドライエッチング条件について各条件パラメータが形成される微細柱状構造のテーパー角やグラス発生量など[2)]に与える影響について検討した。マスク作製は SCAR62 レジストを用い，レジスト厚 250nm，電子線ドーズ量 70μC/cm^2，マスクスパッタ厚 140nm の条件にて行った。その結果について定性的にまとめたものを表 3 に示す。表 3 の結果については，昨年度報告[2)]したC_4F_8によるものとほぼ同一であり，CF_4の傾向とは異なるものとなっている。昨年度までの検討で得られている結果[2)]と合わせてC_4F_8, CF_4, CHF_3の各エッチングガスを用いた場合にそれぞれの最良エッチング条件によって得られた微細柱状構造のテーパー角の結果（ライン幅 0.5～0.9μm の場合の平均値）をまとめたものを表 4 に示す。表から得られたテーパー角の値は 6 ～8°の範囲内にあり，エッチングガスを変えることによるテーパー角の改善効果は明確ではないと考えられる。

表 3　エッチングパラメータとエッチング結果の相関関係

	テーパー角	ガスディフューザ部 温度の上がり易さ	グラス発生量
エッチングガス流量	弱い正の相関	正の相関	-
Ar 流量	正の相関	負の相関	-
コイル/プラテン出力	負の相関	正の相関	弱い負の相関
チャンバー内圧力	正の相関	弱い正の相関	弱い負の相関



(a)　CSAR62　　(b)　950PMMA

図 2　レジスト種の違いが微細柱状構造形状に与える影響
（レジスト厚 250nm，マスクスパッタ厚 140nm の場合）

表 4　各エッチングガスの最適条件によるエッチング結果

エッチングガス	テーパー角（°）
C_4F_8	6.0
CF_4	6.8
CHF_3	7.9

4. 結　　言

(1) Siウェハー上にSiO_2を堆積させた基板に対し，リフトオフ法によって作製したNiマスクを用いた CF 系ガスによるドライエッチングプロセスを適用して微細柱状構造の試作を行った。

(2) リフトオフ法によるマスク作製条件が微細柱状構造形状に与える影響を調べた結果，950 PMMA を用いた場合においてレジスト厚 250nm，マスクスパッタ厚 140nm の条件の場合に特異的に小さなテーパー角が得られることがわかったが，再現性実験の結果このマスク作製条件ではマスク作製に失敗する場合が非常に多いことがわかった。

(3) 一方でレジスト材として CSAR62 を用いた場合では，上記条件でも安定的にマスク作製を行った実績があることから，本研究におけるマスク作製条件では CSAR62 の方が安定性に優れると考えられる。

(4) ドライエッチング条件の検討については，C_4F_8，CF_4，CHF_3の各エッチングガスを用いた場合について，これまでの検討結果に基づく最良エッチング条件での結果を比較すると，大きな差がないことが明らかとなった。

参考文献

1) 小林ら，工業技術研究報告書，新潟県工業技術総合研究所，No.48，2019，pp. 8-13.

2) 小林ら，工業技術研究報告書，新潟県工業技術総合研究所，No.49，2020，pp. 3-7.

3) CSAR62 レジスト技術資料，Allresist 社.