

実技選定問題1 (解説)

備考 (計): 計算問題 (記): 記述式穴埋

番号	(問題No.) 課題	設問		
1,2	(1)エッチング	1.マイクロローディング効果(記)	2.枚葉式のウェーハを保持する方式(記)	
3,4		3.ウェーハを用いた管理(記)	4.AIドライエッチングの等方性・異方性(記)	
5,6		5.シリコン酸化膜のエッチングレート(計)	6.シリコン酸化膜のジャストエッチング時間(計)	
7,8		7.ポリシリコン膜のエッチングレート(計)	8.酸化膜のポリシリコン膜の選択比(計)	
9,10		9.シリコン酸化膜のジャストエッチング時間(計)	10.シリコン酸化膜のジャストエッチング時間(計)	
11,12		11.SiO <sub>2</sub> 30%オーバーエッチング時ポリシリ膜厚(計)	12.シリコン酸化膜のエッチング時間(計)	
13,14		13.シリコン酸化膜のエッチング時間(計)	14.ポリシリコン膜のエッチング時間(計)	
15,16		15.ポリシリ膜80nm, SiO <sub>2</sub> オーバーエッチング(%) (計)	16.AI膜のエッチング速度(計)	
17,18		17.AI膜のエッチング均一性(%) (計)	18.フォトレジスト膜のエッチング速度(計)	
19,20		19.フォトレジスト膜のエッチング均一性(%) (計)	20.AI膜のフォトレジスト膜に対する選択比(計)	
21,22		(2)フォトリソグラフィ	1.フォトリソ工程の作業工程線図(記)	2.フォトレジストに関する記述(記)
23,24			3.フォトレジストに関する記述(記)	4.フォトリソ工程に関する次の記述(記)
25,26			5.ポジ型レジストのフォトリソ工程…(記)	6.フォトリソ工程に関する次の記述(記)
27,28	7.フォトリソ工程に関する次の記述(記)		8.ポジ型レジストのフォトリソ工程…(記)	
29,30	9.現像に関する記述(記)		10.アライメントの精度を簡易に測定する…(記)	
31	11.ステップショット内4隅、上下左右の合わせずれ…(記)			
32,33	(3)CVD	1.CVDとは、化学気相成長のことで…(記)	2.熱CVD法では、熱の発生方法により…(記)	
34,35		3.プラズマCVDでは、高周波電力…(記)	4.ECRプラズマCVDでは、マイクロ波…(記)	
36,37		5.プラズマCVD工程では、シリコン酸化膜と…(記)	6.プラズマCVDで成膜されたシリコン酸化膜…(記)	
38,39		7.プラズマCVDで成膜されたシリコン窒化膜…(記)	8.減圧CVD装置で反応ガスとして…(記)	
40,41		9.熱CVD装置の減圧下でポリシリコン膜…(記)	10.プラズマCVD工程で形成される各種の膜…(記)	
42,43		11.CVD工程で形成される、各種の膜…(記)	12.CVD工程で形成される、各種の膜…(記)	

参照リンク集

本教材で参照しているリンク集は下記をご覧ください。  
適宜リンク先の更新・追加を行っています。

[http://www.semiconbrain.com/elearning/refFiles/elearning\\_link.ppt](http://www.semiconbrain.com/elearning/refFiles/elearning_link.ppt)

## (1) エッチング

- 1: 次の文章の「 」に当てはまる正しい語句を語群から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。  
ただし、同じ語句を重複して使用してはならない。

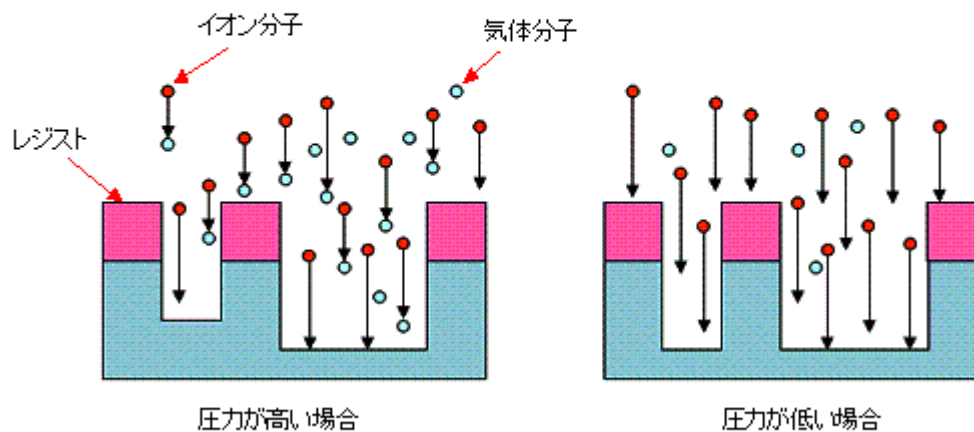
マイクロローディング効果は、パターン幅の縮小とともにエッチング速度が  
[1] ( **ア,ア** ) する現象である。原因として細い孔の底にイオンが到着し難くなるためであり、  
対策としては低圧化し[2] ( **オ,オ** ) を[3] ( **ココ** ) することなどがある。

### 語群

ア	低下	キ	増加
イ	圧力	ク	イオン
ウ	ガス流量	ケ	短く
エ	異方性形状	コ	長く
オ	平均自由行程	サ	平均自由工程
カ	酸化作用	シ	スパッタ

### 【解説】

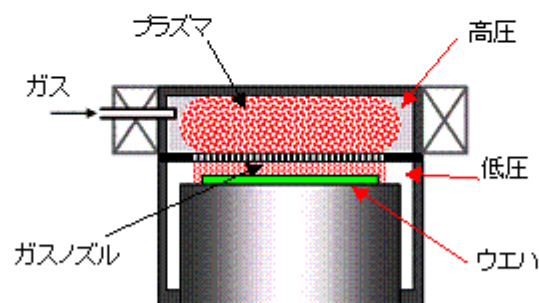
マイクロローディング効果は、パターン幅の縮小とともにエッチング速度が  
**低下**する現象である。原因として細い孔の底にイオンが到着し難くなるためであり、  
対策としては低圧化し**平均自由行程を長く**することなどがある。



真空度が高い場合、イオン分子が気体分子に衝突する確率が高いため、平均自由行程が短くなります。そのため、細い孔のエッチング速度は、太い孔のエッチング速度に比べて遅くなる。

マイクロローディング効果を防ぐために、真空度の圧力を低くするとプラズマ密度が低下してしまうため、プラズマを発生させる場所とエッチングを行う場所を分けることが行われます。

平均自由行程: 気体分子に衝突して次の気体分子に衝突するまでの平均距離



高圧の部屋で発生させたプラズマは、ガスノズルに開いた小さな穴を通りウエハのある低圧側に供給されます。

2: 次の文章の「 」に当てはまる正しい語句を語群から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

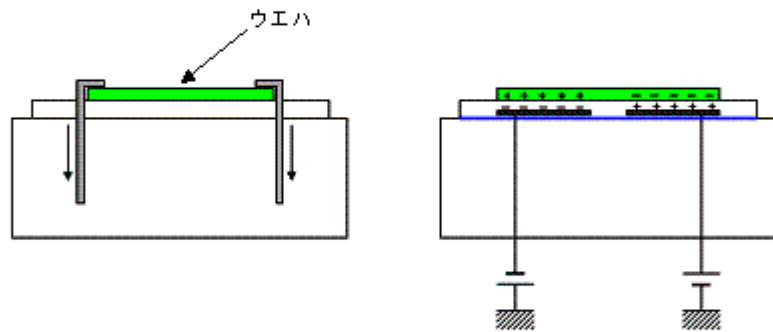
枚葉式のドライエッチング装置においてエッチング中のウェーハを保持する方式としては  
[1]( ア,ア,カ,カ )および[2]( カ,カ,ア,ア )があるが[3]( カ,カ )の方がウェーハ温度の安定性が高い。

語群

ア	メカニカルクランプ方式	エ	物理的方式
イ	化学的方式	オ	圧電チャック方式
ウ	VAC方式	カ	静電チャック方式

【解説】

枚葉式のドライエッチング装置においてエッチング中のウェーハを保持する方式としては  
メカニカルクランプ方式および静電チャック方式があるが静電チャック方式の方が  
ウェーハ温度の安定性が高い。



メカニカルクランプ方式

静電チャック方式(双極方式)

静電チャック方式は、ステージとウエハの間にパーティクルが入り隙間が出来ても、吸着力の減少が少ないため密着性が高く、ウエハの温度の安定性が高い。

- 3: 次の文章の「 」に当てはまる正しい語句を語群から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。  
ただし、同じ語句を重複して使用してはならない。

ドライエッチング装置のウェーハを用いた管理には、[1]( ス,ス,サ,サ,ク,ク ), [2]( サ,サ,ス,ス,ク,ク ), 加工形状、[3]( ク,ク,ス,ス,サ,サ )の項目がある。これらのデータが管理値に対して規格外になった場合の対処方法としては、[4]( オ,オ )流量を制御しているマスフローコントローラ、[5]( ツ,ツ )をモニターしているダイヤフラムゲージ、[6]( ウ,ウ )の電力特性等等を調査するとよい。

語群	ア	アノード	シ	電極温度
	イ	イオン衝撃	ス	エッチングレート
	ウ	高周波発信器	セ	電界特性
	エ	異方性形状	ソ	プラズマエッチング装置
	オ	ガス	タ	分子
	カ	可燃性ガス	チ	大気圧センサ
	キ	サイドエッチング	ツ	圧力
	ク	選択比	テ	密着膜
	ケ	磁界	ト	正の電位
	コ	側壁保護膜	ナ	電子
	サ	パーティクル		

## 【解説】

ドライエッチング装置のウェーハを用いた管理には、**エッチングレート**、**パーティクル**、加工形状、**選択比**の項目がある。これらのデータが管理値に対して規格外になった場合の対処方法としては、**ガス**流量を制御しているマスフローコントローラ、**圧力**をモニターしているダイヤフラムゲージ、**高周波発振器**の電力特性等を調査するとよい。

### エッチングレート

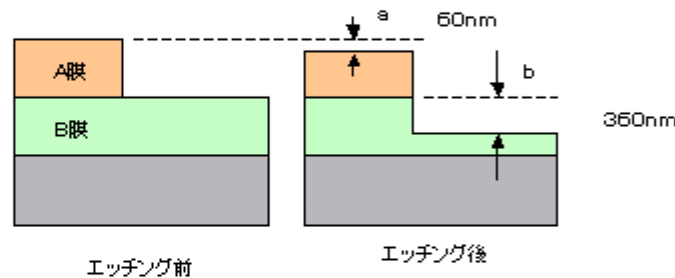
時間当たりのエッチング量で、図1)の場合にB膜は3分のエッチングで360nmエッチングされたとすると、1分当たりのエッチングレートは $360\text{nm}/3\text{min}$ で、 $120\text{nm}/\text{min}$ となります。

### 選択比

図1)の例では、エッチングを行う膜(B膜)のエッチングレートとマスクの役割をしているA膜(エッチングしたくない膜)のエッチングレートの比をいいます。

$$\text{選択比} = \frac{\text{エッチングを行う膜(B膜)}}{\text{マスクの役割をしているA膜}} = \frac{360\text{nm}/3\text{min}}{60\text{nm}/3\text{min}} = 6$$

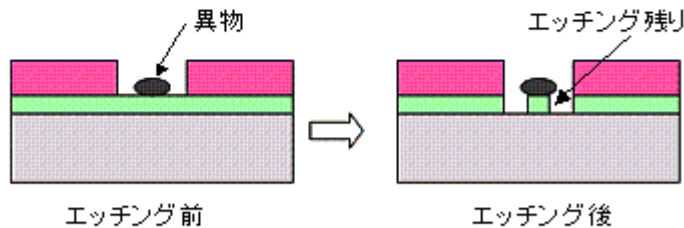
図1)



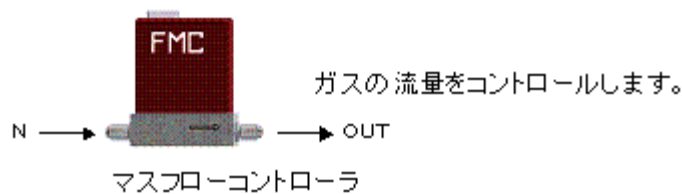
A膜をマスクとして、B膜を3分間エッチングを行った。

### パーティクル

パーティクル(粒子状の異物)は、パターン欠陥の原因になります。

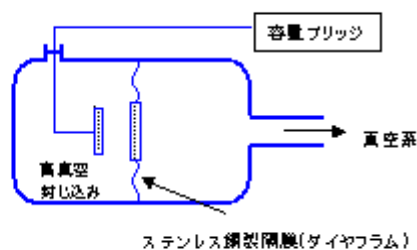


### マスフローコントローラ



### ダイヤフラムゲージ(パラボロン真空計:隔膜真空計)

薄い膜に圧力差を与えると変形しますが、わずかな変形をキャパシタンス(静電容量)の変化として電氣的に読取るようにしたものを隔膜真空計と呼んでいます。隔膜にはいろんな材質のものがありますが、高真空まで安定して測定できるものは、ステンレス鋼のもので $10^{-2}\text{Pa}$ まで測定できるものがあります。



ダイヤフラムゲージ

- 4: 次の文章の「 」に当てはまる正しい語句を語群から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。  
ただし、同じ語句を重複して使用してはならない。

Alのドライエッチングは、Al膜表面の自然酸化膜が物理的スパッタやBCl<sub>3</sub>などの[1](ク,ク)で除去されれば、[2](ウ,ウ)と自発的に反応し、等方性形状になってしまう。このため[3](コ,コ)を得るためにCCl<sub>4</sub>、やCHCl<sub>3</sub>などの[4](チ,チ)を添加したり、マスクのレジストを[5](カ,カ)し[6](ス,ス)を形成する。

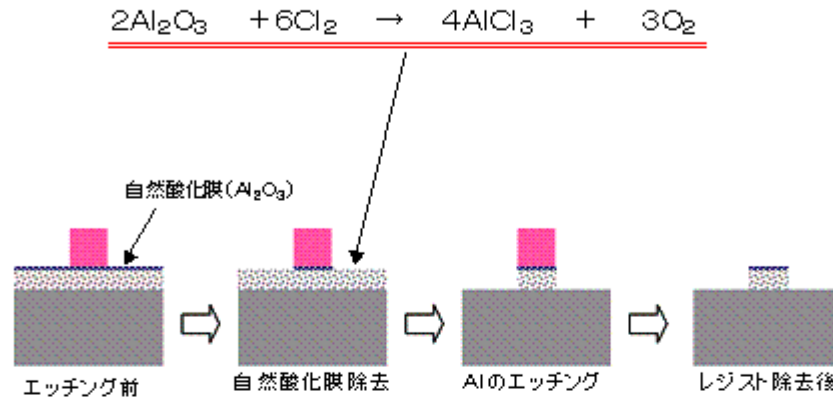
語群	ア	酸化作用	ス	側壁保護膜
	イ	F や F <sub>2</sub>	セ	パターン変換差
	ウ	Cl や Cl <sub>2</sub>	ソ	電子
	エ	チャンバー温度	タ	マイクロ波を照射
	オ	パーティクル	チ	堆積性ガス
	カ	スパッタ	ツ	負の電位
	キ	レジスト	テ	アンダーエッチング
	ク	還元作用	ト	平均自由度
	ケ	化学的	ナ	陰極降下
	コ	異方性形状	ニ	密着膜
	サ	分子	ヌ	カソード
	シ	高周波を印可	ネ	増加

## 【解説】

Alのドライエッチングは、Al膜表面の自然酸化膜が物理的スパッタや $\text{BCl}_3$ などの還元作用で除去されれば、 $\text{Cl}$ や $\text{Cl}_2$ と自発的に反応し、等方形状になってしまう。このため異方形状を得るために $\text{CCl}_4$ や $\text{CHCl}_3$ などの堆積性ガスを添加したり、マスクのレジストをスパッタし側壁保護膜を形成する。

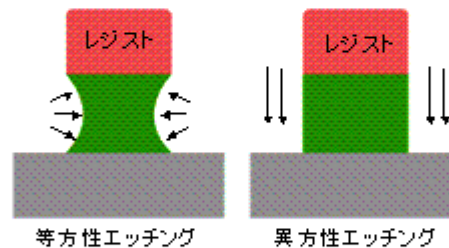
### 還元作用

Alは空気中に放置すると、Alの表面が酸化され薄い自然酸化膜( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )ができます。Alをエッチングするには、まずこの自然酸化膜の除去を行います。この反応は $\text{Al}_2\text{O}_3$ から酸素を奪いますから還元作用となります。



### 異方性形状

エッチングが上下左右に均等に進む場合を等方性エッチング、同方向にのみエッチングが進む場合を異方性エッチングといいます。

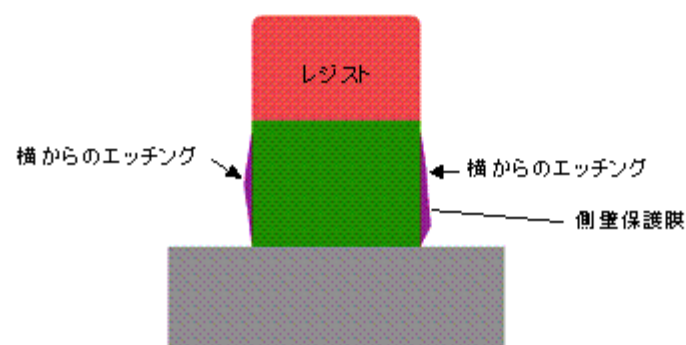


### 側壁保護膜

側壁保護膜は被エッチング物の側壁に、エッチングにより削れたレジスト、また反応生成物等が付着して、側壁の横からのエッチングを阻害する役割を果たします。

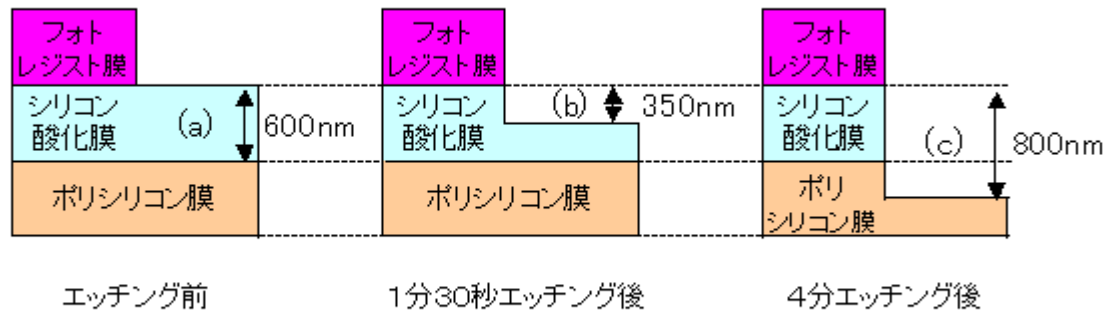
### 堆積性ガス

側壁保護膜を意図的に生成するために、 $\text{CCl}_4$ や $\text{CHCl}_3$ など炭素Cを含んだガスが使用されます。



- 5: 図1はポリシリコン膜の上にシリコン酸化膜を積層し、フォトレジストによりレジストパターンを形成したウェーハを、ドライエッチング装置を用いてシリコン酸化膜のエッチングを行ったときの断面図である。

図1



- (1) シリコン酸化膜のエッチングレートを求めなさい。  
 解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。

解答 ( 233.3, 233.3 ) (nm/min)

【解説】

$$\begin{aligned} \text{エッチングレート} &= \frac{\text{エッチング量 (b)}}{\text{エッチング時間}} \\ &= \frac{350\text{nm}}{1\text{分}30\text{秒}} = \frac{350\text{nm}}{1.5\text{min}} = 233.333 \text{ (nm/min)} \\ &\quad \text{解答} \\ &\quad \boxed{233.3} \text{ (nm/min)} \end{aligned}$$

- (2) シリコン酸化膜のジャストエッチング時間を求めなさい。  
 解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。

解答 ( 2.6, 2.6 ) min

【解説】

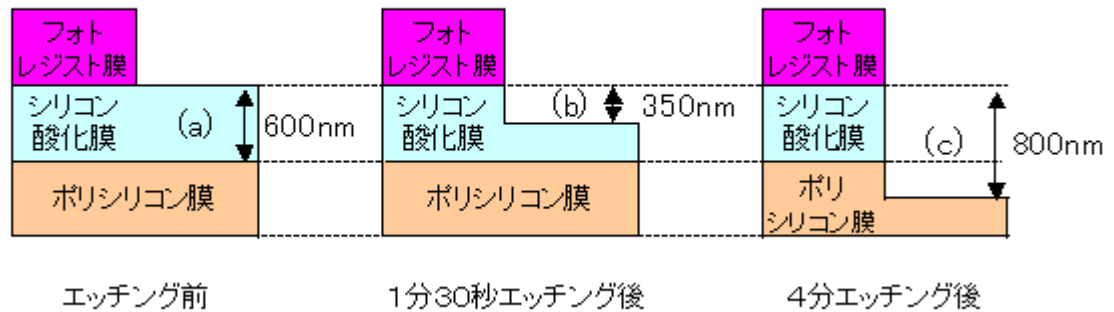
$$\begin{aligned} \text{ジャストエッチング時間} &= \frac{\text{シリコン酸化膜の膜厚 (a)}}{\text{シリコン酸化膜のエッチングレート}} \\ &= \frac{600\text{nm}}{233.333\text{nm/min}} = 2.571 \text{ min} \\ &\quad \text{解答} \\ &\quad \boxed{2.6} \text{ min} \end{aligned}$$

- (3) ポリシリコン膜のエッチングレートを求めなさい。  
 解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。

解答 ( 140.0, 140.0 ) (nm/min)

【解説】

図1



$$\begin{aligned}
 \text{エッチングレート} &= \frac{\text{エッチングされたポリシリコン膜の膜厚}}{\text{ポリシリコン膜のエッチング時間}} \\
 &= \frac{\left( \frac{c}{4\text{min}} \right) - \left( \frac{a}{\text{ジャストエッチング時間}} \right)}{\left( \frac{800\text{nm}}{4\text{min}} \right) - \left( \frac{600\text{nm}}{2.571\text{min}} \right)} = 139.958 \text{ nm/min} \\
 &\quad \text{解答} \\
 &\quad \boxed{140.0} \text{ (nm/min)}
 \end{aligned}$$

- (4) 酸化膜のポリシリコン膜に対する選択比を求めなさい。  
 解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。

解答 ( 1.7, 1.7 )

【解説】

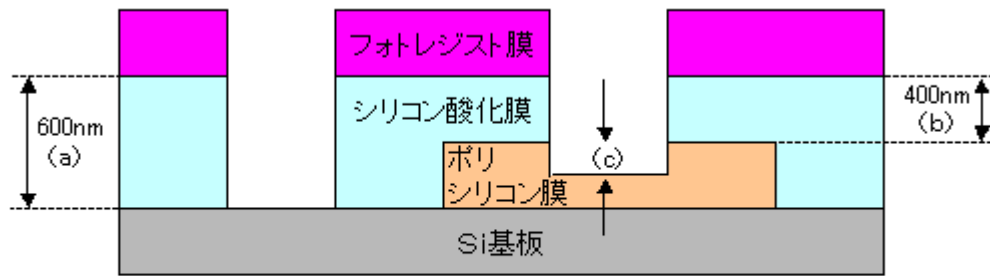
$$\begin{aligned}
 \text{選択比} &= \frac{\text{酸化膜のエッチングレート}}{\text{ポリシリコン膜のエッチングレート}} = \frac{233.333\text{nm/min}}{139.958\text{nm/min}} = 1.667 \\
 &\quad \text{解答} \\
 &\quad \boxed{1.7}
 \end{aligned}$$

- 6: 図1はポリシリコン膜の上にシリコン酸化膜を積層し、フォトレジストによりレジストパターンを形成したウェーハを、ドライエッチング装置を用いてシリコン酸化膜のエッチングを行ったときの断面図である。  
解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。

(1) シリコン酸化膜(a)のジャストエッチング時間を求めなさい。

解答 ( 3.3,3.3 ) min

図1



シリコン酸化膜のエッチングレート : 180nm/min

ポリシリコン膜のエッチングレート : 50nm/min

【解説】

$$\text{ジャストエッチング時間} = \frac{\text{シリコン酸化膜の膜厚(a)}}{\text{シリコン酸化膜のエッチングレート}} = \frac{600\text{nm}}{180\text{nm}/\text{min}} = 3.333 \text{ min}$$

解答  
3.3 min

(2) シリコン酸化膜(b)のジャストエッチング時間を求めなさい。

解答 ( 2.2,2.2 ) min

【解説】

$$\text{ジャストエッチング時間} = \frac{\text{シリコン酸化膜の膜厚(b)}}{\text{シリコン酸化膜のエッチングレート}} = \frac{400\text{nm}}{180\text{nm}/\text{min}} = 2.222 \text{ min}$$

解答  
2.2 min

(3) シリコン酸化膜(a)に対して30%オーバーエッチを行った場合に、ポリシリコン膜のエッチング膜厚(c)を求めなさい。

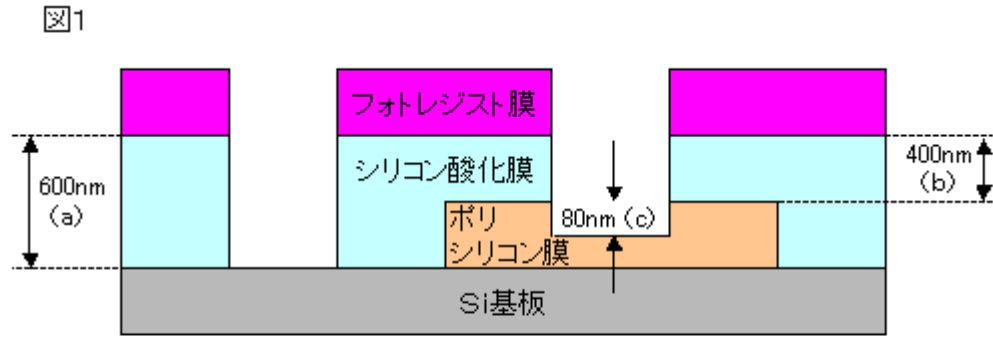
解答 ( 105.5,105.5 ) nm

【解説】

$$\begin{aligned} \text{エッチング膜厚(c)} &= \text{ポリシリコン膜のエッチングレート} \times \text{ポリシリコン膜のエッチング時間} \\ &= 50\text{nm}/\text{min} \times \left( \text{シリコン酸化膜(a)の30\%オーバーエッチング時間} - \text{シリコン酸化膜(b)のジャストエッチング時間} \right) \\ &= 50\text{nm}/\text{min} \times \left( 3.333 \text{ min} \times 1.3 - 2.222 \text{ min} \right) \\ &= 105.545 \text{ nm} \end{aligned}$$

解答  
105.5 nm

- 7: 図1はポリシリコン膜の上にシリコン酸化膜を積層し、フォトレジストによりレジストパターンを形成したウェーハを、ドライエッチング装置を用いてシリコン酸化膜のエッチングを行ったときの断面図である。  
 解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。



シリコン酸化膜のエッチングレート : 210nm/min

ポリシリコン膜のエッチングレート : 50nm/min

- (1) シリコン酸化膜(a)のエッチング時間を求めなさい。

解答 ( 2.9, 2.9 ) min

【解説】

$$\text{エッチング時間} = \frac{\text{シリコン酸化膜の膜厚(a)}}{\text{シリコン酸化膜のエッチングレート}} = \frac{600\text{nm}}{210\text{nm}/\text{min}} = 2.857 \text{ min}$$

解答  
2.9 min

- (2) シリコン酸化膜(b)のエッチング時間を求めなさい。

解答 ( 1.9, 1.9 ) min

【解説】

$$\text{エッチング時間} = \frac{\text{シリコン酸化膜の膜厚(b)}}{\text{シリコン酸化膜のエッチングレート}} = \frac{400\text{nm}}{210\text{nm}/\text{min}} = 1.905 \text{ min}$$

解答  
1.9 min

- (3) ポリシリコン膜(c)のエッチング時間を求めなさい。

解答 ( 1.6, 1.6 ) min

【解説】

$$\text{エッチング時間} = \frac{\text{ポリシリコン膜の膜厚(c)}}{\text{ポリシリコン膜のエッチングレート}} = \frac{80\text{nm}}{50\text{nm}/\text{min}} = 1.600 \text{ min}$$

解答  
1.6 min

- (4) ポリシリコン膜のエッチングが80nm(c)となる時、シリコン酸化膜厚(a)に対するオーバーエッチングは何%となるか。

解答 ( 22.7, 22.7 ) %

【解

説】  $\text{オーバーエッチング}(\%) = \left( \frac{\text{シリコン酸化膜(b)のエッチング時間} + \text{ポリシリコン膜(c)のエッチング時間}}{\text{シリコン酸化膜(a)のエッチング時間}} \right) - 1 \times 100(\%)$

$$= \left( \left( \frac{1.905\text{min} + 1.600\text{min}}{2.857\text{min}} \right) - 1 \right) \times 100(\%)$$

$$= 22.681(\%)$$

解答

22.7 (%)

- 8: 図1はAl膜のドライエッチングの各断面図である。  
 また、図2及び表1は(A)エッチング前、(B)エッチング後、(C)フォトリソ膜はく離後にウエハの面内の5点を測定した結果である。  
 解答は小数点以下第2位を四捨五入して、小数点以下第1位まで答えることとする。

エッチング均一性は、下記の式で表すこととする。  
 エッチング均一性 =  $(\text{Max.} - \text{Min.}) / (\text{Max.} + \text{Min.}) \times 100\%$

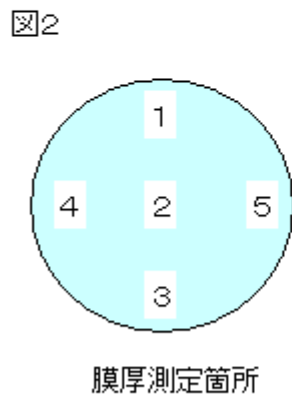
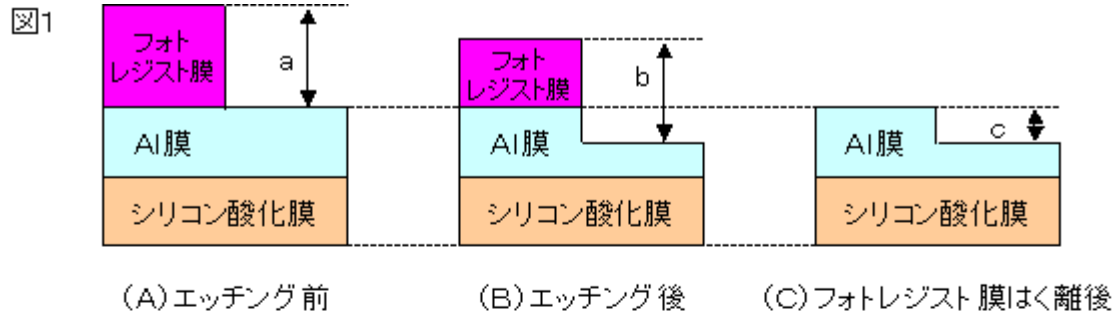


表1

(45秒間エッチング、単位nm)

	膜厚測定箇所				
	1	2	3	4	5
(A)エッチング前	1100	1033	1150	1045	1137
(B)エッチング後	1310	1280	1342	1245	1320
(C)フォトリソ膜はく離後	320	330	308	315	326

- (1) Al膜のエッチング速度(nm/min)を求めなさい。  
 解答 ( 426.4, 426.4 ) nm/min

【解説】

$$\text{Alのエッチング量の平均} = (320 + 330 + 308 + 315 + 326) / 5 = 319.800 \text{ nm}$$

$$\text{1分当りのエッチング速度} = 319.80 \text{ nm} / 45 \text{ sec} \times 60 \text{ sec/min} = 426.399 \text{ nm/min}$$

解答

$$\boxed{426.4} \text{ nm/min}$$

- (2) Al膜のエッチング均一性(%)を求めなさい。  
 解答 ( 3.4, 3.4 ) %

【解説】

$$\text{エッチング均一性} = (\text{Max.} - \text{Min.}) / (\text{Max.} + \text{Min.}) \times 100\%$$

$$= (330 - 308) / (330 + 308) \times 100\%$$

$$= 3.448 \%$$

解答

$$\boxed{3.4} \%$$

- (3) フォトレジスト膜のエッチング速度 (nm / min) を求めなさい。  
 解答 ( 151.2, 151.2 ) nm / min

【解説】

- 1) 各測定箇所のフォトレジストのエッチング量は

図1のa, b, cで表すと

$$\text{フォトレジストのエッチング量} = ( a - b + c )$$

(45秒間エッチング、単位nm)

	フォトレジストのエッチング量測定箇所				
	1	2	3	4	5
フォトレジストのエッチング量	110	83	116	115	143

2) レジストのエッチング量の平均 =  $(110 + 83 + 116 + 115 + 143) / 5 = 113.400 \text{ nm}$

3) 1分当りのエッチング速度 =  $113.400 \text{ nm} / 45 \text{ sec} \times 60 \text{ sec} / \text{min} = 151.200 \text{ nm} / \text{min}$

解答

151.2	nm / min
-------	----------

- (4) フォトレジスト膜のエッチング均一性 (%) を求めなさい。

解答 ( 26.5, 26.5 ) %

【解説】

$$\begin{aligned} \text{エッチング均一性} &= ( \text{Max.} - \text{Min.} ) / ( \text{Max.} + \text{Min.} ) \times 100\% \\ &= ( 143 - 83 ) / ( 143 + 83 ) \times 100\% \\ &= 26.549 \% \end{aligned}$$

解答

26.5	%
------	---

- (5) Al膜のフォトレジスト膜に対する選択比を求めなさい。

解答 ( 2.8, 2.8 )

【解説】

$$\text{選択比} = \frac{\text{Al膜のエッチングレート}}{\text{フォトレジスト膜のエッチングレート}} = \frac{239.9 \text{ nm} / \text{min}}{85.060 \text{ nm} / \text{min}} = 2.820$$

解答

2.8
-----