

【研究の概要】

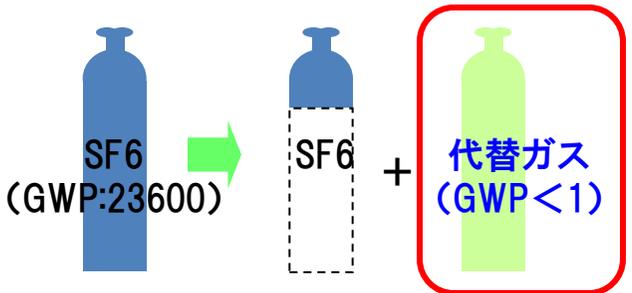
温暖化係数が1以下の代替ガス候補の選定、リアルタイムモニタリングによるエッチングの効率化、及びフィードバック制御手法を用いたエッチング最適化を行う。

【技術内容】

1. SF6の特長を維持可能な低環境負荷代替ガスの探索

SF6の特長:

- ・高エッチレート
- ・高い安全性
- ・安価

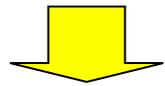


2. エッチング効率化/最適化

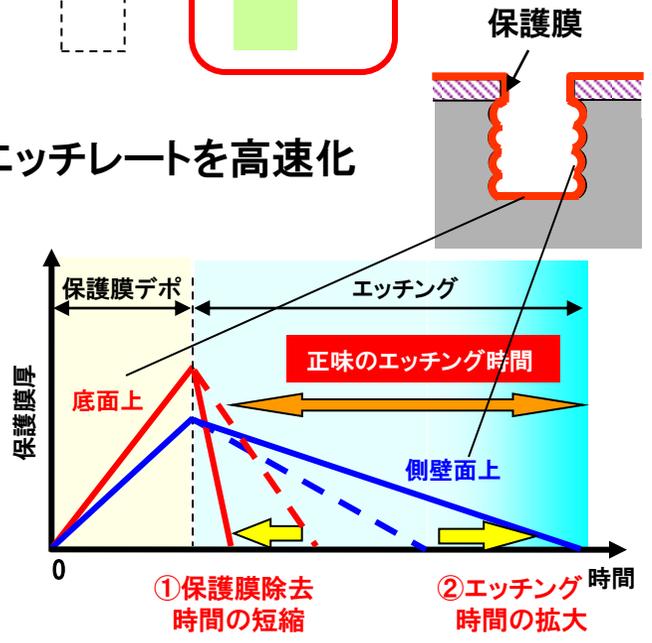
:形状を維持しつつ、更なるエッチレートを高速化

(着眼点)BOSCHプロセスの効率化

- ①底面の保護膜除去時間短縮
- ②エッチング時間の拡大



プラズマ発光のリアルタイムモニタリング



【用途】

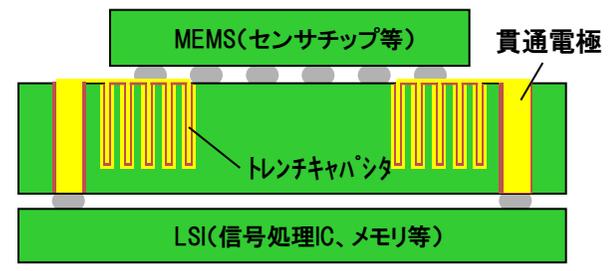
- ・MEMSとLSIとの三次元集積化
- ・蓄電デバイス

【ニーズ】

- ・TSV加工の高スループット化
- ・小型低コスト化

【適用デバイス】

- ・貫通電極、大容量トレンチキャパシタ形成の深堀エッチング



トレンチキャパシタ内蔵Siインターポーザ

●低環境負荷型深堀エッチングの開発

【目標】

現状のSF6ガスに対し、温暖化ガス排出量を90%以上削減可能とする最適代替ガスの選定指針を得る。

【成果まとめ】

温暖化ガス排出量をトータル90%削減できる指針を得た。

<内訳>

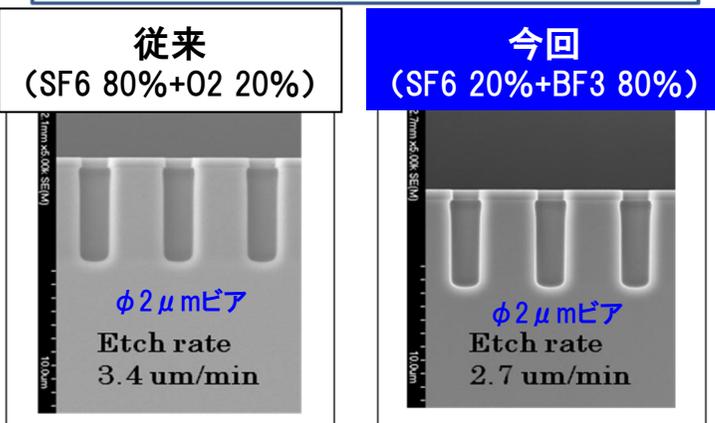
- ・SF6とBF3の混合ガスで、69%削減
- ・F、SiFのラジカル密度のモニタリングとプロセス条件へのフィードバックにより45%削減

【成果の具体的説明】

1. 低環境負荷代替ガスの探索

候補ガスSiF4、IF5、ClF3、F2、BF3の中から低GWP、エッチレート、安全性の観点でスクリーニングを行い、BF3を選定

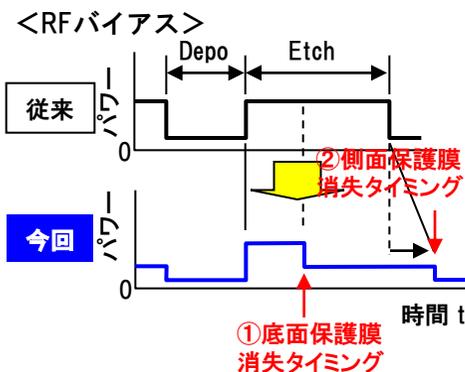
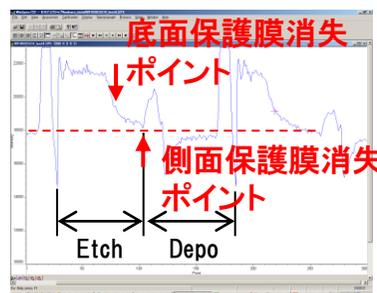
Total gas flow = 280 sccm, Antenna Bias = 1000/100 W, Pressure = 6.65 Pa, Etch time = 2.5 min



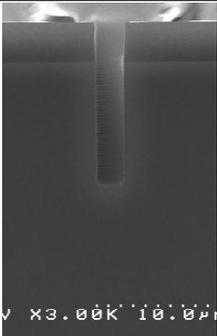
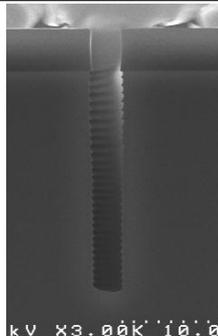
エッチング形状に問題ないことを確認

2. エッチング効率化/最適化

プラズマ発光(F; λ = 635.0nm)



保護膜消失ポイントをモニタリングし、プロセス条件へフィードバック

	従来条件 BOSCHプロセス	リアルタイム モニタリング
形状		
エッチレート	1.14 μm/min	2.06 μm/min
向上率	1.0	1.8

3. その他 特許出願:3件、学会発表:1件

従来条件に比べ、1.8倍のレート向上を達成

温暖化ガス削減率試算結果

プロセス	非BOSCH (連続プロセス)		BOSCH		トータル
	Ref.	代替ガス (実測)	Ref.	モニタリング /フィードバック (実測)	代替ガス+モニタリング /フィードバック (計算)
使用ガス	SF6+20%O2	SF6+80%BF3	SF6/C4F8 (エッチ/テポ)	SF6/C4F8 (エッチ/テポ)	(SF6+80%BF3)/BF3 (エッチガスをSF6+80%BF3、 テポガスを100%BF3と想定)
温暖化係数	19120 (23900×80%)	4780 (23900×20%)	23900/8700 (12.6/5sec)	23900/8700 (12.6/5sec)	(4780/0) (12.6/5sec)
温暖化係数比	1	0.25	1	1	(0.17) (BOSCH Ref.に対して)
エッチレート (μm/min)	3.4	2.75	1.14	2.06	(1.66) (2.06 μm/min×0.81)
エッチレート比	1	0.81	1	1.8	(1.46) (BOSCH Ref.に対して)
温暖化ガス 削減率*	—	69%	—	45%	90%

※温暖化ガス削減率 = 1 - $\frac{\text{温暖化係数比}}{\text{エッチレート比}}$

代替ガス+モニタリング/フィードバックで**90%削減見込み**

試算1:既存プロセスのTSVエッチング

SF6 / O2 = 224 / 56 sccm

・SF6使用量: 224sccm × 2.5分/wafer = 560 sccm/wafer

・原料COO: 6円/g × 3.64g/wafer = 21.8円/wafer

試算2:代替プロセスのTSVエッチング

BF3 / SF6 = 224 / 56 sccm

・BF3使用量: 224sccm × 2.5分/wafer = 560 sccm/wafer

原料COO: 50円/g × 1.7g/wafer = 85円/wafer

・SF6使用量: 56sccm × 2.5分/wafer = 140 sccm/wafer

原料COO: 6円/g × 0.91g/wafer = 5.5円/wafer

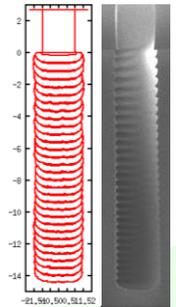
85円 + 5.5円 = 90.5円/wafer

以上の計算より、現時点においてBF3 / SF6を用いた代替ガスコストは、既存プロセスの約4倍という結果を得た。

今後需要の増加等によりコストは低減されていくものとする。

【実用化の見通し】

ユーザとしての本技術導入のうれしさ：
エッチング高速化(1.8倍)によるスループット向上(=低コスト)



プラズマ
モニタリング

エッチング
形状予測

パラメータ
フィードバック

将来はエッチング装置
への組み込みを想定

デンソー：
車載用高集積センサ、ECU用LSIへの
適用に向けてデバイスの技術成立性を検討中

みずほ情報総研：
エッチング解析ソフトへの
プラグイン化を検討中

アルバック：
MEMS深堀エッチング装置、
半導体エッチング装置への適用検討中