

課題番号 : F-20-KT-0184
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : シリコンマイグレーションシール(SMS)ウェハレベルパッケージング
 Program Title (English) : SMS encapsulation technology
 利用者名(日本語) : 鈴木裕輝夫
 Username (English) : Yukio Suzuki
 所属名(日本語) : 東北大学マイクロシステム融合研究センター
 Affiliation (English) : Micro System Integration Center, Tohoku university
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、膜加工・エッチング、ウェハレベル真空封止

1. 概要(Summary)

タイミング共振子やジャイロスコップなどの共振型 MEMS ではパッケージ後のエアードamping効果を低減するために高真空封止が求められる。これら共振型 MEMS のウェハレベル高真空封止技術としてシリコンマイグレーションシール(SMS)ウェハレベルパッケージングの技術開発を行っている。CAP ウェハ上に作製したサブミクロンホールを通じて内部の MEMS 可動部をリリースするために SiO₂ 犠牲層エッチングを行う。そのうち、水素100%の雰囲気下 1000℃以上の温度で発現するシリコンマイグレーション現象を用いてサブミクロンホールを Si のみで閉塞する。封止内部水素を水素以外のガス雰囲気下で熱拡散することで 1Pa 以下のウェハレベル真空封止が可能となる。この成膜を用いない新しい真空ウェハレベルパッケージング技術を Epi-seal 技術に変わる本国の MEMS プラットフォーム技術にするために、振動子の封止や、高精度ジャイロスセンサーの封止などの実用研究を行っている。

京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の優れた微細加工技術を用いて、サブミクロンホールのリソグラフィ、サブミクロンホールを通じた内部 MEMS のリリースのためのベーパーフェーズ HF エッチングを行い、研究を推進する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

露光装置(ステッパー), 厚膜フォトレジスト用スピンコーティング装置, レジスト現像装置, シリコン酸化膜犠牲層ドライエッチングシステム

【実験方法】

4インチウェハ上に Focus x Exposure のマトリクス折半露光を行い、現像後に SEM にてレジスト形状を観察し、もっともプロセスマージンがある条件として最適露光量と最適フォーカスオフセットを決定する。

サブミクロンホールを通じた内部 MEMS のリリースのためのベーパーフェーズ HF エッチングを実験的にを行い、赤外線顕微鏡にてエッチング特性を評価する。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

露光量とフォーカスによるレジスト寸法変化評価、レジスト形状評価の結果を Fig. 1 に示す。レジスト種 TDMR-AR80 では 520msec, 0.00 μm で寸法狙い値 0.5 μm が得られ、レジスト形状も最適になることが分かった。520 msec, 0.00 μm 条件では、ウェハ面内の寸法ばらつきは ±0.01 μm 以内となっており十分な精度にてレジストパターンングが得られることが分かった。レジスト膜厚は 0.98 μm であるが将来的に Si 加工アスペクト比を上げるためより厚膜のレジストが必要となるので、継続して評価をしていきたい。

サブミクロンホールを通じた内部 MEMS のリリースのためのベーパーフェーズ HF エッチングを行った。ベーパーフェーズ HF エッチング後の CAP ウェハを通した赤外線顕微鏡像を Fig. 2 に示す。エッチングばらつきは ±0.5 μm 以内となっており、十分な精度にて MEMS 構造体のリリースエッチングが得られることが分かった。サブミクロンホールを通じた内部のリリースエッチングは通常よりエッチングレートが上がることを確認された。これは SiO₂ と HF の反応時に発生する H₂O のエタノール置換がサブミクロンホールのコンダクタンスにより阻害されていることが考えられる。このことをより明確に証明するためにテストパターンを考案し継続して評価をしていく予定である。

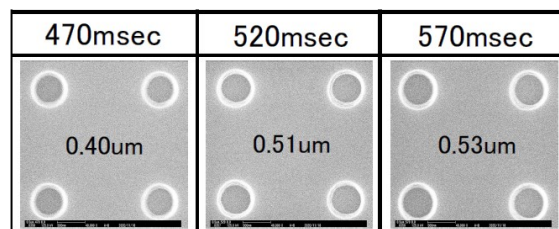


Fig. 1 ACI SEM image for exposure energy split.

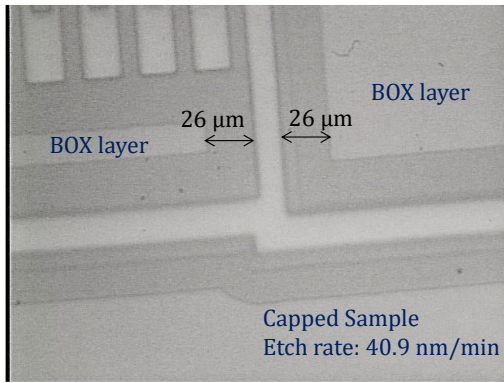


Fig. 2 IR microscope image after vapor etch.

4. その他・特記事項 (Others)

高度な技術代行をしていただいた岸村眞治様, 佐藤政司様に感謝いたします。

(NEDO)「IoT 社会実現のための革新的センシング技術開発」の支援を受け実施された。

関連課題: 東北大学 F-20-TU-0058

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 鈴木裕輝夫, 他, “シリコンマイグレーションシール (SMS) ウェハレベル真空パッケージング技術”

電気学会論文誌 E, 140, 7, pp. 165-169(2020)

(2) Y. Suzuki, et al., "Silicon Migration Seal for Wafer-Level Vacuum Encapsulation," 2020 IEEE MEMS, pp. 994-997

6. 関連特許 (Patent)

P20180025(国際出願 PCT/JP2019/020225)