

先端産業におけるサンドブラスト表面処理

住母家岩夫^{*1}、森本健太¹、比留間文彦^{†2}

¹株式会社電硝エンジニアリング (〒347-0111 埼玉県北埼玉郡騎西町鴻荳 3202-1)

²ウェールズ大学 (〒162-0825 東京都新宿区神楽坂 1-2)

[†]adm@u-wales.jp

New Integrated Technology of Sandblasting for High-tech Industry

Iwao SUMOGE^{*1}, Kenta MORIMOTO¹, Fumihiko HIRUMA²

¹Densho Engineering Co., Ltd. (3202-1, Koguki, Kisai, Kita-Saitama, Saitama 347-0111)

²University of Wales (1-2, Kagurazaka, Shinjuku, Tokyo 162-0825)

(Received June 6, 2006; Accepted September 11, 2006)

Abstract

In this study, by using a new method of sandblasting, we designed a method for producing high performance components used in semiconductor and LCD devices which have a longer lifetime than conventionally produced components. The effectiveness of this method has been verified.

We aimed for a component performance equivalent to that of components produced by high-cost aluminum thermal spraying. In order to reduce transformation of metal parts, we developed a process which employed a lower pressure (1.5 Kgf ~ 0.5 Kgf) than conventional processes. Our goal is to eventually develop a surface treatment that is capable of producing surfaces having an Rmax of 75 μm ~ 120 μm, which has never been achieved before.

In this study, we used f10 and f12 SiC (JIS R6001, 1998) as the shot grit.

Key words: Sandblast, Surface Treatment, Shield Parts

1. はじめに

半導体製造装置や LCD 製造装置では、製品の精度を確保し不良を回避するためにも一定期間で成膜装置の真空チャンバ内の部品を交換する必要性に迫られている。

使用済の装置部品は、新規の部品または再生処理された部品と交換される。再生に当たっては、成膜材の剥離と再表面処理作業が必要とされる。交換回数が増加すると、半導体などの製造装置の稼働率が悪くなる。また、装置の稼働率だけを考

慮し期間をオーバーして使用すると製品の歩留が悪くなる結果となる。従って、長期の使用に耐える表面処理が要求されている。

稼働中にパーティクルを生じない表面処理であり、かつ、部品の短期・低コストでの再生が可能な処理方法が望まれている。チャンバ内で飛散し付着する成膜材と部品表面との密着性を上げるためには、部品の表面積をより大きくすることが必要となる [1, 2]。

一方、部品の形状（外形の幅）は限定されているため、限定された幅（単位面積）の中で表面積

だけを大きくする方法が必要となり、表面に凸凹を付ける方法が考えられている。溶射法や特殊加工銅製防着板（PG板：ジャパンエナジー社の登録商標）は一般的なサンドブラスト加工より密着性が良く、単位あたりの表面積を大きくすることができる。溶射の場合は、加工対象物の表面に溶射材の粒子を物理的に投射するため、その粒度を調整することにより安易に表面を粗くできる[3, 4, 5, 6]。

特殊加工銅製防着板の場合は、加工対象物の表面に粗くポーラス状にした銅製の板を溶接加工により接合するので密着性を益すことができる。こうした表面加工手法は、熱膨張率も比較的low、高融点、高密度、低膨張率の成膜材使用時に適用される。いずれの場合も欠点として、施工の複雑さ、再生時の母材の劣化、高コストがあげられている。

本研究の目的は、高融点、高密度、低膨張率の成膜材使用時の装置部品の材質として多く用いられるチタニウム[7, 8]やステンレスの表面を施工コストの低いサンドブラスト加工だけで、従来サンドブラスト加工より粗く、より強い密着力を確保し、溶射法と比較して遜色のない性能を獲得することにある。

2. 方法

従来、図1で示すような装置を用いたサンドブラスト加工法で凹凸処理を施した場合、表面状態は図2のようになる。未処理の場合の表面拡大図を図3として、処理後の表面拡大図を図4として示した。



図1 サンドブラスト加工装置



図2 ステンレス材表面の比較

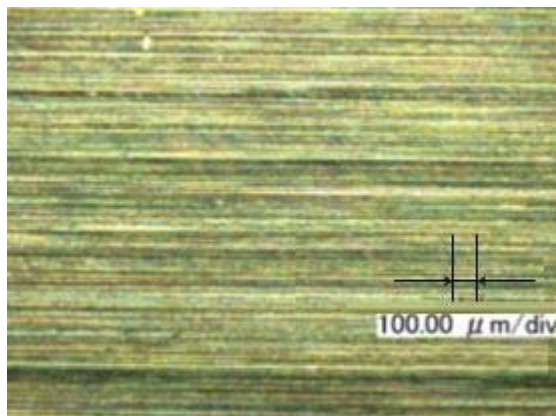


図3 引き出し面（表面未処理）

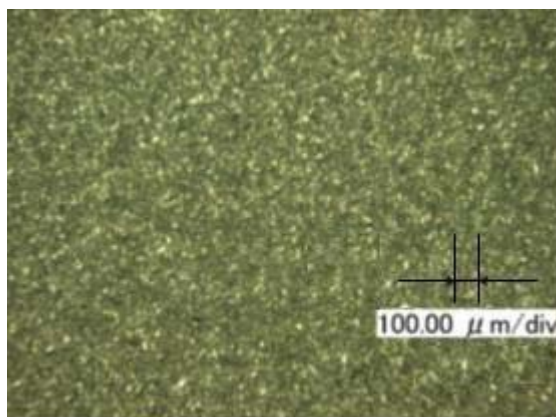


図4 通常ブラスト処理面

サンドブラスト工法は研削材を対象物に物理的に衝突させているので低コストだが投射する圧力により部品に変形が発生する。また、近年、部品の材質としてアルミニウム材からステンレス材、さらにチタニウム材というように硬いもの[8]が使用されるようになったため、形成する面粗度の大きさには限界があった。

本研究で有効性を検証するサンドブラスト表面処理方法は、通常より低い圧力で加工を施す。

この際に、最終的に表面の粗度を従来、達成できなかった $R_{max} \approx 75 \mu m \sim 120 \mu m$ 程度にすることを目標とした。

ブラストの投射圧は低圧の 1.5Kgf ~ 0.5Kgf 程度に設定し、母材の変形を抑える。研削材は SiC (炭化ケイ素: 粒度 #10 ~ 12 程度) [9] を使用して加工を施した。同加工法は「STOP 処理 (Sand blasting Treatment Of Particles: 電硝エンジニアリング社による登録商標)」として特許登録 (電硝エンジニアリング, 2000) されている。

以上の条件でテストピースを用意し同様に表面処理を一般的なアルミ溶射処理で施工したものと比較検証した。検証項目として真空引き特性 (到達時間)、四重極型質量分析計 ¹(Q-mass 分析器) を使用した残留ガススペクトル、さらに図 5 の面粗度計を用いて測定した R_a ², R_{max} ³, P_c ⁴ を用いた。

- 1 真空中に存在する気体の種類とそれぞれの気体の圧力を計測する質量分析計
- 2,3 R_a : 中心線平均粗さ R_{max} : 最大粗さ (JIS B0601)
- 4 P_c : 凸凹: 単位長さあたりの凸凹の数



図 5 面粗度計

3. 結果および検討

3-1 真空引き特性

表面処理したテストピースを真空室に入れて内部をある程度の圧力ロータリーポンプ (R.P.) 及びメガブースターポンプ (M.B.P.) で減圧する。さらにクライオポンプ (Cryo Pump) で一定の能力で減圧する。 1×10^{-5} Torr から 3×10^{-6} Torr に到達する時間 (真空到達時間) を真空引き特性として測定した結果、図 6, 図 7, 図 8 の結果を得た。

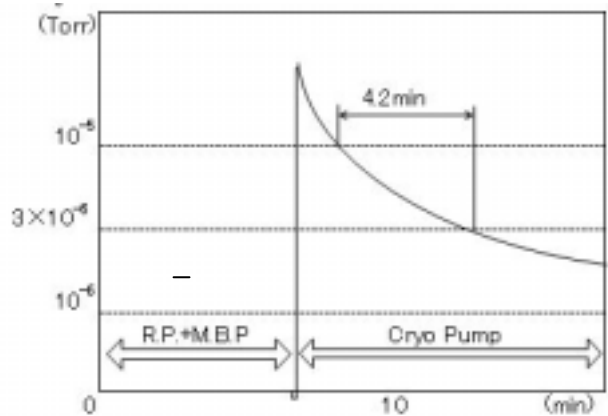


図 6 空引き時の真空到達状況

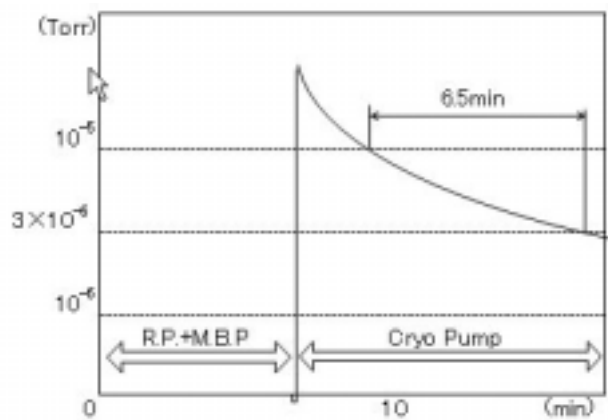


図 7 アルミ溶射品の真空到達状況

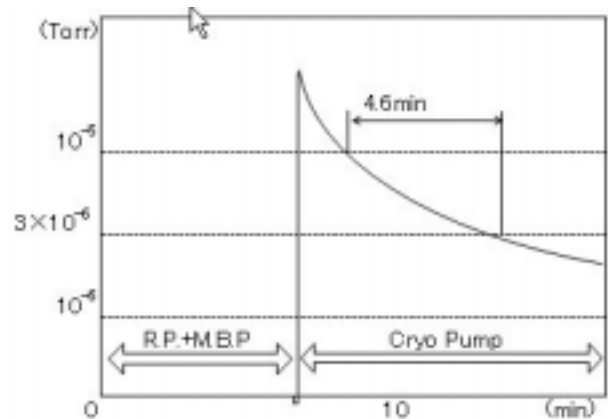


図 8 STOP 処理品の真空到達状況

表 1 真空引き特性の比較

テスト品名	真空引き時間 (min)	到達時間差 (min)
空引き	4.2	--
アルミ溶射品	6.5	2.3
STOP 処理品	4.6	0.4

1×10^{-5} Torr から 3×10^{-6} Torr まで測定

各条件における真空引き時間、及び、空引き時間との到達時間差を表1にまとめた。真空到達に要する時間においては、STOP 処理品はアルミ溶射品の約70%に短縮する。また、到達時間差では約17%である。これは半導体等製造装置の真空チャンバ内治具においては稼動前の真空立上に要する時間がアルミ溶射品に比べ STOP 処理品のほうが少なくすむことを意味する。

3-2 残留ガススペクトル

次に、Q-mass 分析装置を使用して各条件における残留ガススペクトルを計測した。

結果を図9、図10、図11に記す(図中33m/e以降の測定では発現スケールが微小な為×10で表示。縦軸は比較値)。とりわけ真空製造装置の性能を大きく左右するCO₂、H₂Oの残留に注目する。

Q-mass 分析結果の一般的な分析手法では、それぞれの測定時において雰囲気中の Ar⁺の値は外的要因変動の影響を最も受けないため一定と考える。

基準となる Ar⁺測定値(図中赤)と OH⁻値(図中青)、及び CO₂⁺値(図中緑)との比を表2に記した。

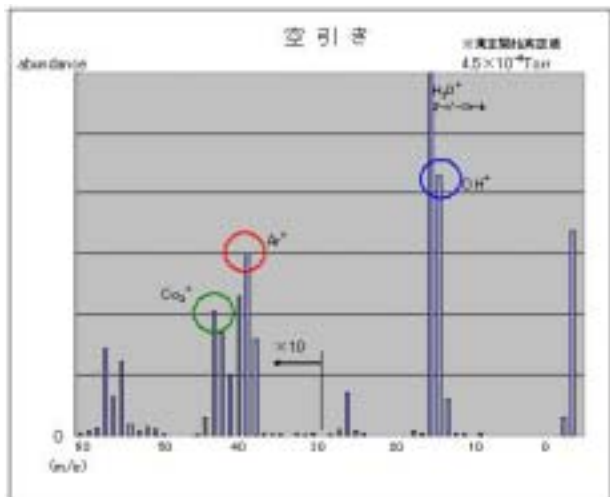


図9 空引き時残留ガス

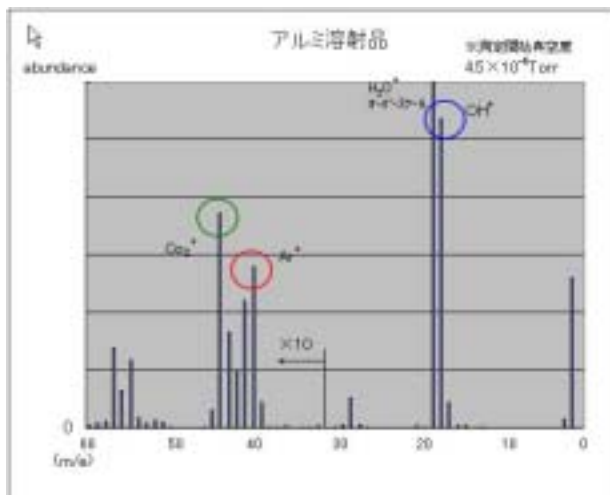


図10 アルミ溶射品の残留ガス

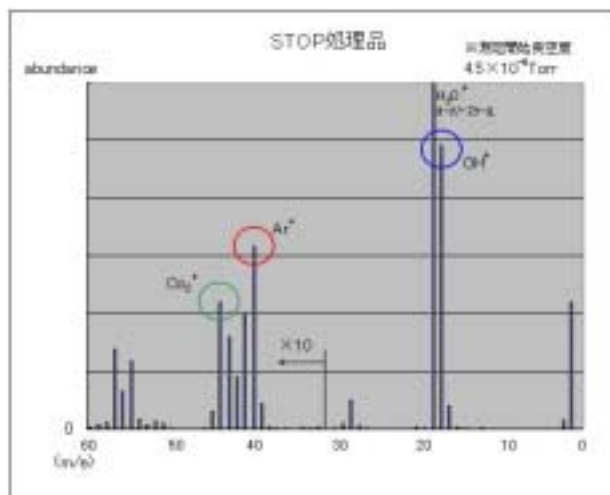


図11 STOP 処理品の残留ガス

表2 Q-mass による残留ガス分析

テスト品名	Q-mass による残留ガス分析	
空引き	14.3 ¹	0.69 ²
アルミ溶射品	19.1 ¹	1.33 ²
STOP 処理品	15.6 ¹	0.70 ²

¹ 数値は Ar⁺ 値に対する OH⁻ 値
² 数値は Ar⁺ 値に対する CO₂⁺ 値

結果(表2)より、アルミ溶射処理は、高温状態のアルミ粒子を処理対象物に投射する特質上、粒子の接着時にガスを閉じ込めてしまい[10]、残留ガスが STOP 処理品と比べ OH⁻で約22%、CO₂⁺で90%多いことがわかる。これは、真空装置用途において STOP 処理が適していることを示している。

3-3 面粗度

各条件における面粗度測定値を表 3 に記した。当該サンドブラスト処理により目標となる程度の面粗度を得ることができた。また、通常のプラスト処理品の測定値を参考のため記したが、比較すると STOP 処理品は凸凹が極めて密に仕上がるため、チャンバ内部に飛散する不要成膜材（パーティクル）との密着効果を大幅に向上させることができた。アルミ溶射品と比べても遜色がないことが数値より読み取れる。

表 3 面粗度比較(各 n=100 の平均)

	通常プラスト 処理(参考)	STOP 処理	AL 溶射処理
面粗度			
Ra(μm)	2.7	9.7	10.7
Rmax(μm)	10.1	118.0	125.0
Pc	3.0	9.0	9.0

図 12, 図 13 に処理表面の拡大写真を記した。この観察においても STOP 処理の表面形状がアルミ溶射品の表面形状に遜色ない凸凹形状を形成していることが窺える。

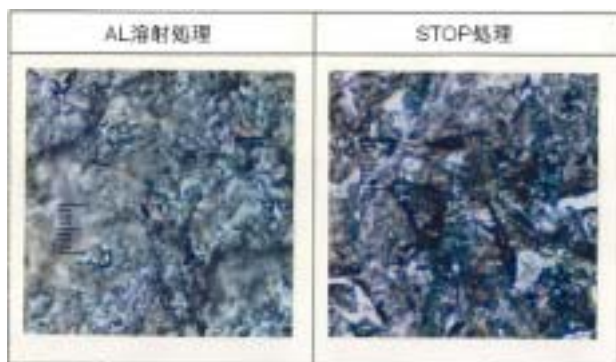


図 12 処理表面 (×100)

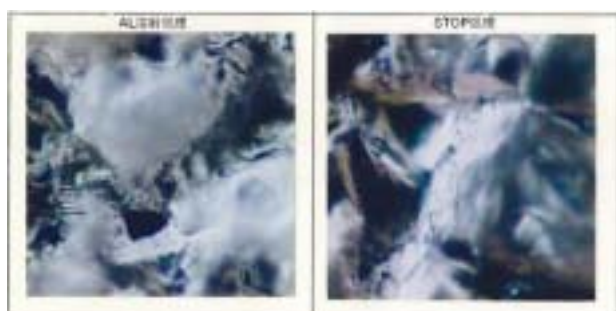


図 13 処理表面 (×400)

検証実施時には研削材が硬いため、部品に研削材が食い込み、研削材が脱落しパーティクル化する恐れ等があったため、接触式のスクラブを主にした強化精密洗浄を施した。

こうした処置を施した後にさらに母材に残留する投射材は、実際の成膜装置等への組み込み時（稼動時）に、成膜材との密着力をより高める効果（バインダー効果）も生じさせると考えられる。

4.まとめ

STOP 処理は、アルミ溶射に比較して真空到達時間が早く、アウトガスは大きく低減する。また一般的な通常プラスト処理品に比べ、面粗度が大きく、凸凹状態が密なため、アルミ溶射品に遜色ない接着効果が得られる。

よって現状非常に多く使用されているアルミ溶射品と比較して真空装置のメンテナンス回数・時間は減少し、稼動コストが低く抑えられると考えられる

参考文献

- [1] 日本真空, 「真空ハンドブック」p.340, オーム社(1992)
- [2] 仁平宣弘, 三尾淳, 「はじめての表面処理技術」p.167, 工業調査会(2001)
- [3] 蓮井淳, 「新版溶射工学」pp.20-21, 産業出版(1996)
- [4] 仁平宣弘, 三尾淳, 「はじめての表面処理技術」p.167, 工業調査会(2001)
- [5] Yochio Harada, *HYOMEN GIJUTSU*, vol.49, 6, pp.32-33, The Surface Finishing Society of Japan (1998)
- [6] 日本溶射協会「溶射技術ハンドブック」p.25, 新技術開発センター(1998)
- [7] 菊池正典, 「半導体のすべて」p.204, 日本実業出版社(2000)
- [8] 東京理科大学理工学辞典編集委員会, 「理工学辞典」p.927, 日刊工業新聞社(1996)
- [9] 平塚勝朗, 「プラスト知恵の実」p.15, ニッチュー(2000)
- [10] Mitsumasa Sasaki, *HYOMEN GIJUTSU*, vol.51, 2, pp.41-42, The Surface Finishing Society of Japan (2000)