

SEMI F79-0710

ガス配送コンポーネントに使用されるガスのシリコンとの適合性に関するガイド

免責事項: この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

本スタンダードは、global Gases Committee で技術的に承認されている。現版は 2010 年 4 月 30 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2010 年 6 月に www.semi.org で入手可能となる。初版は 2003 年 7 月発行。

注意: 本文書は、2010 年に全面的に改訂された。

1 目的

1.1 本ガイドの目的は、典型的なガス配送系の条件で動作するガス供給システムの接ガス経路において、シリコンと接触するガスの適合性に関するリソース情報を特定することである。

2 範囲

2.1 記載されている情報および結論は、出版されている文献からとったものである。参考文献を引用する。引用文献に基づき推奨されるものの、引用文献の有効性については、いかなる見解も提示しない。

2.2 これらの提案は、自然酸化膜によりカバーされる多結晶または単結晶の高純度のシリコンに特定されるものである。

注意: このスタンダードはその使用に関連したすべての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本ガイドは、代表的な半導体プロセスツール用のガス配送系に適用される。シリコンは、ガス配送系のコーティングまたはシリコンベースのコンポーネント(例えば、バルブ、オリフィス、センサ、マスフローコントローラ)として接ガス経路内にあるものと仮定する。雰囲気温度と動作温度の限界値は、半導体製造業界でのガス配送系の代表的なものである。追加のエネルギー源、熱源、放射源、イオン化源は存在しない。このガイドの目的により、ガスの水分は規定されない。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダード

SEMI E52 — Practice for Referencing Gases Used in Digital Mass Flow Controllers

注意: 別途指示のない場合、引用されたすべての文書は最新の出版バージョンである。

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 T — 温度

5.2 定義

5.2.1 E_{etch} — エッチングのエネルギー

5.2.2 K — ボルツマン定数

5.2.3 n_x — 元素 x の原子濃度

- 5.2.4 $R(x)$ — x 種のエッチング率
- 5.2.5 $Si(111)$ — シリコンの (111) 結晶面方位
- 5.3 記号
 - 5.3.1 B — ホウ素
 - 5.3.2 Br — 臭素
 - 5.3.3 C — 炭素
 - 5.3.4 Cl — 塩素
 - 5.3.5 F — フッ素
 - 5.3.6 H — 水素
 - 5.3.7 I — ヨウ素
 - 5.3.8 N — 窒素
 - 5.3.9 P — 亜リン酸
 - 5.3.10 S — 硫黄
 - 5.3.11 Si — シリコン
 - 5.3.12 W — タングステン
 - 5.3.13 Xe — キセノン

6 ガスの分類

- 6.1 本文書におけるガスの分類は、塩基が追加された以外は SEMI E52 に従っている。ガス分類のリストについては SEMI E52 を参照のこと。
 - 6.1.1 不活性ガス
 - 6.1.2 水素
 - 6.1.3 炭化水素
 - 6.1.4 ハロゲン化炭化水素
 - 6.1.5 水素化物
 - 6.1.6 フッ素以外のハロゲン
 - 6.1.7 フッ化物以外のハロゲン化物
 - 6.1.8 フッ素およびフッ化物
 - 6.1.9 有機金属およびシロキサン
 - 6.1.10 酸素および酸化物と硫化物
 - 6.1.11 窒素および窒化物
 - 6.1.12 酸
 - 6.1.13 塩基 (Bases)

7 文献の確認

7.1 不活性ガス(*Inerts Gases*) — 文献^{1,2,3,4,5}では、ガス配送系の代表的な条件下では、これらのガスがシリコンと反応しないことを示している。

7.2 水素ガス(*Hydrogen Gases*) — 文献¹⁻⁵では、ガス配送系の代表的な条件下では、これらのガスがシリコンと反応しないことを示している。

7.2.1 水素は、1100°C以上の温度でシリコン⁶および炭化珪素⁷と反応すると報告されている。

7.3 炭化水素ガス(*Hydrocarbons Gases*) — 文献^{1-5,8,9}では、ガス配送系の代表的な条件下では、これらのガスがシリコンと反応しないことを示している。

7.4 ハロゲン化炭化水素ガス(*Halogenated Hydrocarbons Gases*) — 文献^{1-5,8,9,10,11,12,13,14,15}では、ガス配送系の代表的な条件下では、これらのガスがシリコンと反応しないことを示している。

7.4.1 Flamm⁸ およびCoburn⁹ は、広範囲の論文を再調査した結果、ハロゲン化炭化水素を使用したシリコンおよびその他の物質のエッチングに関する多数の参考文献を引用している。ハロゲン化炭化水素を使用したシリコンおよびその他の物質のエッチングの重要な要求条件は、低圧プラズマにより生成された、フッ素、塩素、その他ハロゲンのラジカル種の存在である。加えて、Winters¹⁶が指摘しているのは、アシストのないエッチング反応が起こるためには、シリコン表面への吸着に引き続いて、よく規定された 4 つのステップが必要であることである。それらのステップのどれかが起こらない、あるいは中断されると、エッチングは進まない。

7.4.2 最も広く使用される 2 つのハロゲン化炭化水素はCF₄およびC₄F₈である。CF₄は、4 フッ化炭素は、極めて安定していて、炭素アークの温度でもわずかしこ反応しない、また、C₄F₈ は、通常の条件下では他の物質と反応せず、極めて安定している、とMatheson Gas Book¹⁷では述べている。

7.5 水素化物ガス(*Hydrides Gases*) — 文献^{1-5,18,19,20}では、ガス配送系の代表的な条件下では、これらのガスがシリコンと反応しないことを示している。

7.6 フッ化物以外のハロゲンガス(*Halogens Gases, other than fluorine*) — ハロゲンは、物質の特殊な部類を代表する。分子状態あるいは原子状態の塩素、ヨウ素、臭素は、温度 200°C以下あるいはプラズマのアシストがなければシリコンをエッチングしないと報告されている^{8,9,21,22,23,24}。

- 1 Williams, K., and Muller, R., "Etch Rates for Micromachining Processing" *IEEE J. Microelectromech. Sys.*, Vol. 5, No. 4 (1996): pp. 256-269.
- 2 Jansen, H., et al., "A Survey on the Reactive Ion Etching of Silicon in Microtechnology" *J. Micromech. Microeng.*, Vol. 6 (1996): pp. 14-28.
- 3 Eriksen G., and Dyrbye, K., "Protective Coatings in Harsh Environments" *J. Micromech. Microeng.*, Vol.6 (1996): pp. 55-57.
- 4 Pogge, H. B., eds. "Electronic Materials Chemistry" Marcel Dekker, 1996.
- 5 Walker, P., and Tarn, W., eds. "CRC Handbook of Metal Etchants" CRC Press, 1991.
- 6 Lange, G. A., et al., "RCA Review." 24 (1963): p. 488.
- 7 Harris, J. M., et al., "Etching Characteristics of Silicon Carbide in Hydrogen." *Jl.E.C.S.* 116 (3) (1969): p. 380.
- 8 Flamm, D. L., et al., "The Design of Plasma Etchants." *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 1 (4) (1981): p. 317.
- 9 Coburn, J. W., "Plasma-Assisted Etching." *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 2 (1) (1982): p. 1.
- 10 Gugliemini, C. J., et al., "Properties and Reactivity of Chlorine Trifluoride." *Semiconductor International* (1999).
- 11 Ephraïm, L. M., et al., "Parameter and Reactor Dependence of Selective Oxide RIE in CF₄ + H₂." *Jl.E.C.S.* 129 (10) (1982): p. 2282.
- 12 Wolf, S., et al., "Silicon Processing for The VLSI Era." Lattice Press, 1986; ISBN 0-961672-3-7.
- 13 d'Agostino, R., et al., "Diagnostics and Decomposition Mechanism in RF Discharges of Fluorocarbons Utilized for Plasma Etching or Polymerization." *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 2 (3), (1981): p. 213.
- 14 du Pont, E. I., de Nemours and Company, "Zytron Electronic Gases." *Application Guide: Dry Etching of Silicon Dioxide* www.dupont.com/zytron/appguide/app2.html.
- 15 Schilling, U., et al., "Evaluation of c-C₄F₈ as Cleaning Gas in an Applied Materials Lamp Heated Universal Chamber for 200 mm Wafers." International SEMATECH, technology Transfer #01084152A-TR (2001).
- 16 Winters, H. F., et al., "The Role of Chemisorption in Plasma Etching." *J. Appl. Phys.* Vol. 49 (10) (1978): p. 5165.
- 17 Braker, W., et al., "Matheson Gas Data Book." Sixth Edition, L of C 80-83159, 1980.
- 18 Cotton, F. A., et al., "Advanced Inorganic Chemistry." 5th Edition; John Wiley and Sons, 1988.
- 19 Douglas, B., et al., "Concepts and Models of Inorganic Chemistry." 2nd Edition; John Wiley and Sons, 1983.
- 20 Huheey, J. E., et al., "Inorganic Chemistry: Principles of Structure and Reactivity." 4th Edition; HarperCollins, 1993.
- 21 Ibbotson, D. E., et al., "Plasmaless Dry Etching of Silicon with Fluorine-Containing Compounds," *J. Appl. Phys.* Vol. 56 (10) (1984): pp. 2939-2942.