



SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

半導体・FPD製造装置に活用される ファインセラミックス

Fine Ceramics Used in Semiconductor and FPD Manufacturing Equipment

吉川 正博
Masahiro YOSHIKAWA

藤原 俊史
Toshifumi FUJIWARA

小坂 正生
Masaki KOSAKA

津川 賢介
Kensuke TSUGAWA



製品紹介/PRODUCT

半導体・FPD製造装置に活用されるファインセラミックス (品川ファインセラミックス株式会社)

Fine Ceramics Used in Semiconductor and FPD Manufacturing Equipment (Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.)

吉川 正博 ^{*1}	小坂 正生 ^{*2}
Masahiro YOSHIKAWA	Masaki KOSAKA
藤原 俊史 ^{*3}	津川 賢介 ^{*4}
Toshifumi FUJIWARA	Kensuke TSUGAWA

要旨

半導体やフラットパネルディスプレイ製造装置は、微細化・高集積化、および製品処理能力向上を目的として、耐食性、耐熱性、剛性に優れるファインセラミックス部材の活用が進んでいる。本報告では、本装置分野で用いられる当社ファインセラミックスの材料特性と適用例について概説する。

Abstract

Fine ceramics with excellent corrosion resistance, heat resistance, and rigidity are increasingly used in semiconductor and flat panel display (FPD) manufacturing equipment to achieve finer and more integrated designs and to improve product processing capacity. This report outlines the material properties and application examples of our Fine Ceramics used in this equipment field.

1. はじめに

半導体やフラットパネルディスプレイ(以下FPDと記す。)に形成されるLSI回路は、Fig.1のイメージのように微細化・高集積化が進んでいる。これに伴い、その製造プロセスにおいて化学的な反応性の高い高温プラズマ¹⁾や高温薬液²⁾が多用されるようになった。

これらのプロセスは同時に、製造装置内部の金属、ガラスおよび樹脂を腐食し、その反応生成物が微細なパーティクル(粒子)となって装置内部に浮遊する。このパーティクルが形成した回路に付着すると、電気的な開放や短絡といったデバイスの動作不良部位が生じ、最終製品の歩留りが低下するという問題が生じる³⁾。

また、これらの製造プロセスでは、製品のスループット

1. Introduction

LSI circuits formed in semiconductors and flat panel displays (hereinafter referred to as FPD) are becoming increasingly miniaturized and highly integrated, as shown in the image in Fig. 1. In line with this trend, high-temperature plasma¹⁾ and high-temperature chemicals²⁾ with high chemical reactivity are frequently used in the manufacturing process.

These processes simultaneously corrode the metal, glass, and resin inside the manufacturing equipment, and the corrosion products become microscopic particles floating inside the equipment. When these particles adhere to electronic circuits, they can cause electrical openings, shorts, and other

*1 品川ファインセラミックス株式会社 岡山事業所 取締役 事業所長 Executive Director, Okayama Works, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

*2 品川ファインセラミックス株式会社 営業部 東京営業室 室長 Manager, Tokyo Sales Office, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

*3 品川ファインセラミックス株式会社 営業部 岡山営業室 室長 Manager, Okayama Sales Office, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

*4 品川ファインセラミックス株式会社 営業部 東京営業室 主事 Tokyo Sales Office, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

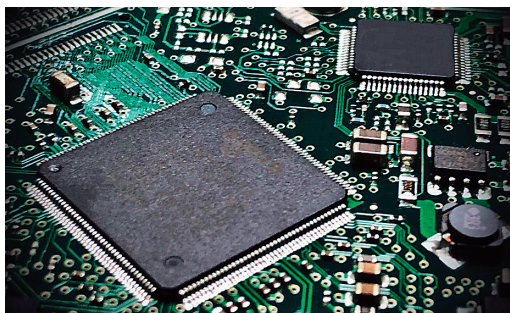


Fig. 1 Image of miniaturization and high integration of LSI circuits.

(単位時間当たりの処理能力)を向上させる為に、プロセス間を繋ぐ搬送装置の高速化が進んでいる⁴⁾。

その手法のひとつとして、構成部品の薄肉化による軽量化がある。しかしながら、弾性率の低い金属や樹脂材料を薄肉化すると、搬送時の荷重変形や振動が大きくなり、所望する速度での処理が困難となるという問題がある。

これらの問題に対する解決手段として、耐食性、耐熱性、剛性に優れるファインセラミックスの活用が進んでいる。本報告では、半導体・FPD製造装置に用いられる当社ファインセラミックスの材料特性と適用例について概説する。

2. 耐食性部材

2.1 ファインセラミックスの耐食性

各種ファインセラミックス材料の耐薬品性をTable 1に示す⁵⁾。これらの材料は、化学的に安定な無機焼結体であ

reas of device malfunction, resulting in lower yields of final products³⁾.

In these manufacturing processes, the conveying equipment that connects the processes has been increasing in speed in order to improve product throughput⁴⁾.

One of the methods is to reduce weight by thinning the component parts. However, metals and resin materials with low modulus of elasticity are difficult to convey at the desired speed because load deformation and vibration increase as they become thinner.

Fine ceramics, which excel in corrosion resistance, heat resistance, and rigidity, are being used as a solution to these problems. This report outlines the material properties and application examples of our fine ceramics used in semiconductor and FPD manufacturing equipment.

2. Corrosion-Resistant Materials

2.1 Corrosion resistance of fine ceramics

Table 1 shows the chemical resistance of various fine ceramic materials⁵⁾. These materials are chemically stable inorganic sintered materials and have better corrosion resistance than metallic materials in corrosive environments. However, some materials are susceptible to corrosion depending on the combination of material type and chemicals. Therefore, it is important to select a material for each chemical

Table 1 Chemical resistance of various fine ceramics materials

Chemical solution type	Concentration / %	Temperature / °C	Time / H	Alumina	Silica	Zirconia	Silicon carbide	Silicon nitride
HCl	35	boil	0.5	A	A	B	A	A
HNO ₃	70	boil	0.5	A	A	B	A	A
H ₂ SO ₄	98	boil	0.5	A	A	C	A	A
H ₃ PO ₄	90	boil	0.5	B	A	B	B	A
HF	60	20	24	C	D	D	A	C
KOH	10	80	168	A	C	A	C	A
KOH	10	boil	168	C	D	C	D	D
NaOH	10	boil	168	B	D	C	D	D
NaCO ₃	10	boil	168	B	D	C	D	D
Na ₂ SO ₄	10	boil	168	A	B	B	D	D
KF	10	boil	4	D	D	C	D	D

Notation A: No erosion observed B: Trace erosion C: Moderate erosion D: Large erosion

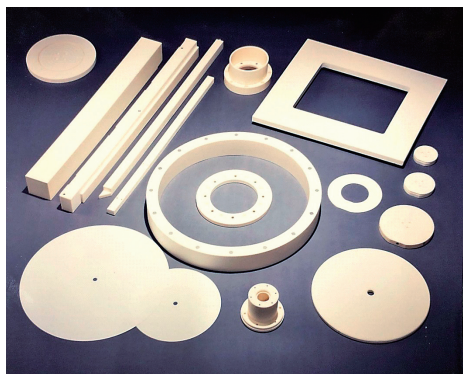


Fig. 2 Appearance of alumina fine ceramics for semiconductor and FPD equipment.

り、腐食環境においては金属材料よりも優れた耐食性を有している。

但し、材料種と薬品の組み合わせによっては腐食しやすい組み合わせがある。この為、使用環境毎に使用材料を選定することが重要である。

例えば、アルミナは塩酸、硝酸、硫酸、水酸化カリウム、硫化ナトリウムなどの薬液に対しては優れた耐食性を有する。しかしながらフッ化水素に対しては耐食性が低い。

一方、炭化ケイ素は水酸化カリウム、硫化ナトリウムなどの薬液に対しては耐食性が低いものの、フッ化水素に対する耐食性は非常に優れている。

2. 2 適用例

高腐食環境下で使用実績のある材料としては、アルミナ、炭化ケイ素、シリカ、イットリアがある。このうち、高温プラズマが使用される環境ではアルミナとイットリア、高温薬液が使用される環境ではアルミナと炭化ケイ素がそれぞれ適している。このうち、耐フッ化水素腐食性が要求される環境においては、炭化ケイ素の使用が最も好ましい。

Fig.2に一例として半導体・FPD製造装置用アルミナセラミックスの外観を示す。当社のアルミナセラミックスは、棒形状で2000×900×10mm、円環形状で直径800mm×厚さ30mm程度のサイズを取り扱っている。

当社ではアルミナ、炭化ケイ素、シリカおよびイットリア等のセラミックスに対し、グライディングセンター等の工作機械を用いた精密加工を施すことで、各種耐食性部材を提供しており、多くのユーザーよりご好評を頂いている。

3. 搬送装置部材

3. 1 ファインセラミックスの機械的特性

当社のファインセラミックス材料の機械的特性をFig.3

used. For example, alumina has excellent corrosion resistance to hydrochloric acid, nitric acid, sulfuric acid, potassium hydroxide, sodium sulfide, and other chemicals. However, it has low corrosion resistance to hydrogen fluoride. On the other hand, silicon carbide has low corrosion resistance to chemicals such as potassium hydroxide and sodium sulfide, but excellent resistance to hydrogen fluoride.

2. 2 Application examples

Materials that have been used in highly corrosive environments are alumina, silicon carbide, silica, and yttria. Of these, alumina and yttria are suitable for environments with high-temperature plasma, and alumina and silicon carbide are suitable for environments with high-temperature chemicals, respectively. On the other hand, in environments where hydrogen fluoride corrosion resistance is required, silicon carbide is most suitable.

Fig. 2 shows the appearance of alumina ceramics for semiconductor and FPD manufacturing equipment as an example.

We produce alumina ceramics in the sizes of 2000×900×10 mm in rod form and 800mm in diameter×30 mm in thickness in ring form. We provide precision processing for ceramics such as alumina, silicon carbide, silica, and yttria using grinding centers. Our corrosion-resistant ceramics have been well received by many users.

3. Transport Device Parts

3. 1 Mechanical properties of fine ceramics

The mechanical properties of our fine ceramics materials are shown in Fig. 3.⁵⁾

Comparing stainless steel (SUS304) and fine ceramics, alumina (A99P) and sialon (SAN-2) have a lower weight per volume, are less subject to load deformation, and are harder and less vulnerable to damage.

The flexural strength of alumina is 450 MPa, which is higher than that of common cast iron (290 MPa). On the other hand, the flexural strength of sialon is about twice that of alumina, 980 MPa, which is equivalent to that of SUS304.

In order to increase the speed of equipment, it is desirable to apply lightweight, high elastic modulus materials that do not flex easily, such as fine ceramics materials. This is particularly effective for transport

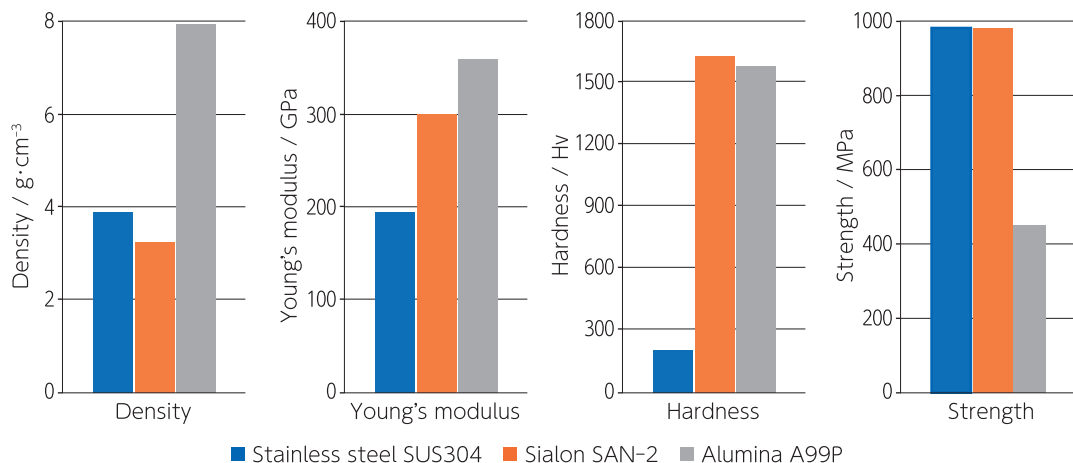


Fig. 3 Mechanical properties of fine ceramics compared to metal.

に示す⁵⁾。これらの材料特性を金属材料であるステンレス鋼 (SUS304) と比較すると、アルミナ (A99P)、サイアロン (SAN-2) は体積当たりの重量が小さく (低密度)、荷重変形しにくく (高弾性率)、硬く傷つきにくい (高硬度) ことが分かる。

曲げ強度は、アルミナにおいて450MPaであり、一般的な鋳鉄の強度290 MPaよりも高い。一方、サイアロンの曲げ強度は、アルミナの約2倍の980MPaであり、SUS304と同等である。

装置駆動部の高速化を進める上では、ファインセラミックス材料のように軽量で撓みにくい高弾性率材料を適用することが好ましい。特に低振動で精密な動きを高速で繰り返す必要のある搬送装置部材として有効である。

3. 2 適用例

当社のファインセラミックス材料の搬送装置部材適用例をFig.4に示す。これらの部材としては、アルミナ、サイアロン、炭化ケイ素の使用実績がある。このうち、搬送用ロボットにはアルミナが、搬送用ローラーとしてはサイアロンが多く活用されている。

この搬送用ロボットでは、半導体や液晶基板などの生産工程において、プロセス毎の製品を安全かつ正確に搬送するための水平多関節型のスカラロボットが活用されており⁴⁾、このアーム先端のロボットハンドにセラミックスが適用される。このハンドは軽量化の為、セラミックス化に加え、更なる薄肉化が進んでいる。

また、搬送用ローラーは、回転式搬送装置に活用されており、当該部の送り速度も高速化している。このため、ローラーは摩擦による損耗を受ける為、耐摩耗性に優れたサイ

device components that require low-vibration, precise movements repeated at high speed.

3. 2 Application examples

Fig. 4 shows an example of application of our fine ceramics materials to transport equipment components. Alumina, sialon, and silicon carbide have been used for these components. Of these, alumina is widely used for robot hands for conveyance, and sialon is widely used for conveyance rollers.

This transfer robot hand is utilized at the tip of a horizontal articulated SCARA robot to safely and accurately transfer products for each process in the production process of semiconductors, liquid crystal substrates, and other products⁴⁾. These robot hands are increasingly made of ceramics and thinner in order to reduce weight.

In addition, conveying rollers are utilized in rotary conveying equipment, and their feed speeds are increasing. For this reason, sialon rollers with excellent wear resistance are applied to these rollers⁶⁾.

By supplying robot hands, rollers, and other conveyor components made of fine ceramics, we are helping to improve the throughput of semiconductor and FPD manufacturing equipment by increasing their speed.

4. Summary

The material properties and application examples of our fine ceramics, which are utilized as semiconductor and flat panel display manufacturing

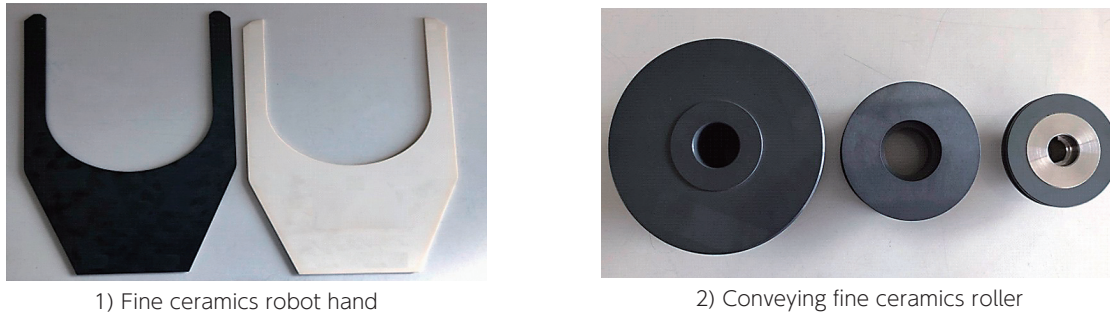


Fig. 4 Application examples of conveying equipment components for our fine ceramics materials.

アロンローラーが適用される⁶⁾。

当社ではファインセラミックス製ロボットハンドやローラー等の搬送装置部材を供給することで、半導体・FPD製造装置の高速化によるスループット向上に貢献している。

4. まとめ

半導体やフラットパネルディスプレイ製造装置部材、特に耐食性部材と搬送装置部材として活用される当社ファインセラミックスの材料特性と適用例について概説した。

- (1) ファインセラミックスは化学的に安定な無機焼結体であり、金属材料と比較すると優れた耐食性を有し、体積当たりの重量が小さく、荷重変形しにくく、硬く傷つきにくいという特長がある。
- (2) ファインセラミックスは、材料種によって機械的特性、耐食特性が異なる為、使用環境毎の要求特性に応じて、使用材料を適切に選定することが重要である。
- (3) 当社は、耐食性に優れたアルミナ、炭化ケイ素、シリカおよびイットリア等のセラミックスに対し、精密加工を施した耐食性部材を提供しており、多くのユーザーよりご好評を頂いている。
- (4) 当社では、ファインセラミックス製ロボットハンドやローラー等の搬送装置部材を供給することで、半導体・FPD製造装置の高速化によるスループット向上に貢献している。

equipment components, especially as corrosion resistant components and transport equipment components, are outlined.

- (1) Fine ceramics are chemically stable sintered inorganic materials with superior corrosion resistance, lower weight per volume, resistance to load deformation, hardness, and scratch resistance compared to metal materials.
- (2) Because the mechanical and corrosion resistance properties of fine ceramics vary depending on the material type, it is necessary to select the appropriate material for the required properties for each operating environment.
- (3) We supply excellent corrosion-resistant components made of precision-machined ceramics such as alumina, silicon carbide, silica, and yttria. These products have been well received by many users.
- (4) We contribute to improving the throughput of semiconductor and FPD manufacturing equipment by supplying fine ceramic robot hands and rollers, which are used for transport equipment components.

References

- 1) M. Nakamura et al.: Applied Physics, **91** [9] 573-577 (2022).
- 2) M. Miyamoto et al.: Electronic devices, **97** [22] 7-14 (1997).
- 3) Y. Kasashima et al.: Japanese Journal of Applied Physics, **53** [11] 110308-, 2014-10-06.
- 4) S. Nobayashi Yasukawa et al.: technical review, **77** [3] 174-177 (2013).
- 5) Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd. Products Catalog (2022).
- 6) M. Yoshikawa et al.: Bull. Ceram. Soc. Japan, **48** [6] (2013).