

防汚性を有する硬質反射防止膜

(株)シンクロン R&D センター

宮内 充祐, 姜 友松

Hard anti-reflection coating with anti-stain property

Mitsuhiro Miyaochi, Yousong Jiang

R&D CENTER SHINCRO Co., Ltd

1. はじめに

近年スマートフォンやタブレット端末の普及が拡大、我々の日常生活に不可欠なツールとなりつつある。これらのキーコンポーネントであるタッチパネルディスプレイは高精細化、視認性の向上が求められ、その一つとして屋外の強い太陽光環境下でも背景の写り込みが少ない低反射性のニーズがある。これを実現するのが反射防止膜（以下、AR）である。一般的にARは透明な誘電体の高屈折率材料と低屈折率材料の積層膜で構成され、古くから望遠鏡、眼鏡、カメラのレンズに使われている。タッチパネルディスプレイへのARを考えた場合、従来用途と大きく異なるのは、タッチパネルは指を使って操作するため、ユーザーが積極的に触れる点である。これにより指紋汚れの付着防止（防汚性）、拭き取り性、および滑り性が求められる。また、鞆やポケットにいれる、机上に置くなど、ディスプレイは頻繁に物体との接触にさらされるため、膜剥がれや傷が入らないなど機械特性への要求が高い。このような優れた機械特性をもつARを作製するには、材料の観点で

は硬質で透明性が高い物質が必要である。 Si_3N_4 は1700 Hvを超えるビッカース硬度を有し、可視域の吸収係数は 10^{-4} オーダーと透明性に優れるため、このニーズを満たす物質である¹⁾。プロセスの観点では蒸着法より付着粒子のエネルギーが高く、緻密な膜ができるスパッタ法が望ましい。また、防汚性の観点では眼鏡レンズや近年はスマートフォンのタッチパネルに採用されているフッ素化合物などの撥水撥油膜の適用が有効である。

本稿では我々が開発したRadical Assisted Sputtering (RAS) プロセス²⁾により作製した防汚性を有する硬質AR（以下、Hard AR）について紹介する。

2. RAS プロセスとシステム

スパッタ法は付着粒子の運動エネルギーが真空蒸着と比べて10~100倍高く、密着性が高く緻密な膜が得られる。しかし、誘電体からなる光学薄膜をスパッタ法で成膜する場合、ターゲット付近で異常放電が起きやすく、また成膜速度も非常に遅いため、スパッタ法は光学薄膜の量産には不向きであった。この課題を解決するため、我々は光学薄膜量産用スパッタ装置RASを開発した³⁾。RASプロセスの原理を図1に示す。通常の反応性スパッタではスパッタ工程と反応工程が一つの領域で行われる。これに

〒220-8680 神奈川県横浜市西区みなとみらい4-3-5

TEL 045-650-2411

FAX 045-650-2448

E-mail: a1392.yahagi@shincron.co.jp

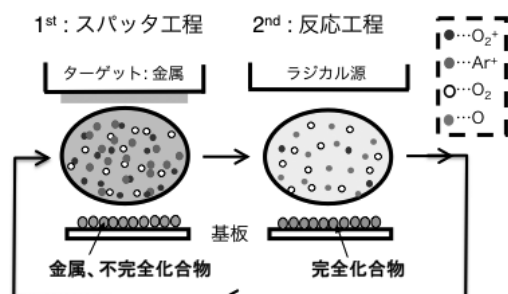


図1 RAS プロセス原理図

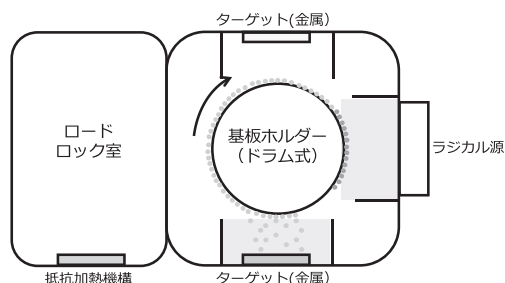


図2 RAS システム概略図

対しRASではこれらの工程を空間的・電氣的に分離し、独立で制御できるようになっている。安定なスパッタによる金属の不完全反応化合物の成膜プロセスと、強力なラジカル源による完全反応プロセスとを繰り返すことにより、緻密な誘電体膜を高速かつ低温で成膜できる。RASシステムの概略図を図2に示す。RASシステムは大気開放による影響をなくし安定なプロセスを実現するため、ロードロック方式を採用している。成膜室には複数のスパッタターゲットとラジカル源が設置され、これらのプラズマが互いに影響しないように工夫されている。ラジカル源は励起した反応ガス原子を効率よく発生させ、これにより金属不完全反応化合物を金属完全化合物に反応させることで、ストイキオメトリックで吸収のない誘電体膜が形成できる²⁾。このプロセスを繰り返し、ターゲット材料あるいは反応ガスを切り替えて成膜することで、異種の誘電体を積層した光学多層膜が作製できる。

3. 透明硬質材料 Si_3N_4 を用いた Hard AR

一般的に窒化膜は硬質性を有し、工具、金型や機構部品のハードコーティングとして応用されている。RASはラジカル源に反応ガスとして N_2 を導入することで、窒化膜が簡便に成膜可能である。我々は Si_3N_4 が硬質かつ透明である点に着目し、 Si_3N_4 を高屈折率材料に用いたRAS法によるHard ARを開発した。図3は一般的な高屈折率材料 Nb_2O_5 を使った $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$

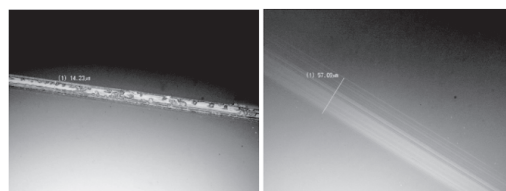


図3 1 kg 荷重ナイフ試験後の各 AR 膜の表面顕微鏡観察像
(左図: $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$, 右: $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$)

SiO_2 構成のARと $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ 構成のHard ARに対し、1 kg 加重のナイフ試験を実施した膜表面の顕微鏡像である。 $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ 構成のARではナイフの刃で膜が破壊、深い傷が生じているが、Hard ARは表層に若干の磨耗跡が残る程度で、膜にはナイフの刃が刺さらないことが確認された。Hard ARは一般的なARと比べ、硬質性に優れることがわかる。

4. Hard AR への防汚性の付与

Hard ARをタッチパネルに応用する場合、指紋汚れへの防汚性、拭き取り性、滑り性が求められる。この機能を付与するため、我々はHard ARの最表層を撥水撥油膜で構成することが有効と考え、RASのロードロック室に抵抗加熱成膜機構を追加し(図2)、最表層が撥水撥油膜構成のHard ARを成膜できるRASシステムを開発した。図4に本RASシステムでガラス上に成膜した最表層が撥水撥油膜構成の8層Hard AR、およびガラス生基板の分光反射率の測定結果(片面)を示す。本Hard AR

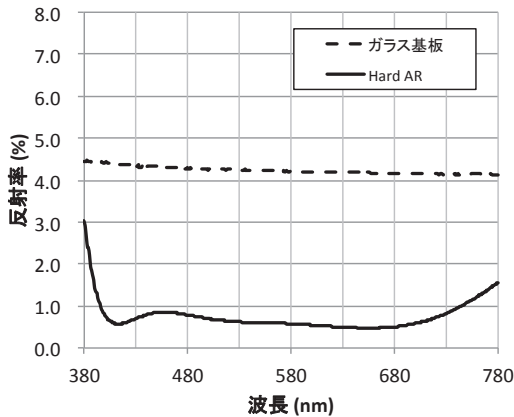


図4 Hard AR の分光反射特性 (片面)

の反射率はガラス基板と比べて大きく低下、これによりガラス表面での背景の写り込みが軽減し視認性の向上が期待できる。

図5は本Hard AR サンプルの1 kg/cm²加重スチールウールによる往復摩擦試験時の純水接触角の測定結果である。スチールウール摩擦後の接触角で撥水性（接触角90度以上）を確認することで、防汚機能の耐久性を評価することができる。図5からわかる通り本Hard AR は10,000回の摩擦後も接触角は105度と高い撥水性を維持できている。すなわち、本Hard AR は非常に耐久性に優れた防汚性を有していることがわかった。図6は同じく1 kg/cm²加重のスチールウール摩擦1500回後のガラス基板、サファイア基板、ガラス基板上のHard AR の50倍顕微鏡画像である。ガラス基板、サファイア基板では擦り傷が観察されるが、Hard AR サンプルでは擦り傷は観察されない。すなわち、Hard AR 付きのガラス基板はサファイアよりも高い耐擦傷性を有していると

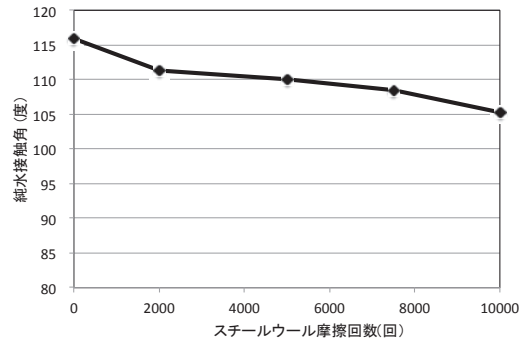


図5 Hard AR の純水接触角のスチールウール摩擦依存

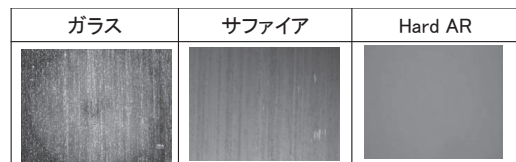


図6 スチールウール摩擦1500回後のサンプル表面の顕微鏡観察像 (50倍)

言える。

5. RAS システムラインアップ

表1は当社でラインアップしているRASシステムのドラムの成膜有効エリアサイズと基板搭載量(5.5 inch)である。実験用途向き的小型機、光学部品の量産向けの中型機に加え、スマートフォン、タブレット用基板にも対応可能な大型機RAS-1600を新たに開発、製品化した。いずれもロードロック室に抵抗過熱機構を設置可能であり、防汚性を有するHard ARの生産が可能である。

6. おわりに

本稿ではRASシステムによる防汚性を有す

表1 各種RASシステムの成膜有効エリアサイズと基板搭載量

	RAS-1100C (小型機)	RAS-1100BII (中型機)	RAS-1600 (大型機)
ドラム成膜有効エリア(mm)	φ 1000 x 230	φ 900 x 400	φ 1400 x 760
基板搭載量 (枚) 5.5inch	54	90	280

る Hard AR を紹介した。本 Hard AR は反射防止機能のみならず，優れた耐擦傷性，防汚耐久性を有していることが示された。本 Hard AR はタッチパネル，腕時計などへの応用が可能であり，今後更なる市場展開が期待される。

参考文献等：

- [1] H. Holleck, Material selection for hard coatings, JVST. A, (1986)
- [2] A. Macleod, Thin-Film Optical Filters, 4th Edition Fourth, CRC Press, Boca Raton, 511, (2010).
- [3] Yizhou Song et al. , Vacuum, 74, P 409 (2004).