



Mécanismes d'endommagement d'empilements optiques de faible adhésion sous contact glissant

Aymar Quarré de Boiry

► To cite this version:

Aymar Quarré de Boiry. Mécanismes d'endommagement d'empilements optiques de faible adhésion sous contact glissant. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. <hal-03444668>

HAL Id: hal-03444668

<https://hal.science/hal-03444668v1>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Mécanismes d'endommagement d'empilements optiques de faible adhésion sous contact glissant

A. QUARRÉ DE BOIRY^a, J. TEISSEIRE^a, D. Dalmas^b

a. Unité mixte CNRS/Saint-Gobain UMR 125 –
Laboratoire "Surface du Verre et Interfaces (SVI)" – Aubervilliers – France
aymar.quarredeboiry@saint-gobain.com

b. École Centrale de Lyon – Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Lyon –
France - davy.dalmas@ec-lyon.fr

Résumé :

Pour modifier les propriétés de surface du verre plat (optiques, thermiques, électrochimiques,...), le dépôt de couches minces par pulvérisation cathodique magnétron est une technique de plus en plus répandue. Néanmoins, certains de ces revêtements présentent une faible résistance mécanique lorsqu'ils sont sollicités en contact (rayure). Dans cette étude, on montre qu'il est possible de mieux comprendre et aussi d'améliorer la résistance à la rayure des empilements de couches minces à l'argent par une méthode de texturation interfaciale.

Abstract:

To modify the surface properties of the flat glass (optical, thermal, electrochemical, ...), the thin film deposition by magnetron sputtering is a technique increasingly widespread. However, some of these coatings have low mechanical resistance toward contact loading (scratch). In this study, we show that it is possible to understand and also to improve scratch resistance of thin multi-layer coating by a method of interfacial patterning.

Mots clefs : rayure ; adhésion ; frottement ; couches minces

Pour modifier les propriétés de surface du verre plat (optiques, thermiques, électrochimiques...), le dépôt d'empilement de couches minces par pulvérisation cathodique magnétron est une technique de plus en plus répandue. Par exemple, les vitrages bas émissifs, produits entre autre par Saint-Gobain depuis de nombreuses années, permettent de limiter les déperditions de chaleur en bloquant les infrarouges. Un élément essentiel dans des empilements de ce type sur du vitrage est une couche d'argent de quelques nanomètres d'épaisseur déposée par pulvérisation cathodique magnétron. En effet, cette couche d'argent permet de réfléchir le rayonnement infrarouge solaire et ainsi cela permet de limiter les déperditions de chaleur. Cependant cette couche est peu adhésive et donc très sensible aux endommagements par contact (rayures) qui peuvent apparaître lors des phases de manutention ou même de lavage du produit, entraînant ainsi une perte de ses propriétés optiques. L'apparition de ces rayures est liée à la sollicitation engendrée par le contact (frottement) et influencée par les propriétés mécaniques de l'empilement (module, dureté, adhésion ...) [1, 2]. Cependant, une analyse quantitative

des endommagements est très délicate du fait de la complexité et de la très faible épaisseur de ces empilements (quelques dizaines de nanomètres). L'idée qui est développée dans cette étude est de voir s'il est possible de mieux comprendre et ainsi d'améliorer la résistance à la rayure des empilements de couches minces à l'argent par une méthode de structuration interfaciale. En effet, il a été montré récemment que cette structuration qui consiste à alterner des zones de faible adhésion (présence de l'argent) et des zones de forte adhésion (absence de l'argent), permettait d'améliorer fortement l'adhésion [3, 4]. L'objectif de cette étude est donc l'analyse et la compréhension des mécanismes d'endommagement lors d'une sollicitation de rayage sur un empilement de couches minces caractérisé par la présence d'une interface texturée en termes d'adhésion.

Dans cette étude, nous avons utilisé un protocole de photolithographie pour texturer une couche d'argent d'une dizaine de nanomètres d'épaisseur dans un empilement modèle de couches minces déposé sur du verre (cf. Figure 1). Ensuite les essais ont été réalisés sur un tribomètre commercial à géométrie de contact sphère/plan qui permet, grâce notamment à la transparence du verre, une visualisation in situ du processus de rayage (cf. Figure 2).

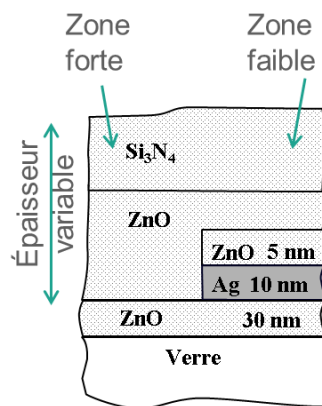


Figure 1 : Schéma d'un empilement type utilisé dans les essais de rayage

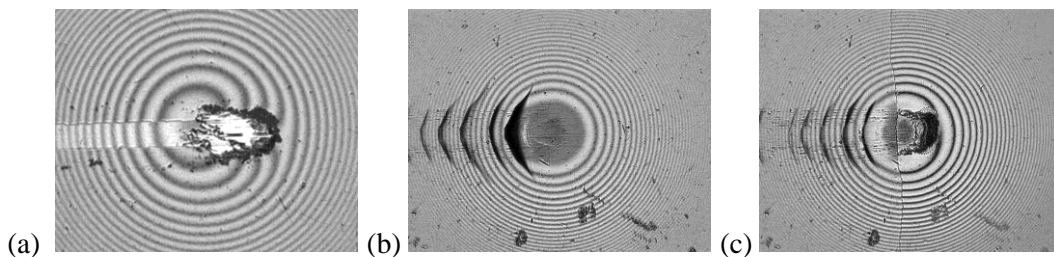


Figure 2 : Visualisation in-situ du processus de rayage sur un empilement : (a) de faible adhésion (Verre/ZnO (30 nm)/Ag (10nm)/ZnO (10nm)/Si₃N₄ (10nm)) (b) de forte adhésion (Verre/ZnO (50 nm)/Si₃N₄ (10nm)) (c) texturé en adhésion à l'emplacement d'une transition zone forte/zone faible

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la rayure sur des empilements homogènes en adhésion constitué soit d'une interface faible Argent/ZnO soit d'une interface forte verre/ZnO. Pour les empilements de forte adhésion, on observe une fissuration type Hertz à l'arrière du contact [1,5] (cf. figure 2 (b)). Pour les empilements de faible adhésion, on observe un processus de rayage complexe où la présence de débris modifie considérablement la nature du contact et génère une rayure

à bord droit et à fond plat telle que le décrit X. Geng [2] (cf. Figure 2(a)). La dynamique de génération de ces débris et leur rôle dans le contact sera discuté. L'utilisation d'échantillons texturés (cf. Figure 1), nous a permis faire des essais de rayure lors d'un passage d'une zone de forte adhésion à une de faible adhésion (cf. Figure 2 (c)) afin de comprendre la transition entre les deux types d'endommagement précédemment observé. Pour comprendre ces essais plusieurs paramètres ont été mesurés et seront discutés : l'évolution de la hauteur du contact, la génération des débris, la morphologie de la zone d'amorçage, la largeur de la rayure.

Références

- [1] X. Geng, Z. Zhang, E. Barthel, D. Dalmas. Mechanical behavior of stiff coating on glass under sliding contact, *Wear* 269 (2010) 351–461
- [2] X. Geng, Z. Zhang, E. Barthel, D. Dalmas, Mechanical stability under sliding contact of thin silver film embedded in brittle multilayer, *Wear* 276– 277 (2012) 111– 120
- [3] D. Dalmas, E. Barthel, D. Vandembroucq, "Crack front pinning by design in planar heterogeneous interface", *J. MECH. PHYS. SOLIDS* 57 (2009) 446
- [4] Patinet, S., Alzate, L., Barthel, E., et al., Finite size effects on crack front pinning at heterogeneous planar interfaces: Experimental, finite elements and perturbation approaches, *J. MECH. PHYS. SOLIDS*, 61, Issue: 2 (2013) 311-324
- [5] S. J. Bull, Failure mode maps in the thin film scratch adhesion test, *Tribol. Int.*, vol. 30 n°17 (1997) 491-498