

IMPRESSION ET RECUITS SÉLECTIFS D'ENCRE MÉTALLIQUES SUR PAPIER – OPTIMISATION DES PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES DE BOUCLES RFID-HF EN VUE D'UNE PRODUCTION INDUSTRIELLE

Résumé :

Ces travaux examinent le potentiel d'un papier à fort lissé pour la production de masse de tags RFID-HF imprimés. Les caractérisations menées sur le papier Powercoat HD mettent en évidence une haute tolérance à la température et une faible rugosité. De fait, il se présente ainsi comme une sérieuse alternative à l'utilisation des films polymères (PET, PEN, PI, etc.), permettant de développer pleinement les performances électriques d'encres conductrices métalliques.

Deux procédés d'impression industriels ont été considérés, la flexographie et la sérigraphie ayant tout deux fait leurs preuves depuis plusieurs décennies pour l'impression graphique à hautes cadences. Le potentiel de leur utilisation pour l'impression à grande échelle de dispositifs électroniques à bas-coût est discuté dans ces travaux. De plus, les performances électriques d'encres commerciales à base d'argent sont étudiées en fonction de la taille des particules qui les composent. En effet, l'utilisation de particules métalliques à l'échelle nanométrique pourra faciliter l'activation des mécanismes de diffusion atomique, améliorant ainsi le contact physique entre les particules et favorisant la conduction électrique. En parallèle, les encres à microparticules sont moins coûteuses et leurs conditions d'utilisation moins contraignantes. Toutefois, la coalescence des particules métalliques après l'impression ne pourra être initiée sans un traitement thermique de recuit.

Le recuit est usuellement réalisé dans une étuve ou un tunnel à air chaud, la température doit alors rester inférieure à la tolérance du substrat. Cela permet d'atteindre des performances électriques qui restent limitées pour des durées de procédé de l'ordre de plusieurs minutes. Afin de tenir compte des contraintes industrielles d'une production à grande échelle et de permettre d'obtenir les meilleures performances électriques en un temps réduit, l'un des principaux axes de recherche exploré consiste au déploiement des technologies émergentes de recuit photonique proche infrarouge (NIR) et lumière intense pulsée (IPL). Ces dernières sont basées sur l'absorption de l'énergie lumineuse par le film d'encre provoquant ainsi un échauffement rapide. L'important différentiel d'absorption entre les encres et le substrat contribue, en outre, à une sélectivité de ces procédés permettant de limiter la dégradation du support tout en atteignant au niveau de l'encre, des températures pouvant être supérieures à 300°C. Pour chaque procédé de recuit, l'influence des différents paramètres sur les performances électriques finales a pu être étudiée par l'utilisation d'un suivi in-situ de la résistance, permettant un échantillonnage allant jusqu'à 250 kHz.

Finalement, des boucles RFID-HF ont été imprimées, recuites dans les conditions précédemment optimisées puis caractérisées. Une estimation des coûts de production a été menée afin de distinguer les contributions liées à l'encre, au support et à la puce électronique en silicium. Les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel du papier Powercoat HD, couplé à une impression en flexographie et à un recuit proche infrarouge, permettant alors la production à grande échelle de tags RFID-HF pour un coût matière total de l'ordre de 5 centimes d'euros.

Mots clés : Électronique imprimée, support papier, encres conductrices, recuits sélectifs, tags RFID-HF

PRINTING AND SELECTIVE SINTERING OF METAL BASED INKS ON PAPER – OPTIMIZATION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF RFID-HF LOOPS FOR INDUSTRIAL PRODUCTION

Abstract:

This work examines the potential of a very smooth paper for the mass production of printed RFID-RF tags. Characterizations on Powercoat HD paper demonstrate high temperature tolerance and very low roughness. It thus represents a serious alternative to the use of polymeric films (PET, PEN, PI, etc.), enabling the electrical performance of metallic conductive inks to be fully developed.

Two industrial printing processes have been considered, flexography and screen printing, and their use were discussed for the printing of low-cost electronic devices. Moreover, the electrical performances of commercial silver based inks are studied according to the size of their particles. Indeed, the use of metal particles at the nanometric scale can facilitate the activation of the atomic diffusion mechanisms, thus improving the physical contact between the particles and promoting electrical conduction. In parallel, microparticles inks are cheaper and their conditions of use less restrictive. In any case, the coalescence of the metal particles after printing cannot be initiated without a thermal sintering treatment.

Sintering is usually carried out in an oven or hot air tunnel, the temperature must therefore remain below the tolerance of the substrate. This leads to limited electrical performances for long process duration of several minutes. In order to take into account the industrial constraints of large-scale production and to achieve the best electrical performance in a short time, one of the main explored research areas is the deployment of emerging near-infrared (NIR) and intense pulsed light (IPL) photonic technologies. These latter are based on the absorption of light energy by the ink film thus causing rapid heating. The important absorption differential between the inks and the substrate allows high heating selectivity which makes it possible to limit the degradation of the substrate while the ink temperatures may be greater than 300 ° C. For each sintering process, the influence of the various parameters on the final electrical performance has been studied by using an in-situ resistance monitoring, allowing sampling frequency up to 250 kHz.

Finally, RFID-HF loops were printed, sintered under previously optimized conditions and then characterized. An estimate of the production costs was carried out in order to distinguish the contributions related to the ink, the substrate and the silicon chip. The obtained results demonstrate the potential of Powercoat HD paper, coupled with flexographic roll-to-roll printing and near-infrared technology, enabling the large-scale production of RFID-HF tags at a material cost of the order of 5 euros cents.

Keywords: Printed electronics, paper substrate, conductive inks, selective sintering, RFID-HF tags