

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 101 (2010)
Heft: (10)

Artikel: Changement de paradigme dans le monde de l'électronique
Autor: Jannon, Bertrand
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856144>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Changement de paradigme dans le monde de l'électronique

Défis et applications de l'électronique imprimée

Un peu plus de 500 ans après l'introduction de l'imprimerie par Gutenberg, événement qui a révolutionné l'accès au savoir, l'électronique imprimée est en passe de changer notre accès à l'information en permettant, entre autres, de créer l'internet des objets. La production à grande échelle de composants électroniques à des coûts très faibles va permettre de doter de nombreux objets de notre environnement de capacités de communication avancée ainsi que d'une autonomie énergétique.

Bertrand Jannon

Electronique imprimée, électronique flexible ou électronique plastique sont des termes différents pour parler d'équipements électroniques fabriqués à base de conducteurs et semi-conducteurs organiques (composés de carbone). Ces composés sont certes bien moins performants que le silicium utilisé pour fabriquer les composants de nos appareils électroniques, mais leur capacité à être

dilués en solution ouvre la voie à des procédés de production qui, bien qu'inédits dans l'industrie électronique, sont très bien maîtrisés dans d'autres secteurs comme ceux de l'impression ou de l'emballage.

Outre les économies d'échelle qui résultent de ces modes de production, ces matériaux vont permettre de nouvelles applications qui sauront tirer parti de

certaines de leurs caractéristiques, telles que la flexibilité, la légèreté ou la transparence.

Matériaux et technologie

La fabrication actuelle d'écrans LCD ou autres composants électroniques requiert un investissement très important en équipements qui déposent, sous vide et à hautes températures, en alternance des couches conductrices, semi-conductrices ou isolantes. L'utilisation de la photolithographie pour produire des masques permet de supprimer certaines parties de ces couches, et de créer ainsi des circuits intégrés. Ces technologies de pointe sont très coûteuses, tout comme le sont également les matériaux nécessaires à la fabrication de ces composants.

Une structuration additive à basse température

Une des principales différences entre les composants inorganiques et organiques est la liaison de Van der Waals qui lie les molécules de ces derniers. Cette force moléculaire faible prédispose ces matériaux à une application sous forme de solution. Ils peuvent ainsi être déposés de façon uniforme sur de grandes surfaces.

Les procédés qui entrent en jeu dans la production de l'électronique flexible sont, de plus, dans la plupart des cas additifs, c'est-à-dire que le matériau est déposé uniquement là où il est nécessaire, et ce à des températures basses. Outre le gain notable d'énergie que cela représente, ces procédés permettent l'utilisation de substrats flexibles et à faible coût comme le PET. Mais le véritable attrait de ces procédés réside dans leur utilisation à très grande échelle dans des domaines tels que l'emballage, l'impression ou la production de films à des fins techniques (comme par exemple les films argentiques).

Divers procédés de déposition

Le choix du procédé de déposition est délicat, car d'une part, il dépend de la formulation des matériaux, et d'autre part, il pose des conditions à cette

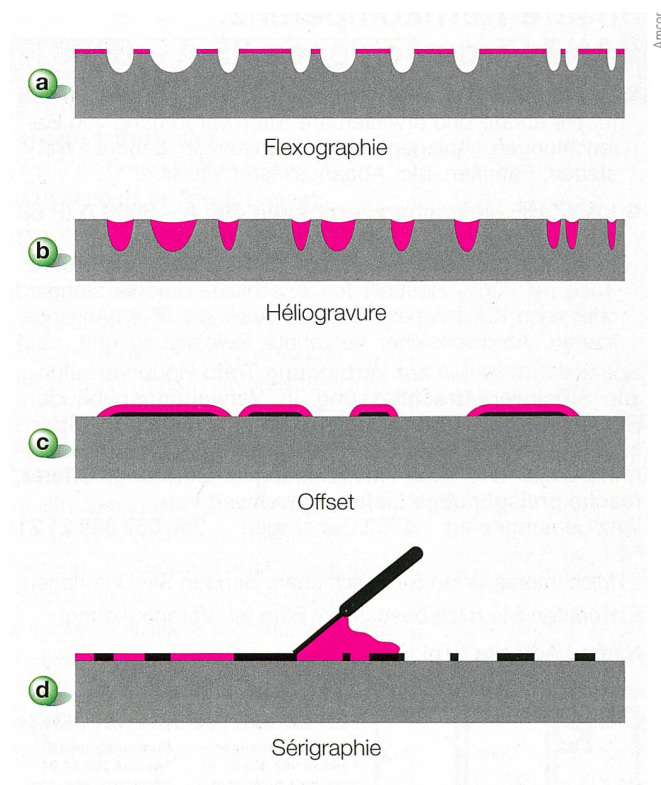


Figure 1 Les principales technologies d'impression et leur fonctionnement.

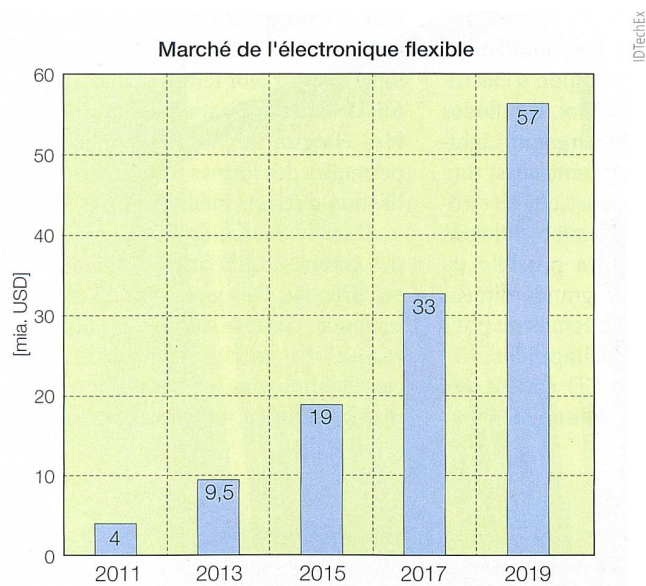


Figure 2 Evolution du marché de l'électronique flexible selon IDTechEx.

dernière. Dans le cadre de la production de démonstrateurs, beaucoup d'entreprises ont recours à la déposition jet d'encre qui offre une bonne précision et une grande flexibilité puisqu'elle ne nécessite pas la production de clichés ou de cylindres. Néanmoins, son utilisation pour produire des films à grande échelle semble difficilement envisageable actuellement étant donné sa faible cadence de production (inférieure à 1 m/min).

Les procédés de masse qui font actuellement l'objet d'expérimentations sont essentiellement la déposition par héliogravure, la flexographie, l'impression offset, ainsi que la sérigraphie (figure 1). Chacune de ces technologies se distingue par sa vitesse d'impression, la quantité d'encre transmise et les coûts de production des cylindres.

■ **La flexographie**: ce procédé utilise une planche d'impression en gomme sur laquelle le motif à imprimer est gravé en relief. La quantité d'encre transmise sur le substrat est ajustable en modifiant l'état de surface de la gomme. L'utilisation de planches en gomme, permettant de réduire les coûts de production des clichés, rend cette technologie indiquée pour des volumes moyens.

■ **L'héliogravure**: le cylindre d'impression utilisé dans ce procédé subit un processus de gravure, au cours duquel le dessin à imprimer est gravé sous forme de microcavités. Ces cavités transfèrent l'encre sur le substrat et, en modifiant la forme et la taille, il est possible d'adapter la quantité d'encre. Cette technologie

est très adaptée pour les applications où une importante quantité d'encre doit être déposée et pour des volumes de production élevés.

■ **L'offset**: l'offset conventionnel est fondé sur la répulsion de l'eau et de la graisse, en créant une émulsion entre la solution de mouillage et l'encre grasse. La plaque d'aluminium gravée, hydrophile généralement mais pourvue de structures lipophiles sur lesquelles se fixe l'encre, reporte l'image sur un blanchet, qui à son tour reporte l'encre sur le papier. Son principe de fonctionnement impose des limitations dans la composition des encres.

■ **La sérigraphie**: elle utilise un écran interposé entre l'encre et le support. La maille de l'écran détermine la quantité d'encre déposée tandis qu'un procédé d'enduction et d'insolation sélective permet de définir les zones qui ne laisseront pas passer l'encre. Ce procédé permet le transfert d'une grande quantité d'encre, mais la précision et la cadence sont limitées.

Si ces procédés sont largement connus, les matériaux entrant dans la composition de l'électronique imprimée sont encore bien souvent en phase expérimentale. Leur formulation définit non seulement leur performance au niveau électronique, ce qui constitue certainement l'axe de développement prioritaire, mais est aussi intimement liée à la technologie de déposition, car cette dernière impose des conditions de tolérance en température, de viscosité, d'évaporation des solvants ou d'adhésion.

Marché

Comme pour tous les marchés en développement, il est extrêmement difficile de prédire la taille de celui de l'électronique imprimée dans les prochaines années. Ses limites en termes de performance n'en font certainement pas un concurrent pour l'électronique conventionnelle. Cette technologie représente plutôt un potentiel de croissance supplémentaire qui se nourrira des nombreuses nouvelles applications que permettra l'utilisation de matériaux plus légers, plus flexibles et moins onéreux.

Selon IDTechEx, le marché de l'électronique organique et imprimée atteindra 57 mia. USD en 2019 (figure 2) [1]. Les analystes prévoient qu'à long terme, ce marché devienne aussi important en valeur que celui de l'électronique à base de silicium.

Applications

Le monde de l'électronique a d'ores et déjà compris le potentiel que représente cette technologie et les premières applications ont vu le jour ces dernières années. Bien souvent simples dans leur fonctionnement, elles permettent aux sociétés qui sont impliquées dans leur fabrication d'ajuster leurs processus de production, tout en nous donnant un avant-goût des possibilités futures.

L'Association pour l'Électronique Organique (O-EA) publie tous les ans un plan de développement des applications actuelles et futures, rédigé avec l'aide des industriels de cette branche (figure 3) [2]. Des applications comme les modules solaires, les OLEDs ou la RFID font déjà partie de notre quotidien.

Les cellules photovoltaïques

Les panneaux photovoltaïques standards actuels sont produits à partir de « wafers » (tranches) de silicium qui convertissent l'énergie du soleil en électricité. Au cours des dernières années, de nombreux progrès ont été faits pour amener le coût de production de l'électricité solaire au niveau de celui des centrales thermiques, mais il semble très difficile d'atteindre le niveau de 1 USD/W considéré comme le point de parité avec le réseau actuel. De plus, le procédé de purification du silicium, ainsi que le taux élevé de déchets au cours du cycle de production (60%), sont une ombre au tableau écologique de ces modules. L'émergence des technologies d'impression dans le domaine photovoltaïque

pourrait à moyen terme permettre de résoudre ce problème (figure 4).

Des sociétés comme Konarka, Armor, Heliatek ou encore Solarmer ont lancé des programmes de production de modules solaires organiques qui, bien qu'offrant des rendements inférieurs aux modules en silicium (Solarmer a toutefois annoncé récemment un rendement cellule record de 8,13% [3]), permettront des applications nomades (tentes, chargeur de téléphone mobile ...) ainsi que l'accès à l'énergie pour des populations pauvres.

Les OLEDs

Avec un principe de fonctionnement inverse à celui de la génération d'électricité à partir d'énergie solaire, les diodes organiques (OLEDs ou Organic Light-Emitting Diodes) constituent aussi une application très prometteuse de l'électronique imprimée. Grâce aux technologies d'impression, il deviendra possible de produire des OLEDs de grande dimension pour la fabrication d'écrans ou pour de nouvelles formes d'éclairage (figure 5). Comparés aux écrans LCD actuels, les écrans à base d'OLEDs se distinguent par

leur brillance, leur contraste, la gamme de couleurs qu'ils peuvent reproduire ainsi que par leur temps de réponse. Une fois de plus, l'utilisation de substrats flexibles élargira le champ d'application et permettra des formes d'éclairage ou d'utilisation d'écrans inédites.

Display Search estime que le marché des écrans OLED atteindra 5 mia. USD en 2016 [4]. Des grands noms de l'électronique comme Sony ou Philips ont réalisé de gros investissements dans ces technologies, et Samsung a récemment annoncé un investissement de

Plan de développement des applications de l'électronique organique et imprimée selon OE-A



Figure 3 L'association pour l'électronique organique (OE-A) publie tous les ans une feuille de route des applications de l'électronique flexible.

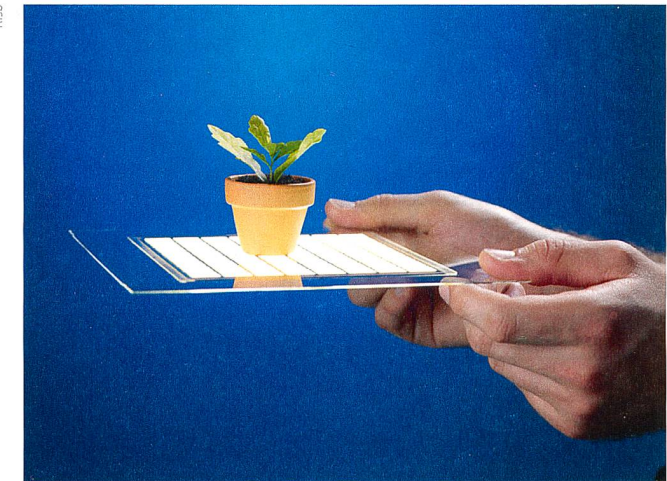
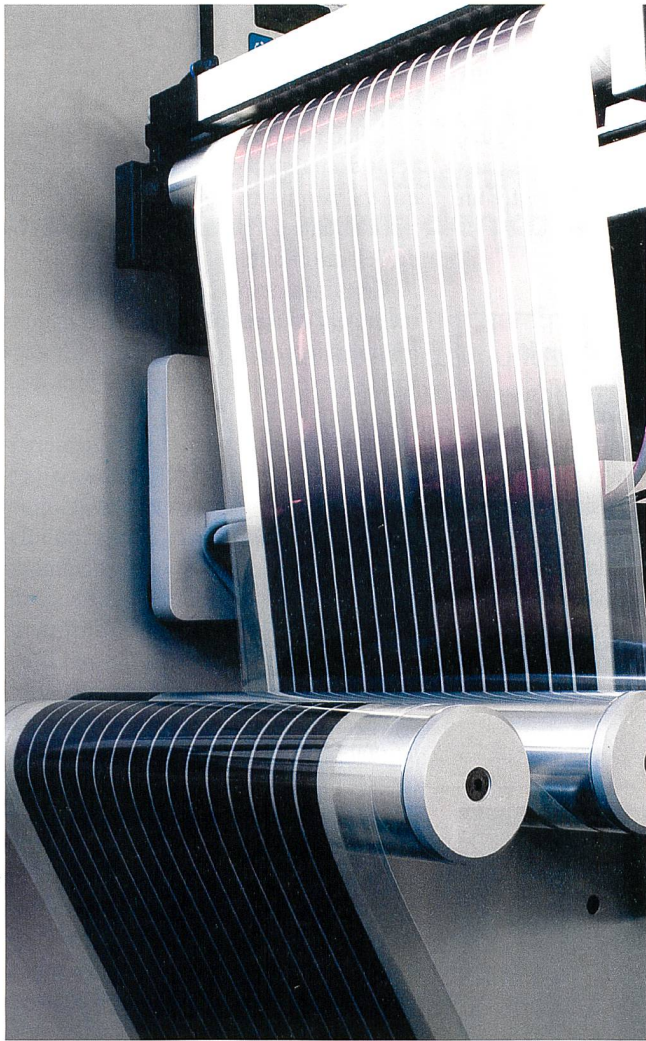


Figure 5 OLED réalisée par dépôt en phase vapeur. Des produits similaires sont aussi imprimés sur des substrats flexibles.

Figure 4 Réalisation d'un film photovoltaïque organique en impression sérigraphique.

2,1 mia. USD dans un nouveau site de production d'OLEDs [5].

En ce qui concerne les solutions flexibles, Konica Minolta et GE ont annoncé en juillet dernier le lancement d'une OLED flexible imprimée pour 2011.

La RFID

La radio-identification (RFID ou Radio Frequency Identification) est une technologie certes très ancienne, ses premières applications remontent à la Deuxième Guerre mondiale, mais elle a fait une grande avancée ces dernières années en perçant dans des secteurs tels que la logistique, l'habillement ou les transports.

Un tag (ou étiquette) RFID comprend une antenne et un transpondeur. Actuellement, un nombre croissant d'antennes sont imprimées à base d'encre argentiques, tandis que des progrès ont été faits pour amener la performance des circuits organiques (**figure 6**) au niveau de celle des puces électroniques. De même que

dans la production de panneaux solaires, le coût de production des tags RFID est un élément primordial, dont dépend l'adoption de cette technologie sur des marchés de masse, comme ceux de l'identification de produits dans les supermarchés ou de la production de tickets.

Marks & Spencer a annoncé récemment sa volonté d'évaluer des tags RFID imprimés dans le cadre de son test RFID de deuxième génération en 2011 [6].

Défis

Les technologies de base mises en œuvre dans la production de l'électronique organique sont certes très bien maîtrisées, il n'en reste pas moins que le passage d'une impression graphique à une impression fonctionnelle représente un grand pas à franchir.

Les procédés actuels sont pour la plupart conçus pour produire de grandes quantités à des cadences très élevées. Cela pose un problème pour l'expérimentation de nouveaux matériaux en-

core très onéreux, mais aussi pour l'assurance qualité. Les systèmes de détection actuels, basés sur des technologies optiques, ne permettent pas de caractériser les composants produits, ce qui implique le développement de nouveaux systèmes de détection travaillant à la même vitesse que l'équipement de production.

Des films barrière pour une durabilité accrue

La durabilité des composants à base organique est certainement le principal point faible de cette technologie, et de nombreux développements portent sur la stabilisation des matériaux actifs ainsi que sur leur protection contre l'humidité et l'oxygène. Pour ce faire, il est nécessaire de développer des films plastiques hautement transparents qui offrent une excellente barrière à l'eau et qui ne se dégradent pas sous l'effet des UV. Les équipements les plus sensibles requièrent des barrières d'un ordre de grandeur de 1×10^{-6} g/jour/m² pour l'eau et de 1×10^{-6} cm³/jour/m²/bar pour l'oxygène. C'est par exemple le cas des OLEDs.

L'essentiel des avancées technologiques dans ce domaine porte sur des films à base de couches inorganiques (SiO_x, AlO_x, par exemple), appliquées sous vide et en alternance avec des couches organiques (vernis), dont la fonction est de remplir les défauts et fissures qui sont inhérents à ces matériaux. Les résultats obtenus en laboratoire et sur des équipements pilotes sont prometteurs, mais les films réellement disponibles en quantités industrielles n'ont pour le moment pas dépassé la limite

des 1×10^{-4} g/jour/m² pour l'eau et 1×10^{-4} cm³/jour/m²/bar pour l'oxygène. On peut toutefois s'interroger sur les difficultés auxquelles s'attendre lors de la mise en œuvre de matériaux offrant une très haute barrière et sur leur capacité à garder leurs performances après passage

dans les outils de scellage ou dans le cadre de l'utilisation du produit final.

Leur combinaison avec des matériaux absorbants pourrait être une piste intéressante qui permettrait, une fois de plus, d'utiliser une technologie éprouvée dans le domaine de l'emballage pour éviter un

recours à des conditions de production onéreuses.

Conclusion

L'électronique imprimée est un nouveau domaine technologique fascinant, qui va permettre de nouvelles applications et changer pour toujours le monde de l'électronique.

Certaines de ces applications ne sont même pas imaginables aujourd'hui, mais les premiers produits comme les tags RFID ou les jouets interactifs font déjà partie de notre quotidien.

Peut-être cette technologie gagnera-t-elle aussi ses lettres de noblesse en permettant à des pays en voie de développement de favoriser l'accès de leur population à l'énergie, et à toutes les commodités qui y sont rattachées, sans nécessité d'investir dans de coûteuses infrastructures. A plus ou moins long terme, il est raisonnable de penser que la production de ces composants sera décentralisée, car leur fabrication repose sur des techniques qui sont déjà en œuvre dans la plupart des pays du monde.

Zusammenfassung

Paradigmenwechsel in der Welt der Elektronik

Herausforderungen und Anwendungen im Bereich der gedruckten Elektronik

Die Massenproduktion von extrem kostengünstigen Elektronikkomponenten wird es in Zukunft erlauben, zahlreiche Gerätschaften in unserer Umgebung mit fortschrittlichen Kommunikationskapazitäten und autonomer Energieversorgung auszustatten. In einem Markt mit einem Umsatzpotenzial von mehr als 50 Mia. USD im Jahr 2019 entwickelt sich die gedruckte Elektronik in zahlreichen Anwendungsbereichen rasant weiter: Fotozellen, OLED, RFID etc. Dennoch bleiben gewisse Probleme zu lösen, wie beispielsweise die Haltbarkeit organischer Materialien, deren Schutz gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff, und die Entwicklung von schnellen Erkennungssystemen, mit denen die Qualität der Komponenten während des Drucks sichergestellt werden kann.

CHe

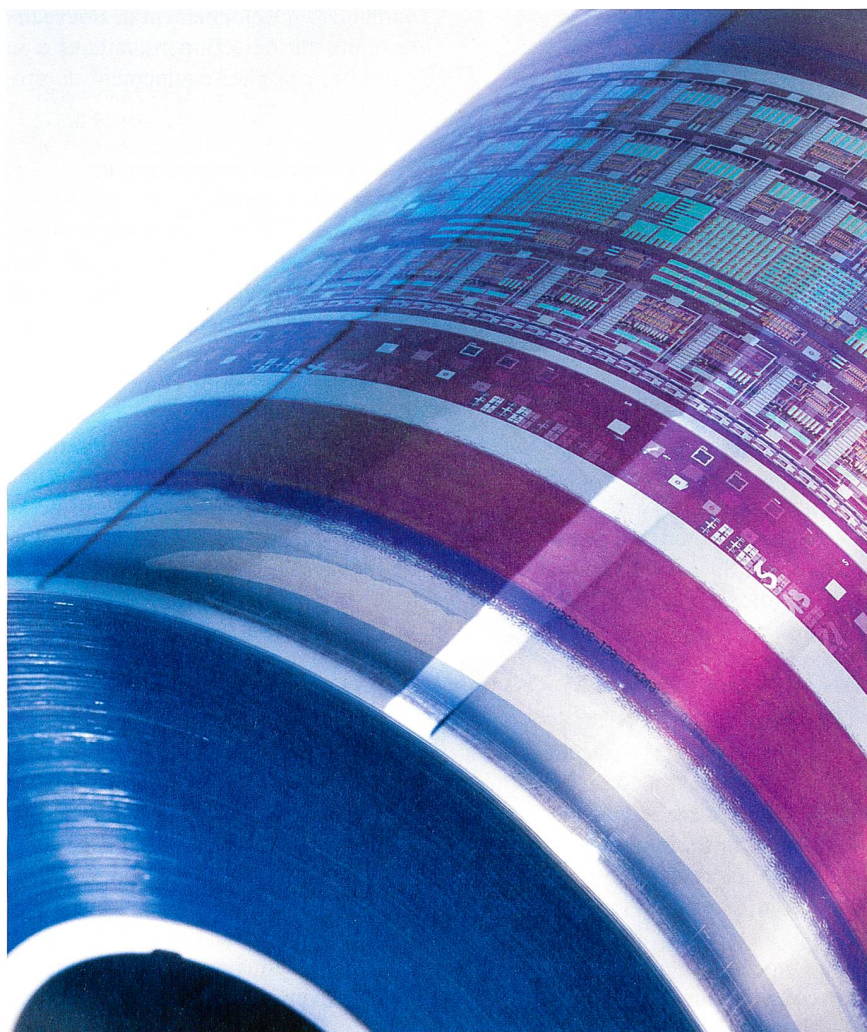


Figure 6 Electronique imprimée en bobine. Les couches conductrices et semi-conductrices alternées composent un circuit électrique utilisé comme transpondeur RFID.

Littérature complémentaire

- E. Coatanéa, V. Kantola, J. Kulovesi, L. Lahti, R. Lin and M. Zavodchikova : Printed Electronics, Now and Future. In : Bit Bang – Rays to the Future, Eds. Y. Neuvo & S. Ylönen, Helsinki University of Technology (TKK), MIDE, Helsinki University Print, Helsinki, Finland, pp. 63–102, 2009.

Références

- [1] P. Harrop and R. Das : Inorganic and Composite Printed Electronics 2009-2019, IDTechEx. www.idtechex.com/research/reports/inorganic_and_composite_printed_electronics_2009_2019_000220.asp.
- [2] OE-A Brochure 2009.
- [3] OSADirect Newsletter – 26 July 2010. www.osa-direct.com/osad-news/solarmer-energy-achieves-record-efficiency-of-813-for-organic-photovoltaic-device.html.
- [4] OLED Technology Report – DisplaySearch. www.displaysearch.com/pdf/oled_technology_report.pdf.
- [5] www.reuters.com/article/idUS-TOE65L02P20100622.
- [6] www.freshplaza.com/news_detail.asp?id=67204.

Informations sur l'auteur



Bertrand Jannon est depuis 2006 en charge du développement commercial des activités liées à l'électronique imprimée au sein d'Amcor, un des chefs de file de la production d'emballages flexibles. Il est en particulier responsable de la commercialisation de films barrière pour les applications photovoltaïques et OLED, ainsi que pour d'autres composants imprimés. Diplômé de l'ESTA Belfort (Ecole supérieure des Technologies et des Affaires) en 1998, il a ensuite occupé un poste d'associé au sein d'Eurospace (groupe Altran), une société allemande de conseil en technologie, avant de rejoindre Amcor en 2006.

Amcor Flexibles Barcelona, ES-08403 Granollers
Barcelona, bertrand.jannon@amcor.com