

HOPoVER

Hochaufgelöste Präge- und Metallisierungsverfahren für die rollenbasierte Erzeugung plasmonischer Effekte

Programm / Ausschreibung	Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, 28. AS PdZ nationale Projekte 2018	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.03.2019	Projektende	31.08.2022
Zeitraum	2019 - 2022	Projektlaufzeit	42 Monate
Keywords	plasmonische Farben, hochdurchsatzfähig, Rolle zu Rolle UV-NIL, Simulationen, Rollengesamtprozess		

Projektbeschreibung

Werden metallische Nanopartikel oder isolierte Nanostrukturen regelmäßig auf einem Substrat angeordnet, entstehen plasmonische Metamaterialien mit neuartigen Effekten. Im Labormaßstab wurden bereits vielversprechende Anwendungen wie brillante Farbgebung, Farb- und Polarisationsfilter sowie Sensorik, Sicherheitsmerkmale und Lichtleitung gezeigt.

Zentrale Vorteile plasmonischer Komponenten sind ihre geringe Schichtdicke von wenigen 10 nm und die Realisierbarkeit auf flexiblen Substraten. Der Einsatz geringster Metallmengen zur Erzeugung von Farbeffekten erlaubt den Verzicht auf Pigmente und Farbstoffe, die oft toxikologisch bedenklich sind, und damit eine nachhaltige Produktion.

Die breite Nutzung der plasmonischen Eigenschaften metallischer Nanopartikel erfordert eine effiziente industrielle Herstellungsmethode. Im Labormaßstab können Substrate mit Nanopartikeln in beliebiger Form und Anordnung beispielsweise mittels Elektronenstrahlithographie hergestellt werden. Diese Methode erlaubt ein hohes Maß an Strukturgenauigkeit und Auflösung, sie ist jedoch sehr langsam und dadurch auf kleine Flächen begrenzt und teuer.

Das gegenständliche Projekt HOPoVER (Hochaufgelöste Präge- und Metallisierungsverfahren für die rollenbasierte Erzeugung plasmonischer Effekte) wird diese Lücke zur industriellen Fertigung schließen, indem zunächst großflächige Rollen-Prägewerkzeuge mit Master-Nano-Strukturen mittels eines Step&Repeat-Prozess hergestellt werden. In weiterer Folge wird mittels rollenbasierter Nanoimprintlithographie (R2R-NIL), Rolle-zu-Rolle-Metallisierung und Rolle-zu-Rolle-Demetallisierung eine kostengünstige, großflächige Herstellung plasmonischer Metamaterialien ermöglicht. Durch diese Entwicklung können erstmals freistehende plasmonische Metamaterialien auf transparenten, flexiblen Substraten hergestellt werden. Diese erlauben weitaus höhere Freiheitsgrade bei der Farbgebung als vollflächig metallisierte plasmonische Meta-Materialien.

Rolle-zu-Rolle Vakuum-Metallisierung ist ein großflächiger Prozess, der bisher nur grobe Maskierungen mit Registrierengenauigkeiten um 100 µm erlaubt. Im Rahmen von HOPoVER soll ein Selbstjustierungsprozess entwickelt werden, der durch eine Kombination von optischen und mikrofluidischen Strukturen sowie deren selektiven Befüllung mit einem Lift-off Lack eine präzise Abgrenzung der metallisierten Bereiche mit einer Registrierengenauigkeit von $\approx 1\mu\text{m}$ erlaubt. Die Hochdurchsatzfähigkeit des R2R-Prozesses bleibt dabei erhalten. Dadurch ergibt z.B. sich die Möglichkeit, sehr feine Kopierschutzelemente in Form von Mikro- und Nanotexten oder -zeichen rollenbasiert zu erzeugen. Polarisationsabhängige Farbgebung soll für anisotrope Metallnanostrukturen untersucht werden; als Anwendungsbeispiel wird die großflächige Herstellung eines Farbbildes gezeigt, dessen Motiv und Farben durch die Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes

steuerbar sind.

Zukünftig können diese mittels R2R-NIL,- Metallisierung und Demetallisierung herstellbaren Basiselemente als Komponenten für komplexere, plasmonische Anwendungen verwendet werden.

Abstract

When placing metallic nanoparticles or isolated nanostructures regularly on a substrate, plasmonic metamaterials with novel effects can be generated. On laboratory scale, very promising applications such as brilliant colouring, colour- and polarization filters, as well as sensor technology, security features and light guidance were demonstrated. Central benefits of plasmonic components are their small layer thickness of a few 10 nm and their technical feasibility on flexible substrates. Usage of small metal amounts for creation of colour effects without need for often toxic pigments and dyes, enables sustainable production.

Broad usage of the plasmonic properties of metallic nanoparticles pre-supposes a proper industrial manufacturing method. On a laboratory scale, substrates with nanoparticles in arbitrary form and order can be fabricated using electron beam lithography for example. This method enables a high degree of accuracy and resolution of the structure, but the process is very slow and therefore limited to small areas and expensive.

The project HOPoVER (high-resolution imprinting and metallization processes for roll-to-roll based generation of plasmonic effects) will close the gap towards industrial production by applying a step and repeat process for manufacturing of large-area roller-shims bearing nano-master-structures. Furthermore, a cost-effective, large-area production of plasmonic metamaterials will be enabled by means of roll-to-roll nanoimprint lithography (R2R-NIL), roll-to-roll metallisation and roll-to-roll demetallisation. For the first time, an overall process using roll-to-roll technologies will be developed for the production of isolated plasmonic metamaterials on transparent, flexible substrates. These allow a much higher degree of freedom for colour-creation than full-area metallised plasmonic meta materials.

Roll-to-roll metallisation is a large-area process that inherently allows for coarse masking only with a registration accuracy of around 100 µm. Within the framework of HOPoVER, a self-alignment process will be developed that allows for a precise delimitation of metallised regions with a fitting accuracy of $1 \mu\text{m}$ through a combination of optical and microfluidical structures and their selective filling with a lift-off resist. In doing so, the high-throughput performance of the R2R-process is maintained. This offers the possibility to produce, for example, very fine elements for copy protection in form of micro- and nano-words or -characters using roll-to-roll processes. Polarisation dependent colouring will be investigated for anisotropic metallic nanostructures; as an application example we will show the large-area production of a colour image which motive and colour are controllable by the polarisation direction of the incident light.

Projektkoordinator

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Projektpartner

- Hueck Folien Gesellschaft m.b.H.