

AD-PLASMA BIETET INNOVATIVE MÖGLICHKEITEN ZUM AUFBRINGEN DÜNNER NANO-KOMPOSIT-SCHICHTEN

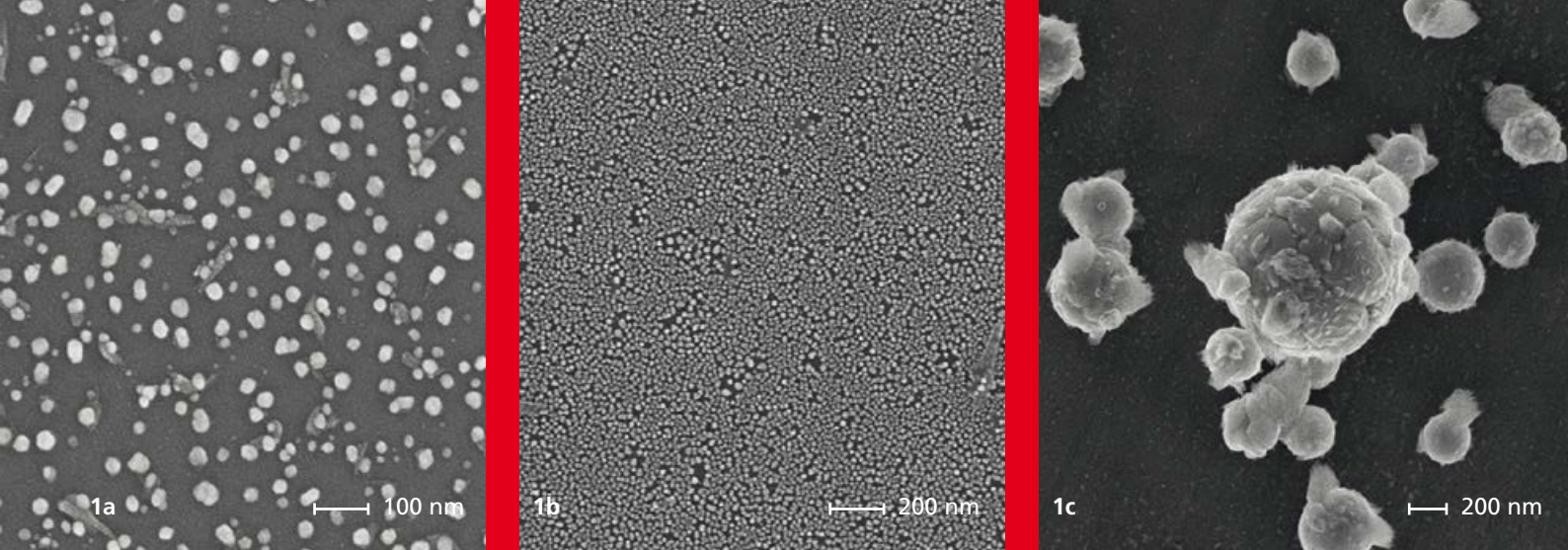
Die Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen PLATO des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM hat einen neuen, innovativen Ansatz zur Erzeugung und Funktionalisierung metallischer Nanopartikel sowie zur Herstellung dünner, funktioneller Nano-Komposit-Schichten mittels Atmosphärendruck-Plasma (AD-Plasma) erforscht. Zusammen mit der Firma Plasmatreat GmbH arbeitet PLATO seit Mitte 2011 an diesem Thema im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts.

Trotz ihrer geringen Größe spielen Nanopartikel in unserer heutigen Welt eine zunehmend wichtige Rolle. Neben Anwendungen im Bereich der Lack- und Polymertechnik gewinnen sie auch im Kosmetik- und Medizinsektor stets an Bedeutung. Zusätzlich zum Einsatz der Nanopartikel als diverse Additive können sie auch in eine polymere Matrix eingebunden und in Form von Nano-Komposit-Schichten abgeschieden werden. Dadurch können verschiedene Werkstoffoberflächen mit prinzipiell neuen funktionellen Eigenschaften, wie z. B. antibakterielle oder Anti-Fouling-Wirkung, ausgestattet werden.

Jedoch stellen die Herstellung, Verarbeitung und Veredelung von Nanopartikeln aktuell besondere Herausforderungen dar. Im Bereich der metallischen Partikel werden häufig nasschemische Prozesse eingesetzt, bei denen die Nanopartikel z. B. durch chemische Fällungsreaktionen gebildet werden. Diese Verfahren bestehen aber in der Regel aus mehreren Prozessschritten und sind mit einem hohen Verbrauch sowie einer aufwendigen Entsorgung der umweltbedenklichen Medien verbunden. Des Weiteren stehen zur Herstellung von metallischen Nanopartikeln unterschiedliche Niederdruckplasma-Prozesse zur Verfügung. Bei diesen Verfahren werden die Partikel durch physikalische (Physical Vapour Deposition, PVD) oder chemische (Chemical Vapour Deposition, CVD)

Dampfphasen-Prozesse erzeugt und ggf. als Dünnschichten abgeschieden. Da diese Verfahren aber bei niedrigen Prozessdrücken arbeiten, verursachen sie relativ hohe Kosten für die Bereitstellung des Vakuums in der Prozesskammer und sind mit relativ langen Taktzeiten in der Produktion verbunden. Außerdem bestehen signifikante Begrenzungen hinsichtlich der möglichen Bauteilgeometrien und -größen. Dies schränkt die Verwendbarkeit dieser Verfahren stark ein.

In diesem Zusammenhang hat das Verbundprojekt »Erforschung der Atmosphärendruck-Plasmatechnik zur Abscheidung funktioneller Nano-Komposit-Schichten – APASI« es sich zur Aufgabe gemacht, die gepulsten, lichtbogenähnlichen Entladungen im Atmosphärendruck (Openair®-Plasmasysteme) auf ihre Eignung zur Erzeugung metallischer Nanopartikel, deren gleichzeitigen Beschichtung in der Gasphase und ggf. zur Abscheidung von dünnen plasmapolymerten Metall-Nano-Komposit-Schichten zu erforschen. Hierfür wurde ein Düsenkopfsystem zur kontrollierten Zufuhr unterschiedlicher Drahtelektroden (z. B. aus Silber, Gold oder Kupfer) direkt ins Plasmavolumen konzipiert und realisiert, in dem die im Plasma induzierten gepulsten bogenähnlichen Entladungskanäle direkt an die Elektrodenoberfläche gezogen werden und partikelbildende Sputterprozesse auslösen. Dadurch ist es dem



Projektteam gelungen, nahezu sphärische metallische Partikel mit Durchmessern von einigen 10 nm und deutlich kleiner zu erzeugen (Abb. 1a + b). Es hat sich herausgestellt, dass die Größe der gebildeten Partikel stark von der Leistungsdichte der gepulsten Entladungskanäle an der Metallelektrode abhängt. So konnten durch eine gezielte Variation der Prozessparameter auch Partikel im Submikrometerbereich erzielt werden (Abb. 1c).

Durch die Einspeisung eines schichtbildenden Precursors ins Plasma wurde eine Funktionalisierung der Nanopartikel direkt nach der Erzeugung ermöglicht. Darauf basierend wurde ein Beschichtungsverfahren entwickelt, in dem die erzeugten Metallpartikel in eine siliziumorganische, plasmapolymer Matrix eingebunden werden konnten, sodass die im Projekt angestrebte flächige Abscheidung von Nano-Komposit-Schichten erfolgreich realisiert wurde.

Die resultierenden Schichten wurden auf ihre Zusammensetzung, Morphologie sowie funktionellen Eigenschaften umfassend erforscht. So konnte z. B. eine induktive Erwärmungsfähigkeit der Schichten gezeigt werden, indem die eingebundenen Metallpartikel die Energie einer elektromagnetischen Mikrowellenstrahlung absorbiert und zu einer Aufwärmung der Substratoberfläche geführt haben.

Des Weiteren wurden die Nano-Komposit-Schichten auf ihre antibakterielle Wirkung untersucht. Dabei konnte eine sehr gute Wirksamkeit nicht nur gegen Escherichia-coli-Bakterien erzielt werden, welche typischerweise für solche Prüfungen eingesetzt werden, sondern auch gegen andere, deutlich resistere Bakterienstämme, wie Methylobacterium extorquens und Pseudomonas fluorescens. Dies macht die entwickelten Nano-Komposit-Schichten für die Anwendungen im Bereich der Wärmetauscher, Lüftungs- und Klimaanlage besonders interessant.

Fazit

Das entwickelte, innovative Verfahren bietet eine kostengünstige und technisch einfache Alternative zu bestehenden nasschemischen oder vakuumgestützten (CVD-/PVD-)Prozessen. Dabei eröffnen die üblichen Vorteile der Atmosphärendruck-Plasmatechnik, wie ein geringer Platzbedarf, niedrige Prozesskosten, eine leichte Integrierbarkeit in bestehende Prozessketten, Inline-Fähigkeit und die Möglichkeit einer lokalen, bedarfsgerechten Beschichtung, vielfältige technische Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Oberflächenfunktionalisierung.

Auftraggeber

Die vorgestellten Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Verbundprojekts »Erforschung der Atmosphärendruck-Plasmatechnik zur Abscheidung funktioneller Nano-Komposit-Schichten – APASI« (Förderprogramm »KMU-innovativ: Nanotechnologie« (NanoChance), Laufzeit: 01.04.2011 bis 31.07.2013) gefördert.

Projektpartner

Plasmatrete GmbH, Dr. Alexander Knospe

Industriepaten

MAHLE Behr GmbH & Co. KG, Dr. Oliver Mamber
Siemens AG, Dr. Florian Eder

→ www.ifam.fraunhofer.de/adplasma

1a–c Rasterelektronenmikroskopische (REM)-Aufnahmen der mittels Atmosphärendruck-Plasma erzeugten Nanopartikel: (a), (c) – Silber, (b) – Gold.