

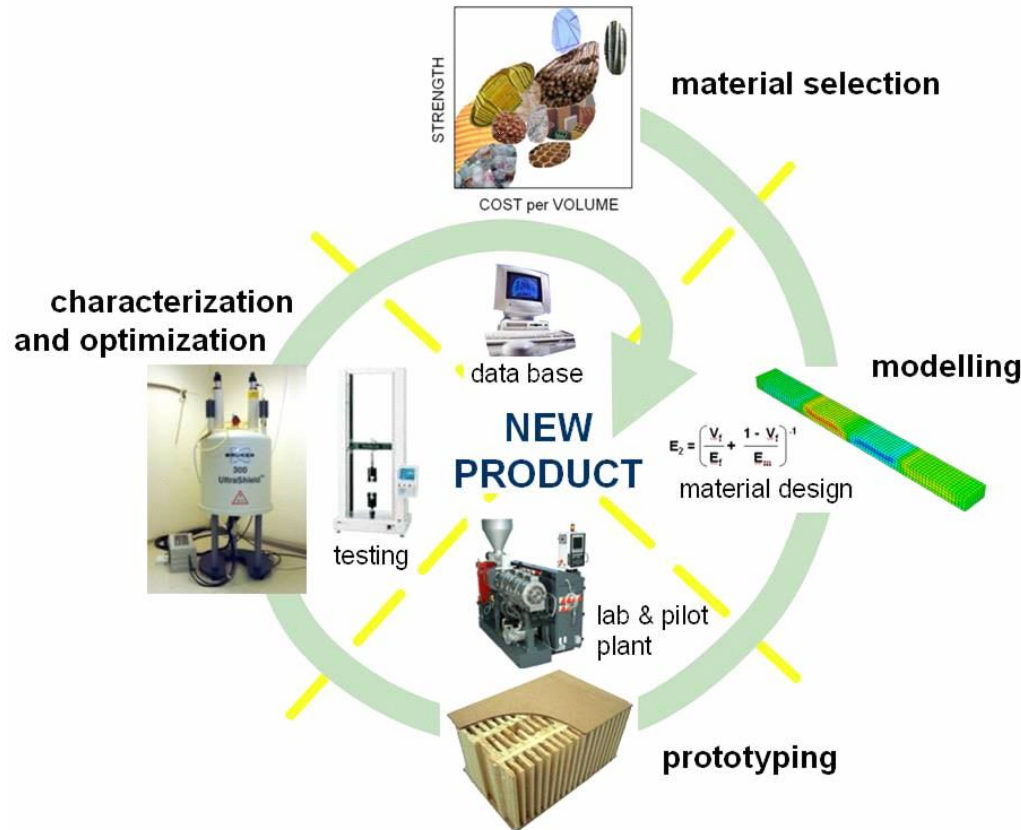
Abscheiden von Leitfähigkeitsschichten auf holzbasierende Materialien mittels PVD

Herfried Lammer, Judith Sinic, Georg Strauss

INNOVA FVG

Amaro, 27. Juni 2019

Kompetenzzentrum Holz - Forschungsbereiche



Holzchemie & Biotechnologie

Biobasierte Composite & Prozesse

Holz- & Papieroberflächen-technologie

Massivholz & Holzverbundwerkstoffe

Kompetenzzentrum Holz

Marktanalyse & Innovationsforschung

Überblick

- Ziel der Machbarkeitsstudie
- PVD-Prozesstechnik - Magnetronputtern
- Material & Methode
 - Substrate und Beschichtungsmaterialien
 - Dünnschichtabscheidung mittels Magnetronputtern
- Ergebnisse
 - PVD-Beschichtung auf holzbasierten Substraten
 - Charakterisierung der metallischen Dünnschichten
 - Prototyp einer elektrisch leitenden, holzbasierten Laminatplatte
- Zusammenfassung & Ausblick

Ziel der Machbarkeitsstudie

- Um holzbasierte Produkte nachhaltig und zukunftsorientiert zu gestalten, wird die Entwicklung von multifunktionellen, smarten und sogar intelligenten Oberflächen (interaktiv, elektronisch, selbst-analysierend) immer mehr gefordert.
 - Dies erfordert, dass Holz und Holzsubstrate mit elektrisch leitenden Schichten und Strukturen versehen werden.
- **Ziel der vorliegenden Machbarkeitsstudie** war, eine elektrisch leitende Schicht auf Holz und holzbasierten Substraten mittels PVD (Physical Vapour Deposition)-Verfahren herzustellen.
- Fokus der möglichen Anwendung lag auf der Integration von elektronischen Komponenten in Holz- und holzbasierten Möbelelementen.

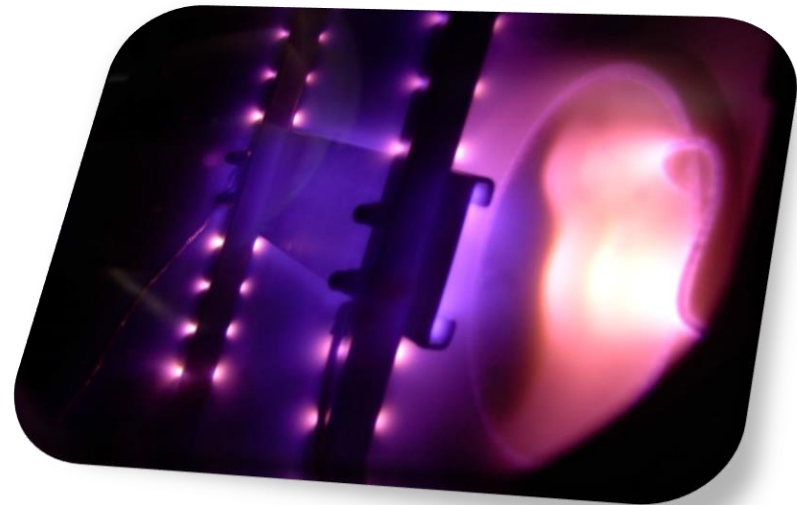
PVD-Prozesstechnik

Moderne PVD-Prozesstechnologien werden zur Abscheidung von qualitativ hochwertigen Dünnschichten mit unterschiedlichen funktionellen Eigenschaften eingesetzt, wie:

- kratz- und abriebbeständig
- easy-to-clean
- leitfähig
- antibakteriell / antimikrobiell
- hydrophil / hydrophob

PVD-Prozesstechnologien:

- Verdampfen
- Magnetronspuiten
- Lichtbogenabscheidung



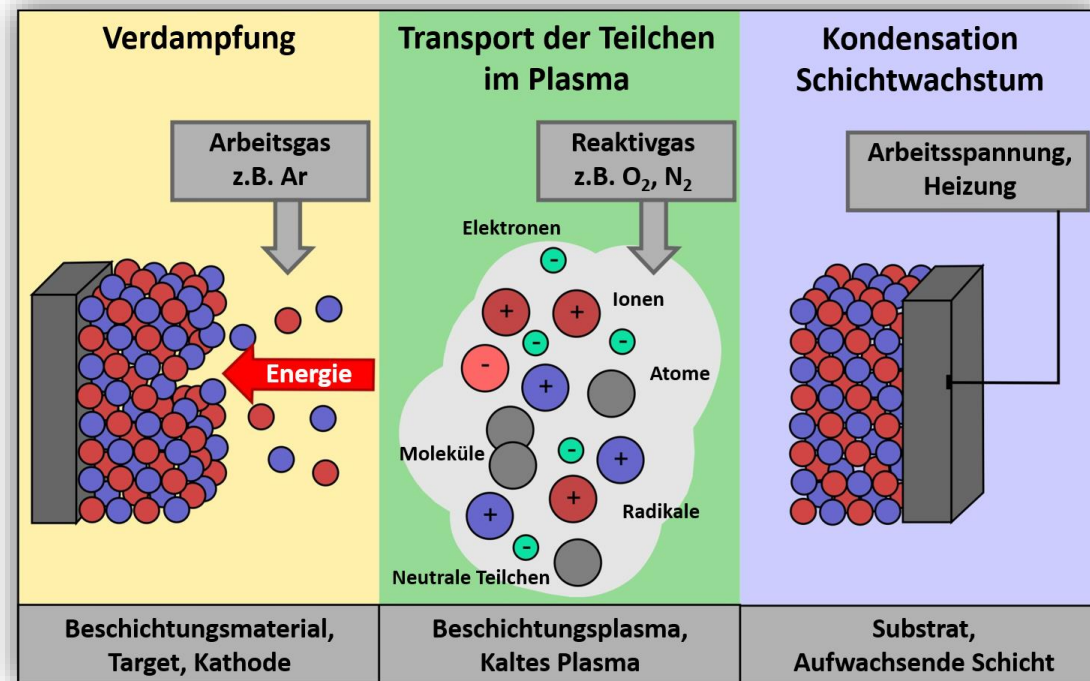
PVD-Prozesse laufen meist mit Plasma- und/oder Ionenunterstützung ab,
→ um den Prozess der Abscheidung zu kontrollieren und zu optimieren
→ um die Eigenschaften der erzeugten Dünnschichten zu verbessern, z.B. gute Schichthaftung, hohe Schichtdicke und Härte, geringe Oberflächenrauheit

Magnetronputtern

Die Abscheidung mittels Magnetronputtern ist ein nicht-thermischer Verdampfungsprozess, bei dem Oberflächenatome und -moleküle eines Targetmaterials (Metall, Legierung, Oxid) physikalisch aus einer festen Oberfläche durch energiereichen Beschuss von gasförmigen Ionen herausgeschlagen werden (Prozessgas meist Argon).

Die Dünnschichtabscheidung wird in drei Phasen unterteilt:

1. Erzeugung der Beschichtungsspezies (Atome, Moleküle und Cluster) durch Einbringen von Energie in das Targetmaterial
2. Transport dieser Teilchen von der Quelle zum Substrat (meist plasmaunterstützt)
3. Kondensation und Adsorption der Teilchen am Substrat und Schichtwachstum



Bewilogua K (2013) *PVD und CVD Verfahren*, OTTI Fachforum, Regensburg
 Mattox DM (1998) *Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing*, Noyes Publication

Magnetronspattern

Vorteile des Magnetronspatterverfahrens im Vergleich zu herkömmlichen Beschichtungstechnologien zur Abscheidung metallischer Schichten auf holzbasierte Substrate

- Elektrisch leitende Schichten können direkt auf das Substrat aufgebracht werden, unabhängig von dessen Oberflächenrauheit und der Substratdicke.
- Verwendung einer nahezu unbegrenzten Anzahl unterschiedlicher Targetmaterialien (Metalle, Legierungen und Oxide).
- Prozesstemperatur kann konstant niedrig gehalten werden (unter 50°C) → maßgeblicher Vorteil für die thermisch empfindlichen Holzwerkstoffe.
- Prozess kann an die Geometrie und Größe der Substrate angepasst werden; eine vollflächige Beschichtung der Substrate kann in einem Prozessschritt erzielt werden.
- “Trockener” Beschichtungsprozess: es werden keine Lösemittel, flüssige Chemikalien etc. verwendet → ein Aufquellen der hydrophilen Materialien, wie Holz, Holzwerkstoffe und Papier wird vermieden.

Material & Methode

Materialien

- Substrate: MDF (19mm); Eichenmassivholz (20mm); WPC (70% Holzmehl, 30% PP; 6mm); Kraftpapier (80g/m²)
- Probenvorbereitung: 5cm x 5cm (Papier: 10cm x 5cm)

Magnetronsputtern

- Targetmaterial: Molybdän
- Prozessgas: Argon
- Prozessdruck: 10⁻² to 10⁻¹mbar
- Spannung: zw. 200V und 400V
- Temperatur: unter 50°C
- Frequenz: DC-mode



Magnetronsputteranlage Auto 306 Vacuum Coater
von Edwards

MCT – Material Center Tirol, Universität Innsbruck

Ergebnisse

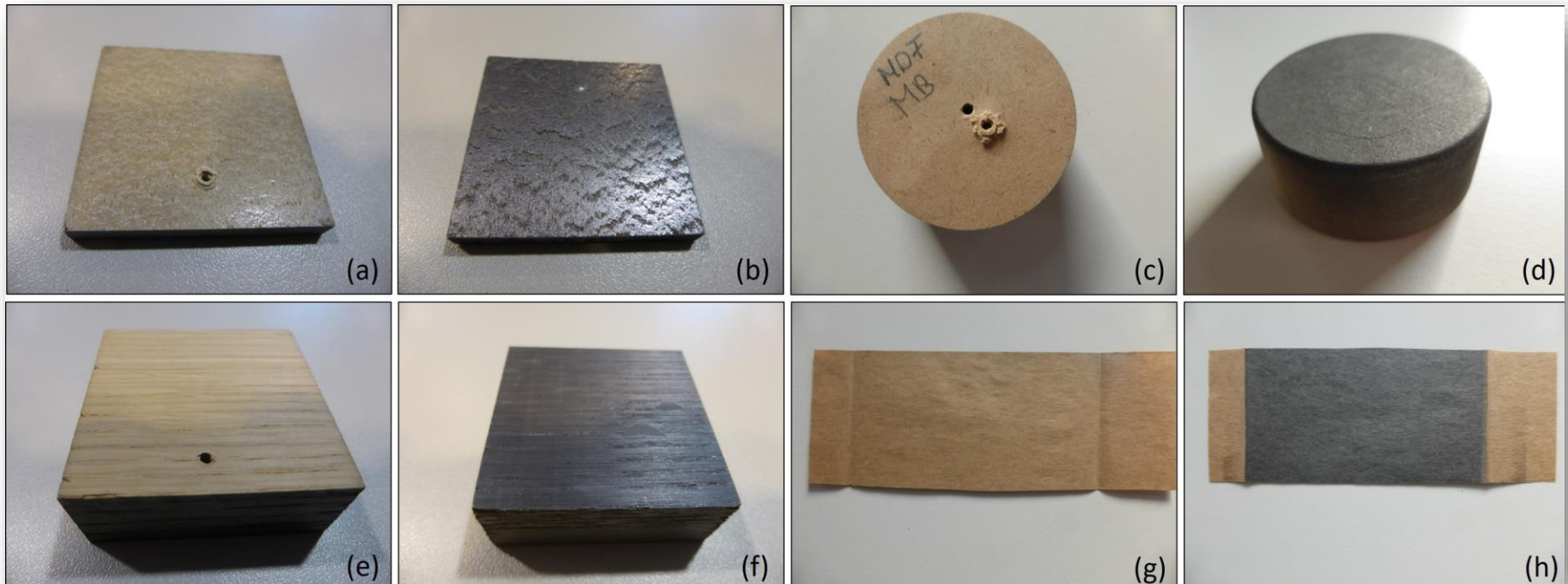
PVD-Beschichtungsversuche

Charakterisierungsprüfungen

Prototypherstellung

PVD-Beschichtung auf holzbasierten Substraten

- Erfolgreiche Abscheidung einer homogenen Molybdänschicht auf allen getesteten Materialien mit einer Schichtdicke von im Mittel 300nm.
- Individuelle Oberflächentopographien blieben erhalten (z.B. “offenporige” Struktur des Eichenholzes).



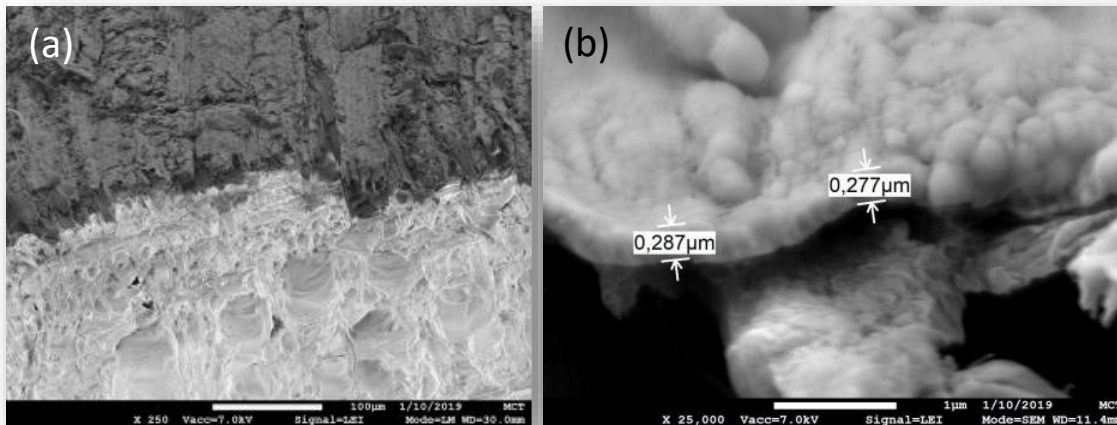
Aufnahmen der unbeschichteten (a), (c), (e), (g) sowie der mit Molybdän beschichteten Substrate (b), (d), (f), (h) WPC (a) und (b); MDF (c) und (d); Eichenholz (e) und (f); Papier (g) und (h)

Charakterisierung der metallischen Dünnschichten

- **Haftung der Dünnschichten**

Gitterschnitttests mit zwei manuell durchgeführten Schnitten in Längs- und Querrichtung; die Untersuchung wurde mit einem Mikroskop durchgeführt.

Ergebnis: Gute Haftung, keine Delaminationen



REM-Aufnahme der mit Molybdän beschichteten Eichenholzprobe bei (a) 250-facher Vergrößerung und (b) 25.000-facher Vergrößerung

- **Ermittlung der Schichtdicke**

Bestimmung der Molybdänschichtdicke aus den Aufnahmen mittels Rasterelektronenmikroskop bei einer 25.000-fachen Vergrößerung.

Ergebnis: Im Mittel wurden Schichtdicken von etwa 300nm gemessen

Charakterisierung der metallischen Dünnschichten

- Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschichten**

Durchführung von elektrischen Widerstandsmessungen mit einem Tera-Ohmmeter (unbeschichtete Proben) und mittels Multimeter (PVD-beschichtete Proben).

Ergebnis: Die elektrischen Widerstandswerte der PVD-beschichteten Proben sind um einen Faktor 10^6 (Eichenholz) bis 10^{10} (WPC) signifikant geringer.

Widerstandswerte der unbeschichteten und mit Molybdän beschichteten Proben

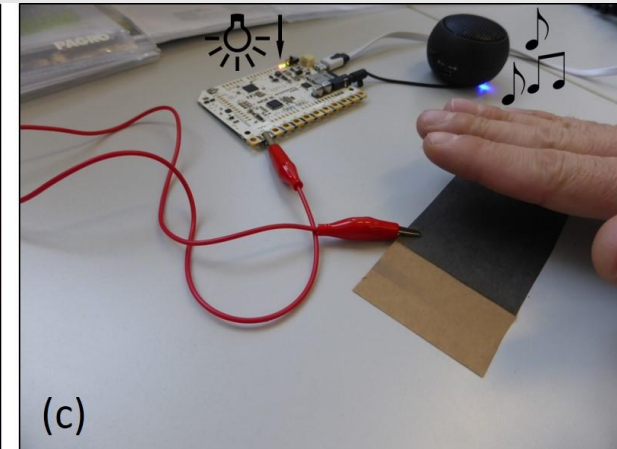
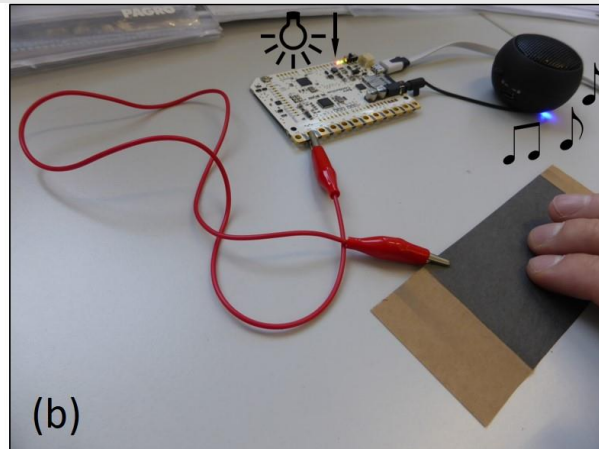
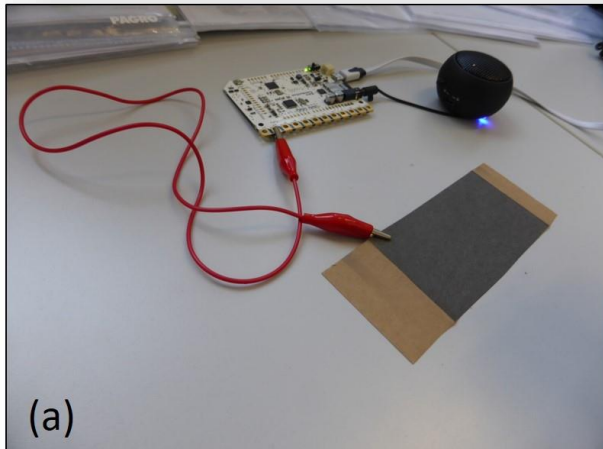
Nr.	Material	Widerstand [Ω] vor der PVD-Beschichtung	Widerstand [Ω] nach der PVD-Beschichtung
1	WPC	$8 \cdot 10^{12}$	227 ± 21
2	MDF	$5 \cdot 10^{11}$	1010 ± 113
3	Eiche	$3 \cdot 10^9$	1200 ± 173
4	Papier	$2 \cdot 10^{11}$	320 ± 17

Charakterisierung der metallischen Dünnschichten

- Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschichten**

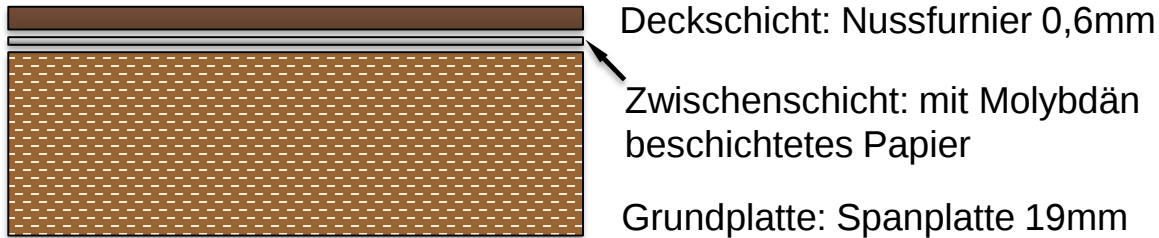
Die Überprüfung der Wirksamkeit der elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschichten wurde unter Verwendung eines Microcontroller Boards mit Lautsprecher getestet.

Ergebnis: Bei allen beschichteten Materialien funktionierte der Schaltkreis sowohl in der Berührungs- als auch in der kapazitiven Näherungsfunktion.



Schaltkreis mit Microcontroller Board und Molybdän beschichtetem Papier (a) im Standby-Modus, (b) Bedienung über Touchfunktion und (c) über kapazitive Näherungsfunktion. Die Schaltfunktion wird durch Aufleuchten einer orangefarbenen LED-Lampe und durch ein akustisches Signal über den Lautsprecher angezeigt.

Prototyp einer elektrisch leitenden Laminatplatte



- Verklebung: 2K-Epoxidharz (Menge = 140g/m²)
- Pressen: T = 100°C; t = 10min; p_{spez} = 3bar

Ergebnis:

- Prototyp einer holzbasierten Laminatplatte mit integrierter Leitfähigkeitsschicht
- Nach der Laminierung wurde kein signifikanter Anstieg des elektrischen Widerstandes der PVD-Schicht festgestellt (muss an großformatigen Mustern bestätigt werden)
- Die Wirksamkeit wurde mit dem Microcontroller Board geprüft: die leitfähige Platte funktionierte in der Touch- als auch Näherungsfunktion



Zusammenfassung & Ausblick

- In der vorliegenden Studie konnten Molybdänschichten mit einer Dicke von etwa 300nm erfolgreich auf holzbasierte Werkstoffe (MDF, Eichenholz, WPC, Papier) abgeschieden werden.
- Die Dünnschichten wiesen eine gute Haftung auf allen Substraten, eine homogene Oberflächentopographie und ausgezeichnete Leitfähigkeitseigenschaften auf.
- Ein Prototyp einer elektrisch leitenden Laminatplatte mit integrierter Molybdänschicht konnte erfolgreich realisiert werden.

Weiterführende Studien:

- Aufgrund der Ausgasung von Holzwerkstoffen ist eine weitere Optimierung des Magnetronspalterprozesses und eine Anpassung der Parameter (Druck, Temperatur, Gaszufuhr, Probenhalterung, Plasmabedingungen, chemische Zusammensetzung der Gasphase) erforderlich, um reproduzierbare Schichtaufbauten mit den gewünschten Eigenschaften abzuscheiden.
- Entwicklung und Herstellung von leitfähigen Laminaten in Original- bzw. Komponentengröße mit unterschiedlichen Laminataufbauten nach Kundenwunsch

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Danksagung

Die Arbeiten dieser Studie wurden durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und Interreg V-A Italien-Österreich 2014-2020 sowie den Kärntner Wirtschaftsförderungs Fonds (KWF) im Rahmen des Projekts ITAT1010 - Innovation durch kombinierte Anwendungen von Plasmatechnologien (ICAP) finanziert.



Weiterer Dank gilt den im Projekt ICAP teilnehmenden Partnern:

Certottica Srl (LP)

Universität Innsbruck / Material Center Tirol (MCT)

Consorzio INNOVA FVG

