

反応性プラズマ蒸着法

低温成膜・低下地層ダメージ・高速大面積

高知工科大学総合研究所マテリアルズデザインセンターでは、日本発の独自技術（圧力勾配型高密度アークプラズマガンとプラズマビームコントローラ）を薄膜成膜技術として適応させた「反応性プラズマ蒸着法（RPD (Reactive Plasma Deposition with dc arc discharge):友友重機械工業株式会社製）」を基にした共同研究開発を実施しています。RPD法の成膜技術の特長としては基板加熱なし（室温）の条件から250℃程度の低温条件下で成膜速度が200nm/minとなる高速成膜が挙げられます。RPD法の成膜プロセスは基板搬送プロセス（下図）であり、「成膜サイズの制限は無し」です。アークプラズマガンを並べることで該制限無しとなり、特性のスケール依存性の確認が可能となる大きな利点を有します。

異種材料接合の成功因子となる下地層のダメージの低減下制御には、飛来粒子のエネルギー自在設計が鍵となります。RPD法を用いる成膜はそれを可能にします。酸化物及び窒化物薄膜/ガラス基板及びポリマーフィルム（シート）基板なる異種材料接合技術の構築を通して、多様な応用に適合する機能顕在化のための研究開発を行っています。新規産業創出を目的とし、潜在的特性を顕在化及び機能化することで新規/新奇応用への開発も行っています。

ADCALを通して、我が国が先進コーティング技術の先駆者となり、カーボンニュートラルなどグローバルでもローカルでもある課題解決へ着実に貢献すべく、当方としての役割を推進して参ります。

高知工科大学総合研究所 マテリアルズデザインセンター センター長 山本哲也

反応性プラズマ蒸着法

高密度アークプラズマ
高速(200nm/min)・
低温成膜 (<250℃)

Plasma gun
LaB₆

2011 JST

Films/metal, glass, polymer substrates

beam control
target: ZnO, In₂O₃
AlN, Cu etc

反応性プラズマ蒸着法

多結晶薄膜構造及び膜厚設計制御により
応用領域の要求特性を満足

Cross-sectional TEM image of GZO films/glass sub. 柱状

広傾角

応用
化学センサー
抗菌材料

透明導電膜
磁気透射
紫外線吸収
赤外線反射

Zn 原子配列

結晶性
酸化物薄膜
ガラス基板

飛来粒子エネルギー制御 導電性アモルファス薄膜

Amorphous IWO-film growth on substrates

Reactive Plasma (arc plasma) Deposition

Flying species:
Ar, Ar⁺, Ar²⁺,
O, O⁺, O₂, O₂⁺,
In, In⁺, D, D⁺

transport ~25 eV

surface diffusion: 5eV

bulk diffusion: 3 eV

Low damage to substrates

amorphous glass substrates
Corning Eagle XG: polarity >90%

透明導電膜利用商品：電気的用途

電熱ガラス (防曇ガラス、融雪ガラスなど)
車用ガラス
冷凍ショーケース用ガラス窓
暖房用、調理用パネルヒータ

電気の用途
帯電防止・電磁遮蔽ガラス
計測用ガラス窓、CRT用パネルガラス
PDP保護/パネル、インテリジェントビルガラス
電磁シールド窓顕微鏡

透明電極ガラス
表示用ガラス基板
LCD, EL, FED など
タッチパネルガラス
太陽電池用 TCO 基板ガラス
a-Si, CIGS など

Sheet resistance ranges of transparent conductive films for various applications

$R_s = \rho/t$ (thickness) $\propto 1/t \cdot 1/(n \cdot \mu_n)$
Note: t of more than 100 nm

Common electrode:
 $R_s < 30 \Omega/\text{sq}$ @ 15mm
①mm liner

Sheet Resistance Ranges for Various Applications

Touch screen
Smart window
Flexible LCD
Flexible OLED
Solar cell

LCD TV
Pixel electrode
Thin Solid Films
520 (2012) 4131.

Linxiang HeSie, Chin Tjong,
Mater. Sci. Engineering, 109 (2016) 1.

透明導電膜利用商品：光学的用途

光学的用途
光制御ガラス
熱線反射ガラス
各種熱線反射ガラス
熱線遮蔽ガラス
低放射ガラス (low-E ガラス)
複層ガラス
紫外線遮断ガラス (照明)
紫外線カット化粧品
食品包装フィルム
(包装の変色、油の変質)

他：抗菌・防臭、消臭 → 繊維への応用

抗菌・耐放射線材料の創製

Plasma gun
LaB₆

喫緊課題の解決: 抗菌材料 (光不要)
近未来のビジネス: 耐宇宙放射線

γ線照射
前後:
ZnO
透明導電膜

共同
National Institute for Physics
Nuclear
Engineering
IRASMI
Multipurpose
Irradiation
Facility

酸素負イオン (O⁻) 生成・照射技術

温度 ≤ 250℃, bias 40-270 V
酸化物薄膜

酸化

酸素 O₂: O + e⁻ → O⁻
1.46 eV
141 kJ/mol

無加熱条件で金属酸化を促進

2017年2月01日
2019年8月26日

日刊工業新聞

Oxygen Engineering:
O, O⁺, O⁻,
活性酸素
O₂, H₂O₂,
•OH, ¹O₂

Cu₂O 粉末
Cu