

同軸プラズマガンによるアルミニウム粒の堆積 Deposition of aluminum particles using a coaxial plasma gun

○五木田太一¹, 小林大地², 相良拓也³, 胡桃聡⁴, 浅井朋彦², 松田健一⁴, 鈴木薫⁴
*Taichi Gokita¹, Daichi Kobayashi², Takuya Sagara³, Satoshi Kurumi⁴,
Tomohiko Asai², Kenichi Matsuda⁴, Kaoru Suzuki⁴

1. 研究背景

同軸プラズマガン(Coaxial Plasma Gun : CPG)は同軸電極の放電によってプラズマ塊を生成・輸送する装置^[1]である。副次的な現象としてプラズマの発生時に電極の金属が不純物として混入する現象が起こる。この現象を利用して同軸方向に金属粒を射出し、複雑な表面への金属薄膜の堆積や複数電極による融点の異なる異種金属の合金や傾斜接合を生成することが期待^[2]できる。また、生成される膜は粒径が大きいため表面積の大きい高反応性の光触媒への応用も考えられる。本研究ではアルミニウム(Al)をターゲットとしてシリコン(Si)基板に堆積された結果について走査電子顕微鏡(SEM)やX線回析法(XRD)による分析を行った。

2. 実験方法

図1にCPGを用いた堆積装置の概略図を示す。CPGは同軸状の中心電極と外部電極で構成され、これらの電極材料としてアルミニウム(Al)を採用した。チャンパー内は十分排気した後、アルゴン(Ar)ガスをチャンパー内にガスパフした。電極間に波頭長: $T_f = 0.5\text{ms}$ 波尾長: $T_t = 290\text{ms}$ のインパルス電圧 V_c を印加することにより絶縁破壊が生じ、プラズマ塊が生成される。その際、電極間に流れる放電電流によって生じた磁場により図1の水平軸方向にローレンツ力が働き、AlイオンやArイオンはプラズマ塊と共に電磁加速され基板に入射し、Al薄膜を形成する。

本研究ではSi基板(n型[100] $1\sim 10\Omega \cdot \text{cm}$ $10 \times 10\text{mm}$)を5枚チャンパー内に設置してCPGの放電回数 N を1000, 3000, 5000, 7000, 10000回と繰り返してAlの堆積を図った。また、CPGに印加する電圧 V_c を1.5kV, 2.5kVと変えて同様に放電を繰り返し、生成された試料に対して表面観測と結晶性分析を行った。

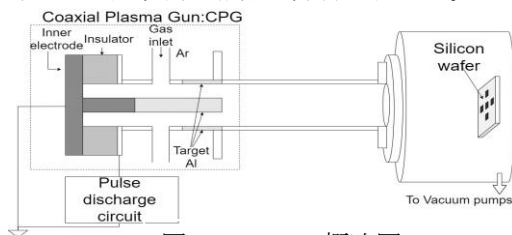


図1 CPGの概略図

3. 実験結果

図2, 図3および図4は放電電圧 $V_c = 2.5\text{kV}$, 放電回数 $N = 10000$ 回における基板表面の観察結果である。基板表面には金属のような膜が形成され、SEM画像からは直径数十nm~数十 μm のドロップレットが確認された。

図4はXRDにより基板表面の観察を行った結果である。結晶のピークの強度 I は $I(111) = 1 > I(200) = 0.42 > I(220) = 0.22$ の順であり、アモルファス強度が小さいことから結晶度は高いことがわかる。

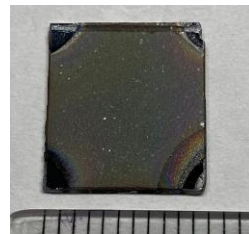


図2 光学写真

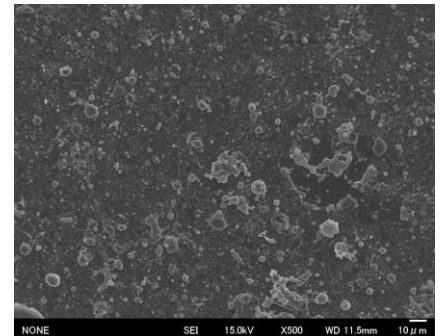


図3 SEM画像

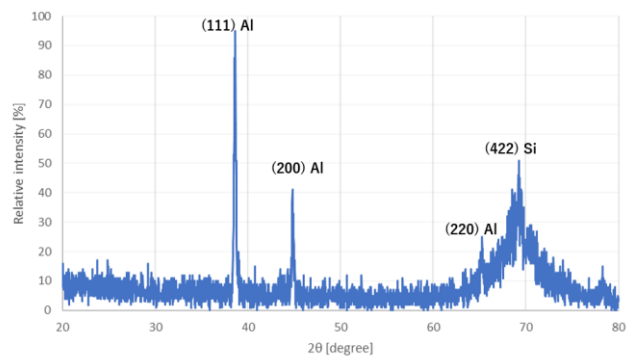


図4 XRDによる定量分析

参考文献

- [1] J. Marshall et al., "Performance of a Hydromagnetic Plasma Gun", Phys. Fluids 3, 135 (1960).
- [2] D. Kobayashi et al., "Physical vapor deposition using a coaxial ion acceleration method", Rev. Sci. Inst. 91, 095109 (2020).