

L-47

同軸プラズマガンによるアルミニウム薄膜の堆積について

Deposition of Al Thin Films Utilizing a Coaxial Plasma Gun

○八重樫 哉雅¹, 中島 悟¹, 橋口 舞², 胡桃 聡³, 松田 健一³
鈴木 薫³, 石川 有宰⁴, 関口 純一⁵, 浅井 朋彦⁵

*Saiga Yaegashi¹, Satoru Nakajima¹, Mai Hashiguchi², Satoshi Kurumi³, Ken-ichi Matsuda³
Kaoru Suzuki³, Yusai Ishikawa⁴, Jun-ichi Sekiguchi⁵, Tomohiko Asai⁵

Abstract: In this study, we have developed a deposition apparatus utilizing coaxial-plasma gun (CPG) for generating plasmas of metallic materials. A CPG consists of concentric electrodes to which a helium gas was introduced. A homemade pulsed-current generator provided repeatedly pulses of large discharge current between electrodes. The optical emission spectra were observed in the generated plasma showed the existence of He I and Al II.

1. はじめに

廃熱等を電気に変換する熱電変換材料の一つとして、 Fe_2TiAl 系フルホイスラー合金が注目されている^[1]。 Fe_2TiAl は有害元素を含まず、理論的に高い性能を有すると考えられている。しかし、各元素配合量の僅かな変化がゼーベック係数の大きさや符号に影響することが分かっており、制御の困難さが、応用上の期待を低下させている。そこで我々が着目したのが同軸プラズマガン (Coaxial Plasma Gun, CPG) ^{[2][3]}を用いた堆積法である。この手法は融点の異なる複数の金属を合金化し、組成比を容易に制御できることが期待されている。本稿では CPG を用いた堆積法により Al 微粒子を放出させた時の基礎特性として CPG 電極間電圧、電流、瞬時電力、および生成したプラズマの発光スペクトルを評価した結果を報告する。

2. 実験方法

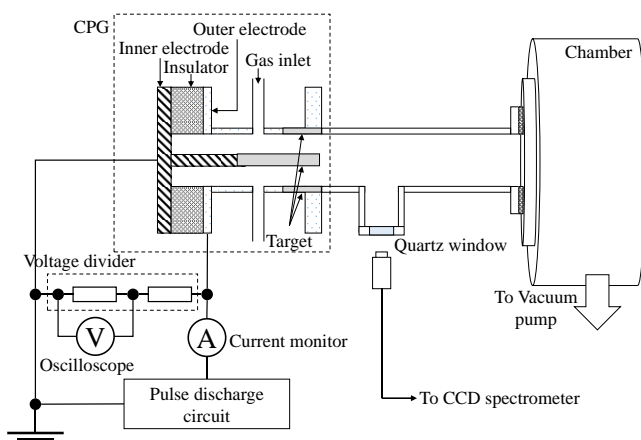


Figure 1. Experimental apparatus of the CPG deposition system

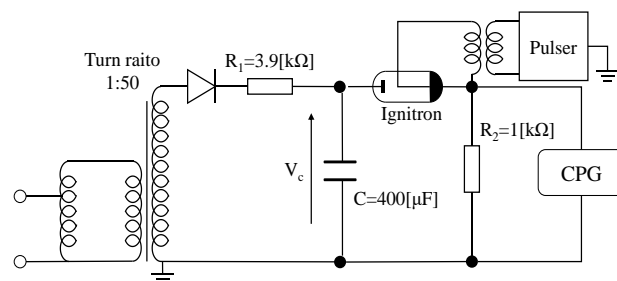


Figure 2. Schematic diagram of the pulsed-discharge circuit for CPG

Fig. 1 に CPG を用いた堆積法の概略図を示す。Fig. 2 にパルス放電回路図を示す。CPG の電極は中心電極と同心円筒状の外部電極で構成され、これらの電極へターゲットとして Al を設置した。ターゲットの外寸は中心電極側が $\Phi 22 \times 80$ mm, 外部電極側が $\Phi 34 \times 20$ mm である。チャンバー内の気圧は十分排気した後、動作ガスとして He ガスを流入することにより 120 Pa に調整した。パルス放電回路ではコンデンサが $V_c = 2.0$ kV まで充電された後、イグナイトロンスイッチの始動により充電電圧 V_c が CPG 電極間に印加した。すると CPG 電極間に絶縁破壊が生じ、電極に設置された Al ターゲットがスパッタされ、プラズマ微粒子が生成される。その際、電極間に流れる放電電流 I とこれによって生じた磁場 B によるローレンツ力 ($F = I \times B$) が働き、発生したプラズマ微粒子は水平軸方向に電磁加速され放出される。このときの CPG 電極間電圧は高電圧分圧器 (岩崎通信機株式会社, D-401) とオシロスコープ (Tektronix, TDS1012B), 電流はログスキーコイル式電流プローブ (Pearson, 110A) を用いて測定し、結果

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・院 (前)・電気 3 : 日大理工・教員・電気 4 : 日大理工・院 (前)・物理
5 : 日大理工・教員・物理

から電圧と電流の積より瞬時電力を算出した。またプラズマの発光スペクトルはターゲットから 100 mm 離れた石英窓より CCD 分光器 (StellarNet 社製, EPP2000) を用いて測定した。

3. 実験結果

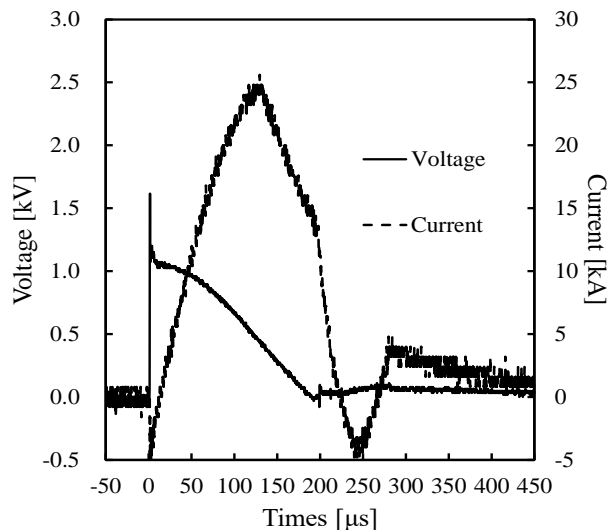


Figure 3. Waveforms of discharge voltage and current between electrodes of the CPG

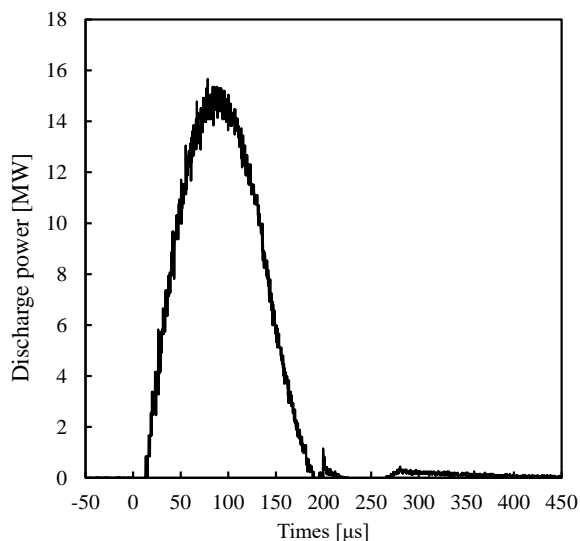


Figure 4. Waveform of discharge power

Fig. 3 に放電時の CPG 電極間電圧および電流波形, Fig. 4 にこれより算出した瞬時電力を示す。電極間に電圧を印加後, 瞬時に電圧波形は立ち上がり, そのピーク値は 1.6 kV となる。その後約 6 μs の間に急激に降下し, 放電電流が流れ始める。放電電流は減衰振動波形を示しており, ピーク値は 25.6 kA, 第 1 半波の半値幅は 137.4 μs であった。放電時の瞬時電力のピーク値は 15.7 MW であった。

Fig. 5 に放電時のプラズマの発光スペクトルを示す。ターゲット材料である Al (II), 動作ガスである He (I) の発光スペクトルが検出された。このことから Al のプラズマ微粒子がローレンツ力によって水平方向に放出されていることが確認された。

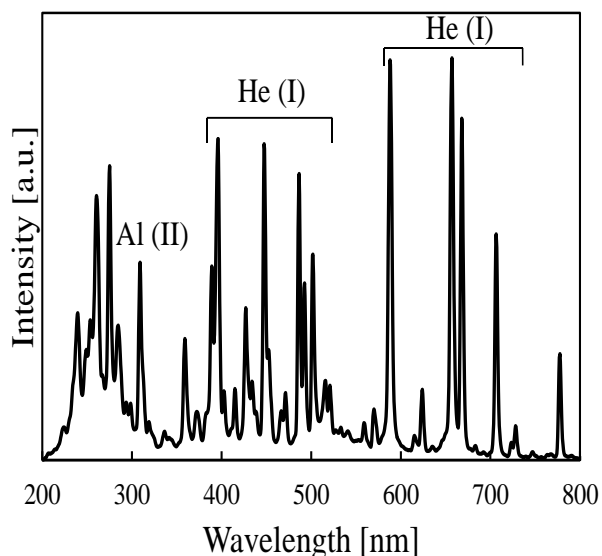


Figure 5. The emission spectrum of discharge plasma

4. まとめ

ホイスラー合金生成の為, CPG による Al の堆積について検討した。放電時の電極間電圧のピーク値 1.6 kV, 電流は減衰振動波形でピーク値 25.6 kA, 第 1 半波の半値幅 137.4 μs , 瞬時電力のピーク値 15.7 MW, が得られた。発光スペクトル測定ではターゲット材料である Al (II), 動作ガスである He (I) の発光スペクトルが検出された。このことから Al のプラズマ微粒子がローレンツ力によって水平方向に放出されていることが確認された。

5. 参考文献

- [1] Y. Nishino et. al.: "Effect of off-stoichiometry on the transport properties of the Heusler-type Fe_2VAl compound", *Phy. Rev. B*, Vol. 63, p. 233303, (2001).
- [2] M. Takatsu et. al.: "Application of Coaxial Ion Gun for Film Generation and Ion Implantation", *JPS Conf. Proc.*, Vol.1, p. 01586-1, (2014).
- [3] S. Woodruff: "New Mode of Operating a Magnetized Coaxial Plasma Gun for Injecting Magnetic Helicity into a Spheromak", *Phy. Rev. Lett.*, Vol.90, No.9, p. 095001, (2003).