



帯電した金属の材質が静電気放電に及ぼす影響

新條達俊*, 北爪伸英*, 増井典明*,¹

(2004年4月30日受付; 2004年5月26日受理)

Effect of the Material of Charged Metal on the Electrostatic Discharge

Tatsutoshi SHINJO*, Nobuhide KITAZUME* and Noriaki MASUI*,¹

(Received April 30, 2004; Accepted May 26, 2004)

In this paper, the effect of the material of charged metal on the waveform of discharge current and the gap length of discharge inception is studied experimentally. Discharge occurs between the hemispherical metal electrode connected to the capacitor of 100 pF charged up to +6 kV and the earthed hemispherical metal electrode approaching at 0.4 mm/s. When the applied voltage is kept constant, distribution of the gap length of discharge inception and waveform of the discharge current depend on the material of negative electrode. The mean value of gap length of discharge inception increases with decrease of the work function of negative electrode.

1. はじめに

帯電した金属からの静電気放電は、絶縁体からの放電に比べ、非常に危険であると言うことはよく知られている。このような金属からの放電を想定し、我々は、球電極間で発生する静電気放電の特性を検討してきた¹⁾。金属にも多くの種類があり、電極材質により、放電電圧が異なってくる²⁾。そこで、ここでは帯電した金属の材質が放電特性に及ぼす影響を検討するために、半球状の電極間で発生する放電の放電開始ギャップ長および放電電流波形と電極材質の関係を実験的に調べた結果を報告する。

2. 装置及び方法

図1に装置の概略を示す。100pFのコンデンサを接続した高圧電極に、接地電極を0.4mm/sの速さで接近させ、放電を発生させる。測定には、曲率半径10mmの銅、アルミニウム、マグネシウムおよびクロムメッキした真鍮の半球状の電極を使用した。電極表面は鏡面仕上げをし、印加電圧は+6kVである。同一条件で50回の測定を行っている。実験は、相対湿度2%温度23℃の雰囲気中で行った。なお、実験装置および測定方法の詳細は文献(2)を参照されたい。

3. 結果および考察

図2(a)および(b)に、それぞれ電極に銅同士(Cu(+)/Cu(-))、クロムメッキした真鍮同士(Cr(+)/Cr(-))およびアルミニウム同士(Al(+)/Al(-))、マグネシウム同士(Mg(+)/Mg(-))を用いたときの放電開始ギャップ長の分布状態を示す。異種金属間の放電の一例として、陽極に銅、陰極にアルミニウム(Cu(+)/Al(-))およびこの逆の組合せ(Al(+)/Cu(-))にした結果も示している。同種の金属間の放電開始ギャ

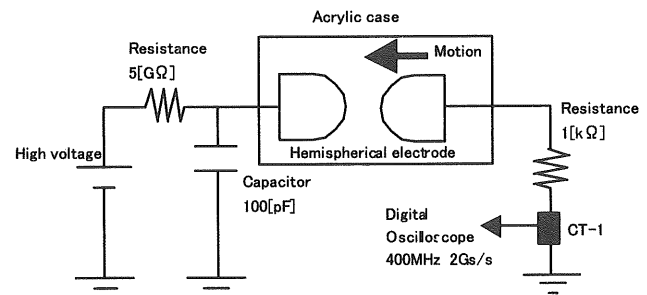


図1. 実験装置

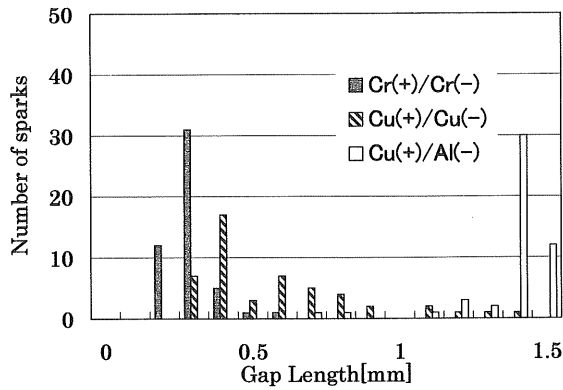
Fig.1 Schematic view of apparatus for experiment.

ップ長の平均値および標準偏差を表1に示す。アルミニウムとマグネシウムでは、放電開始ギャップ長が非常に狭い範囲に分布している。平均値が小さい順に左から並べると、クロム<銅<マグネシウム<アルミニウムとなることがわかる。図3に、同種金属間の測定で得られた放電開始ギャップ長と放電電流のピーク値の関係を示す。電極の材質に関係なく、全てのデータが1本の曲線にのることが分かる。異種金属間の結果もこの曲線にのることが確認されている。図4に、ギャップ長0.358mm(波形A, 銅同士)および1.388mm(波形B, マグネシウム同士)のときの放電電流波形を示す。銅同士の方が急峻な立ち上がりを示している。電極が銅同士およびクロム同士のときは、放電電流波形は約95%以上が波形Aとなり、アルミニウム同士およびマグネシウム同士のときは、放電電流波形の約97%以上が波形Bとなる。

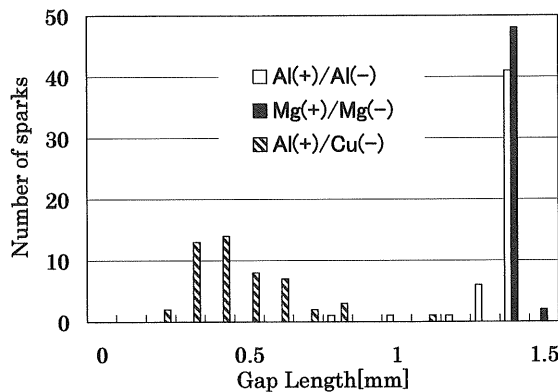
図2において、異種金属間の放電開始ギャップ長は、陰極に用いた金属同士の結果とほとんど同じであることがわかる。他の金属の組合せでも同じ結果が得られている。以上の結果から、放電開始ギャップ長は、陰極の材質に依存し、それに伴って、放電電流波形も金属材質によって異なることがわかった。このように同一印加電圧で放電電

キーワード: ESD, 微小ギャップ, 電極材質

*東京理科大学工学部(162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3)
Department of Electrical Engineering, Tokyo University of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-8601, Japan.
¹masui@ee.kagu.tus.ac.jp



(a) Cr, Al and Cu hemispheres



(b) Al, Cu and Mg hemispheres

図2. 電極材質と放電開始ギャップ長の関係 (相対湿度:2%, 印加電圧: +6kV)

Fig.2 Relationship between gap length of discharge inception and material of electrode. (Relative humidity: 2 %, Applied voltage: +6 kV)

流波形が異なることは、金属材質 (特に陰極となる材質) によって直接および間接 ESD による影響が異なってくることを示唆している。表1に示した放電開始ギャップ長の分布の平均値は、今回使用した金属で、仕事関数³⁾が小さいものほど大きくなる傾向を示している。このように、陰極の材質によって放電開始ギャップ長が異なる原因の一つとして、陰極からの二次電子放出の影響が考えられる。二次電子放出係数は、仕事関数が小さくなると大きくなることから⁴⁾、今回得られた結果の一つの要因と考えられる。アルミニウムの場合、表面の酸化の影響でマグネシウムとほぼ同じ結果を示したものと考えられる。

4. 結論

帯電した金属からの放電では、帯電電圧が同じであっても、陰極となる金属の材質によって、放電開始ギャップ長および放電電流波形が異なることがわかった。陰極に使用した金属の仕事関数が小さくなると、放電開始ギャップ長が長くなるとともに、放電電流波形のピーク値が低くなる。また、放電電流波形の立ち上がりの傾きも緩やかになる傾向

	Average value [mm]	Standard deviation [mm]
Cr	0.249	0.068
Cu	0.530	0.268
Al	1.328	0.114
Mg	1.363	0.027

表1. 放電開始ギャップ長の平均値および標準偏差

Table 1 The average value and standard deviation of gap length of discharge inception.

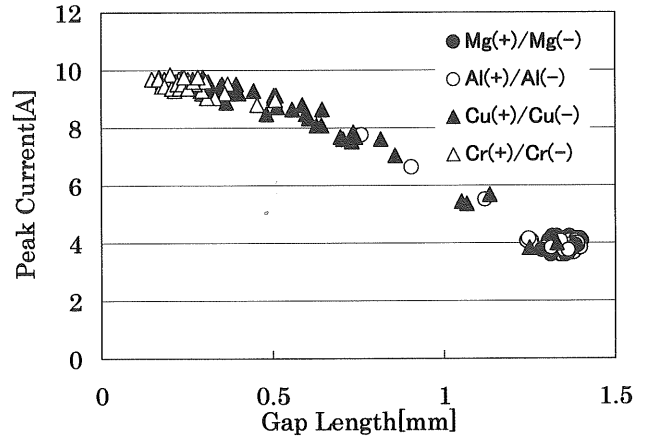


図3. 放電電流のピーク値と放電開始ギャップ長の関係

Fig.3 Relationship between peak current and gap length of discharge inception.

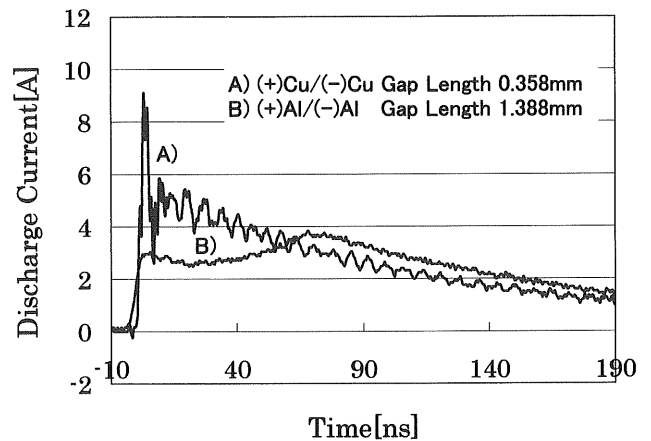


図4. 電極材質と放電電流波形

Fig.4 Discharge current for different material of electrodes.

を示し、陰極となる金属の材質が直接および間接 ESD に影響を及ぼすことを示唆する結果が得られた。

参考文献

- 1) 増井典明, 藤原岳史, 海老沼康光, 新條達俊: 静電気学会誌, 27 (2003) 85
- 2) 電気学会: 放電ハンドブック上巻, p.84 (1998)
- 3) 前田正雄他: 表面の一般的物性, 朝倉書店, p.118 (1971)
- 4) 山本賢三他訳: ENGEL 改訂 電離気体, コロナ社, p.87 (1968)