

表面発射型プラズマ弾丸の dV/dt 依存性 ～放電開始遅延との関係～

dV/dt Dependence of Surface-Launched Plasma Bullets

～Relationship with Discharge Delay～

大阪公大工 ○白藤 立, 佐々木 康希, 松本 侑, 呉 準席

Osaka Metropol. Univ. ○Tatsuru Shirafuji, Koki Sasaaki, Atsumu Matsumoto,

Jun-Seok Oh

E-mail: shirafuji@omu.ac.jp

従来のプラズマ弾丸は、誘電体管内で発生した DBD プラズマが種となって発生し、管のノズルから放出される放電ガス流束に沿って伝播する。これに対し我々は、放電ガスと接する誘電体の表面から垂直に射出されるプラズマ弾丸(表面発射型プラズマ弾丸)について研究を行っている。この弾丸射出方式は、連続多孔質誘電体である骨再生スキャフォールドの高速親水化などに適用可能であるとともに、一般に短放電ギャップという制約が課せられる大気圧でも大容量のプラズマが生成可能という特徴を有する。ただし、表面発射型プラズマ弾丸は、印加電圧波形の dV/dt がある程度大きくなければ観測されない。我々のこれまでの検討において、表面発射型プラズマ弾丸発生 の 閾 値 dV/dt が、おおよそ $20\sim 30\text{ kV}/\mu\text{s}$ であることを実験的に明らかにした。また、計算機シミュレーションにおいても、低 dV/dt の条件下でプラズマ弾丸中の電場強度が小さくなり、弾丸の強度(イオン化レートとプラズマ密度)が低下することを明らかにした[1]。本報告では、「上記現象に放電遅延が関係するのではないか」という朽久保からの示唆に基づき[2]、放電開始の時間帯に注目してシミュレーション結果を解析した。図1は、 $dV/dt = 50\text{ kV}/\mu\text{s}$, $400\text{ kV}/\mu\text{s}$, $3\text{ MV}/\mu\text{s}$ で計算したときの、弾丸発射面上 0.1 mm の位置における電子密度と E/N の時間発展である。ここで、電子雪崩開始の指標となる時刻を電子密度が初期値(10^{15} m^{-3})の2倍になる時刻とし、その時刻における E/N に注目する。低 dV/dt の場合には、放電遅延時間を経た後でも、電子雪崩の駆動力となる E/N がそれほど大きくならない。一方、高 dV/dt の場合には、放電遅延時間後の E/N がかなり大きくなる。つまり、到達電圧が同じでも、高 dV/dt の方が放電初期の電子雪崩を駆動する E/N が大きく、高イオン化レートで高密度なプラズマ弾丸が生成される。これが、表面発射型プラズマ弾丸が高 dV/dt の場合にのみ観測される原因であると考えられる。

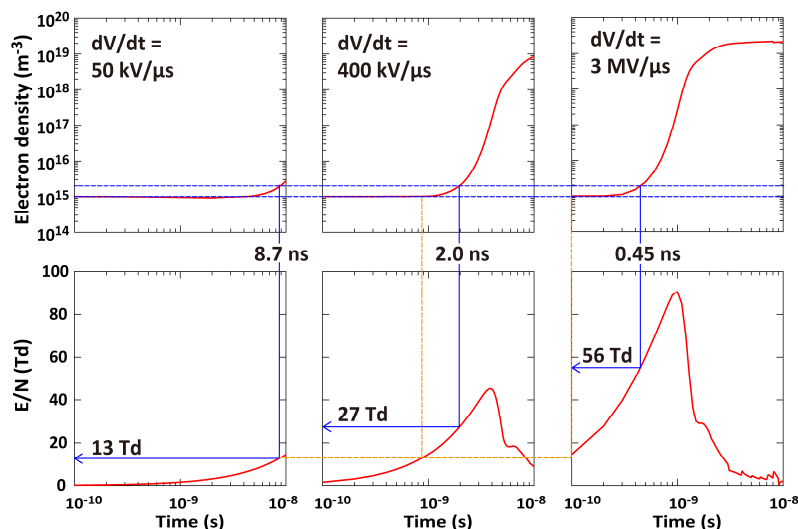


図1 弾丸発射面上 0.1 mm の位置における電子密度と E/N の時間発展。

謝辞：本研究は、科研費(19H01888, 19K03811, 20K20913), 名古屋大学低温プラズマ科学研究センターの補助を受けて実施された。

[1] 白藤立, 呉準席：第 83 回応用物理学会秋季学術講演会 20a-A105-7 (2022).

[2] 朽久保文嘉：第 83 回応用物理学会秋季学術講演会での私信 (2022).