

☆1998年5月の用語解説☆

イオンスウォーム

Ion Swarm

スウォームの原義はある方向性を持って集団で移動する昆虫、鳥、家畜等の群れのことであり、猛毒を持った無数の蜂が集団となって人を襲うホラーもどきの映画のタイトルにもなった。イオンスウォームはこの類推で使われ始めた言葉と思われ、媒質である気体や液体中をひとかたまりとなって移動、拡散しつつ、時には媒質中の反応種や媒質分子自身と化学反応を行って変質していくイオン群を意味する。イオン運動に方向性を与える外場としては一般に定常一様電場が用いられるが、方形波電場やRF電場、さらには磁場を重ねて利用する場合もある。単なるイオンビームとは違って媒質の存在が本質的に重要であり、媒質分子との衝突、多重散乱、反応過程が複雑に絡み合って競合するおもしろさがある。イオン群の平均移動速度をドリフト速度といい、媒質の温度、数密度、印加電場によって自由に制御が可能である。このドリフト速度からイオンの平均並進エネルギーを見積もることができる。(Wannier理論)。並進エネルギーは原理的には絶縁破壊に至るまで増やせるが、一般的には媒質の温度で決まる熱エネルギー領域から数eVの範囲でこれを制御し、移動度、電場方向拡散係数、イオン/分子反応の反応速度定数などを測定する。これをイオンスウォーム実験法という。最近では液体ヘリウム温度下での実験も行われており、低エネルギー領域でのイオン輸送・反応実験はイオンスウォーム法の独壇場と言える。イオンスウォーム法で得られる知見は、現在、半導体製造、絶縁ガス応用、ガスレーザーといった非平衡プラズマ応用領域、大気汚染物質除去手法の開発、大気環境イオン化学など広範囲の研究分野に於ける重要な基礎情報であり、電子スウォーム法のそれと相まって今後益々活用されていくものと思われる。(東北大工 飯沼恒一)

局所近似と非局所近似

Local Approximation and Non-Local Approximation

局所近似とはプラズマ中の電子エネルギー分布関数が局所電界により決定されることを意味し、比較的高ガス圧力で一様なプラズマ中の電子エネルギー分布関数を記述するには極めて有効な近似である。一方、非局所近似とは電子エネルギー分布関数が局所電界では決定されず、電子エネルギー分布関数は運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの関数となることを意味し、非一様衝突支配のプラズマ中の電子エネルギー分布関数を記述するには有効な近似である。

非局所近似はベルンシュテインとホルステインにより1950年代に直流グロー放電陽光柱の電子エネルギー分布関数の管径構造を記述するために最初に用いられた。非局所近似の概念は以下のように記述できる。電子移動の方向性は中性粒子との衝突で失うため電子の運動量緩和長は電子の平均自由行程で決定される。したがって、電子の平均自由行程が短いプラズマ中では電子運動量は局所電界で決定される。一方、電子の持つ運動エネルギーは弾性衝突のみを考慮した場合中性ガスと電子の大きな質量差のためほんのわずかに失うだけで、電子は駆動速度または拡散速度でプラズマ中を初期エネルギーを維持したまま移動できる。したがって、非一様なプラズマ中にプラズマ維持のために形成される静電電位(両極性拡散電位)により電子の運動エネルギーは位置エネルギーに変換され、任意の位置での電子エネルギー分布関数は基準位置での電子エネルギー分布関数を静電電位差分だけシフトした形状で与えられる。なお、非弾性衝突を引き起こすのに十分なエネルギーを持つ電子群(電子エネルギー分布関数の高エネルギー部)は中性粒子との非弾性衝突で即座にその運動エネルギーを失うので、一般的には電子エネルギー分布関数を静電電位差分だけシフトした形状で与えられないが、非弾性衝突頻度が低い場合すなわちガス圧力が低い場合は静電電位差分だけシフトした形状で近似できる。(名工大工 木村高志)

ストリーマ Streamer

針対平板電極配置のような不平等電界において、針電極に正の高電圧を加えると、細いフィラメント状の発光(ストリーマ)が平板電極に向かって間欠的に伸びる。その速度は 10^8 cm/s程度である。印加電圧が低いとストリーマが平板電極に達しても火花放電にはならないので、ストリーマを安定に観測することができる。さらに電圧を高めると橋絡したストリーマから火花放電になる。

このような線状の発光形状をもった過渡的な放電形態をストリーマと呼んでいるので、放電がストリーマ状に現れる条件は多岐にわたっている。たとえば、大気圧中

の平等電界下の絶縁破壊はストリーマ破壊である。陰極からの光電子放出によって電子雪崩が繰り返し発生し、作られた正イオンが陰極前面に蓄積されて高電界を作る。ギャップ中に光電離でつくられた初期電子から出発した電子雪崩がそこに流入することによってプラズマ状のストリーマが形成され、それが陽極に向かって伸びることによって火花放電にいたる。この様子は、荷電粒子連続の方程式に電界ひずみを組み入れて数値解析することでシミュレーションされている。

(大同工大 近藤芳孝)