

マイクロ波を用いた小型負イオンソースの開発とレーザー光脱離法による負イオン生成量の測定  
**Development of a compact microwave-based negative ion source and measurement of negative ion production by laser photo detachment**

鞆津匠人<sup>1</sup>、比村治彦<sup>1</sup>、三瓶明希夫<sup>1</sup>、岡内航<sup>1</sup>、香月悠良<sup>1</sup>、守屋剛<sup>2</sup>

TOMOTSU Takuto, HIMURA Haruhiko, SANPEI Akio, WATARU Okauchi *et al.*

<sup>1</sup>京都工繊大・電子システム工学専攻、<sup>2</sup>東京エレクトロン

<sup>1</sup>Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology, <sup>2</sup>TEL

## 背景

IoT や 5G の登場により大容量フラッシュメモリの需要が高まり、それに伴った集積回路の微細化が進み、その大きさは数 nm まで到達している。この微細化に用いられているプロセスとして原子層堆積法 (ALD) が存在する。しかし ALD に用いられるプラズマは温度や密度の揺動スケールに課題がある。プラズマの揺動スケールはマイクロメートルプロセスでは加工スケールに対して無視できていたが、ナノメートルプロセスの段階に入り加工スケールに対して揺動が相対的に大きくなったことで揺動を無視できなくなっている。さらには、ALD で用いられるダイレクトプラズマ方式ではプラズマ中の様々な粒子が基板に当たるため、ナノメートルスケールでの膜質の均一性の確保も難しくなっている。

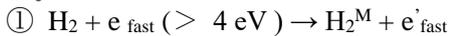
これらの問題を解決するために、我々の研究グループではリモート方式の負イオンナノプロセス装置を開発している。このリモート方式の負イオンナノプロセス装置では、プラズマ源から特定の粒子を引き出し、偏向することで、特定の粒子のみを基板と反応させる。つまり、単色性のよいエネルギーでナノプロセスが進行すると期待される。単色エネルギーでプロセスを行うことの長所は、たとえば高アスペクト比の溝の最深部まで均一に堆積を行うことが可能になることである。

## 目的

プラズマから負イオンを生成するためには、電子の二温度領域が必要になる。このために、磁気フィルタを用いることで二温度領域を実際に実現している。この低温領域内で、レーザー光脱離法を用いて実際に負イオンが生成されているかどうかということを測定することが本研究の目的である。

## 負イオン生成と測定システム

負イオンの体積生成は以下の二段階の反応で進む。



第一の反応は、磁気フィルタ (図 1 参照) の上流部で水素分子と 4 eV 以上の電子により、振動励起状態の水素分子を作る。第二の反応は、磁気フィルタ下流部で 1 eV 程度の電子と振動励起状態の分子を解離性電子付着反応させることで、負イオンを生成する。このようにして生成した負イオン量をレーザー

光脱離法で測定する測定系の写真が図 2 に示されている。負イオンの電子親和力よりも高いエネルギーのレーザーを、ポートを通して、負イオンに照射する。負イオンとして H<sup>-</sup> を考える場合、付着電子を離脱させるレーザーは 0.754 eV 以上のエネルギー、つまり、波長  $\lambda = 1644 \text{ nm}$  以下の光を使用すればよい。表 1 は、水素負イオンの電子親和力とそれに対応する波長を示している。本研究では、日亜化学製 NDB7875 (445 nm) をレーザー光源として用いる。レーザー光が照射された負イオンから離脱する電子は、シングルプローブで捕集される (図 1 参照)。その捕集電流より、水素負イオン密度が算出される。

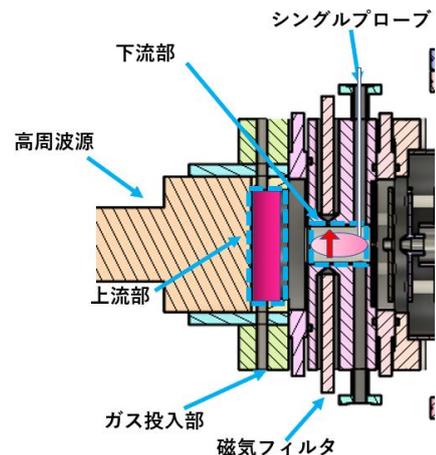


図 1: 負イオンソース

表 1 水素負イオンの電子親和力及び対応する波長

イオン	電子親和力 (eV)	波長 $\lambda$ (nm)
H <sup>-</sup>	0.754	1644
H <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.9	1377

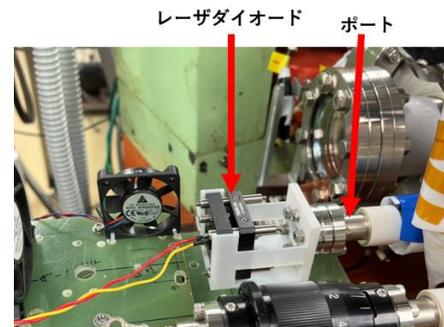


図 2: レーザダイオード測定系