

誘導結合重水素プラズマを照射した液体ガリウムにおける重水素の透過特性 Characteristics of deuterium transmission in liquid gallium irradiated with inductively coupled deuterium plasma

吉田亘希¹, 信太祐二¹, 佐々木浩一¹N. Yoshida¹, Y. Nobuta¹, K. Sasaki¹

1. 北大工

1.Hokkaido Univ.

Email:@yoshida.nobuki.k6@elms.hokudai.ac.jp

【本研究の背景及び目的】

クリーンなエネルギー源として水素の利用が拡大している。水素の工業的な生成法の一つに天然ガスを原料とするものがある。この生成法では、様々なガスを含む混合ガスから軽水素 (H_2) のみを精製する必要がある。 H_2 の精製にはパラジウム (Pd) が広く利用されているが、Pd は高価であり、代わりとなる材料が求められている。液体ガリウム (Ga) は Pd よりも高い水素透過特性をもつことが発見され[1], Pd に代わる水素精製材料として利用できる可能性がある。また、液体 Ga に H_2 プラズマを照射することにより表面直下の水素濃度を高めることで、液体 Ga 中の水素透過をさらに促進できる可能性がある。本研究の目的は、プラズマを照射した液体 Ga が Pd より効果的な水素精製材料となる可能性を実証することである。より効率的な水素精製のためにどのような条件下でのプラズマ照射が適しているのかを調べるために、液体 Ga に照射する重水素イオンのエネルギーを変化させて透過重水素フラックスを調べた。

【実験方法】

本実験で用いたプラズマ照射装置と液体 Ga の試料台を図 1 に示す。

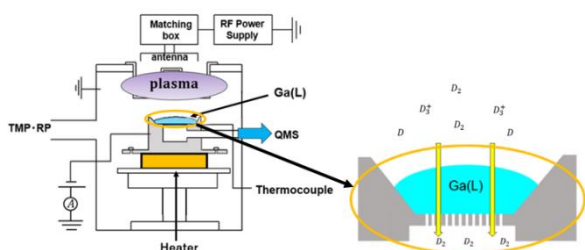


図 1 プラズマ照射装置と液体 Ga 試料台の模式図

H_2 は液体 Ga 及びチャンバー内にバックグラウンドとして多く存在し、精度良く測定を行えないため、重水素 (D_2) を用いて実験を行った。試料台はすり鉢状になっており、底部は $\phi 0.3\text{mm}$ の孔を多数有している。その上に液体 Ga を乗せており、液体 Ga を透過した D_2 は下流にある四重極質量分析計 (QMS) で検出できるようになっている。液体 Ga の厚さは約 8mm 、プラズマ照射面積は約 18cm^2 である。試料台側面壁に取り付けてある熱電対で温度を測定し、試料台下部のヒーターにより Ga 温度を制御した。また、チャンバー上部に誘導結合プラズマを生成するための外部アンテナが取り

付けられている。このような装置を用いて、 D_2 プラズマ照射中に液体 Ga を透過した D_2 および HD の圧力を測定する実験を行った。メインチャンバー内の D_2 ガス圧力を一定に保ち、誘導結合 D_2 プラズマを生成し、液体 Ga に負バイアス電圧を印加することでイオン (主として D_3^+) を照射した。印加電圧を変えることで液体 Ga に照射されるイオンエネルギーを変化させた。イオンフラックスは RF パワーを調整することで制御した。液体 Ga の温度は 400°C に保った。

【実験結果及び考察】

図 2 に液体 Ga に D_2 プラズマを照射しながら印加バイアス電圧を変化させたときの透過 D_2 および HD の信号強度の変化を示す。

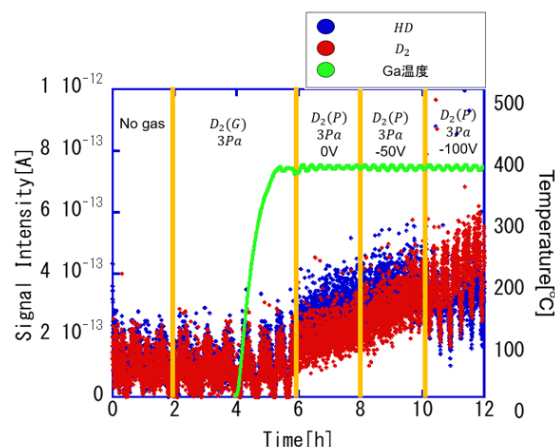


図 2 D_2 プラズマ照射中に印加電圧を変化させたときの液体 Ga 下流 D_2 信号強度

チャンバーに 3Pa の D_2 を導入した際の透過は無視できるレベルであった。プラズマの生成を開始すると、バイアス電圧がゼロであるにもかかわらず、 D_2 および HD の透過が見られた。また、バイアス電圧の増加とともに透過 D_2 及び HD の信号の増加が確認できた。これは、試料に照射されるイオンのエネルギーが増加したことで、試料表面でのイオンの反射率が下がり、液体 Ga 内へ注入されるイオンのフラックスが増加したためと考えられる。

今後、 D_2 に二酸化炭素やメタンを混合してプラズマ照射実験を行い、透過フラックスへの影響などを調べていく予定である。

[1]Pei-Shan Yen D. Deveau, and Ravindra Datta Nicholas. AICHE, 63, 1483-1487. (2017)