誘導加熱蒸発源の効率化と鉄内包フラーレン合成実験への適応

Enhancing Efficiency of Induction Heating Iron Evaporator and Applying to producing Iron-endhedral Fullerene Synthesis on ECRIS

阪大院工，°(M2)大森　貴之，(M2)奥村　一起，(M1)久保　渉，(M1)針﨑　修平，加藤　裕史
Osaka Univ., °Takayuki Omori, Kazuki Okumura, Wataru Kubo, Shuhei Harisaki, Yushi Kato
E-mail: omori@nf.eie.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】我々は，電子サイクロトロン共鳴イオン源 (Electron Cyclotron Resonance Ion Source: ECRIS) による，気層中での鉄内包フラーレンの生成を目指している．そのために，安全・安定で取り扱いやすい固体材料からの多価イオン生成とその応用研究として，ECRIS 用の各種蒸発源を製作し報告を行ってきた.[1] ECRIS においては，低動作圧力(10^{-4}～10^{-5}Pa)でのイオン生成をする為に，ガスの発生や不純物の混入が極めて少ない蒸発源の開発が要請されている．そこで，我々は非接触で固体材料を直接加熱できるため不純物ガスソースが発生しにくく，高純度の材料蒸気が取り出せる誘導加熱 (Induction Heating: IH) 方式に着目し現在まで開発を行っている.[2]　本実験で用いている蒸発源と RF 電源とを絶縁し，変圧する機器(Insulated Induction Heating Coil Transformer Circuit: IHCT)[3] の特性について調べ，改良する．そして鉄蒸発量を観測し改良前後の比較を行う．そして本 ECRIS での鉄内包フラーレン合成実験に適応する．

【実験方法】今回実験を行った ECRIS を模擬したテストチャンバーの概念図を Fig.1 に示す．入力電力は民生用 RF 電源から IHCT を経て蒸発源へと給電する. 測定パラメータとして蒸発源への高周波電流, 加熱温度, 真空容器内の圧力, 蒸発物堆積量などを測定した. Fig.1 の膜厚計(Deposition meter)において鉄蒸発粒子束の堆積量を測定する．IHCT の概念図を Fig.2 に示す．IHCT は民生用平型円形状 IH コイルを 2 つ対抗させて誘導的に結合させ，コイル間を絶縁する．Fig.2 において一次側のコイルが電源に接続され，二次側のコイルが蒸発源に接続される．一次側のコイルを x 方向に動かすことでコイル中心間距離が変化し，結合係数(k)を変化させている．また，安全性，温度制御の向上が見込まれている．負荷と電源が電気的に絶縁状態であるため仮に蒸発源が損傷したとしても入力電源側が短絡・開放状態にならないため, RF 電源を保護可能である．今回，k を向上するために絶縁物マイカ板(3mm)から，より薄いカプトンシート(0.15mm)に変更した．このとき，コイル間距離 z はそれぞれ 5mm, 0.5mm である．

【実験結果】それぞれの z の場合で鉄試料の加熱実験を行った．結果を Fig.3 に示す．上は RF 電源への入力パワーを，下は堆積速度をそれぞれ示している．堆積速度は膜厚計で観測される堆積量を時間で割ったものを移動平均することで求めた．白丸が z=5mm で，赤丸が z=0.5mm である．この結果より明らかに z=0.5mm の時のほうが鉄試料の蒸発量が多いことがわかる．本講演では測定したすべてのパラメータを述べることに加え，考察を報告する．また阪大の ECRIS でこの蒸発源を用い，鉄内包フラーレンの生成実験をする予定である．

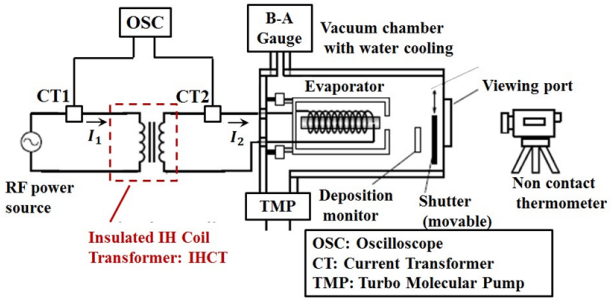

Fig.1 Test Chamber　概略

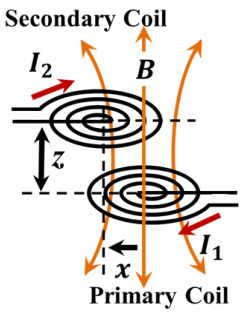

Fig.2 IHCTの概念図

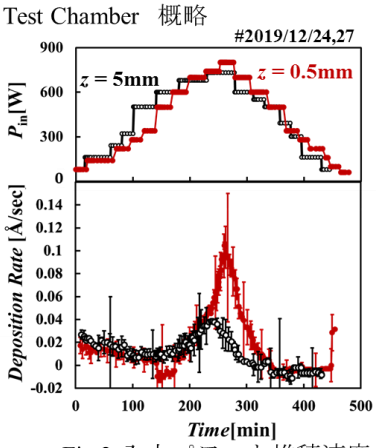

Fig.3 入力パワーと堆積速度

[1]S. Hagino *et al*, RSI 87, 02A721 (2016)
[2]大西広司，応物春季 9P-W323-15 (2019)
[3]T. Takenaka *et al*, RSI 83, 02A327 (2012)