

LOW-TEMPERATURE ELECTRON IRRADIATION CHAMBER

T. Kato , M. Watanabe , A. Iwase and T. Iwata

Japan Atomic Energy Research Institute

ABSTRACT

A low-temperature electron irradiation chamber was constructed for the study of radiation damage in solids. The JAERI LINAC is used as the source of electrons with energies from 50 to 190 MeV. The cooling of the samples is performed by directly immersing them in a stream of liquid helium, which is provided from the outside of a concrete radiation-shielding wall 3m thick. During the irradiations, the temperature of samples is kept below 8K. After the irradiations, samples are taken out from this chamber and transferred without warmup to the other measuring cryostats to study the physical property changes. Such a simple property as the electrical resistivity can be measured in situ during irradiations.

電子線照射用極低温チェンバー

1. はじめに

加速器での極低温照射実験には極低温チェンバー(クライオスタット)が用いられるが、試料の冷却方法はビームの種類によって異なる。固体の照射損傷の研究には、厚い試料中に一様に損傷を生成し、凍結することができる極低温での電子線照射が有用である。また、高エネルギー電子の飛程はイオンのそれよりも大きいので、ビーム窓を使用してチェンバーを加速器から分離できる。さらに、試料は液体ヘリウム(LHe)で直接冷却することができ、その着脱は真空を破らなくても可能である。

本チェンバーは、固体試料にLHe温度でリニアックの60MeV、1 μ A程度の電子線を照射することを目的としている。照射中その場で電気抵抗を測定すること、或は照射後温度を上げることなくこのチェンバーから取り出して各種の物性測定することができる。

2. 装置

高エネルギーの電子線の利用は機器類が放射化するため、照射室内の装置の構成は簡素化し、必要最少限にしなければならない。また、高放射線下での液体窒素の使用は爆発の危険を考慮しなければならない。本装置は照射室にチェンバー本体、真空排気ポンプ、照射室の外に液体He容器、液体窒素容器、制御室に計測系、LHe補給、真空排気等の遠隔操作装置を設置してある。チェンバーと液体He容器は、3mの遮へい壁を貫通するトランスファーチューブで

接続されている。ここで、液体窒素の使用はトランスファーチューブの熱シールドの冷却に供するが、照射室には供給していない。

図1はチェンバーの構造を示す。大別すると真空ジャケット、熱シールド、二つのLHe槽で構成する。内側のLHe槽と熱シールドは小型トランスファーチューブで接続される。試料はチェンバーの上部から挿入し、試料室に取り付ける。図示していないが、チェンバーの上面には照射試料取り出し用のアクリル製ボックスがある。LHeは外側のLHe槽から試料室を通過して内側のLHe槽に溜り、蒸発ガスは熱シールドを冷却した後、大気放出される。電子線の透過窓には80 μ mのデュラルミンを使用している。

3. 実験

(1) LHe Flow試験

チェンバーへのLHeの補給は制御室でLHe容器に加えるHeガスの圧力を調整して行う。LHeの消費量は初期冷却に約20リットル必要である。照射中は試料の熱除去、自然蒸発、補給中のロスのために1時間当たり10~15 l/hの消費率になる。60MeV、1 μ Aの電子線照射中の試料の発熱は、例えばCuでは、飛程距離が22.4mmであり、用いる試料の厚さが最大2mmであるので約5Wである。図2はヒーター加熱による照射中の発熱の模擬試験の結果で、加熱量に対する試料の温度変化を示す。この図から照射温度は発熱5Wで約8Kに想定される。

(2) ビーム計測

加速器からのビームはフィン構造をしたアルミ製のスリットで18 \times 18mmの角状にカットし、チェンバーに入射する。図3は53MeVの電子線を照射したときのビーム電流の実測例である。スリット電流とファラデイカップ電流の和がリニアックからの全ビーム電流である。照射電流はチェンバーとビームキャッチャーで計測したものである。ファラデイカップ電流と照射電流を比較すると殆ど同じであることからビームはかなりの精度で計測されている。

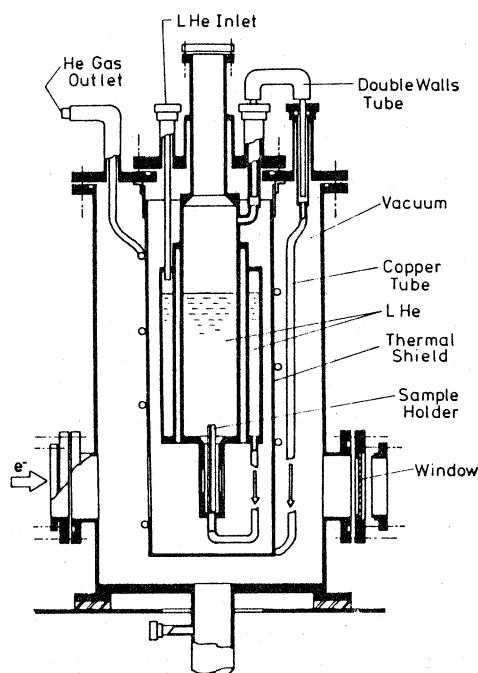


図1 チェンバーの構造

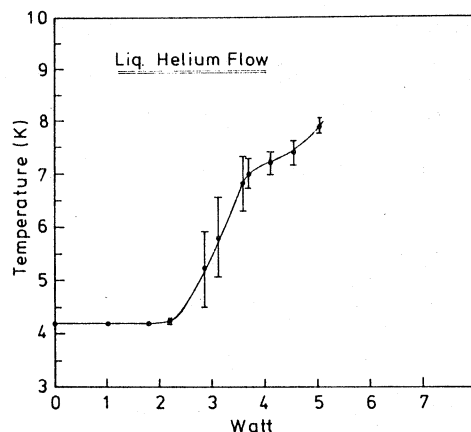


図2 加熱量-温度の関係

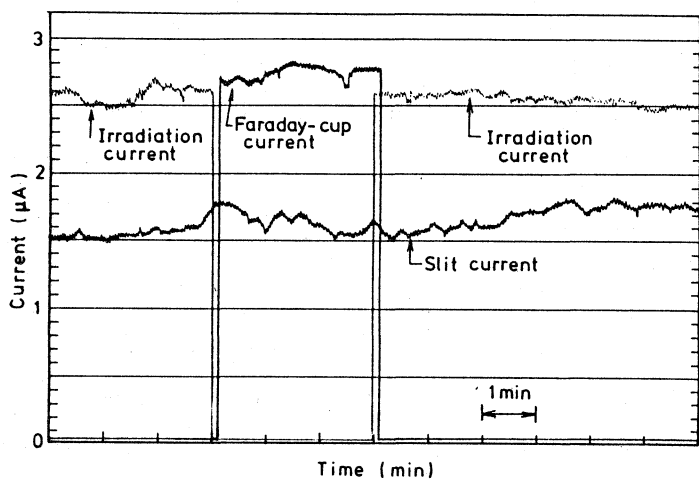


図3 ビーム電流の実測例

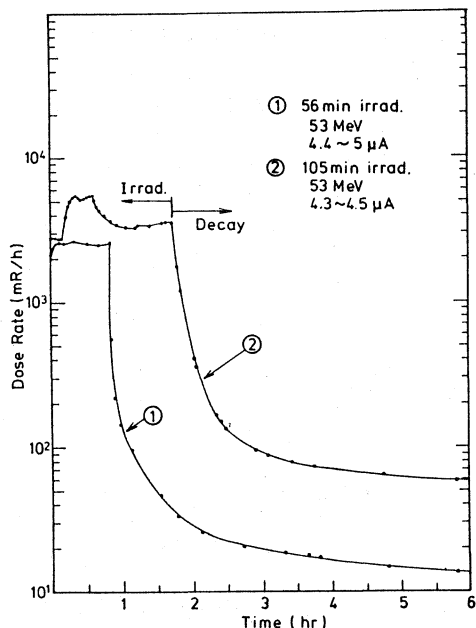


図4 照射室内の線量率

(3) 放射線測定

照射試料を取り出す作業を始める前に、照射室内の放射線を監視する必要がある。図4はチェンバー付近にGMプローベを置き、遠隔で測定した結果である。電子線のエネルギーが53MeV、電流値が $>5\mu\text{A}$ のときの、56分と105分照射時、及び加速器停止後の線量率である。

4. おわりに

LHe温度での照射実験に用いられる電子線のエネルギーの多くは3MeV以下である。50MeV以上の電子線を用いた極低温実験の試みはこれが最初であると思われる。本チェンバーでは、試料をLHeで直接冷却すること、及び照射後温度を上げることなく取り出すことができる。したがって、照射損傷を凍結したまま、照射後に、各種の極低温物性を測定することが可能である。