

プラズマ放射計測器用検出薄膜の透過率測定

Transmittance measurement of thin films for radiation measurement in fusion plasmas

佐野竜一¹

¹量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所

〒311-0193 茨城県那珂市向山 801-1

Ryuichi Sano¹

¹ National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology NAKA fusion Institute
801-1 Mukoyama, Naka, 311-0193, Japan

1 はじめに

核融合プラズマから放出されるプラズマ放射は、プラズマ性能を評価する上で重要なパラメタであり、波長毎の放射の絶対量を評価できれば、プラズマの各領域における放射要因を理解することが可能になる。このプラズマ放射はプラズマ周辺部のような比較的低温の領域では不純物からの広いエネルギー帯の光、例えば軟X線から可視光までのエネルギーの光が含まれている。プラズマ放射の要因を分離して、エネルギー損失に何の不純物が寄与しているか調査するためには同一視線上で可視光、真空紫外光及び軟X線領域の光放射をエネルギー別に測定する必要がある。プラズマ放射を計測する際に一般的に用いられているボロメータ[1]は図1のようにすべてのエネルギー帯の放射を金属箔の温度上昇として計測するため、全波長帯での放射パワーの総量を測定できるがエネルギー分離した情報を得ることが出来ない。他方、可視光、紫外光を選択的に計測する分光計や軟X線領域のみを計測する半導体検出器など狭いエネルギー帯を対象とした異なる検出器を併用すると、エネルギー帯別の計測は可能だが、空間的に同一の視線とならないため、同条件で放射パワーを直接計測し比較することはできない。

このような背景のもと、プラズマからの放射をエネルギー分離して計測可能な新たな計測器の開発を行っている。本新型計測器は従来のボロメータをベースに開発を行い、図2に示すように広いエネルギー帯での放射光を可視光、真空紫外光、軟X線の3つのエネルギー帯に波長分離して同一視線上で計測

し、それぞれの放射パワーの絶対値を計測・比較することを目的としている。本計測器ではフィルタと検出部を兼ねる検出薄膜を複数枚用いることで同一の視線上でエネルギー帯毎の放射パワーを分離して計測する。このため、検出薄膜についてプラズマ放射を透過させずに検出できる材料、厚さの選定が必要となる。これまでの検討で透過率の文献値、調達の容易さなどからいくつかの検出薄膜候補を選定してきたが、実際の計測器製作のためにはそれぞれの検出薄膜についてエネルギー帯毎の透過率を実測する必要がある。これまで、申請者はこれまでに可視光に対する検出薄膜の透過率の測定を行ってきたが、軟X線、真空紫外光領域の透過率測定に関しては、未測定であり、特に真空紫外光の透過率については文献も少なく、調達可能な検出薄膜で必要とする透過率特性が得られるかどうかの調査が必要であった。

本実験では3種類の検出薄膜に対して、フォトンファクトリーから発生する軟X線、真空紫外光をエネルギースキャンしながら照射し、エネルギー毎の透過率を測定した。

2 実験

この実験では透過率測定を行う検出薄膜として厚さ100 nmの窒化ケイ素薄膜、0.36 μmの炭素被覆膜(基材は100 nmの窒化ケイ素)、10 μmの白金箔の3種を用いた。それぞれの薄膜に対し放射光を照射し、薄膜後方に抜けてくる透過光のパワーをフォトダイオードにより計測した。得られた透過光のパワーと薄膜を通さず放射光を直接フォトダイオードに照射した際のパワーとを比較することで各薄膜について

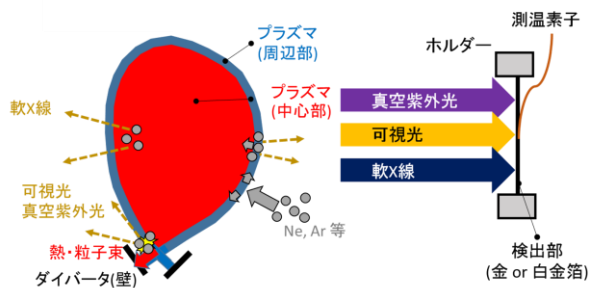


図1 従来のボロメータ概略図

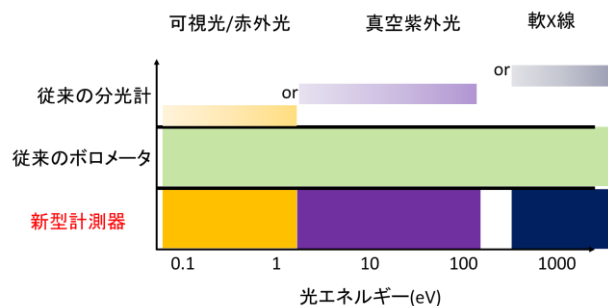


図2 開発する新型計測器の計測エネルギー帯

の透過率を求めた。測定は軟X線についてはBL-11Bで真空紫外光についてはBL-20Aで行い、それぞれ光子エネルギー1.7~5.0 keV、6~100 eVの範囲でエネルギースキャンしながら実験を行った。ビームタイムはそれぞれ2月15日9:00~16日9:00、3月1日9:00~21:00の合計1.5 Dayであった。

3 結果および考察

図3に100 nm窒化ケイ素薄膜に対する真空紫外光領域での透過率の測定結果を示す。色の違いは計測に用いた電流計のスケールまたは、回折格子を変えて計測したものを示す。測定結果により、100nmの窒化ケイ素膜では6~100 nmの波長帯の大部分で真空紫外光の透過率が2割以下であり、すなわち8割以上を吸収することが分かった。また、同様の測定を白金及び炭素膜に対して行くと、どちらについても全て吸収していることを確認した。また、軟X線領域の透過率測定では今回照射した軟X線領域のエネルギーの光全域で窒化ケイ素膜、炭素膜ではほぼ全て透過、白金箔では全て吸収されることが分かった。

今回の結果と事前に取得していた100 nm窒化ケイ素膜は可視光の7割以上が透過するといった透過率測定結果から、100nmの窒化ケイ素膜は可視、軟X線は透過し、真空紫外光を吸収することが分かった。この透過率特性は図2に示すような広いエネルギー帯の光から真空紫外光のみを分離して計測するために有効である。また、他の炭素膜、白金箔の検出薄膜についても軟X線を全透過、全吸収することを確認できたため軟X線の分離に使用することが可能である。

4 まとめ

プラズマからの放射光をエネルギー分離計測する新型計測器開発を目的として、検出部とフィルタを兼ねる検出薄膜の透過率測定を行った。

その結果、選択したそれぞれの検出薄膜について光のエネルギー分離計測に有効な透過率特性を持つことを確認することができた。特に文献のデータが少ない真空紫外光が、他の光を透過する窒化ケイ素薄膜で吸収できることがわかり、計測器検出部の設計を行う上で重要な知見を得た。

今後は、ここで得られたデータをもとに計測器を作成し、プラズマ計測への適用を進めていく。

参考文献

- [1] Mast K. F., *et al.*, Review of Scientific Instruments, **22**, 15 (1991).

*sano.ryuichi@qst.go.jp

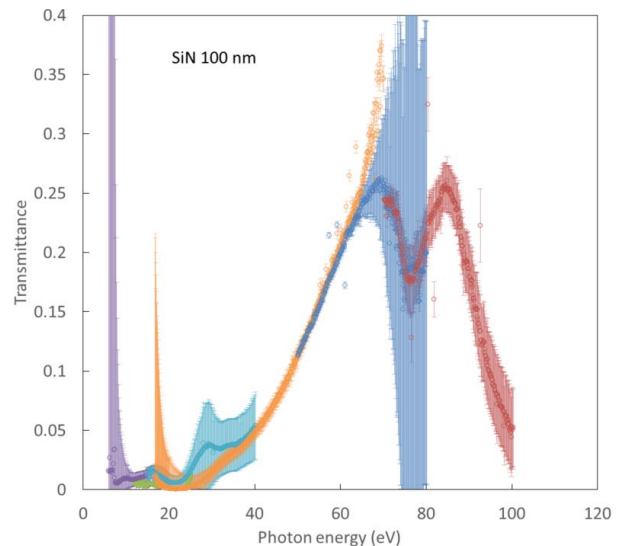


図3 真空紫外光透過率測定結果。エラーバーは使用した電流計のスケールごとの最小分解能相当の誤差を持つとして、透過率計算の誤差伝播より算出。