

酸素イオン共鳴散乱光を検出するポーラーウィンド撮像用極端紫外望遠鏡の基礎開発

Development of an EUV Telescope for Imaging the Polar Wind with the Emissions Resonantly Scattered by Oxygen Ions

山崎 敦 [1], 中村 正人 [1], 三宅 互 [2], 田口 真 [3], 滝澤 慶之 [4]

Atsushi Yamazaki [1], Masato Nakamura [2], Wataru Miyake [3], Makoto Taguchi [4], Yoshiyuki Takizawa [5]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 通総研, [3] 極地研, [4] 理研

[1] Earth and Planetary Phys., Univ. of Tokyo, [2] Earth and Planetary Sci, Univ. Tokyo, [3] CRL, [4] NIPR, [5] RIKEN

私達は極域電離圏からのイオン散逸過程を研究するために酸素イオン共鳴散乱光強度分布の二次元撮像が可能な望遠鏡の開発を進めている。望遠鏡の光学系は、ニッケルとフッ化マグネシウムをコーティングした反射鏡、インジウム薄膜フィルターと水素Lyman- α 吸収セルからなる。このうち厚み280nmのインジウム薄膜フィルターについて透過率測定と耐圧力試験を行った結果、波長83.4nmで0.09の透過率を持ち、最低600Paの圧力差に耐えることが分かった。

極域電離圏上空及び磁気圏尾部ローブ領域での粒子観測から、電離圏中の各種イオンが磁気圏へ散逸していることが明らかになっており、この散逸メカニズムの解明が地球惑星物理学にとって重要な課題となっている。ところが、その散逸過程および散逸経路は未だ解明されていない。これはこれまでの散逸粒子観測が人工衛星による直接観測に頼っていたため衛星軌道上各測定点での物理量しかわからず、散逸過程全体像を得たわけではなかったことに起因している。そこで私たちは、酸素イオンをトレーサーとし二次元観測を行うことのできる望遠鏡を開発し、散逸過程全体像を取得する研究を進めている。

酸素イオンは太陽放射光のうち波長83.4nmの極端紫外光を共鳴散乱しており、この強度分布を二次元撮像することによって散逸メカニズムを視覚的に捉えることが可能になる。しかしこれまで光学観測の対象にならなかったのは、光量が非常に少なく既存技術では検出困難だったこと、極端紫外光はガラスを透過できず集光が困難であること、近接波長域に非常に強い輝線があること、といった理由が挙げられる。以前私達が見積もったところ、極域電離圏から散逸する酸素イオンが共鳴散乱する光量は最大でも1Rと暗かった。そのため口径の大きい光学系で集光することが必要不可欠となるが、レンズ系を使えないため高い反射率を期待できない反射鏡に頼らざるを得ない。また、ジオコロナからは非常に強い水素Lyman- α 線（波長：121.6nm、強度：最大10kR）の放射があり、微弱な酸素イオン共鳴散乱光の検出を困難にしている。このコンタミを除去する波長選択能力の技術開発が重要課題となる。従って、理論的計算から有効とされる反射率波長依存性を持つアルミニウム基板にニッケルとフッ化マグネシウムをコーティングしたミラーと、バンドパス能力を持つインジウム薄膜フィルター、さらには水素Lyman- α 線測定用の水素Lyman- α 吸収セルを酸素イオン共鳴散乱光測定用に改良した水素Lyman- α 線のみを吸収する光学素子を用いた光学系が要求される。従来実用化されている吸収セルは、ガラス管の両端をフッ化マグネシウム(MgF₂)の結晶で密封したセルに水素ガスを充填し、セル中にフィラメントを置いた構造をしている。フィラメントでガスの温度を上げることによって水素分子を原子へ熱乖離させ、そこを透過した水素Lyman- α 線がセル内で吸収される仕組みである。しかしMgF₂は波長115nm以下の光は透過しないため、酸素イオン共鳴散乱光を吸収セルを通して検出するにはガス密封材・窓材をインジウム薄膜フィルターに変更する必要がある。

今回はインジウム薄膜フィルターについて基本特性を得るため、厚み280nmのものを購入し透過率波長依存性及び耐圧力性能を評価した。インジウムは非常に酸化されやすく透過率特性に影響があることが知られているため、まず透過率波長依存性の時間変化を調査した。購入したインジウム薄膜フィルターを窒素ガス中に保存し約二週間おきに極端紫外光領域の十数波長について透過率を測定したところ、波長83.4nmで0.090~0.084と求まった。また、購入直後の試験で既に透過率が低くその後の変化が少ないことから、購入時既に酸化されていたと推定された。さらに、時間経過に伴い透過率が徐々に低下しておりインジウム酸化進行の兆候を示した。次に、吸収セルの改良で課題となるインジウム薄膜フィルターの耐圧力性能について調査した。実用化されている吸収セルの水素ガス圧は400Paであるため、宇宙空間でフィルターがこの圧力で破れない強度を有している必要がある。そこでフィルターの両側に圧力差を作ることのできる実験装置を構築し、耐圧力強度試験を行ったところ、少なくとも600Paの圧力差まで耐えることを確認できた。この結果、従来の吸収セルと同じ水素ガス圧でインジウム薄膜フィルターを窓材として使用した吸収セルを製作可能であることが証明された。