

〔参考文献〕

- 1) Y.K.Kim and M.Inokuti, Phys.Rev.175 176(1968)
- 2) A.Skerbele et.al, J.Chem.Phys.58,4285(1973)
- 3) W.M.Huo, J.Chem.Phys.60,3544,(1974)

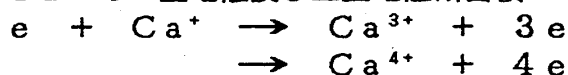
3. アルカリ土類金属イオンの電子衝突二重及び三重電離断面積

池 原 和 子

◆はじめに◆

電子-イオン衝突はプラズマ中の重要な素過程であり、特にプラズマ核融合や天文物理の分野より衝突過程の研究が求められてきた。電子-イオン衝突における電離過程には、大きく分類して衝突により直接外殻の電子が電離する過程と、自動電離を含むものがある。物理的には、この自動電離過程の電離断面積への寄与に興味を持たれている。我々のグループでは、特に内殻電子の励起及び電離にともなう自動電離の電離断面積への寄与に注目してアルカリ土類1価イオンの二重及び三重電離断面積の測定を行ってきた。

今回は、 Ca^+ の二重電離及び三重電離断面積



と Ba^+ の三重電離断面積



の測定を行った。

また、 Sr^+ の二重電離断面積が以前、同グループにより測定されたが Sr^+ ビーム中に多くの不純物が含まれていることが分っている。そのため、より信頼性の高い測定値を得るために質量分析器の改良を行い、 Sr^+ ビームの質量分析を行った測定を試みた。

以上の測定結果を中心に、アルカリ土類金属イオンの二重、三重電離断面積全般について他種イオンとの比較も含めて議論する。

◆実験装置◆

測定は交差ビーム法を用いて行われている。

装置(図1)はイオン源用と衝突実験用の2つの真空槽から成っている。イオン源用真空槽は、10インチの油拡散ポンプで 1×10^{-7} torr に、また衝突用真空槽はターボ分子ポンプとクライオポンプ

で $2 \sim 3 \times 10^{-9}$ torr まで排気されている。イオン源には表面電離型の物を用いており、イオンは加速電圧を与えられてレンズ系を通り、衝突領域へとビームとして引き出さ

れる。イオンビームは衝突領域で電子銃からの電子ビームと直交する。衝突後のイオンは平行平板型の電極分析器によって入射イオンと生成イオンとに分けられる。入射イオンはファラデーカップで電流として、また生成イオンは二次電子コンバーターを介して電子増倍管でパルス信号として検出される。イオンビームは粒子の密度が小さいため信号数が少ない。そのため Double Chopping 法を用いて真の信号とノイズとを分ける。また電子

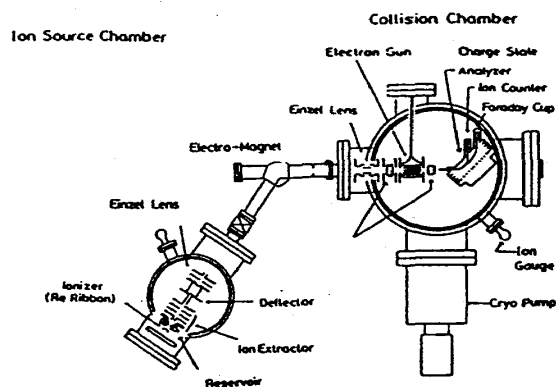


図1 装置図

の加速エネルギーを変える毎に形状因子の測定を行っている。形状因子はビームに垂直に切ったスリットを上下させることで測定している。

◆結果◆

Ba⁺ の三重電離 (図2) においては、衝突エネルギー110 eV付近から断面積が立ち上がっている、109 eVに内殻の4d電離しきい値があり、自動電離を伴った4電離が断面積に大きく寄与していると考えられる。内殻の4d電離断面積は大きな値を持ち形状共鳴的な構造を持つことが知られている。このような共鳴的な構造は、以前測定されたBa⁺ の二重電離断面積にも見られた。三重電離断面積このようなピークはみられなかったが (図3)、Ca⁺ の三重電離断面積に比べても分かるようにイオンの三重電離断面積としてはかなり大きな値を持つ事から、4d電離によるshack off等の寄与が考えられる。

Caの二重断面積 (図4) は、380 eV付近に内殻の2p電離によると考えられる肩が見られる。また二重電離の伸びきい値のすぐ上に内殻4s電離のしきい値がありこの寄与も考えられる。Ca⁺ の三重電離 (図2) は、断面積の値が小さく測定が困難だったため断面積の形については十分なデータが得られなかったが、ピーク付近での大きさが $\sim 10^{-19}$ cm²であることが分かった。Ca⁺ の二重電離断面積と比較してかなり小さいことから、逆にCa⁺ の二重電離は4s電離断面積によって特徴づけられていることが考えられる。

Ba⁺、Sr⁺、Ca⁺な二重電離断面積を比較してみると (図5)、内殻4d電子を持つBa⁺の断面積が特徴的な構造を持っていることがはっきりと分かる。またアルカリ金属1価イオン (Cs⁺、Rb⁺、K⁺) 及び希ガスの1価イオン (Xe⁺、Kr⁺、Ar⁺) の二重電離断面積と比較すると、Ba⁺に対してSr⁺、Ca⁺の断面積の相対値が比較的大きな値を持つ事が分かる。

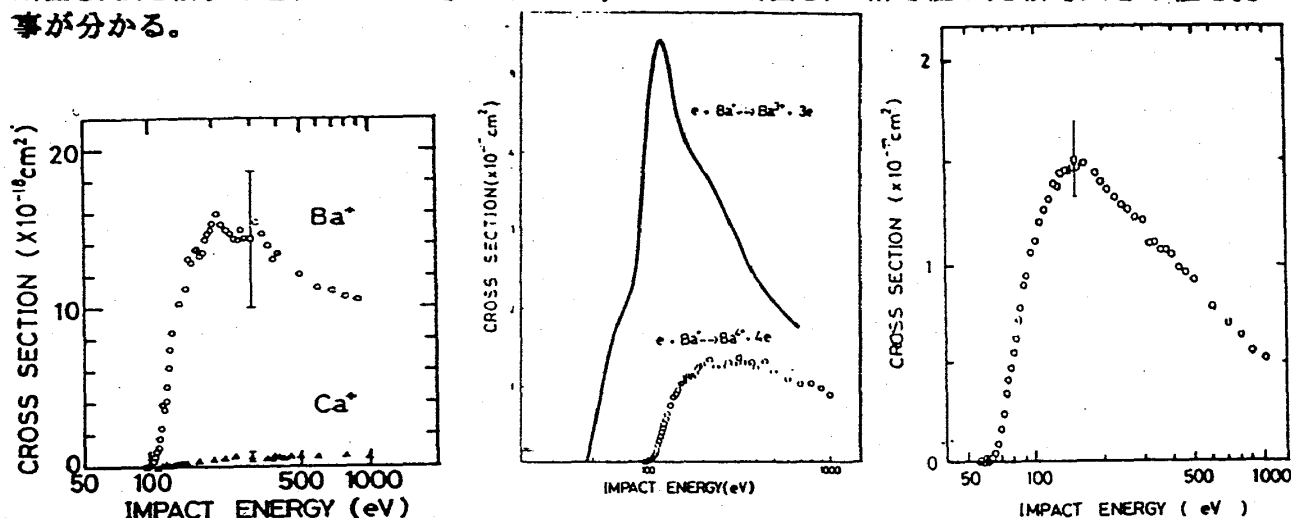


図2 Ba⁺ (O)、Ca⁺ (Δ) の三重電離断面積 図3 Ba⁺ の三重電離断面積 (O)、二重電離断面積 (—) 図4 Ca⁺ の二重電離断面積

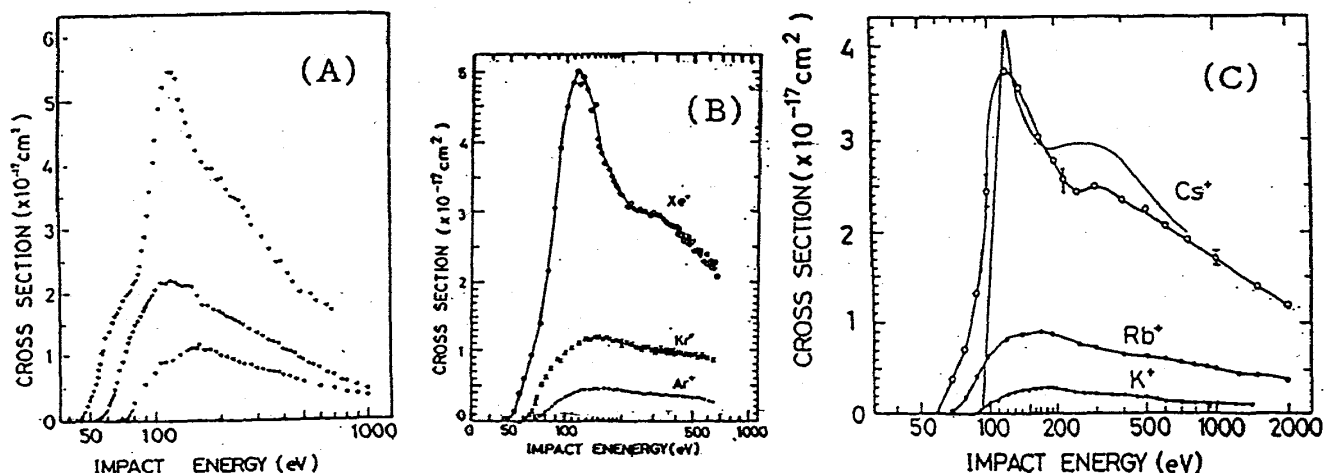


図5 アルカリ土類金属 (A)、アルカリ金属 (B)、及び希ガス (C) の1価イオンの二重電離断面積

- 1) T.Hirayama, A.Matsumoto, S.Otani, T.Takayanagi, K.Wakiya and H.Suzuki
J.Phys.Soc.Jpn.
- 2) B.Peat, J.R.A.Underwood and K.T.Dolder, J.Phys.B, 22, 1679(1980)
- 3) A.Mular et.al, J.Phys.B, 17, 1427(1984)
- 4) D.R.Hertring et.al, J.Appl.Phys, 53, 5427(1982)
- 5) D.W.Hughes and R.K.Feeney, Phys.Rev.A, 23, 2241(1981)
- 6) A.Muler and R.Prodl, Phys.Rev.Lett, 44, 29(1980)

4. 強誘電体単結晶の CCD 顕微鏡による分域観察

加 藤 浩一郎

《序論》

従来、強誘電体の分域の直接観察には、光学顕微鏡あるいは電子顕微鏡が使用されてきた。しかしながら、通常の光学顕微鏡では、倍率が1000倍程度が限界と言われ、その倍率では像が暗く、また収差除去用液体のために、サンプルの温度を変化させたり、電界をかけることはできない。また、電子顕微鏡も、操作の複雑さに加えて、電界等を印加することは困難である。このような問題点を解決し、強誘電体の分域のダイナミカルな挙動をとらえるために、本研究では、低倍率の対物レンズ($\times 20$)と高性能CCDを組み合わせることににより、モニター上の倍率が約1300倍で、非常に明視野の顕微鏡を構成した(fig. 1)。この顕微鏡を用いることににより、強誘電体等の結晶を薄く(100 μm 程度)し、さらに光学研磨することにより、容易にその分域構造を観察することができる。さらに、サンプルに電極を取り付けることににより、電界の印加も容易であり、また、サンプルと対物レンズ間の距離が十分とれるので、昇温用サンプルホルダーを取り付けることも可能である。さらに、CCDをVTRに接続することにより、観察結果をそのままビデオに録画することができる。

本研究では、これらの装置を使用して、複合ペロブスカイト酸化物のひとつである亜鉛ニオブ酸鉛とチタン酸鉛の固溶系単結晶について、温度を変化したときと、電界を印加した時の、それぞれの分域の動的な挙動をはじめて克明に観察し、ビデオに収めることができた。

我々は、ランダムなイオン配列を持つ複合ペロブスカイト酸化物が、なぜ高い誘電率、また誘電緩和現象を示すのかということについて研究を行っており、今回の分域観察はその一環である。

《実験》

今回の観察に用いた亜鉛ニオブ酸鉛とチタン酸鉛の固溶系単結晶の作製方法としては、フラックス法といわれる融剤を用いる方法を用いた¹⁾²⁾。この融剤には酸化鉛(PbO)を用いて、まず白金るつばに原料粉とPbOを1:1の比に入れ、密閉する。1200 $^{\circ}\text{C}$ で溶解させた後、毎時1 $^{\circ}\text{C}$ から5 $^{\circ}\text{C}$ の冷却速度で850 $^{\circ}\text{C}$ までゆっくりと降下させ、単結晶を成長させる。得られる単結晶は数センチにおよぶものもあり、形は不定形でバルク状である。fig. 2にこの単結晶作製のフローチャートを示した。この固溶系単結晶は、 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ を10mol%だけ PbTiO_3 に置換した組成物で、室温において菱面体晶と正方晶の相境界(モルフォトロピック相境界)があり、この近傍の組成物は優れた圧電性を示し、また電気機械結合係数も非常に大きい。この他にも、この固溶系の単結晶は、同じように菱面体晶-正方晶相境界において大きな圧電性を示すPZT系セラミックス(単結晶が得られない)に比べると、フラックス法を用いることににより大きな単結晶を容易に得ることができるという特長がある。 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ は、その誘電率の温度に対する変化から散漫な相転移を示すが³⁾⁴⁾、 PbTiO_3 を加えるに従い、シャープな相転移を示すようになることがわかっている⁵⁾。この固溶系の相図はfig. 3に示した²⁾。