



若者

雑 感

菅田 義英*

私は現在主として低速陽電子源の開発を行っております。以下ではこの陽電子の“有り難み”を紹介した後、現在の所感を簡単に記したいと思います。

陽電子はそれ自体安定して自然界に存在することはできず、これまで一部の物性研究での利用を別にすれば、高エネルギー、素粒子研究の場で生成、且つ利用されてきました。陽電子を広く物性、原子物理等の分野で利用するためには、多量のエネルギーの揃った陽電子が必要となります。陽電子源で発生するブロードなエネルギー分布をもつ陽電子を、一度高Z金属に入射させ、再放出される比較的エネルギーの揃った陽電子ビームを利用する技術が開発されて以来、これらの分野への応用も広く考えられるようになってきました。これまで陽電子源としては、主に β^+ 崩壊をもつRIが利用されてきましたが、最近ではより多量の陽電子を生成できる、電子線形加速器(LINAC)を用いる方法が注目されるようになってきました。私が開発研究を行っているのは、このLINACを用いる方法であり、これにより発生する陽電子を用いて原子物理、物性研究に利用する予定です。

陽電子の電荷が電子と逆であることを利用すると、電子では不明瞭な結果しか得られない現象に対しても、明瞭な結果を得ることが可能となり、また電子・陽子を使ってこれまで行われてきた散乱断面積等の計測結果を補うことが可能です。以下では電子の代りに陽電子を用いると何が判るかを具体的に記します。

陽電子を物性研究の為にプローブとして用いる場合、発生部は別として試料付近の電場の方向さえ変えれば、電子を使った装置がそのまま

利用できます。また陽電子が物質(固体)中に入射した時、主には表面電氣的2重層から受ける力が電子と異なり、外向き(真空側)となる為、陽電子に対する全体の仕事関数も負の方向になる、言換えれば外に出やすいことを意味しています。この性質を利用すると、固体に入射した電子が多重散乱され、非弾性散乱となるのに対し、低エネルギー陽電子では弾性散乱が主要なプロセスとなり、局所的な箇所での散乱される為、局所的な情報を得ることが出来ます。また、入射角度を浅くすることで、表面だけの情報を得ることも可能となります。また、一方で陽電子はその速度が0に近くなると電子と対消滅します。この時発生する γ 線は、ほぼ決ったエネルギーを持っている為、これを測定することで、対消滅する相手の電子の状態を知ることができます。これを利用すると、固体中で特に電子が多い部分、例えば空孔などの分布を調べることも可能となります。また陽電子は気体原子の電子や固体表面での電子と対消滅する前に、ポジトロニウム(陽電子と電子の結合した原子状のもの)を生成することもあります。このエネルギー準位を調べることは量子電磁気学の検証にもなります。また反陽子との相互作用により反水素原子を生成できるようになるかも知れません。陽電子に対するイオン、あるいは束縛電子との散乱断面積を測定し、電子、陽子での結果とを比較することも重要なことです。このように陽電子を用いることで、電子や陽子でははっきりしなかった問題に対しても、光明を投げかけることができるようになります。

このように様々な利点をもつ陽電子ですが、低速陽電子を得る上で問題もあります。陽電子ビームを得る為には、先に記したように β^+ 崩壊するRIを用いたり、高速電子の減速に伴い発生する、高エネルギー γ 線による対生成を利

*菅田義英(Yoshihide HONDA),大阪大学産業科学研究部,放射線科学研究部,放射線応用計測部門,助手,工博

用したりしますが、これらの部分を囲む材料の放射化が問題となります。これを避ける為にはAl合金等の半減期の短い材料を使用する必要があります。もう1つの問題は、利用できる陽電子数が電子に比べ圧倒的に少ないことが挙げられます。特に散乱現象を調べる為には、RIから発生する陽電子数 ($\sim 10^6/s$) では不足であり、更に強力な陽電子源が必要とされます。そこで考えだされたのがLINACを用いる方法です。この方法では $10^8/s$ 以上のビームを得ることが可能であり、現在幾つかの研究グループがその効率を上げるべく研究を行っています。この方法では、陽電子発生部で多量の放射線が発生する為、陽電子を別室へ輸送してから、それぞれの実験に供しなければなりません。従って、発生した陽電子の輸送途中での減少をできるだけ抑える必要があります。装置を開発する上でこのことを認識し、数値計算等を用いて、可能な限り最適なパラメーターを得るように研究を行っております。

これまで素粒子関係の研究に用いられてきました陽電子や反陽子、 μ -中間子等のエキゾチック粒子とよばれる物質は、そこでの生成、蓄積技術を有効に利用すべく、他の研究においても利用されるようになってきています。高速電子(陽電子)のストレージリングに対するシンクロトロン放射光の利用等は最たる例でしょう。陽電子に関しても、例えばLINACのストレージリングに蓄積した後のあき時間を利用して陽電子を生成し、別の用途に用いる試みが考えられています。このような粒子を用いることは、陽電子の例でも判るように、従来行われてきている研究を別の角度から研究するうえでも役立つことでしょう。

私の所属している産研放射線応用計測部門では、放射線(放射線と一口に言っても、このなかに光子や電子、イオン等の荷電粒子まで含めると、その意味する物は非常に多い)を用いた研究のなかで、特に荷電粒子と物質との相互作用(これには荷電粒子が物質中に入射したときに発生する光や、2次電子、あるいは γ 線により対生成される陽電子と物質原子との2次の相互作用まで含む)に研究主眼が置かれてい

ます。これらは純粋に学問的な興味からくるものもありますし、発生する光子や電子、陽電子を利用し、別の分野の研究にプローブとして用いたり、あるいはドシメトリーの為に用いようとするものもあります。チャンネリングの研究は前者に属するものですし、低速陽電子源の開発やECRイオン源の開発、IVDによる薄膜形成等は後者に属するものです。遷移放射光の測定はこの両方に属するでしょう。

私は大学院の時には、プラズマのMHD不安定性が研究対象でしたので、ECRイオン源との関連はあっても、陽電子とは無縁でした。ですからこの研究を行なっていく上でいろいろ戸惑うこともあります。しかし、特に目的をもった研究装置を開発するうえで必要なことは共通していると思います。それは研究意欲、技術的な問題は当然のこととして、研究目的をはっきり持ち、その為にはどうするのが最適であるかということ十分に検討してから行うべきだと思います。この準備段階での地道な労力が在ってこそ成功するものだと思います。研究を行う醍醐味の1つに研究途中で新たに興味ある問題を見出すことがあると思いますが、これはその時の楽しみとして、まずは目的遂行を第1と考え研究開発を行っていきたいと思っています。なお、下に陽電子に関する参考文献を挙げておきます。具体的な低速陽電子発生法はこれらのなかに示されています。

末筆ながら本欄に執筆を勧めて下さった高椋節夫教授に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 末岡 修: 日本物理学会誌, 42 (1987) 825.
- 2) 藤本文範, 兵頭俊夫: 固体物理, 22 (1987) 133.