

氏名	多 幡 達 夫 た ばた たつ お
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 224 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Backscattering of Electrons from 3.2 to 14 Mev (3.2~14MeV電子の後方散乱)

論文調査委員 (主査) 教授 四手井綱彦 教授 柳父琢治 教授 長谷川博一

論 文 内 容 の 要 旨

主論文は、厚いターゲットからの電子の後方散乱を主として実験的に取り扱ったものである。この課題は、電子エネルギーの低い領域については、実験データも多く、理論的取り扱いもあり、かなりよく理解されている。電子のエネルギーが 4 MeV より高くなると、実験データもとぼしく、低エネルギー領域での理論的計算も、この領域では成立せず、後方散乱の現象の全貌はまだ十分明らかではない。

申請者は、この問題をとりあげたもので、線型加速器からの 3.2~14 MeV の均一エネルギーの電子に対して、後方散乱電子の角度分布と後方散乱係数とを測定し、実験データの確立を行なった。また、測定結果にもとづいて現象の機構について、若干の考察を加えている。

線型加速器からの電子は、電磁石でエネルギー分析し、四重極磁石で収束させて、真空散乱槽へ導き、その中央に置かれたターゲット垂直に入射させた。この電子線束の広がり、角度で 0.05° 以下、エネルギーで約 1% である。散乱電子の検出には X 線補償型電離函を用いるとともに background に現われる X 線の除去に意をもちいている。また、各種の systematic な誤差についてのくわしい吟味を行なっている。

まず、ターゲットの厚さと角度分布および後方散乱係数との関係を調べている。この際電子エネルギーとして 6.1 MeV をとり、電子の飛程の $\frac{1}{2}$ 以下の数種の厚さの Cu, Ag および Au のターゲットを用いた。その結果、角度分布は、1.75 MeV における Frank の実験結果と同様に、ターゲットの厚さが薄いほど幅が広がる傾向が認められた。また、ターゲットの厚さと後方散乱係数との間の関係には、0.6~1.8 MeV で Koral and Cohen が見出した経験式が、この 6.1 MeV の場合にも適用できるが、式の中の 3 個のパラメーターの中、2 個の値を少し変えなければならないこと、および、そのパラメーターの中の α の値が、後方散乱電子中に混入している 2 次電子の高エネルギー成分の割合と関係するとしている。

次に、電子の飛程に較べて十分厚い Be, C, Al, Cu, Ag, Au および U のターゲットに対して、

3.2, 4.1, 6.1, 10.1, 14.1 MeV の各エネルギーで角度分布および後方散乱係数を測定した。その結果、角度分布の形の、ターゲット原子番号および入射電子エネルギーに対する依存性は、Dressel の結果と大体一致したが、後方散乱係数は一致せず、他の人々の測定結果と一致し、あるいはそれらと連続的につながる傾向を示した。したがって、Dressel と他の測定結果との相違の原因は、Dressel の実験方法の中にあると考えられ、そのいくつかの可能性を指摘している。

申請者がさきに提唱した角度分布の計算式に、拡散近似を適用し、"完全拡散の深さ" を調節パラメーターとして用いることにより得られる計算結果と、実測された角度分布と比較し、この計算方法が一つの有用な方法であることを見出した。また、この比較から、3.2~14 MeV の領域では、後方散乱への拡散成分の寄与に対する Sidescattering 成分の寄与の比が、電子エネルギーの増大とともに増大するという解釈を得た。なお、ターゲットの原子番号29以上の場合、角度分布の形は、電子エネルギーおよび原子番号にかかわらず殆んど一定であった。これは、エネルギーの増大とともに、Sidescattering 成分が相対的に増大して分布の幅を広くする傾向と、拡散成分の幅が次第に狭くなる傾向とが相殺し合っているためであるとしている。

前記の測定結果と従来のデータを合わせて考察することによって、十分厚いターゲットに対する後方散乱係数 η を入射電子エネルギー E_0 (≥ 1 MeV) およびターゲット原子番号 Z の関数として表わす経験式を見出した。この式が実測値から明瞭にずれるのは、 $\eta \leq 2$ %となる $Z \leq 6$ および $Z/E_0 \geq 2$ MeV⁻¹ の場合であり、このずれの原因にも、先に述べた2次電子の高エネルギー成分が関係しているとしている。

参考論文1~10は、いずれも電子線に関する研究で、後方散乱電子のエネルギー分布、ならびに電子線の各種 monitor についての報告である。参考論文11は放射線損傷に関するもの、12および13は原子核反応を取り扱っている。

論文審査の結果の要旨

電子が物質層を通過する際におこる個々の素過程は、かなりよく理解されており、電子の輸送の問題は、大抵の場合理論的計算でとくことができる。厚い固体ターゲットからの電子の後方散乱についても入射電子のエネルギーが4 MeV 以下の場合には、各種の計算が試みられている。しかし、それらの取り扱い、いずれも困難と限界を伴い、より高いエネルギー領域の電子には成立しない。また、4 MeV 以上のエネルギー領域については、実験データもとほしく、後方散乱の全貌は十分理解されていない。

最近 Dressel が0.5~10 MeV のエネルギー領域の電子について、後方散乱係数の測定結果を報告しているが、その値は従来の測定値よりも50%あるいはそれ以上大きくなっている。したがって、数 MeV 以上のエネルギー領域での後方散乱の問題を解明するためには、精度の高いよく吟味した実験を行なうことが必要である。主論文で、申請者はこの点に留意して、十分信頼できる測定を行なっている。

測定は、入射電子のエネルギー3.2~14 MeV の領域について後方散乱の角度分布と、散乱係数とについて行ない、はじめて、このエネルギー領域における後方散乱の現象を、実験的に明らかにした。また、その測定値は標準的な値として、今後実用に供し得るものである。

これらの測定値をもとにして、十分厚いターゲットに対する後方散乱係数を入射電子のエネルギー E_0 ,

およびターゲットの原子番号 Z の関数として表わす経験式を見出している。この経験式は $Z \leq 6$ および $Z/E_0 \leq 2 \text{ MeV}^{-1}$ の場合には成立しないが、つぎに述べる Koral and Cohen の式とともに、各種のターゲットからの後方散乱係数を計算し得る式をみちびいたものである。

また、ターゲットの厚さと後方散乱係数との間に、低エネルギー領域で Koral and Cohen が見出した経験式が、その式に含まれているパラメーターの値を一部修正することによって、高いエネルギー領域にも成立することを明らかにした。

さらに申請者は、角度分布の検討から、後方散乱機構の解釈を試みている。すなわち、この現象には電子の拡散の条件が成立すると仮定し、`完全拡散の深さ` を調節パラメーターとして角度分布を求めた。その結果を実測値と比べることによって、このエネルギー領域では、拡散成分の寄与に対する Sidescattering の成分の寄与の比が、電子エネルギーの増大とともに増大するものと解釈している。この問題はなお検討を必要とするが、後方散乱現象の理解を一步進めたものである。

これを要するに、申請者の主論文は、実験資料のとほしかった高エネルギー領域の電子の後方散乱現象を実験的に解明したもので、合わせて、その散乱機構について一つの考え方を提出したものである。参考論文も主として電子線の諸問題を取り扱った興味ある成果である。

以上のように、申請者は、放射線物理学の分野に新しい知見を提供し、その発展に重要な寄与をなしたものである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。