

氏 名(本 籍)	鈴 ^{すず} 木 ^き 良 ^{りょう} 一 ^{いち} (山 形 県)
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 707 号
学位授与年月日	平成 3 年 7 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
審 査 研 究 科	工 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	陽電子を用いた新しい物性測定法の研究
主 査	筑波大学教授 工学博士 奥 田 重 雄
副 査	筑波大学助教授 工学博士 谷 川 庄 一 郎
副 査	筑波大学助教授 工学博士 水 林 博
副 査	電子技術総合研究所量子放射部長 理学博士 富 増 多 喜 夫

論 文 の 要 旨

陽電子は電子の反粒子であり、電子と同じ質量・スピンを持つが、電子とは逆の正の電荷を持っている。このため、陽電子は、物質中では原子核から遠ざかろうとし、電子とは異なった振舞いをする。また、陽電子は電子と対消滅して γ 線を放出する。この陽電子の特異な性質を利用することにより、物性を測定するプローブとして光・電子・イオン等の他の粒子による測定法とは異なったユニークな情報を得ることができる。陽電子を用いた物性測定法として、これまで、放射性同位元素から放出される陽電子を利用する寿命測定、消滅 γ 線ドップラー拡がり測定、 γ 線角相関測定等が一般的であった。陽電子寿命測定は放射性同位元素からの陽電子の放出と同時に出る γ 線をスタート信号とし、陽電子が物質中で消滅した時に出る γ 線をストップ信号としてその時間差を測り、その時間スペクトルから陽電子の寿命を決めるものである。測定対象物質中には、そのバルクとして固有の寿命や欠陥に固有の寿命があり、測定した分布をいくつかの成分に分解して解析することにより、欠陥の濃度等定量的な測定が可能である。しかし、放射性同位元素から放出される陽電子はエネルギーが高くかつエネルギーが揃っていないため入射深さをコントロールできず、バルク試料全体として平均化された寿命しか測定することができなかった。一方、消滅 γ 線ドップラー拡がり測定、角相関測定は、どちらも陽電子と消滅した相手の電子の運動量成分を測定するものである。ドップラー拡がり測定は、半導体検出器により検出され、 γ 線の放出方向に平行な運動量成分を測定することができる。これに対して、角相関測定は、 γ 線の放出方向に垂直な運動量成分を測定できる。しかし、消滅 γ 線の π からのずれは、数mradであり、フェルミ面の形状などを明らかにするには1 mrad以下

の分解能でこの角度を測定する必要がある。そのため、試料と γ 線位置検出器の間の距離をかなり長くしなければならず、計数率が低く、測定時間の長くなる測定であった。また、この測定法で得られる結果は、積分された分布であるため、フェルミ面の3次元のトポロジー等を議論することは難しかった。

本研究では、従来の陽電子を用いた物性測定法にあった欠点や測定の制約を克服するため、新たに装置や解析法を開発し、これらを用いていくつかの物質について測定を実施し、その有用性を確認した。

主な結果は以下の通りである。

1. 陽電子消滅 γ 線2次元角相関測定装置の開発とそのデータからの3次元運動量分布およびフェルミ面の再構成法の開発

本研究では、1対の2次元の γ 線位置敏感検出器とその駆動機構および測定制御系からなる2次元角相関測定装置を開発した。 γ 線位置検出器は、片側128個のBGOシンチレータと小型光電子増倍管の検出器アセンブリを16mm毎の格子状のスリットの後ろに配置した方式で、位置分解能が高いうえに、分解時間が世界で最も短い点に特徴がある。256個の検出器のそれぞれにスケーラーがついており、それぞれの検出器の検出効率の補正および異常の有無のモニターができるという点で、他の方式にはない特徴がある。2次元角相関測定で測定される分布は、3次元の運動量分布の γ 線の放出放向に積分された分布であるため、この分布から直接フェルミ面の形状等を議論することは難しかった。本研究では、この角相関の分布をいくつかの異なった方向から測定し、画像再構成法の手法を開発し、3次元の運動量分布を求める方法を開発した。これらの独自の開発をTi, Zrに適用した結果、現在最高水準と考えられる理論計算の結果と良く一致する実験結果を得た。その詳細が本論文に詳述されている。

2. リニアックを利用した高強度低速陽電子ビームの発生・制御およびこのビームを用いた新しい物性測定法の開発

電総研の電子リニアックを利用して、高強度の低速陽電子ビームを発生・制御し、高強度の直流陽電子ビームの発生に世界で初めて成功した。さらに、この低速陽電子ビームを短パルス化し、陽電子寿命測定と γ 線ドップラー拡がり測定を同時に行うことに成功した。加速器で発生させた低速陽電子による陽電子寿命測定は世界で初めてであり、エネルギー可変の低速陽電子短パルスビームとしては世界最高強度のビームが得られた。寿命測定の時間分解能は従来の寿命測定と同じ程度で、計数率およびピーク/バックグラウンド比は従来のパルス化陽電子による陽電子寿命より数倍高く、種々の応用例が論文中に詳述されている。

審 査 の 要 旨

従来の陽電子消滅法の欠点や制約を克服するために、新方式の陽電子消滅 γ 線2次元角相関測定装置の開発、3次元運動量分布の再構成法の開発、電子リニアックを利用した高強度低速陽電子ビー

ムの発生・制御を行い，それを種々の物性測定への応用に成功したもので，工学博士学位論文として高く評価できる。

よって，著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。