

氏名	丸橋晃 まるはしあきら
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1030号
学位授与の日付	昭和53年1月23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	小型半導体線量計の開発と応用に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 兵藤知典 教授 向坂正勝 教授 清水 栄

論文内容の要旨

本論文は、時間的にも空間的にも大きく変化する放射線場に置かれた物質の内部の放射線量の測定を可能とする、半導体を応用した小型での取扱いの簡便な線量計の開発と応用に関する研究をまとめたものであり、序章、本文5章、終章より構成される。

序章では、線量測定の社会的、学問的な必要性、線量当量の定義、生体に対する放射線照射に対し小型線量計の必要性、これに対し著者がシリコンダイオードを応用して小型線量計を開発したことなどの概要が述べられている。

第1章では、著者は小型線量計について、放射線治療の研究との関連、小型線量計の開発の歴史を概説し、小型線量計に要求される性質について詳細に論じている。放射線治療では、患部に必要な線量を照射すると共に、必要でない健全な部分にはなるべく少ない線量であることが望まれている。著者はこの方面の研究に小型線量計が大きく寄与するであろうことを述べている。小型線量計に要求される性質として、荷電粒子平衡条件の達成についてX線と荷電粒子について、またLET依存性について論述している。これらのことから線量計として評価される特性として次のものをあげている。線量率、線量、放射線エネルギーのいずれかに対する良好な信頼性、放射線入射方向、環境温度に対する安定性、繰返し使用の安定性、素子間の同等性、経済性、簡便性であるとしている。

第2章には、著者の行なった線量率計素子に適した半導体ダイオードを得た研究の経過と、これを連続X線測定に用いた場合の諸特性について述べている。研究の当初半導体の各種特性のうち線量計素子として使用可能のものを見出すためダイオードを自作した。照射中変化した諸特性は照射打ち切り後回復が早く、時間に対し積分型の線量計としては使用出来ず、むしろ刻々の線量変化を記録する微分型の線量率計として優れた特徴があることに気付いた。多くの市販のダイオードの中から、高逆耐压接合型ダイオードが最も適しているとの結論を得た。以下の測定はすべてこの型のものを検出素子として使用した。

連続X線に対する特性の測定は、バンデグラフ型電子加速器で加速した電子により発生したX線で照射し、この素子の誘起電流とガラス線量計による測定値と比較することで較正を行なった。その結果 10^2R/h より 10^6R/h までの線量率の範囲で良好な直線性を有することが判明した。方向依存性は、素子の軸のまわりの回転については、感度はほぼ一様、これと垂直な軸のまわりの回転に対しては $\pm 10\%$ 程度の感度の変化であり、十分実用になりうることが判明した。また著者は空乏層の厚さの推定を行ないシリコンに対する吸収線量を推定している。

第3章には、高エネルギー電子測定用に改造された素子を用い、バンデグラフ型加速器で加速された電子の線量測定を用いた研究について述べている。この研究で、加速器のターゲット部に直径2mmの穴をあけ、電子のコリメータとし、このコリメータの効果もあわせて測定した結果についても述べている。電子エネルギーが $0.8\sim 1.8\text{MeV}$ の領域で1個の入射電子当りの有感層の吸収エネルギーはほぼ一様であること、このエネルギー範囲内で加速器電流と素子内に誘起される電流の比は直線性を持つこと、放射線損傷は 10^8rad まで観測されなかったことを述べている。電子に対する有感層の厚さは約 $90\mu\text{m}$ であるとし、1入射電子当りの吸収エネルギーを推定し、体組織中における線量への換算の実験を示している。

第4章には、第2章と第3章で述べた線量率計を用いて、バンデグラフ型加速器の加速管内の高速電子の分布の測定と、鉄および金ターゲットより発生するX線の分布の測定に応用したことについて述べている。計算により得られたX線の分布と実験値を比較したところ、加速管内の電子分布を考慮に入れた計算値の方が考慮しないものより良い一致が得られたことを述べている。

第5章には、陽子線測定用に素子を改造し、陽子線の水中における分布の測定に用いたことを述べている。市販の高逆耐圧接合型シリコンダイオードの電極を取除き、側方につけ、マイラ膜でおおった線量率計素子を作った。これにFMサイクロトロンからの 52MeV 陽子ビームを入射させたところ、 1.8nA より少ない電流では、素子に誘起される電流は、陽子ビームに比例することを示している。このビームを水槽に入射させ、測定を行なったことが述べられている。

終章においては、本線量率計の今後の人体中の線量測定のための改良の方向、他の応用への展望などが述べられている。

論文審査の結果の要旨

半導体ダイオードは放射線の検出器としてしばしば使用されている。その多くはX線、 γ 線、陽子線、 α 線などのスペクトロメータ用として特殊な形状に製作され、高価なものである。

著者は、半導体ダイオードを放射線量の測定に応用するため、自作および一般市販の弱電回路用の半導体ダイオードを用い、放射線照射中の諸特性の変化を測定し、市販の高逆耐圧型シリコンダイオードが小型で精度のよい線量率計として使用しうることを見出した。著者は本研究により次のような知見を得ている。

(1) バンデグラフ型電子加速器により加速された $0.6\text{MeV}\sim 1.8\text{MeV}$ の単一エネルギーの電子により発生したX線を照射するとき、素子内に誘起される電流は 10^2R/h より 10^6R/h までの線量率の範囲で良好な直線性を有する。

- (2) 積分線量に対しては1,500R まで直線性を有する。
 - (3) 素子の軸のまわりの回転に対しては感度は一様、これと垂直な軸のまわりの回転には±10%の感度の変化であり、ほぼ等方性の感度と見なし得る。
 - (4) 電子線測定用に改造した素子は、入射電流と誘起電流とが良い比例関係を示す。
 - (5) 有感領域を推定したところ、X線に対しても電子線に対してもほぼ同じ値を得た。これにより有感領域内のエネルギー吸収と誘起電流の関係を求めることが出来た。
 - (6) X線用素子で、バンデグラフ加速器の鉄および金ターゲットから発生するX線の分布を測定し、X線用小型線量率計として使用しうることを示した。
 - (7) 加速管内およびコリメータを通し加速管外に導いた電子の分布を測定し、電子線用小型線量率計として使用しうることを示した。
 - (8) 陽子線測定用に改造した素子は、52MeV の陽子ビームの入射に対し、1.8nA より少ない範囲では、素子に誘起される電流は陽子ビーム電流に比例することを示した。
 - (9) 水槽中に入射させた陽子ビームの軸上では、良好なブラッグの曲線を得た。このことは陽子の線量計としても有効であることを示している。
- 著者は、安価に大量生産された半導体ダイオードから、小型の線量率計として使用しうる型を見出しX線のみならず適当な改造で電子線、陽子線にも使用可能であることを示した。またこれらの測定値から有感層の厚さの決定を試み、1個の電子当りのシリコンに対するエネルギー損失を求めた。X線と電子の分布測定の結果を計算値と比較することにより、計算コードの正当性を評価した。これらのことは学術上實際上寄与するところが少なくない。
- よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。