

半導体素子を利用した大線量測定法の開発

大阪府立大学附属研究所

放射線科学研究センター 中村 茂樹、岡本 信一

1. 後遺性放射線損傷効果を利用した小型線量計
ツェナーダイオード (ZD) と接合形電界効果
トランジスタ (JFET) を小型の線量計として
用いる方法を開発した。大量の不純物を添加した
pn接合の被曝による降伏電圧の増加と線量との
関係を利用している (図1)。

小型であり高温雰囲気での使用も可能である。

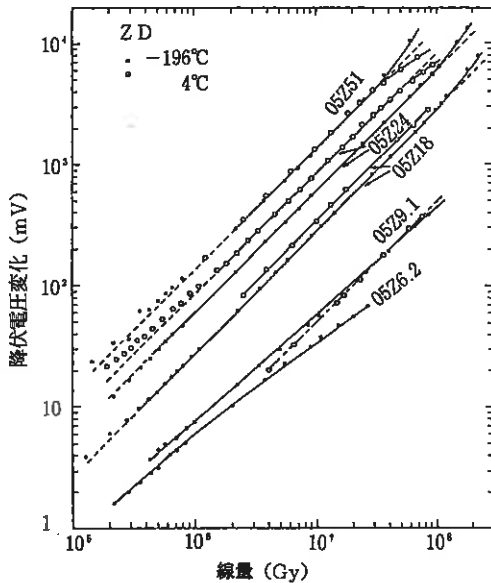


図1 γ 線に対する線量応答性

ZDは基準電圧用として多種の素子 (2~51V, 35種) が市販されており、入手も容易で安価である。利用目的から考えて廃品種となる心配もなく、特性の改善されている方向 (小型化、低雑音) が線量計としての精度の向上につながっている。液体窒素温度で測定すれば、電圧ドリフトや照射による漏れ電流成分が抑制でき、pn接合部の空乏層のみの情報、すなわち空乏層幅の減少 (多数キャリアの減少) を降伏電圧変化として有効に引き出し得ることが分かった。

(図2) は漏れ電流の多いJFET (チャン

ネルゲート間) の降伏特性である。照射による

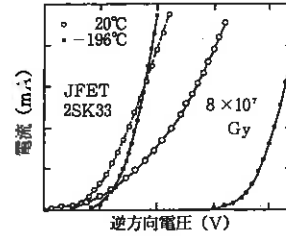


図2 照射前後の降伏特性

変化は、低温で測定するほど大きいことが分かる。従来よりも千倍の大線量を測定することができ、測定系も高価な計測器を必要としない簡便なものである (図3)。

小型である特徴を活かして複雑な形をした原子炉用部品、人工衛星に搭載する半導体部品などの

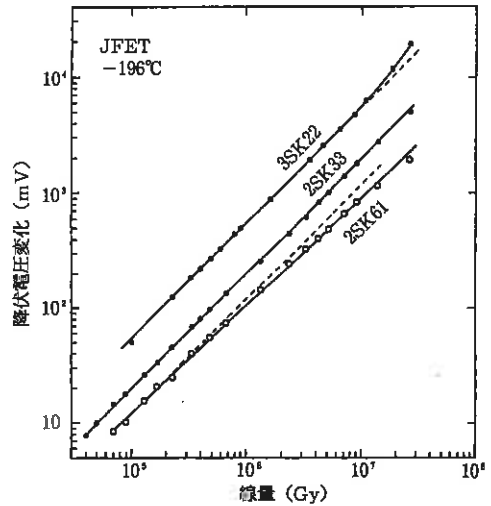


図3 γ 線に対する線量応答性

耐放射線試験を行う上で、各部位の照射線量を正確に測定し、放射線損傷について正しい情報を得るために有用である。

現在までは、主に強度の安定なコバルト線源を用いて基本特性の検討を行ってきた。その結果、

欠陥の生成効率が低いという不利な条件にもかかわらず、一定の再現性のある結果を得た(図4)。さらに、不安定で複雑な分布を示す電子ビームに対して使用する目的で、エネルギー、照射温度依存性などについて精密測定を行う必要がある。

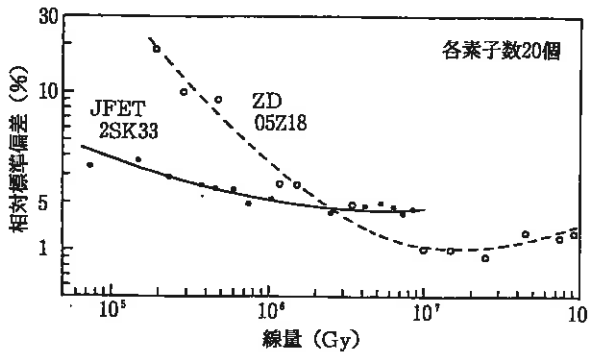


図4 測定値のばらつき

2. ダイオードの電離電流を利用した積分線量計の開発

シリコンダイオードを小型プローブとして用い、全個体形電荷積分素子と組み合わせて、中線量以下の領域で積分線量計として使用する方法を開発した。従来のようにオペアンプやコンデンサーを使用しないため、電源も不要である。また、水中照射の場合には防水処理が容易である。積分素子のサイズは1cm角であり、5MGy以下では特性が変化しないので、ダイオードのみの特性を考慮すればよい。測定精度もよく、リアルタイム測定が可能である(図5, 図6)。複雑な形状をした線源の強度分布測定に適している。

今後、放射線環境場で使用される各種材料及び機器などの研究開発のためには、大線量用線源として電子線加速器が重要な役割を担うだろう。それらを有効に利用するためには、被照射物各部位の照射情報を加速器にフィードバックし、ビーム量、照射時間、照射野などを制御する必要がある。上記の線量計はそれを実現するための足がかりとなる(表1)。

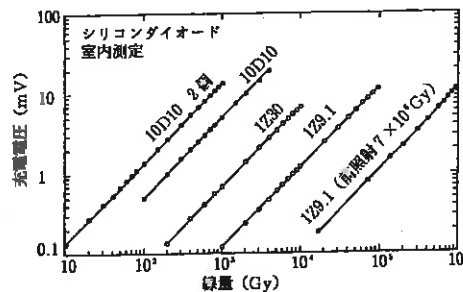


図5 γ線に対する線量応答性

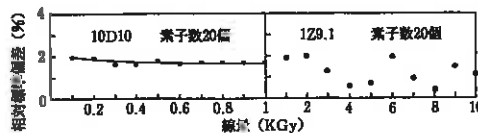


図6 測定値のばらつき

表1 半導体素子を利用した線量計

種類	測定範囲	適応性	再現性	測定温度	サイズ	読み取り時間	装置
ZD	10 ⁶ ~10 ⁸ Gy	γ、X、e (1MeV<)	±5%	-196℃	1.9φ×3.8mm	2分	定電流電流 デジタルボルトメータ
JFET	6×10 ⁴ ~10 ⁷ Gy	γ、X、e (1MeV<)	±5%	-196℃	4×5×6mm	2分	〃
Siダイオード	10~5×10 ⁴ Gy	γ、X (100keV<)	±2%	室温	2.5φ×5mm	1分	デジタルボルトメータ