

薄いラジオクロミックフィルムとモンテカルロシミュレーションによる深度線量分布を利用した超低エネルギー電子線照射におけるエネルギー付与量の評価

Energy deposition evaluation for Ultra low energy electron beam irradiation system
by using thin radiochromic film and simulated depth dose distribution.

*松井信二郎¹, 渡邊祐貴², 森田一平², 近藤淳一², 服部剛明², 稲鶴和也², 石川昌義², 森芳孝¹
¹光産業創成大学院大学, ²浜松ホトニクス株式会社

加速電圧 50-70 kV の超低エネルギー電子線照射によって、材料と厚さの異なる 3 種類のラジオクロミックフィルム線量計の吸収線量を測定し、線量計の測定値とモンテカルロシミュレーションで得た深度線量分布を用いて、応答関数の非線形性を補正した。結果、厚い線量計の実測値とシミュレーションで得られた深度分布から予測された薄い線量計の線量値は、薄い線量計の測定値と誤差 1 σ の範囲内で一致した。シミュレーションの深度線量分布はフィルム線量計より薄い領域の線量を計算するために有効であることが分かった。

キーワード: 線量測定、低エネルギー電子線、ラジオクロミックフィルム、モンテカルロシミュレーション

1. 緒言

超低エネルギー電子線の吸収線量測定ではフィルム線量計内部で勾配の大きい深度線量分布をもつ。このことは線量計応答から換算される吸収線量値に応答関数の非線形性が反映されないこと^[1]や、線量計の厚さ全体で吸収線量が平均化されることで、線量計よりも薄い表面付近の線量を求めたい場合には線量が過小評価されてしまう問題を引き起こす。本研究では照射条件毎にモンテカルロシミュレーションによって求めた深度線量分布を適用することで上記課題の解決を試み、その適用性を評価した。

2. 実験

加速電圧 50, 60, 70 kV での電子線照射における吸収線量を材料、厚さの異なるラジオクロミックフィルム線量計 (FWT-60-1SP: ナイロン 47 μm , FWT-60-810: ナイロン 11 μm , GEX B3: アラニン 18 μm) で測定した。深度線量分布はモンテカルロ電子輸送計算コード PENELOPE により計算された。PENELOPE が計算した深度線量分布の妥当性を検証するために 3 つの実験を行った。

- ① 厚さ 47 μm の線量計の応答値とその深度線量分布から材料が同じ厚さ 11 μm の線量計の吸収線量を計算した。47 μm 線量計による計算値は測定誤差 σ の範囲内で 11 μm 線量計の実測値と一致し、PENELOPE で計算された深度線量分布が再現されていることを確認した。(図 1)
- ② 11 μm 以下の深度分布の再現性を検証するため、3 種類の線量計で測定値と各条件における深度線量分布から表面 1 μm の水相当吸収線量 D_{μ} ^[1] を計算した。各 D_{μ} 値は測定誤差 2 σ の範囲内で一致した。(図 2)

3. 結論

PENELOPE は本研究の範囲内では 50 kV-70 kV 照射におけるラジオクロミックフィルム線量計の深度分布を再現している。フィルム線量計の測定値とシミュレーションの深度分布を併用することで、線量計の応答関数の非線形性を補正し、フィルム厚さより薄い領域の線量を見積もることが可能である。本研究で用いた手法は、産業用超低エネルギー電子線照射プロセスにおいて、高エネルギー電子線などで校正されたラジオクロミックフィルムの相対線量によるプロセス管理または設計を行う場合に有効である。

参考文献

[1] J. Helt-Hansen, A. Miller, P. Sharpe, B. Laurell, D. Weiss, G. Pageau, D_{μ} - a new concept in industrial low-energy electron dosimetry, Radiation Physics and Chemistry 79 (1) (2010) 66-74.

*Shinjiro Matsui¹, Yuki Watanabe², Ippei Morita², Junichi Kondo², Takeaki Hattori², Inazuru Kazuya², Masayoshi Ishikawa², and Yoshitaka Mori¹

¹The Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, ²Hamamatsu Photonics K.K.

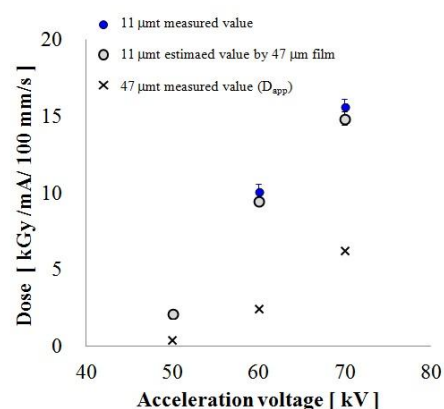


図1 厚い線量計と深度分布から求めた薄いフィルムの線量値と実測値の比較

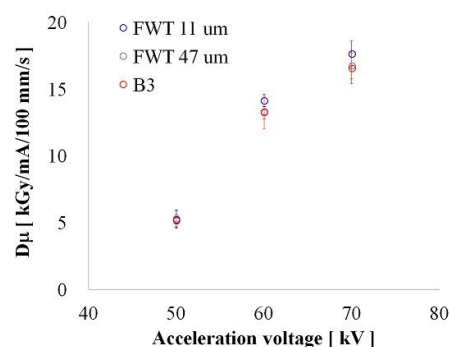


図2 測定値と深度線量分布シミュレーション結果から計算された3種類の線量計の D_{μ} 値