耐放射線性カメラ用撮像素子の照射劣化挙動

Irradiation Degradation Behavior of Image Sensor for Radiation-resistant Camera

武内 伴照[1]，*田中 茂雄[2]，渡辺 恭志[3]，大塚 紀彰[1]，小沢 治[2]
駒野目 裕久[2]，上野 俊二[4]，土谷 邦彦[1]
[1]原子力機構，[2]池上通信機，[3]ブルックマンテクノロジ，[4]東京ニュークリア・サービス

耐放射線性カメラの開発の一環として、撮像素子の駆動電圧と光電変換特性との関係を調べ、感度より飽和電荷量の確保を優先した電圧によって、暗電流増加による画質劣化を軽減しうることを明らかにした。

キーワード：耐放射線性カメラ，γ線，撮像素子，フォトゲート、駆動電圧，暗電流、感度、飽和電荷量

1. 緒言

原子力発電所における監視システムの高度化の一環として、過酷事故時にも使用可能な耐放射線性カメラの開発を行っている。既存カメラのγ線照射試験結果から、照射による画質劣化の主因は撮像素子内の暗電流増加であることが明らかとなった[1]。本研究では、発生した暗電流による画質劣化を軽減すべく、撮像素子のフォトゲート駆動電圧が光電変換特性及び画質に与える影響を調べた。

2. 実験

対象材は、3 トランジスタ型で光電変換部にフォトゲート(PG)と呼ばれる電極を有する撮像素子(3TPG)を用いた。まず、照射前に PG の駆動電圧を 0～-1.6V の範囲で変化させながら光電変換特性を取得し、感度や飽和電荷量の依存性を調べ、コントラストが最も明瞭な最良の画質が得られる電圧は、画像輝度が飽和に至る電荷量(飽和電荷量)が最少、すなわち感度が最大となる-1.6V と決定した。次に、約 1kGy/h のγ線照射環境下でテストチャートを撮影し、0～-1.6V の範囲で PG 駆動電圧による画質を比較した。

3. 結果・考察

図 1 に照射中における PG 駆動電圧-1.6V 及び 0V 時のテストチャート画像を示す。-1.6V では、11 階調の白黒テストバーのうち、白側の 4 階調分はコントラストが失われた。一方、0V にすると、全 11 階調のコントラストが復帰するとともに、-1.6V 時よりも黒色バーの白浮きが軽減し、良好な画質が得られた。

こうしたテストチャート画像の変化をより詳細に調べるため、照射中の白色及び黒色バーの輝度レベル及びその差分であるダイナミックレンジについて、コントラスト復帰が見られた 0～-0.8V の範囲で PG 駆動電圧による変化を取得した。結果を図 2 に示す。白レベルは PG 駆動電圧による変化はほとんど見られなかったが、黒レベルは-0.2V 時に最も低く、ダイナミックレンジが最大となり、最良の画質を得る PG 駆動電圧値は飽和電荷量を優先した条件であることが明らかとなった。

これらの結果から、放射線環境下では、通常の環境における撮像素子 PG 駆動電圧の最適値とは異なり、感度よりも飽和電荷量の大きさを優先することで、暗電流増大による画質劣化を軽減しうることが示唆された。

なお、本研究は、経済産業省資源エネルギー庁からの受託事業として実施している「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業（特殊環境下で使用可能な監視システム高度化）」の成果である。

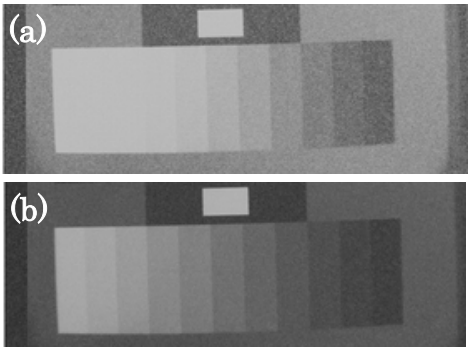

図 1. 照射中に PG 駆動電圧を(a)-1.6V、(b)0V とした時のテストチャート画像

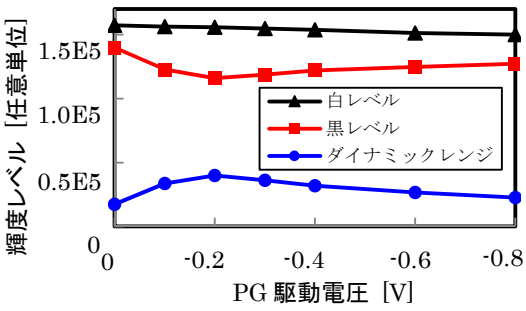

図 2. 照射中の PG 駆動電圧と輝度レベルとの関係

参考文献

[1] T. Takeuchi et al., Proc. 6th International Symp. on Material Testing Reactors (2013).

Tomoaki Takeuchi[1], *Shigeo Tanaka[2], Takashi Watanabe[3], Noriaki Otsuka[1], Osamu Ozawa[2], Hirohisa Komanome[2], Shunji Ueno[4], Kunihiko Tsuchiya[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]Ikegami Tsushinki Co., Ltd., [3]Brookman Technology, Inc., [4]Tokyo Nuclear Services Co., Ltd.