

高電圧下におけるAuグリッドのコントラストの変化について

電子技術部 電子材料チーム 安井 学
平林 康男
機械制御技術部 機械制御チーム 増田 信次

X線画像の分解能を上げるために、マイクロフォーカスX線検査装置の管電圧を上げる傾向にある。我々はAuグリッドマスクを試作し、130kVでAuグリッドマスクを撮影した。本稿では管電圧に対するコントラストの変化を検討し、高電圧下でNiとAuのコントラストが逆転する理由がAuのk吸収端による線吸収係数の増加であると考えた。

キーワード：マイクロフォーカスX線検査装置、X線画像、Auグリッドマスク、コントラスト、k吸収端

1 はじめに

電子部品などの非破壊検査に使われているマイクロフォーカスX線検査装置ではX線画像に歪が生じるため、画像の補正に参照用スケールを持つグリッド構造体が要望されてきた。我々は一定間隔のグリッド構造体をグリッドマスクと呼び、Niグリッドマスクを提案した¹⁾。一方で、分解能を上げるために100kV以上の高電圧が要求されている。我々は線吸収係数がNiよりも大きいAuを用いてグリッドマスクを試作した。そして、グリッド間隔の平均値は縦・横共に設計した500 μm で一定であること、130kVでAuグリッドを撮影できることを確認した²⁾。本稿では、高電圧下でAuのコントラストの変化について検討した。

2 形状設計と作製工程

Auグリッドマスクは10 μm 幅のAuグリッドを中心間距離が500 μm 一定になるように縦横に20本ずつ配置する事により全体で9.5mm角となる。なお、鋳型となる厚膜レジストのSU8は内部応力で剥離しやすいため、グリッドの直交部分を10 μm ずつ削っている。

製作手順を図1に示す。a)真空蒸着法でガラス基板上に密着層であるCr層と電鍍用導電層であるNi層を形成した。b) SU8 3050を塗布し、パターンニングによりグリッドマスクの鋳型を製作した。c) Au電鍍で厚みが7 μm のAuグリッドを作製した。d)OMR-83で保護膜を形成した。

3 X線画像上のAuグリッドについて

管電流を100 μA に固定したマイクロフォーカスX線検査装置SMX-160-ETでICチップを載せたAuグリッドマスクをX線撮影した。CCDにより撮像画像はデジタル画像であるX線画像に変換され、撮像画像の濃度は256階調の濃淡に変換される。256階調では、最小値0が黒であり、

最大値255が白となる。そして、X線画像の画素の明るさが輝度となる。70kVで撮影したX線画像を図2に、130kVで撮影したX線画像を図3に示す。図2と図3よりICリードピンの下にあるAuグリッドとガラス基板の輝度を画像処理ソフトで求め、その平均値(ピクセル数：9)を表1に示す。

表1から図2(70kV)より図3(130kV)でコントラストが大きかった。コントラストの良否を左右する濃度は被写体に対して適した濃度範囲を持つ。濃度が高い時には、X線吸収率の低い箇所の詳細さが黒くなり過ぎて失われる。濃度が適正な時には、各箇所の微細な透過率の差がコントラストとして表現される³⁾。参考までにCu製のリードピンは厚みが230 μm から380 μm である。リードピンのX線吸収率は70keVでは39.4%以上、130keVでは12%以上である。また、AuグリッドのX線吸収率は70keVでは3.95%、130keVでは3.74%である。70kVではAuグリッドに比べてリードピンのX線吸収率がかなり大きいため、Auグリッドと判別できないほどリードピンの濃度が濃くなったと考えられる。130kVではリードピンのX線吸収率が低下し、リードピンがAuグリッドと判別できる濃度となったと考えられる。

管電圧に対するコントラストの変化を検討するため、 γ 補正を停止したマイクロフォーカスX線検査装置SMX-160GTで256階調のX線画像を撮影した。撮影条件は管電流を60 μA に固定し、管電圧を10kV刻みで50kVから150kVまで変化させた。サンプルは直径：3mmのAuパターン(厚み：7 μm)とAgar製Ni単孔メッシュ・グリッドG2500N(厚み：50 μm)である。110kVでX線撮影したAuパターンのX線画像を図4に、G2500NのX線画像を図5に示す。画像処理ソフトを用いてこれらの写真から求めたコントラストの変化を図6に示す。図6では100kV以下ではNiのコントラストが大きく、100kV以上でAuのコントラストが大きくなった。

コントラストの増加はX線吸収率の増加と正の相関関係がある。図7にAuの線吸収係数^{4), 5)}とNiの線吸収係数^{4), 6)}から算出したX線エネルギーに対するAu(厚みが7 μm)とNi(厚み:50 μm)のX線吸収率の変化を示す。k吸収端ではAuの線吸収係数が42.07から171.9へと4倍以上大きくなるため、NiとAuのX線吸収率が逆転する。これが図6に示した100kVでNiとAuのコントラストを逆転させた原因と考えられる。

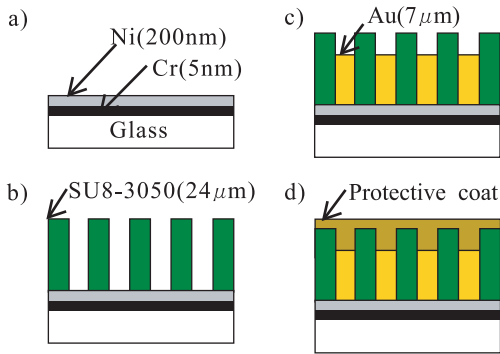


図1 製作手順

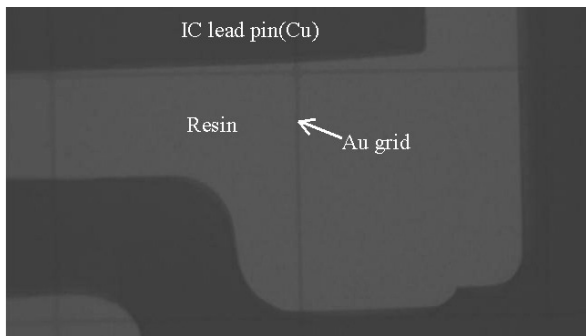


図2 ICチップのX線画像(管電圧: 70kV)

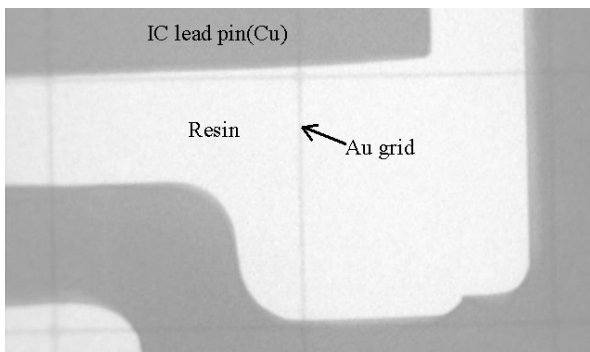


図3 ICチップのX線画像(管電圧: 130kV)

表1 グリッド部分とガラス基板の階調

	Grid	Glass	Margin
Fig. 2(70kV)	63	64	1
Fig. 3(130kV)	156.67	165.78	9.11

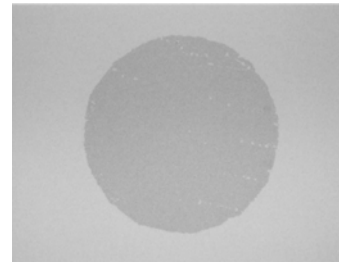


図4 AuパターンのX線画像

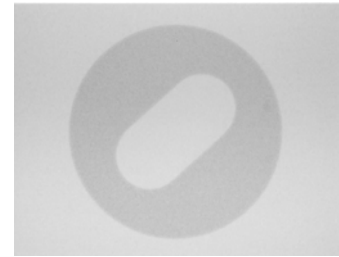


図5 G2500NのX線画像

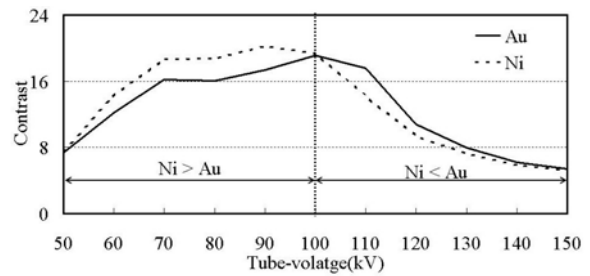


図6 AuパターンとG2500Nのコントラストの変化

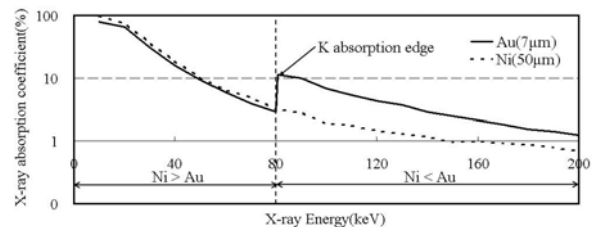


図7 AuとNiのX線吸収率の変化

文献

- 1) 安井; *IEEEJ Trans. SM*, **125-4**, 196(2005).
- 2) 安井 学, 増田信次, 平林康男; “第21回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム講演概要集”, 電気学会センサ・マイクロマシン準部門, p77(2004).
- 3) 江副正輔ほか; “X線撮影技術学”, 南山堂, p.18(1995).
- 4) 非破壊検査マニュアル委員会; “非破壊検査マニュアル”, p.14(1980).
- 5) <http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/ElemTab/z79.html>.
- 6) <http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/ElemTab/z28.html>.