

LSI、W プラグの微小部応力測定

Small Area Stress Measurement of W Plug for LSI

尾崎 伸司（松下テクノリサーチ）

Shinji Ozaki (4142), Matsushita Technoresearch Inc.

1. はじめに

W プラグは Cu 配線と Si 基板とのコンタクトに使用される。W プラグは円柱状で、BPSG などの絶縁物層中に形成される (Figure 1)。W プラグへの応力は、周囲の絶縁物層や上下の配線、基板との相互作用に起因する。応力により、W プラグが引き抜かれる方向へ力がかかり、Si 基板とのコンタクトが悪くなり、信頼性を損なうと考えられる。

LSI では、パターンの構成、大きさ、形状等により、当然その応力が異なる。実デバイスでの測定が必要な所以である。W プラグ 1 個の応力が測定できれば、最も望ましいが、 μm 以下と径が小さく、単独では測定が困難である。実デバイスでは、W プラグが集まる箇所でも平均値として、応力測定が可能である。しかし、当該パターン中、最も大きい箇所でも、 $0.5\text{mm} \times 2\text{mm}$ と微小な部分の応力を測定する必要がある。そのため、得られる強度は多くを期待できない。また、応力測定は、精度の観点から、広角側のピークを選択する必要がある、強度が小さいことが予想される。このため、SPring-8 の高輝度、高フラックス X 線の利用が必要不可欠であり、アンジュレータビームラインである BL46XU で、応力測定を行った。

2. 実験

試料は、デザインルールの異なる3つの LSI 中の W プラグを使用した。デザインルールが小さくなり、線幅が狭くなると、W プラグの径はより小さくなる。

実験は、SPring-8 のアンジュレータビームライン BL46XU で、Si(111)2結晶分光器を用い 12KeV の X 線で、多軸回折計を使用、側傾法による応力測定を行った。小さなパターンに対応するため、4象限スリットにより、X 線の幅を $300\mu\text{m}$ に制限した。

応力測定に W(321)ピークを使用した。W(321)ピークは、12keV で、75 度付近に検出される。このピークは、パターンが小さいので、ベンディングマグネットビームラインでは輝度不足のため検出できない。W プラグの疎なパターンでは、W(110)、W(200)ピークは検出できたが、W(321)ピークは検出できなかった。W(321)のピーク強度は W(110)の $1/5$ 程度である。

3. 実験結果

Figure 2に、Wプラグ、W(321)ピークの $2\theta - \sin^2\psi$ プロットの例を示す。このWプラグは、最も細かいデザインルールのLSI中のパターンで、測定試料中、最もプラグ径が小さい。図から明らかなように、直線の傾きは正で、Wプラグに作用する応力が圧縮応力的な事を示唆している。小さいデザインルールのWプラグ程、直線の傾きが大きかった。また、直線の切片にあたる($\psi=0$)、試料表面と垂直な場合の、W(321)ピークの 2θ 値は、試料間で異なり、デザインルールの小さいWプラグ程、小さかった。

W(110)ピークにつき、 $\sin^2\psi$ プロットを試みたが、W(321)と整合性のある結果は得られなかった。これは、W(110)が約26.7度と低角で、十分な精度を得られなかったためと考えている。「2. 実験」に記したように、Wプラグの疎なパターンではW(321)ピークを検出できなかったの、ピーク強度の期待できるW(110)の利用を試みたいと考えている。6keVのX線を利用すると、W(110)は55度付近に検出され、12keVの場合の2倍程度広角で測定が可能となる。

Figure 3に、デザインルールの異なるLSI中の3種のWプラグに付き、 $\psi=0$ 、試料表面と垂直な場合のW(321)ピークの 2θ 値と $\sin^2\psi$ プロットの傾きの関係を示した。デザインルールの小さいWプラグ程、直線の傾きが大きく、 2θ 値が小さかった。これは、直線の傾き、 2θ 値とも、デザインルールの小さいWプラグ程、圧縮応力的な事を示している。

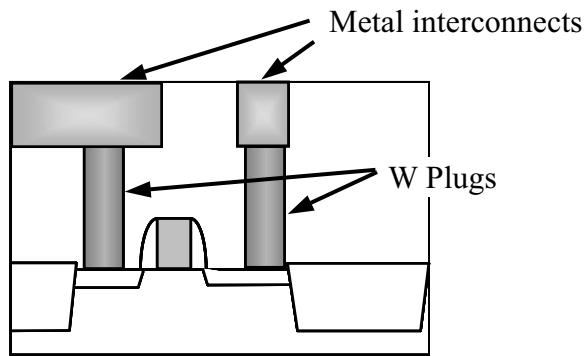


Figure 1 Cross section of W plugs for LSI

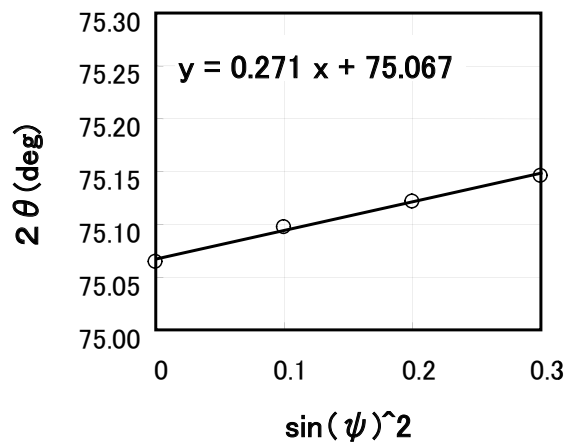


Figure 2 $2\theta - \sin^2 \psi$ plot obtained from W plugs for LSI.

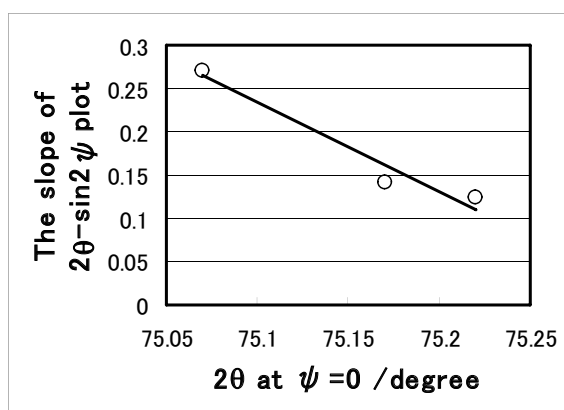


Figure 3 2θ at $\psi=0$ vs the slope of $2\theta - \sin^2 \psi$ plot.