

半導体デバイスのはんだ接合部周辺に対する応力分布評価

Analysys of stress distributions near solder joints in a semiconductor device

仲野 純章, 萩原 清己, 辻本 晋也,

岩瀬 鉄平, 小林 弘幸, 後川 和也, 近藤 繁, 青倉 勇, 西川 英信

Sumiaki Nakano, Kiyomi Hagihara, Shinya Tsujimoto, Teppei Iwase, Hiroyuki Kobayashi,

Kazuya Ushirokawa, Shigeru Kondo, Isamu Aokura, Hidenobu Nishikawa

パナソニック株式会社

Panasonic Corporation

放射光を活用した X 線回折測定(側傾法)により、半導体デバイスのはんだ接合部周辺の残留応力評価を試みた。はんだ接合部直近に形成した Cu 膜に対し X 線回折を実施し、得られた回折パターン解析を通じて $\sin^2\psi$ 線図を描いた結果、応力残留の検討に活用し得るレベルのものであることが確認できた。こうした結果から、本目的に対する放射光活用の有効性が示された。

キーワード：半導体、実装、残留応力、X 線回折

1. 背景と研究目的

携帯電話やデジタルカメラ等の民生デジタル機器向けの半導体デバイスは、今後ますます小型軽量・高性能化が要求され、使用される半導体チップの実装形態も高密度化される流れにある。こうした実装形態の高密度化に対応していく手段の中で、半導体チップをメイン基板に実装する形態として、はんだバンプを用いたフリップチップ実装がある。フリップチップ実装では、半導体のベアチップの入出力端子に、微小径のはんだバンプを設け、チップを裏返しにして基板側の入出力端子に一括接合する。

フリップチップ実装品の信頼性においては、はんだバンプの接合信頼性が大きく関わり、これにははんだ接合部周辺の「残留応力」が関与していると考えられる。今回、はんだバンプを形成した半導体チップにおいて、バンプ接合界面付近のメタル層をターゲットに X 線回折測定(側傾法)で残留応力計測が可能か検証することを目的とした。

2. 実験

2-1. 試料

測定に供した試料の一例を図 1 に示す。準備した試料はいずれも 8mm×8mm の半導体チップであり、その表面には図 1 に示すようなはんだバンプが多数配列されている。

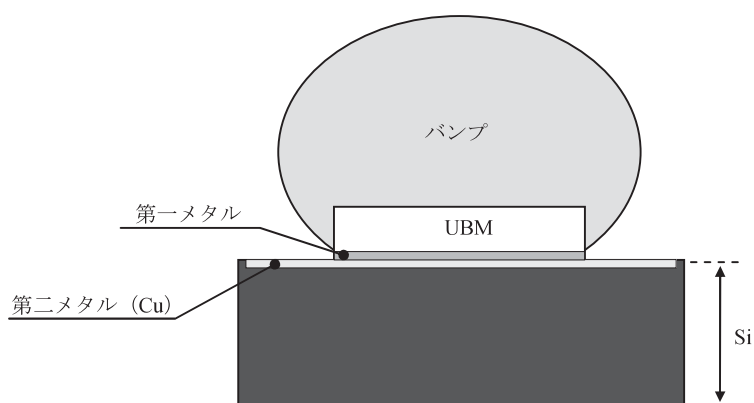


図1 測定用試料の一例

2-2. 測定

準備した試料に対し、裏面(Si側)から放射光を照射し、X線回折測定(側傾法)を実施した。測定には SPring-8 BL46XU ビームラインに設置の多軸回折装置を用いた。測定試料は図2に図示するように Al 製試料台に固定し、これを回折装置ステージに装着した。

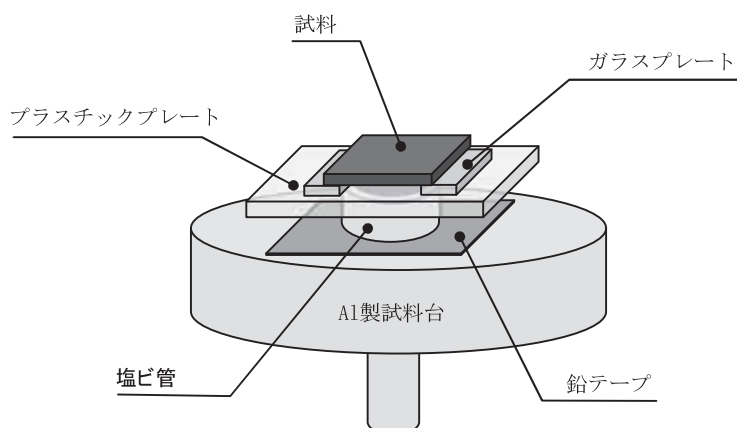


図2 試料台における試料固定イメージ

回折装置回転中心に対する試料位置合わせは、CCD マイクロスコープを活用した XY ステージ調整を通じて行った。X線のエネルギーは 20keV(波長 $\lambda=0.620 \text{ \AA}$)とし、ビーム径は $\phi 1\text{mm}$ に設定した。今回のビーム照射位置は試料中央部とし、この範囲内に含まれる複数個のバンプ直下に形成された Cu 膜をターゲットに X 線回折を試みた。なお、Cu から得られる回折パターンのうち $2\theta=19.7514^\circ$ のピークに着目し、 ψ 値を変化させた際のピークシフトを追跡した。つまり、 $\sin^2\psi=0 \sim 0.275$ の範囲で値を数種設定し、それぞれの場合で得られる回折パターンから 2θ のピーク位置を同定し、 $\sin^2\psi$ 線図の作成を行った。

3. 結果および考察

上記 Cu 膜からの回折ピークとして $2\theta=19.7514^\circ$ のピークに着目した場合、 $\sin^2\psi=0 \sim 0.275$ の範囲で、解析が可能なレベルの回折パターンが得られた。図3(a)に上記 Cu 膜に対する回折パターンの一例を示す。Cu 膜の結晶粒が粗大であるため回折パターンの平滑性が若干損なわれてはいるが、

Voigt 関数によるピークフィッティングでピーク位置の 2θ 値は求められる。図 3(b)に Cu 膜に対する $\sin^2\psi$ 線図を示す。図 3(b)から明らかなように、上記 Cu 膜に関する $\sin^2\psi$ 線図は応力残留の検討に活用し得るレベルのものであることが分かる。今後、準備したそれぞれの試料に対して得られた $\sin^2\psi$ 線図の解釈を進める予定である。

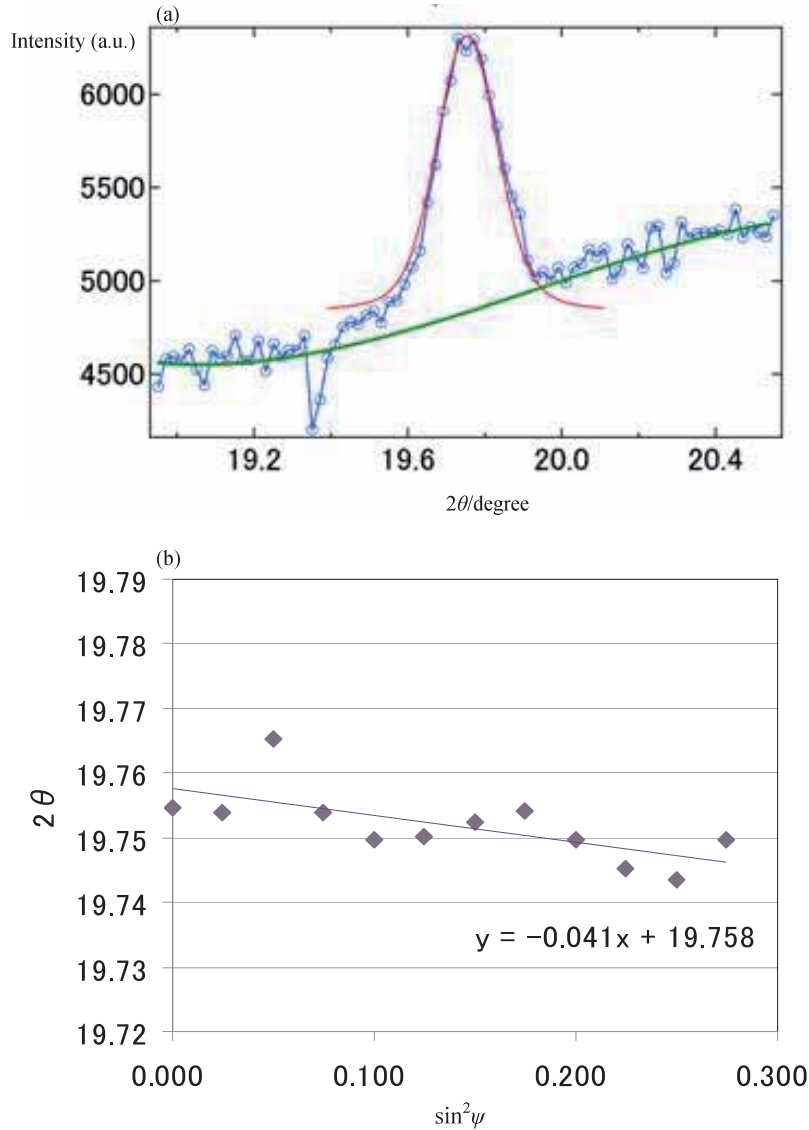


図 3(a) Cu 膜に対する回折パターン例($\sin^2\psi=0.025$), (b)Cu 膜に対する $\sin^2\psi$ 線図

4. まとめと課題

放射光を活用し、半導体デバイスのはんだ接合部周辺の残留応力評価を試みた結果、その有効性が確認できた。ただし、解析精度を上げるには試料側の課題(TEG 設計/Si 層の薄化/リファレンスのチップ内埋め込み等)や装置側の課題(ビーム径の最適化 等)に対処していく必要がある。

謝辞

本課題を遂行するにあたり、財団法人高輝度光科学研究センター 佐藤眞直様、廣沢一郎様、梅咲則正様に多大なご支援、ご指導を頂きました。ここに深く御礼申し上げます。