

富士通 HDD (ハード・ディスク・ドライブ)不良問題 【2002年7月 HDD不良は2000年夏頃から パソコンおよびPC サーバユーザー】

中尾政之(東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構)

パソコンおよびPC サーバ内蔵ハードディスク装置の不具合が多発した。高温多湿下において使用開始から半年～1年後に、HDD コントローラ LSI (他社製) のパッケージ内の端子間が短絡し、HDD の動作に支障を来たす。この LSI の端子間短絡の原因は、赤リンを含む住友ベークライトのパッケージ封止材であった。封止材を提供した住友ベークライトは「パッケージ組立メーカーの認定を受けた材料を提供している」と正当性を主張、責任の所在をめくり法的紛争にまで発展した。

無償交換など対策のため約 100 億円規模の費用が発生した。

1. 事象

富士通のパソコン用ハードディスク・ドライブ(HDD)で、使用開始から半年～1年後に故障する問題が発生した。不良率は通常レベルの2桁以上高い0.8%であった。

特に高温多湿の条件において発生し、HDD コントローラ LSI (他社製) のパッケージ内の端子間が短絡する現象がみられた。

この問題は2000年夏ごろから起き始め、2001年には複数のLSI メーカーやセット・メーカーで製品のトラブルが多発するようになった。

2. 経過

2000年秋頃から2002年夏頃にかけて、富士通のパソコン用HDDのフィールド不良が急増、不良率は通常は50ppm(0.005%)以下のところ2桁以上高い0.8%に達した。

2002年7月、富士通がパソコンおよびPCサーバ内蔵ハードディスク装置の不具合について公表した。このHDDを搭載したパソコン・メーカーに対して富士通は無償で交換した。

このための負担額は100億円を超える見込みである。原因に関して富士通は、HDD コントローラ LSI に原因があり、高温多湿の条件で長時間使うと不良に至るとした。HDD コントローラ LSI の不良は、住友ベークライト製パッケージ封止材に起因するパッケージ内のピン間で短絡する故障である。

このHDD コントローラ LSI はファブレス(製造の外注委託会社)の米Cirrus Logic Inc.製で、このメーカーが住友ベークライトの封止材を使っていた韓国のパッケージ組み立て業者にパッケージ組み立てを委託していた。セット・メーカーの富士通と住友ベークライトの間には二つのメーカーが入っていたことになる。半導体産業の水平分業の典型的なパターンでの製品不良となった。

このパッケージ封止材に起因する問題は2000年夏ごろから起き始め、2001年には複数のLSI メーカーやセット・メーカーで製品のトラブルが多発するようになった。2002年5月には、米国内で既にこの問題が指摘されていた。米メリーランド大学内にある世界の50社以上

の通信、航空、自動車、電子機器メーカーや連邦政府などの資金で活動している産学協同の研究機関「CALCE」が、複数の会員企業からの報告に基づき調査したところ、製品を稼働させてから6~12カ月間で問題が起きることが多く、不良率は約1%という結果を得た。HDD以外の分野でも、セットトップ端末、パソコンのメインボード、産業用機器当のLSIに波及した。トラブルに巻き込まれたLSIメーカーやセット・メーカーが、問題の封止材の製造元である住友ベークライトと交渉を開始した。中には米Cirrus Logic Inc.のように、住友ベークライトなどを相手取って係争中のところが出てきた。

富士通のケースと似たような不具合を半導体の検査装置メーカーであるアドバンテストも経験している。同社は2000年秋から、最新型の半導体用検査装置に米社製の半導体を使ったところ、次の年の夏、湿気の多い暑い日に故障が多発した。不良率は通常よりも150倍以上も高い1%弱に達した。分析の結果、封止材に問題があるとの結論が出て、米半導体メーカーから賠償金を受け取った。

富士通とアドバンテストで不具合を起こした半導体に使われていたのが、同じ封止材で、同材料で世界シェアトップの住友ベークライトが製造した「EME-U」であった。燃えると毒性の強い化合物が生成される物質の代わりに無機リンを化合した環境対応製品という位置づけであった。アドバンテストでは、無機リンの品質などに問題があったため、高温、高湿という環境下で不具合が発生したとしている。

問題になっている住友ベークライト製の材料「EME-U」シリーズは1995年に開発を完了し、1996年6月からユーザーへの製品供給を開始した問題発生情報が2001年5~6月に入り、6月には対策本部を設置した。2001年8月には販売打ち切りの方針をユーザーに伝えた。3カ月の移行期間を含め、11月には生産中止の意向だったが、ユーザーの中には供給継続を求める声があり、実際に中止できたのは2002年7月だった。2002年7月に販売を中止するまで約1,000トンの世界の13ユーザーに出荷した。これは同社の生産量の1%以下である。

ユーザーメーカーでは、数千ppmから数%と高い不良率になっているが、住友ベークライトによると同社が把握している不良を合計しても出荷量である約1,000トンに対して数十ppmにとどまっているとしている。今回の材料を使った機器で不良が発生していることを住友ベークライトは否定していないが、原因は究明できておらず封止材だけが原因で今回の問題が発生したとは断定できていないとし、全面的に責任を認めているわけではない。「製品納入時の仕様書はわずか7ページ程度と簡単なもので、一般的なテスト項目や物理的、化学的特性しか記されていない。どのような条件下で使用する製品かも明記されていない。大多数のユーザーでは問題は起こっていないし、原因は複数の要素が組み合わされたため、無機リンだけが原因ではないとし、訴訟に関しては争う姿勢である。

しかし、企業間の争いよりも、消費者にとって問題となるのが、同様の不具合が別の電子製品にも広がるのではないかと懸念である。この封止材の販売開始から終了までの全出荷量は1,000トンと同じ時期に住友ベークライトが出荷した全封止材の1%未満という。しかし、CALCEのヒルマン博士はこの封止材を使った半導体を搭載した機器は軍から、通信、航空産業まで幅広い分野で利用されている。まだテストを行っておらず、問題に気がついていない企業もあるはずで、影響が広がる可能性があるかと警告している。

3. 原因

故障の直接原因(技術的原因)

LSI のパッケージ内のピンの材料である Ag のマイグレーション(注参照)によるピン間短絡である。不具合を起こした LSI の封止材は世界シェアトップの住友ベークライト製の「EME-U」で燃えると毒性の強い化合物が生成される物質の代替として無機リンを化合した封止材である。これには、難燃剤としてリンの同素体のなかで化学的に安定な赤リンが使われ、さらにリンが化学反応を起こすことを防ぐために $Al(OH)_3$ などで被覆される。今回は赤リン品質や皮膜に問題があったため、高温・高湿下で、パッケージ内の水分と反応してリン酸が発生、このリン酸、水分、ピンに流れる電流に伴う電界の三つによって、ピンの材料である Ag が溶け、マイグレーションを起こした(図1)。その結果ピン間が短絡した。

注)マイグレーション

プリント基板などを高湿条件下に置き電圧を印加した場合に、一方の金属電極から他方の金属電極に金属イオンが移行し、金属または化合物が析出する現象

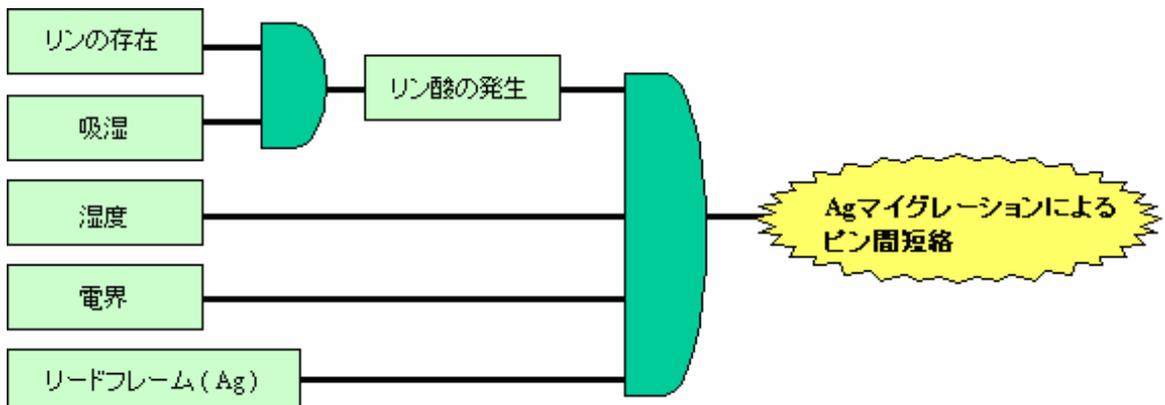


図1 ピン間短絡不慮のメカニズム

故障の間接原因(組織的・社会的理由)

水平分業化で信頼性に関する責任の所在が不明確になった。

(その結果、LSI の十分な信頼性確認がないまま機器に組み込まれた)

半導体産業では、外注や分業化は、生産の効率化を追及する流れの中で進んできたが信頼性に関する責任を不明確にする方向に作用した。分業化によって信頼性が低下するのは、Si ファンドリー(半導体専門委託メーカー)やファブレス、パッケージ組立専門メーカーなどでは技術力や経験が垂直統合のデバイスメーカー(Integrated device manufacturer : IDM)に比べて不足するからである。

リンを含む封止材を使用したのは分業化を積極的に進めてきたパッケージ組立専門メーカーやファブレスであった。IDM の体制を維持してきた日本の LSI メーカーはリンを含む

封止材を検討しながら製品には使用しなかった。これは各社とも PSG（リンガラス）膜の経験等から、リンと水分と電界により、金属がマイグレーションを起こすことを知っていたからである。Si ファンドリーやファブレスなどは元々 IDM の機能を補完する形で登場してきたところに原因がある。これらのメーカーは LSI 設計やウェハープロセス、パッケージ組み立てといった特定の工程だけを担当してきた。チップ全体の信頼性を保証するのは IDM の責任であったが、分業化が進み IDM を使わずに分業の担い手だけでチップを作ることが可能となった。このような形態では、パッケージ組立専門メーカーやファブレスがチップ全体の信頼性の検証作業や保証責任を負うことになる。しかし、それまでは個別の工程の責任に留まっていたため、チップ全体の信頼性に関する技術・経験が乏しく十分な保証ができない状況にある。かつては IDM に全ての信頼性の責任があったが、水平分業化により責任が分散された(図2)。材料メーカー、パッケージ組立メーカー、半導体メーカー、最終製品メーカーとも、自社周辺の情報しか分からず、品質のチェーンが繋がっていない。結果的に信頼性の責任がどこにあるのか不明確になった。

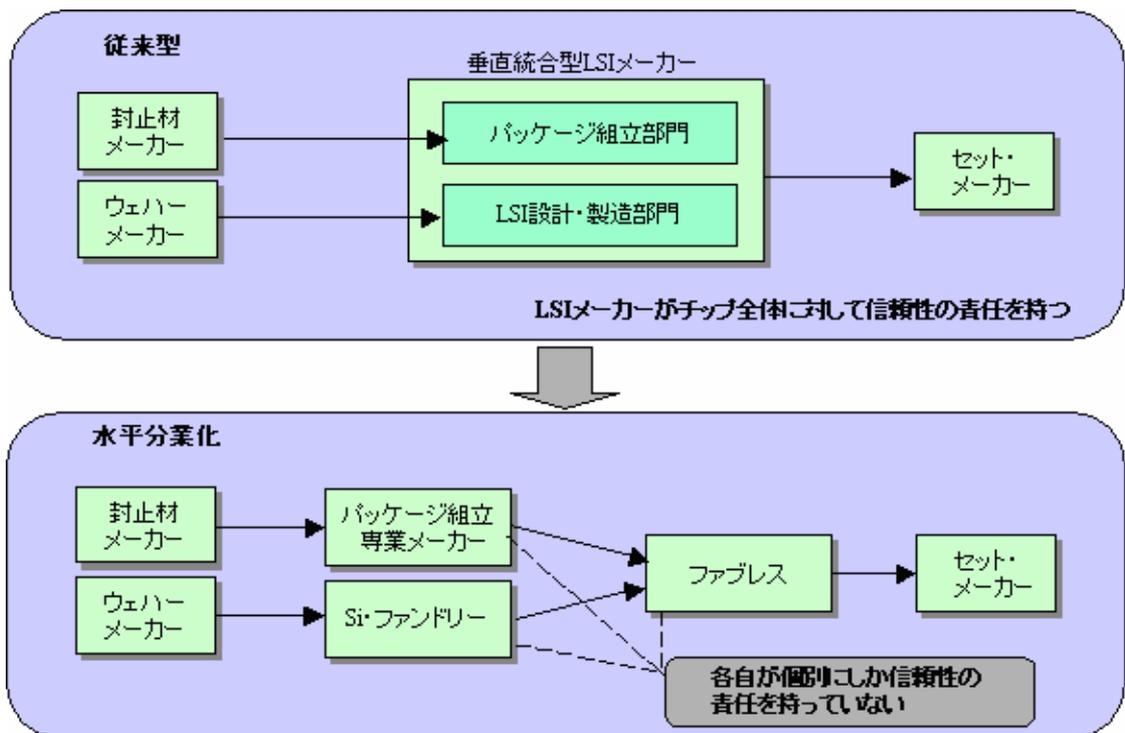


図2 従来型生産と水平分業化生産のちがい

4. 対処

各機器メーカー、LSI メーカーは問題の封止材の使用有無を調査し、使用中止した。
 住友ベークライトは、2001年5月から6月にかけて問題を認識した企業から類似した不具合の報告を受け、直ちに対策本部を設置して原因究明を開始した。
 8月になり、あるメーカーが同封止材の使用中止を決定。
 住友ベークライト側も当時この封止材を使用していた会社13社に販売中止と代替材への

切り替えを通知、2002年 7月に切り替えを完了した。

5. 対策

パッケージにリン(P)を含む封止材を使用しない。

材料メーカー、パッケージメーカー、ファンドリー、ファブレス、半導体メーカー、最終製品メーカーに亘る、品質、信頼性のチェーンの構築。

複雑に水平分業化された半導体製品の信頼性を確保する方策として、二つの動きができた。

- ・ 信頼性評価の第三者機関の設置
- ・ 図3のように水平分業化されて製造される半導体製品の信頼性評価を行い、チップ全体の信頼性を認定する。
- ・ 信頼性保障に特化したLSIメーカー

図3のように信頼性・品質に関する高い技術力を持ち、信頼性を売りにするLSIメーカーが、チップ全体に対して信頼性の責任を持つ。

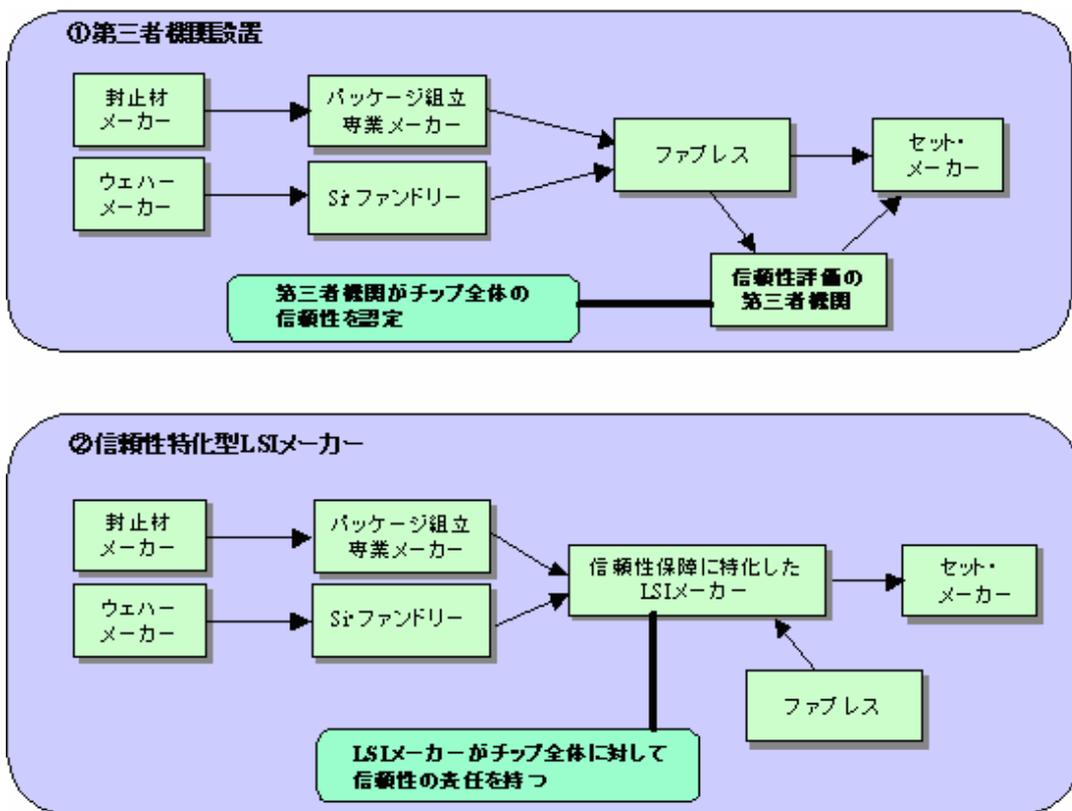


図3 水平分業化したときに信頼性を高める方法

6. 総括

富士通のHDD故障の問題がエレクトロニクス産業に大きな影響を与えている。これは特殊な事例ではなく、他にも同様の問題を起こす危険性がある。この問題は、LSIの信頼性が重要であるということを改めて認識させる一方、同様の問題が今後も起きる危険性があることを浮き彫りにした。富士通HDD故障問題の原因はリン(P)を使用した封止材にあったが、この製品は、複雑に水平分業化された生産形態のなかで、十分な信頼性保証のないままに生産され、多くのユーザーに流れていった。原因が原材料であるため他の多くの電子機器にも波及することになった。電子機器の基幹部品であるLSIの信頼性が揺らいでいる。これは産業構造の水平分業化で信頼性に関する責任の所在が不明確になる一方、微細化の加速などで評価・解析がおろそかになりつつあるためである。

かつてはパソコンメーカーが自社で内部の組込み部品や半導体も作っており、材料メーカーは最終的な製品仕様などを熟知している人達を相手にしていた。そのために目には見えない緊密な品質の絆があったが、今は品質のチェーンが繋がらなくなっている。それは、企業活動の分業化の進行で間に入る企業の数が増えるにつれ、品質保証の難しさが増すということの意味する。材料メーカー、パッケージメーカー、ファンドリー、ファブレス、半導体メーカー、最終製品メーカーのサプライチェーンにおいて、品質、信頼性のチェーンを構築する必要がある。

さらに複雑に水平分業化された半導体製品の信頼性を確保する方策として、信頼性評価の第三者機関による信頼性認定のシステムの構築が必要である。

富士通HDD不良問題に端を発した住友ベークライト封止材問題は、止めどなく進む企業活動のオープン化、ネットワーク化の流れに対する警告として受け止めるべきだろう。

7. 知識化

リン(P)と水分と電界により金属がマイグレーションを起こす。

LSIパッケージにおいてリン(P)を使うには細心の注意が必要である。

半導体産業構造の水平分業化で半導体製品の信頼性が低下する。

材料メーカー、パッケージメーカー、ファンドリー、ファブレス、半導体メーカー、最終製品メーカーのサプライチェーンにおいて、品質、信頼性のチェーンを構築する必要がある。

複雑に水平分業化した業界構造では、信頼性評価の第三者機関による信頼性認定の構築が必要である。

8. 背景

LSIの信頼性の低下はLSI業界全体として信頼性に対する意識や技術力が低下していることが背景にある。また、LSIメーカー間の競争の激化から、低コスト化や製品開発期間短縮、出荷が優先されるために、信頼性に原資が回せなくなり、信頼性や故障解析の技術者を育成する余力はなくなっている。LSI各社の信頼性や故障解析の技術者は減っており、しかも高齢化している。これが信頼性技術力の低下を招いている。一方、LSIの微細化が加速することによって、信頼性評価が困難になってきた。これが信頼性確認のための時間の不足や評価技術の遅れを引き起こしLSIの信頼性低下に結びついている。評価時間の不足により、本来

の評価技術項目を他のデバイスの試作結果やシミュレーション結果から流用するケースが増えている。実際には結果が一致しない場合があり、これが故障の原因となる。評価技術の遅れは微細化の加速に評価技術の進歩が追いついていないためである。

また、LSI 業界では、封止材メーカー、パッケージ組立メーカー、LSI メーカー、HDD メーカー、そしてパソコン・メーカーと、エレクトロニクス業界におけるサプライ・チェーンの中で、複雑に水平分散化していた。問題となったパッケージ封止材は、合計で1,000 トンも出荷されており、LSI の数に換算するとおよそ10 億個と推定される。HDD 用LSI はその一部に過ぎず、ケーブル・テレビのセットトップ・ボックス用LSI やパソコンのメインボードに実装されたLSI、LSI テスタ用IC などでもトラブル例が報告されており、今後他の電子製品にも波及する危険性がある。

< 引用文献 >

- [1] LSI「信頼性危機」：日経マイクロデバイス、2002年11月号、p.64-71
- [2] 「富士通 HDD不良 住友ペークライト製材料に欠陥か」：日経ビジネス、2002年9月30日号 p.6-7 時流潮
- [3] 「LSI パッケージ内でピン間短絡事故が多発クレーム相次ぎ、一部訴訟」
日経マイクロデバイス、2002年9月号

【追補 2010年3月31日】

後日談

富士通は HDD 不具合については、米国ユーザから米 Fujitsu Computer Products of America Inc や米 Hewlett-Packard Co., 米 Gateway Inc. を相手取って集団訴訟を起こしていたが、富士通 HDD ユーザに対して HDD1 台当たり最大 45US\$, HDD 故障に対してデータ回復コストを最大 1,200US\$ まで負担することで同意し、2004 年 3 月に和解した。

その一方で、企業間同士でも訴訟を起こしており、富士通は米国にて Cirrus Logic, Amkor Technology, 住友ベークライトおよび Sumitomo Plastics America を提訴し、2005 年 5 月に和解した。富士通は約 146.8M ドル(約 154 億円)を受け取っている。

また、Cirrus Logic も同じく米国で訴訟を起こしており、富士通, Amkor Technology, 住友ベークライトを提訴している。こちらも和解しており、Cirrus Logic は富士通などから約 2,500 万ドルを受け取っている。

まさに、訴訟合戦の様相を見せていた。

購入した部品の瑕疵があるのに、この購入部品の問題によって、深刻な製品問題が発生した。外部購入に対する品質チェックの問題によって、最終メーカー側が「命取り」となる恐れが顕在化した事例である。これは、現在、トヨタのアクセルペダル外注購入品の瑕疵に伴った 500 万台近くのリコール問題と共通する問題であり、今後、根本的な対応策が必要になることが予見される。