

「半導体製造時の環境負荷の算定」

- 半導体製品パッケージの足型や足数に基づく推計 -

後藤 昭夫 シャープ(株)

0. 前書き

STRJのクロスカット活動において、半導体製造時の環境負荷の算定に関するロードマップを2001年に作成して以来、半導体環境安全委員会下のLCA WGにおいて、ロードマップに沿った実質的な活動を推進してきました。その途中結果を、この場で紹介してきました。

今回、その成果の一部であるパッケージに収まったIC製品の環境負荷を直接、推計できる手法について報告します。

「環境負荷の低い」、「環境に優しい」というような抽象的な表現に終始してきたES&Hロードマップからの脱却に向けた活動に今後ともご期待いただきますよう宜しくお願いいたします。

1. 半導体製造に関するLCA評価の抱える課題

『ウエハーレベルのLCIは整ったものの、ユーザーへのデータ提供をどのような形で実施するのか?』という課題がある。

ユーザーはある特定の1個の集積回路のLCIデータ(LCAの用語でエネルギーや資源の投入データだけでなく、水・ガス等の排出データを含む)を求めている。

従来までの問題点(過去の計算事例)

32M-DRAM	-----	41MJ (2002, United Nations University)
64M-DRAM	-----	13MJ (2000, NEDO-JAPAN)
Logic of 6 layers metal	--	5MJ (2004, JEITA-JAPAN)

数字が大きく異なる理由は定かではないが、それぞれのチップ面積の設定が異なっていることが一つの要因

32M-DRAM	:	1.6 cm ²	(文献値からの計算値)
64M-DRAM	:	1.35 cm ²	(文献値からの計算値)
JEITA STD LOGIC	:	0.6 cm ²	(想定値)

2. 現状の集積回路のLCA実施実態の把握

現実の集積回路は 3ピンの小さなものから、1700ピンの巨大なものまである。

にもかかわらず、従来のサイトデータ(半導体事業所の電気・水等の使用量や温暖化ガス等の排出量)の算出例では、集積回路の大小に係わらず1個当たりのLCIが示されていた。

実際の引用例での問題

例えば、NEDOのレポートでは デスクトップPCでは80個のLSI、ノートブックPCでは21個という設定で計算されているが、実際に機能的に大差のないものが4倍も異なる部品数として引用されている。

これらの問題は単に「算出精度が悪い」あるいは「インベントリー調査が不十分」であると断言できるものではなく、集積回路そのものの機能単位の定義の曖昧さに起因する。

3. 半導体集積回路及び機能をどのように定義するか

- ・外形は同じでも中身は異なる
- ・製造技術は日進月歩であり、LCAの対象とすべき製造プロセスは日々変化する。
- ・製造プロセスは半導体メーカー毎に異なっており、細かく言えば使用材料も異なる
- ・完成した集積回路そのものの外見は「小さな一つの部品」、しかし中身は巨大システムと言える。

本来の集積回路の目的である「電気的信号の処理システム」は用途毎に千差万別であり、真の意味でのその集積回路システムの大きさは、その外見とは全く別物であり、捉えどころがない。

集積回路の機能単位であるシステムの大きさをどのように表現するかが課題

4. 半導体製造に関するLCAに特有な問題点及び困難性

環境負荷量が確定出来ない理由

- ・「歩留」: 電氣的な動作テストが終了するまで生産数量すら確定できない
- ・集積度が時々刻々変化する。
- ・集積度向上のための技術開発 多層配線 製造工程が長く、
複雑になりつつある

上記の要素を考慮したLCA実施の困難性

忠実にトレースし個々に算出するには相当の手間と労力が掛かり、日々変化するパラメーターまで組み入れる必要が出てくる。例え多くの労力を費やして算出を実施したところで、特定の集積回路のものであり、汎用性が無く、更に、たとえ算出してもケースバイケースで数字が大きく異なり、透明性・信頼性の確保が逆に失うような結果になりかねない。

5. 汎用的な算出方法の提案

以下の観点からLCAデータ - の提供方法のあり方を考察した。

- ・ **各種タイプのパッケージの集積回路について、ユーザー自身で算出できる環境を提供する。**
(ユーザーが自社製品であるセットのLCAを実施するに当り、ボード上の個々の集積回路について、夫々のデバイスメーカーに対して一々問い合わせをしなくても良いようにする。)
- ・ 算出に当っては、簡便でユーザーフレンドリーであること
- ・ ユーザーの混乱を避けるため、単純であり、且つ少ない数のパラメーターで環境負荷を算出できる方法を開発する。
- ・ **できる限り、半導体デバイスの外観から、判断できる方法が好ましい。半導体メーカー毎の区分けをしなくても良い方法が好ましい。**

6. 平均化と各種前提条件の設定

- ・なるべく単純な機能単位にする。
- ・平均的な値を算出する。
- ・パッケージサイズやチップサイズにより段階的に材料使用量が急変する場合があるため、評価対象システムの大きさに比例して順次連続的に変化するようにする。
- ・統計的に平均的な変化率と捉えた場合はシステムの大きさに対して連続的に変化するはずと考える。
- ・環境負荷は単調な増加曲線を描くとの前提を設ける。
- ・環境負荷値(LCI データ)が極端な値を示すことなく、しかも利用価値が可能な限り大きくなるようにする。すなわちバラツキの少ないLCIを可能にし、ユーザーが安心して利用できるようにする。

7. 集積回路の機能単位の候補

集積回路は用途によって機能が大きく変わるため、一概に機能単位を設定できない状況であるが、ここでは、無理矢理に集積回路の機能単位として考えられる候補と有望性を列記してみる。

- | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> 1) 能動素子数 (= MOS型トランジスタの数) 2) 記憶容量 (= ビット数) 3) 演算速度 (桁数 = バス幅、応答速度、クロック周波数) 4) 論理ゲート数 | } | <p>特殊で汎用性がない。
同じ土俵に乗れない。</p> |
| <p>5) 入出力外部端子数 (ピン数)</p> | | <p>これが適切と判断する。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 6) パッケージ寸法 (長さ) 7) パッケージ投影面積 (縦 × 横) 8) パッケージ体積 (縦 × 横 × 高さ) 9) パッケージ重量 10) 価格 | } | <p>環境負荷との関連性が疑わしい。</p> <p>良い指標であるが、実勢価格の値下げが大きすぎる。</p> |

8. 入出力外部端子数(ピン数)に関する調査

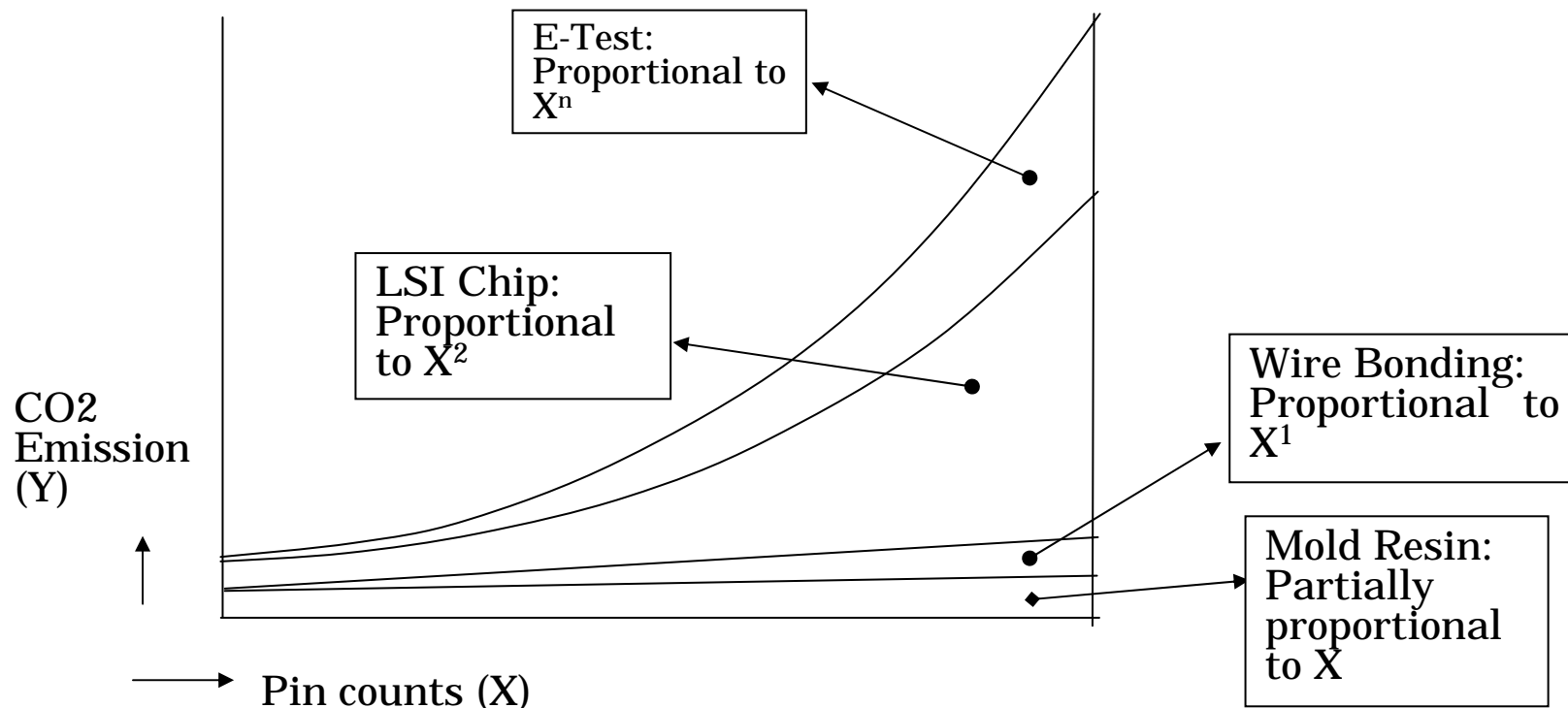
LCA/WGに参画の数社の協力を得て、約700個分の集積回路についてピン数とチップサイズの調査を行った。

また、各種パッケージに関しても、各部材毎の重量を各社の協力を得て、調査し、平均的な値の割り出しを行った。

本日は、その結果の概略について説明する。

1個当たりの算出方法の概念

- ピン数をパラメーターとした環境負荷値



算出事例

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	半導体集積回路製造時における 環境負荷評価用インベントリー 算出プログラム Ver.0 (jan.2006) (社) 電子情報技術産業協会		JEITA		JEITA		JEITA			
2			JEITA		JEITA		JEITA			
3			JEITA		JEITA		JEITA			
4			JEITA		JEITA		JEITA			
5			JEITA		JEITA		JEITA			
6			JEITA		JEITA		JEITA			
7			JEITA		JEITA		JEITA			
8			JEITA		JEITA		JEITA			
9			IF(基礎定数表) \$1=0, "適用外", 基礎				(挿入型)			
10										
11			"Kumo"		"Tako"		"Takoyaki"		"Kani"	
12			QFPs		BGAs		BGA(memory)		SOPs	
13			100		70		80		50	
14			40		36					
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39	参考		(JEITA標準モデルの集積回路1個当りの製品重量/[mg])		1.25E+03		1.59E+02		1.96E+02	
40	素材		Trifluoromethane(CHF3/[mg])		7.38E-01		6.29E-01		2.48E+00	
41	素材		Sulphur hexafluoride(SF6/[mg])		1.45E-01		1.23E-01		4.87E-01	
42	素材		Octafluoropropane(C3F8/[mg])		0.00E+00		0.00E+00		0.00E+00	
43	素材		Octafluorocyclobutane(C4F8/[mg])		0.00E+00		0.00E+00		0.00E+00	
44	素材		Tetraethoxysilane (TEOS/[mg])		6.44E+01		5.49E+01		2.17E+02	
45	材料		シリコン単結晶[mg]		6.95E+01		5.92E+01		2.34E+02	
46	材料		樹脂中の溶融シリカ(package/[mg])		1.49E+03		1.11E+02		1.11E+02	
47	材料		樹脂中のエポキシ樹脂(package/[mg])		5.31E+02		3.98E+01		3.98E+01	
48	材料		樹脂中の三酸化アンチモン(package/[mg])		1.06E+02		7.96E+00		7.96E+00	
49	材料		金線(package/[mg])		3.52E+00		2.23E+00		2.23E+00	
50	材料		リードメッキもしくはホール中の錫(package/[mg])		3.70E+01		5.10E+01		5.10E+01	
51	材料		リードメッキもしくはホール中のビスマス(package/[mg])		7.56E-01		1.04E+00		1.04E+00	
52	材料		リードフレーム中の銅(package/[mg])		3.08E+02		-		-	
53	材料		リードフレーム中の錫(package/[mg])		4.24E+00		-		-	
54	材料		リードフレーム中の亜鉛(package/[mg])		9.78E-01		-		-	
55	材料		リードフレーム中のニッケル(package/[mg])		1.04E+01		-		-	
56	材料		リードフレーム中の珪素(package/[mg])		2.28E+00		-		-	
57	材料		リードフレーム内装メッキの銀(mg)		2.19E+00		-		-	
58	材料		BGAのガラスエポキシ基板中のガラス(package/[mg])		-		2.65E+01		2.65E+01	
59	材料		BGAのガラスエポキシ基板中のエポキシ樹脂(package/[mg])		-		1.65E+01		1.65E+01	
60	材料		BGAのガラスエポキシ基板中の銅(package/[mg])		-		2.32E+01		2.32E+01	
61	全画面表示		リスト中の銀(package/[mg])		1.61E+00		1.37E+00		5.41E+00	
62	全画面表示を閉じる(C)		リスト中のエポキシ樹脂(package/[mg])		6.89E-01		5.87E-01		2.32E+00	
63	エネルギー消費電力[Wh]				7.41E+02		6.16E+02		2.12E+03	