

Д. т. н. А. И. КОРОБОВ, А. Е. ПЛЕХАНОВ

Россия, г. Москва, Гос. авиационный ин-т (МАИ)

Дата поступления в редакцию
13.05–22.09 1999 г.

Оппонент к. ф.-м. н. А. В. АНДРИЯНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ В МНОГОКРИСТАЛЬНЫХ МИКРОСБОРКАХ

Предложено оценивать эффективность проектирования микросборок по показателю плотности элементов ИС. Определены факторы, влияющие на этот показатель.

It has been proposed to evaluate efficiency of microassembly design by index of element density. The influencing factors on this index have been determined.

Эффективность конструкции многокристальных микросборок (МСБ) обеспечила широкое их применение [1]. Эффект этой конструкции обусловлен, с одной стороны, тенденцией развития полупроводниковых ИС к росту интеграции (ИС, БИС, СБИС, УБИС), с другой стороны, непрерывным совершенствованием коммутационных плат в направлении уменьшения шага расположения проводников ($\delta_1 + \delta_2$, где δ_1 и δ_2 — соответственно ширина проводника и расстояние между проводниками) — от 600 мкм для печатной платы 1-го класса точности до 25 мкм для коммутационных плат многокристальных модулей.

Поскольку развитие ИС и коммутационных плат направлено на обеспечение роста интеграции изделий РЭС, в частности МСБ, то актуальна задача выявления факторов, определяющих эффективность использования ИС в многокристальных МСБ.

Показателями эффективности проектирования МСБ принято считать величину коэффициента дезинтеграции [2]

$$K_{\text{дез}} = S_{\text{п}} / \sum_{i=1}^k n_i S_{i\text{кр}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{п}}$ — площадь коммутационной платы;

n_i — число кристаллов i -го типа;

k — число типов кристаллов;

$S_{i\text{кр}}$ — площадь кристалла i -го типа.

Величина, обратная коэффициенту дезинтеграции, характеризует *плотность упаковки*:

$$D = 1/K_{\text{дез}} = \sum_{i=1}^k n_i S_{i\text{кр}} / S_{\text{п}}. \quad (2)$$

Для выявления факторов, влияющих на этот показатель, рассмотрим возможные варианты размещения проводников на коммутационной плате.

Установка ИС на коммутационную плату может быть реализована пайкой и приклейкой. В случае пайки проводники не могут размещаться под кристаллами ИС. В этом случае

$$S_{\text{п}} = \sum_{i=1}^k n_i S_{i\text{кр}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{тп}}; \quad (3)$$

$$S_{\text{тп}} = 2\Delta(A+B) - 4\Delta^2,$$

где $S_{\text{пр}}$ — площадь, занимаемая проводниками коммутации;

$S_{\text{тп}}$ — площадь, занимаемая технологическими полями;

A и B — длина и ширина подложки;

Δ — ширина технологического поля.

В случае приклейки проводники коммутации проходят под кристаллами и возможны следующие крайние варианты использования полезной площади подложки:

— площадь подложки занята в основном проводниками: $S_{\text{п}} = S_{\text{пр}} + S_{\text{тп}}$;

— площадь подложки занята в основном кристаллами ИС: $S_{\text{п}} = \sum n_i S_{i\text{ИС}} + S_{\text{тп}}$.

Последний вариант обеспечивает максимальную плотность упаковки, поэтому влияние факторов на этот показатель целесообразно установить именно для последнего варианта.

Для простоты рассуждения примем, что все ИС однотипны. Тогда площадь, занимаемая ИС, определяется как $nS_{\text{ИС}}$. Плотность упаковки для рассматриваемого случая равна

$$D = \frac{nS_{\text{кр}}}{nS_{\text{ИС}} + 2\Delta(A+B)}, \quad (4)$$

т. е. $D = f[n, S_{\text{кр}}, S_{\text{ИС}}, \Delta, (A+B)]$, где n — число кристаллов.

Установим влияние каждого из факторов на величину D . При этом отметим, что в рассматриваемом варианте число кристаллов определяется площадью подложки и площадью посадочного места.

Пусть $n_{\text{кр}}$ — число однотипных кристаллов, размещающихся на плате в правильном порядке по строкам и столбцам (**рис. 1**):

$$n_{\text{кр}} = n_x \times n_y,$$

где n_x — число кристаллов, размещенных вдоль стороны X платы;

n_y — число кристаллов, размещенных вдоль стороны Y платы.

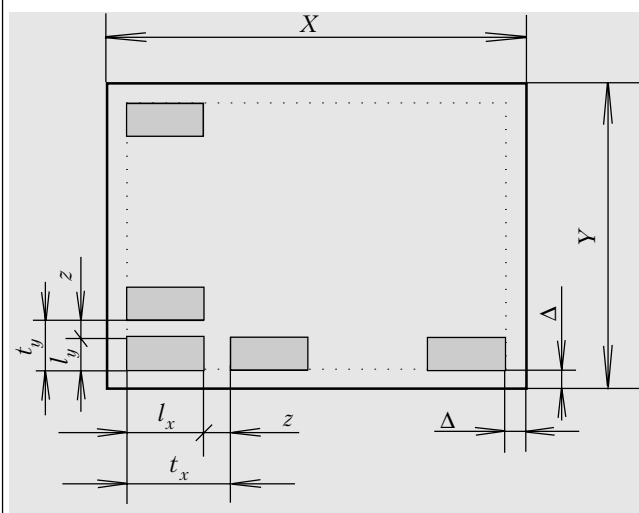


Рис. 1. Геометрия платы МСБ

При выбранных размерах платы \$X \times Y\$ число кристаллов вдоль сторон \$n_x\$ и \$n_y\$ для односторонней установки может быть найдено по формулам

$$n_x = E \left[\frac{X - l_x - 2\Delta}{t_x} \right] + 1; \quad (5)$$

$$n_y = E \left[\frac{Y - l_y - 2\Delta}{t_y} \right] + 1,$$

где \$E\$ — оператор выбора целочисленного решения; \$l_x, l_y\$ — размеры посадочного места (корпуса) ИС; \$t_x, t_y\$ — шаги установки ИС в строке (ось \$X\$), в столбце (ось \$Y\$).

Шаг установки ИС рекомендовано принимать кратным 2,5 мм, при этом минимальный зазор между корпусами (\$z\$) не должен быть меньше 1,5 мм. (В особых случаях шаг установки может быть кратен 1,25 или 0,625 мм [3, с. 331–337].)

Пусть шаг установки (\$t_x, t_y\$) будет кратен 2,5 мм. Тогда он будет рассчитываться с помощью коэффициентов кратности

$$k_x = \frac{l_x + z}{2,5}; \quad k_y = \frac{l_y + z}{2,5}. \quad (6)$$

Полученные значения \$k_x, k_y\$ нужно округлить до большего целого числа и умножить на 2,5. Тогда шаг установки вдоль стороны \$X\$ и стороны \$Y\$ составит, соответственно,

$$t_x = 2,5k_x; \quad t_y = 2,5k_y. \quad (7)$$

Общее число кристаллов в МСБ рассматриваемого варианта составит \$n_{кр} = n_x \times n_y\$ и может быть определено по формулам (5) – (7).

Таким образом, для данных размеров коммутационной платы (\$A, B\$) число кристаллов зависит от площади ИС (\$S_{ИС}\$) и величины \$\Delta\$. При отсутствии технологического поля \$D = S_{кр} / S_{ИС}\$. Плотность упаковки определяется соотношением площадей кристалла и ИС независимо от числа кристаллов и независимо от их интеграции (числа выводов). Из этого следует, что характеристика «плотность упаковки»,

определяемая как доля площади коммутационной платы, занимаемой кристаллами ИС, не отражает изменения плотности активных элементов и, следовательно, функциональной плотности, наблюдаемой при росте интеграции применяемых в МСБ ИС.

Вместе с тем эффективность конструкции многокристалльных МСБ следует оценивать именно функциональной плотностью. Указанный показатель может быть получен как частное от деления плотности активных элементов на их число, необходимое для выполнения одной функции. В то же время характеристика, являющаяся количественной мерой плотности активных элементов в МСБ, может быть получена умножением величины \$D\$ на число выводов ИС (\$n_b\$):

$$D^* = D n_b. \quad (8)$$

Можно полагать, что рост числа выводов является отражением роста числа активных элементов в ИС (на каждый вывод приходится среднестатистическое число элементов).

Для сравнения информативности характеристик «плотность упаковки» (принятая характеристика) и «плотность элементов на коммутационной плате» получены (по справочным данным) зависимости рассматриваемых величин от количественной меры интеграции ИС — числа выводов (рис. 2). Из зависимостей виден существенный рост плотности эле-

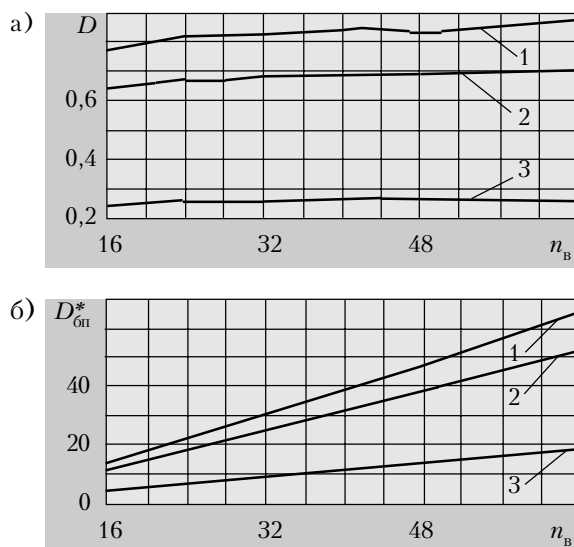


Рис. 2. Зависимость плотности упаковки (а) и плотности активных элементов (б) МСБ площадью \$48 \times 60\$ мм от числа выводов ИС:

1 — шариковые выводы; 2 — гибкие выводы; 3 — ленточный носитель

ментов на коммутационной плате (а следовательно, и функциональной плотности МСБ) при применении кристаллов более высокой интеграции. Это позволяет считать показатель «плотность элементов» более информативным по отношению к существующему показателю «плотность упаковки».

Используя формулы (4) и (8) получим:

$$D^* = \frac{n S_{кр} n_b}{n S_{ИС} + 2\Delta(A + B) - 4\Delta^2}. \quad (9)$$

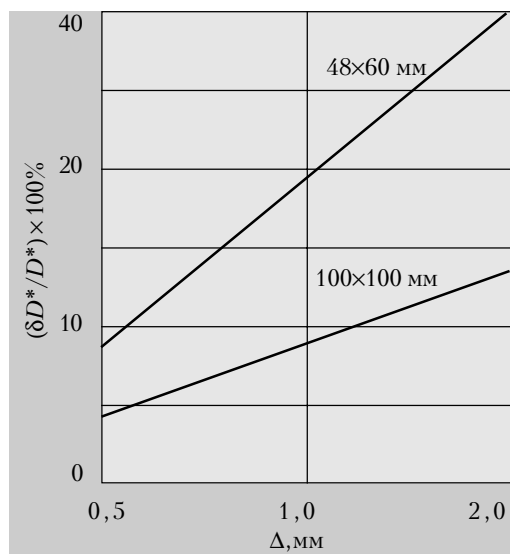


Рис. 3. Зависимость изменения плотности элементов ИС в МСБ от ширины технологического поля при различных размерах подложек

То есть факторами, определяющими плотность элементов ИС в многокристалльных МСБ, а следовательно, и функциональную плотность, являются: число выводов ИС n_B , площадь кристалла $S_{кр}$, площадь посадочного места $S_{ИС}$, величина технологического поля Δ , размеры подложки $(A+B)$.

Определим влияние каждого из указанных факторов на плотность элементов.

Влияние ширины технологического поля Δ на изменение плотности элементов можно оценить, исследуя зависимость $\delta D^*/D^*$ от Δ , где $\delta D^* = D^* - D^*_{бп}$ — разность значений плотности элементов ИС при учете технологического поля (D^*) и без учета ($D^*_{бп}$).

На рис. 3 приведены зависимости $\delta D^*/D^*$ от ширины технологического поля при различных размерах подложек многокристалльных МСБ. Данные рис. 3 показывают, что при размерах подложек 48×60 мм и

100×100 мм изменение плотности элементов в связи с наличием технологического поля с шириной 1,5 мм, принятой в производстве коммутационных плат, не превышает 14 и 30%, соответственно.

Влияние фактора n_B , пропорционального интеграции кристаллов ИС, лучше всего оценить без учета влияния на величину D^* технологического поля. Тогда

$$D^*_{бп} = \frac{n S_{кр} n_B}{n S_{ИС}} = \frac{S_{кр}}{S_{ИС}} n_B \quad (10)$$

Поскольку для данного типа ИС величина $S_{кр}/S_{ИС}$ постоянна (определяется конструктивным исполнением ИС), то $D^*_{бп}$ линейно возрастает при увеличении уровня интеграции ИС, отображаемого величиной n_B , что и подтверждается данными рис. 2, б.

При условиях выполнимости формулы (10) для ИС постоянного уровня интеграции ($n_B = const$) D^* определяется конструктивным исполнением ИС, т. е. величиной $S_{кр}/S_{ИС}$, которая, в соответствии с [2], может меняться в пределах от 0,02 до 1.

Таким образом, эффективность использования ИС в многокристалльных микросборках целесообразно оценивать по показателю плотности элементов ИС.

К факторам, определяющим плотность элементов ИС в многокристалльных микросборках, в которых проводники располагаются под плотно расположенными кристаллами ИС, относятся: коэффициент заполнения посадочного места ИС ($S_{кр}/S_{ИС}$), число выводов ИС, ширина технологического поля.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры / Под ред. Б. Ф. Высоцкого. — М. : Сов. радио, 1977.
2. Яковлев Б. Я Плотность упаковки многокристалльных схем // Техника средств связи. Сер. Микроэлектронная аппаратура. — 1983. — № 1. — С. 26—28.
3. Конструирование радиоэлектронных средств / Под ред. А. С. Назарова. — М. : МАИ, 1996.

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

Журнал издается с 1996 г. Подписной индекс 40633.
 Почтовый адрес редакции: Украина, 252033, Киев-33, ул. Владимирская, 101.
 Тел.: (044) 227-22-62, 227-13-56, 227-52-81. Факс: (044) 227-36-68.
 http: www.vdmais.kiev.ua