

образователей: ПЦ(p_{n+1}, p_{n+2}) или ПЦ(p_{n+2}, p_{n+1}). На рис. 1 рассмотрен случай, когда $p_0 = p_{n+1}$.

Во многих практических случаях число таких преобразователей значительно меньше, чем указано. Преобразователь ПЦ(p_0, p_{n+1}) не нужен, если $p_0 < p_i$. В частности, если $p_0 < p_i$ для всех $i = 1, 2, \dots, n$, то в АУ достаточно иметь лишь один преобразователь: ПЦ $n+1n+2$, если $p_{n+2} < p_{n+1}$ и ПЦ $n+2n+1$ — в противном случае. БСВ i ($i = 1, 2, \dots, n+2$) необязательно должны иметь древовидную структуру, изображенную на рис. 2. Однако в целях повышения скорости вычислений их организация должна обеспечить возможность поточного (конвейерного) режима обработки информации [4, 5]. Число сумматоров, а следовательно, и регистров в каждом из БСВ i ($i = 1, 2, \dots, n+2$) определяется степенью осуществляемых распараллеливаний на микрооперационном уровне.

В [1,6—9] подробно рассмотрены алгоритмы выполнения основных арифметических операций в АУ, структура которого представлена на рис. 1. Из рис. 3 видно, что процесс каждой из арифметических операций в ОСОК условно можно разбить на две части: определение первых n цифр результата операции и вычисление ИИ результата. При этом первая часть занимает существенно меньшее время, чем вторая. При вычислении ИИ основная работа связана с действиями над первыми n цифрами операндов. Указанное обстоятельство позволяет начать выполнение команд программы, зависящих от результата предшествующих команд сразу после получения первых n его цифр. Отмеченная особенность алгоритмов арифметики ОСОК идеально согласуется с принципами поточной обработки информации. Поточная структура алгоритмов арифметики ОСОК позволяет существенно повысить эффективность предложенного АУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коляда А. А.—Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 1, физ., мат. и мех., 1980, № 1, с. 6.
2. Коляда А. А., Кравцов В. К.—Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 1, физ., мат. и мех., 1979, № 3, с. 57.
3. Чу Я. Организация ЭВМ и микропрограммирование.— М., 1975.
4. Аллен. Архитектура ЭВМ для обработки сигналов.— ТИИЭР, 1975, т. 63.
5. Самохвалов К. Г., Корнейчук В. И., Тарасенко В. П. Электронные цифровые вычислительные машины.— Киев, 1976.
6. Коляда А. А., Ревинский В. В.—Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 1, мат., физ., мех., 1973, № 3, с. 12.
7. Коляда А. А.—Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 1, мат., физ., мех., 1976, № 3, с. 12.
8. Коляда А. А. Там же, с. 3.
9. Коляда А. А., Кравцов В. К. Ранг числа и умножение дробей в нормированных обобщенных СОК. ВИНТИ № 4111-76/78. Деп. от 29.11.76.

Поступила в редакцию
26.04.79.

Кафедра электронных математических
машин

УДК 621.382.23

Г. И. ГРОМЕНКО, В. И. ЛОЙКО, И. Г. НЕКРАШЕВИЧ

ЗАВИСИМОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ ПРИРОДЫ ИЗГИБАЮЩИХ СИЛ В ДВУХСЛОЙНЫХ СИСТЕМАХ

Распределение внутренних напряжений в двухслойных системах может существенно изменяться в зависимости от природы изгибающих сил. Отдельные авторы [1—3] считают, например, что напряжения в двухслойной прямоугольной пластине длиной l , высотой h и шириной $b=1$ с радиусом изгиба R под влиянием поперечной равномерно распределенной нагрузки (механический изгиб) равны напряжениям в однотипной

пластине с одинаковым радиусом изгиба, возникающим при нагревании за счет различных удлинений слоев (термический изгиб). Следовательно, для расчета напряжений в таких пластинах можно использовать как простую теорию балок (или «лучевую» модель Стоуни) [3—5], так и теорию биметаллических пластин [2, 6, 7]. Однако равенство напряжений, рассчитанное по обеим моделям, имеет место только в тех случаях, когда требуется вычисление суммарных напряжений в слоях, например, при определении изгибной жесткости, кривизны пластин и т. д. Наиболее важной характеристикой при изучении деформации в двухслойных полупроводниковых пластинах является величина напряжения в бесконечно тонком продольном волокне пластины, которая определяет изменение эффективных масс, времени жизни и подвижности носителей заряда в деформируемой области полупроводника. В тех случаях, когда деформация полупроводника неоднородна, возникает градиент концентрации носителей заряда, который существенно изменяет характер протекания тока в двухслойной структуре. С этой целью в работе проводится теоретическое изучение распределения напряжений, возникающих в двухслойной изотропной пластине при механическом и термическом изгибах. Анализируется случай малых изгибов пластин, когда распределение напряжений в слоях может быть описано линейной функцией.

Рассмотрим двухслойную пластину, в которой $h_1 = h_2$, $E_1 = E_2 = E$, $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, где E и α — модуль Юнга и коэффициент линейного расширения пластины соответственно. Пусть пластина с $h = h_1 + h_2$ испытывает чистый изгиб вследствие действия в каком-либо поперечном сечении изгибающего момента. Подобная задача сводится к изгибу однородного прямоугольного бруса, распределение напряжений в котором может быть найдено с использованием теории простых балок [4]:

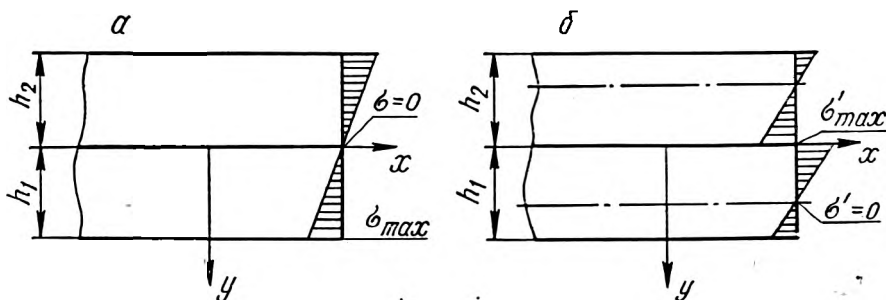
$$\sigma_x = Ey/R. \quad (1)$$

Полагая в (1) $y = \pm h/2$ и $y = 0$, строим эпюру распределения напряжений в слоях h_1 и h_2 (см. рисунок, а), из которой следует, что максимальные нормальные напряжения $\sigma_{\max}$ возникают во внешних волокнах пластины, а нулевые σ — на границе раздела слоев.

Рассмотрим второй случай изгиба аналогичной пластины, в которой $h_1 = h_2$, $E_1 = E_2 = E$ и $\alpha_1 > \alpha_2$. Если при нагревании от температуры T_0 до T двухслойная пластина изгибается и при этом значение R становится равным значению радиуса в первом случае, то распределение напряжений в слоях может быть найдено с использованием теории биметаллических пластин [7]:

$$\sigma_x = (\alpha_1 - \alpha_2)/2(T - T_0)[(3y/h) - 1]E. \quad (2)$$

Полагая в (2) $y = \pm h/3$, $y = \pm h/2$ и $y = 0$, строим эпюру распределения напряжений в слоях (см. рисунок, б), из которой следует, что максимальные напряжения $\sigma'_{\max}$ возникают на границе раздела слоев, а напряжения в наружных волокнах пластины равны $\sigma'_{\max}/2$. Волокна с нулевыми напряжениями находятся на расстоянии $y = \pm h/3$ от границы раздела слоев. Аналогичным образом можно показать различие в распределении тангенциальных напряжений в слоях пластин.



Распределение нормальных напряжений в поперечном сечении двухслойного бруса

Применение уравнений (1) и (2) для анализа распределения напряжений в двухслойных пластинах позволило теоретически доказать неравноценность лучевой [3—5] и биметаллической моделей [2, 6, 7], широко применяемых для расчета величин термических обратимых напряжений, возникающих в двухслойных полупроводниковых системах. Большинство авторов [например, 1—3] не учитывало возможности изменений в распределении напряжений по пластине при различных способах изгиба, что явилось причиной противоречивых выводов о влиянии деформаций на изучаемую активную область полупроводника. В случае, если этой областью является $p-n$ -переход, имеющий глубину залегания Δl , то, используя выражения (1) и (2) для расчета напряжений в тонких продольных слоях полупроводниковых пластин, методом графического построения эпюр распределения напряжений можно определить их величины в элементах толщиной Δl , расположенных на одинаковом расстоянии от оси x , которые, как видно из рисунка, различны.

В каждом конкретном случае задача по определению напряжений, возникающих при деформации двухслойных полупроводниковых систем, должна учитывать природу действующих на изгибающуюся систему сил и распределение напряжений в их слоях.

Следует отметить, что имеется достаточное количество работ [8, 9], в которых показано, что термические напряжения сконцентрированы в тонкой области, вблизи границы раздела слоев, т. е. нелинейно распределены по их толщине, в то время как теория биметаллических пластин применима только при линейном распределении напряжений в слоях. Следовательно, основным условием применимости биметаллической модели для расчета термических деформаций в двухслойных системах является линейность распределения напряжений в слоях, которая для достоверности результатов исследований в каждом случае должна подтверждаться экспериментально. Применение биметаллической модели для двухслойных систем с нелинейным распределением напряжений в слоях недопустимо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канделаки Т. С., Синица С. П., Эдельман Ф. Л.—Микроэлектроника, 1973, т. 2, № 3, с. 259.
2. Козлов Б. И., Раков А. В.—Электронная техника, 1971, т. 6, № 3, с. 71.
3. Jaccodine R. J., Schlegel W. A. J.—Appl. Phys., 1966, v. 37, № 6, p. 2429.
4. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов, т. 1.—М., 1965, с. 363.
5. Whelan M. V., Goemans A. H. and Goossens L. M. C.—Appl. Phys. Lett., 1967, v. 10, № 10, p. 262.
6. Тимошенко С. П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек.—М., 1971, с. 807.
7. Воробьев А. И., Канцельсон О. Г. Термобиметалл и его применение в приборостроении и автоматике.—М.-Л., 1951, с. 127.
8. Козлов Б. И., Раков А. В.—Электронная техника, 1971, т. 6, № 8, с. 68.
9. Serebrinsky J. H.—Solid State Electron, 1970, v. 13, № 11, p. 1435.

Поступила в редакцию
19.05.79.

НИИ ПФЛ

УДК 537.525.5

В. Е. ГРАКОВ, А. С. МАЙГА

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КАТОДНОЕ ПАДЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВАКУУМНЫХ ДУГ

В связи с многочисленными техническими применениями электрических вакуумных дуг их исследование продолжает оставаться актуальным [1]. В МГД-генераторах, вакуумных выключателях, плазмотронах [2, 3] широко используется воздействие на дуги магнитного поля, поэто-