

УДК 435.376

А.О.Зайцев (асп., каф. ЭФ), С.Н.Колгатин, д.т.н., проф.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАТНОГО ИЗГИБА ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ПРОГРЕВЕ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ГАЗОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ

В современной полупроводниковой промышленности на подложках из сапфира или более дешевого карбида кремния часто выращиваются пленки с существенно отличными решеточными характеристиками. Их однородность и прочность сильно зависят от изгиба подложки при предварительном прогреве и росте. Обычно подложка располагается на массивном вращающемся подложкодержателе, нагреваемом снизу; сверху подложка обдувается потоком прекурсора. Поток тепла q_0 , проходящий снизу вверх, в том числе и через подложку, приводит к разнице температур между ее верхней и нижней поверхностями ΔT_h . Из-за термического расширения более нагретая часть пластины расширится в большей степени, чем более холодная, и подложка изогнется, принимая вогнутую форму. Максимальный зазор у края подложки δ_0 можно оценить по формуле [1] $\delta_0 \approx 0.5 \alpha \Delta T_h R_0^2 / h_0$, где α – коэффициент термического расширения (КТР), R_0 – радиус подложки. Для сапфира δ_0 составит около 30мкм, а для карбида кремния 1,5мкм; в последнем случае изгибанием, на первый взгляд, можно пренебречь. На практике, однако, для подложек из SiC при нагревании наблюдается значительный прогиб в обратную сторону; в [2] он относится на счет остаточных эффектов от проникновения молекул травителя в поверхностный слой. Если предположить существование тонкого поверхностного слоя со слегка отличным от объемного материала КТР, то выпуклый изгиб при нагреве становится понятным. Так как толщина “отравленного слоя” h_f мала по сравнению с h_0 , то предростовой прогиб δ_{pre} может быть описан известной формулой Стони $\delta_{pre} = 3\varepsilon h_f R_0 / h_0^2$ где ε есть относительная деформация пленки. В случае несоответствия КТР $\varepsilon = \Delta\alpha\Delta T$, где $\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha$ – разность КТР пленки и подложки, ΔT – уход температуры от начальной. Примем, что $h_f \sim 10$ мкм, а $\Delta T \sim 1000$ К. Для этих условий в табл. 1 приведены прогибы для пяти- и десятисантиметровой в диаметре SiC-подложки толщиной 500мкм, в предположении, что $\Delta\alpha$ отличается от α на 1 (а) или на 10% (б).

Таблица 1.

Диаметр подложки	$\alpha, 10^{-6}K^{-1}$	$\delta_0, \mu m$	$\delta_{pre}, \mu m$ (а)	$\delta_{pre}, \mu m$ (б)
Ø 5см	3	-1,6	2,25	22,5
Ø 10см	3	-6,2	9,0	90,0

Из табл. 1 видно, что предростовой прогиб для SiC-подложек может достигать значительной величины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю.А.Амензаде, Теория упругости. М: Высшая школа, 1971. 287 с.
2. Н.С.Савкина и др., ФТТ, т. 36, вып. 7, с. 812-816 (2002).