

ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Демидов Е.Д

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

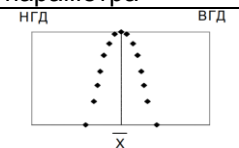
Кусенок Е.В. – канд. физ.-мат. наук

Прогресс современной электроники и компьютерной техники, полностью базирующихся на полупроводниковых материалах, идет в направлении уменьшения размеров электронных систем, увеличения быстродействия и сокращения энергопотребления. Вследствие чего требуется строгий подход к контролю качества изделия. Один из этих подходов несет название Статистическое регулирование технологических процессов.

Целью статистического регулирования технологических процессов является проведение своевременных и обоснованных мероприятий, обеспечивающих уменьшение изменчивости параметров технологического процесса изготовления изделий, его оптимизацию по критериям качества и затрат, обеспечение повышенного качества изделий на стадии их изготовления, в конечном счете повышение эффективности ТП (технологического процесса), в том числе и экономической.

Для оценки воспроизводимости параметров и стабильности эпитаксиального роста пленки используется методика расчета и получения значений C_p (коэффициента воспроизводимости) и C_{pk} (коэффициента стабильности). Подробные сведения о статистической оценке управляемости ТП по C_p и C_{pk} приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Статистическая оценка управляемости процесса.

C_p, C_{pk}	Распределение контролируемого параметра	Управляемость ТП	Мероприятия
$(C_p, C_{pk}) > 1,67$		Более чем достаточная.	Самое идеальное состояние.

$1,33 < (C_p, C_{pk}) < 1,67$		Достаточная.	Это идеальное состояние, которое следует поддерживать.
$1,0 < (C_p, C_{pk}) < 1,33$		Удовлетворительная.	Необходимо проводить строгий контроль ТП.
$0,67 < (C_p, C_{pk}) < 1,0$		Недостаточная.	Выпускаются несоответствующие изделия в непредвиденной последовательности. Необходимо улучшить управление ТП
$(C_p, C_{pk}) < 0,67$		Совершенно недостаточная.	В данном состоянии изделия не удовлетворяют требованиям качества. Необходимо определить причины и разработать мероприятия по повышению качества.

C_p и C_{pk} контролируемого параметра ТП оценивают сравнением номинального значения этого параметра X_n и допуска на него соответствующим средним значением этого параметра \bar{x} и величиной его рассеивания, получаемых в реальном ТП.

C_p ТП определяют по формуле:

$$C_p = \frac{\Delta}{3S} \quad (1),$$

где Δ – половина поля допуска; S – СКО контролируемого параметра.

СКО определяют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \quad (2),$$

где n – количество данных; X_j – значение контролируемого параметра для j -го измерения; \bar{x} – среднее значение контролируемого параметра по факту, которое вычисляют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (3),$$

C_{pk} контролируемого параметра ТП, для которого задаются две границы поля допуска, определяют по формуле:

$$C_{pk} = \frac{\Delta - |x_n - \bar{x}|}{3S} \quad (4),$$

где Γ_d – заданная граница поля допуска.

Для достаточно достоверной оценки C_p и C_{pk} объемы данных по результатам контроля параметров целесообразно иметь не менее 25 значений. В таблице 1 приведена статистическая оценка управляемости ТП по C_p и C_{pk} . Приведен случай, когда $\bar{x} = x_n$, т. е. $C_p = C_{pk}$.

Имеющиеся для расчета данные по двум параметрам – удельному сопротивлению и толщине эпитаксиального слоя, получены после проведения технологического процесса эпитаксии в течении 5 дней по одной пластине с последующими замерами. Результаты замеров приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Данные по удельному сопротивлению.

Сутки		1	2	3	4	5
Точки на пластине	Верх	4,17	4,07	3,92	3,96	4,08
	Центр	4,2	4,05	4,0	3,94	4,02
	Низ	4,17	4,07	3,89	3,91	4,05
\bar{x}		4,18	4,06	3,936	3,936	4,05

Таблица 2 – Данные по толщине эпитаксиального слоя.

Сутки		1	2	3	4	5
Точки на пластине	Верх	14,4	14,3	14,4	14,6	14,5
	Центр	14,2	14,0	14,1	14,4	14,2
	Низ	14,5	14,2	14,3	14,5	14,3
\bar{x}		14,366	14,166	14,266	14,5	14,33

Исходя из расчетов по формуле (1), (2), (3), (4) $S_r \approx 1,314$ значение соответствует границам допуска $1,0 < (S_r) < 1,33$, что означает удовлетворительную воспроизводимость параметра и необходимость строгого контроля за ТП. Также $S_{rk} \approx 1,42$ и соответствует границе допуска $1,33 < (S_{rk}) < 1,67$, что означает достаточную стабильность процесса.

Исходя из расчета по формуле (1), (2), (3), (4) S_r и S_{rk} по толщине эпитаксиального слоя соответствуют границе допуска $(S_r, S_{rk}) > 1,67$, что означает что воспроизводимость и стабильность параметра –толщина являются более чем достаточными.

Из этого следует вывод, что за счет оптимизации воспроизводимости процесса снизилась дефектность, а также увеличилось качество изделий за счёт увеличения степени статистической управляемости процесса.

Список использованных источников:

3. Павлов А.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов.: Высшая школа, 1987.
4. Маслов А.А., Технология и конструкции полупроводниковых приборов, М.: Энергия, 1970. – 296 с.
5. Технология СБИС. Пер. с англ. Под ред. С.Зи. Т. 1 и 2. М.: Мир, 1988.