

ВЫРАЩИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ КРЕМНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРИХЛОРСИЛАНА

О. Ю. Наливайко¹, А. С. Турцевич², К. В. Рудницкий¹,
А. В. Шамплет¹, И. А. Нагаев¹

¹⁾ ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
ул. Казинца И.П., 121А, Минск, Беларусь, e-mail: onalivaiko@integral.by

²⁾ Министерство Промышленности РБ, пр. Партизанский, 2/4, 2200033 Минск, Беларусь

Определены режимы эпитаксиального наращивания кремния с использованием трихлорсилана, обеспечивающие формирование эпитаксиальных пленок кремния со скоростью роста от 0,2 до 1,5 мкм/мин. Показана возможность выбора условий роста, обеспечивающих получение требуемой величины смещения топологического рисунка (от 100–120% при температуре осаждения 1200 °С до 45–60% при температуре осаждения 1200 °С и 1120 °С). Это позволило использовать имеющиеся комплекты фотомасок при производстве широкой номенклатуры ИС.

Ключевые слова: эпитаксиальные слои кремния; смещение рисунка; трихлорсилан.

EPITAXIAL GROWTH OF SILICON LAYERS USING TRICHLOROSILANE

O. Y. Nalivaiko¹, A. S. Turtsevich², K. V. Rudnitsky¹,
A. V. Shamplet¹, I. A. Nagaev¹

¹⁾ JSC "INTEGRAL" – Holding Management Company 121 A, Kazintsa I.P. Str.,
Minsk, 220108, Belarus

²⁾ The Ministry of Industry of the Republic of Belarus, Partizansky av., 2/4, 2200033 Minsk, Belarus,
Corresponding author: O. Y. Nalivaiko (onalivaiko@integral.by)

It was defined the conditions of epitaxial silicon growth using trichlorosilane, which provide the formation of epitaxial silicon layers with deposition rate from 0,2 to 1,5 microm/min. It was shown the possibility of selection of silicon growth conditions, which provide the required value of pattern shift (from 100-120% at 1200 °C to 45-60% at 1200 and 1120 °C). It make it possible to use the existing sets of photomask for wide IC range.

Key words: epitaxial silicon layers; pattern shift; trichlorosilane.

ВВЕДЕНИЕ

В ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ» для процессов эпитаксиального наращивания кремния использовались тетрахлорид кремния (SiCl₄) и дихлорсилан (SiH₂Cl₂). В рамках инновационного проекта «Развитие производства эпитаксиальных структур в ОАО «ИНТЕГРАЛ» было закуплено новое оборудование для эпитаксиального наращивания кремния, которое работает с трихлорсиланом (SiHCl₃). Трихлорсилан (ТХС) является реагентом, который используют, когда требуется высокая скорость осаждения. Он менее дорогой, чем моносилан и

дихлорсилан и используется, когда становятся важными производительность оборудования для эпитаксиального наращивания и затраты [1, 2].

Из-за разной скорости роста в различных кристаллографических направлениях, микрорисунок скрытого слоя в эпитаксиальном слое смещается по отношению к областям с высоким уровнем легирования в подложке [1–4]. Температура роста и скорость роста оказывают сильное влияние на смещение топологического рисунка. Уменьшение температуры осаждения вызывает увеличение величины смещения топологического рисунка по абсолютной величине [1, 2]. Для обеспечения возможности использования имеющегося комплекта фотошаблонов необходимо подобрать режимы эпитаксиального наращивания, обеспечивающие смещение топологического рисунка, такое же, как и на ранее используемом оборудовании.

Настоящая работа посвящена определению режимов процесса эпитаксиального наращивания кремния с использованием ТХС, обеспечивающего приемлемые скорости роста слоев кремния и смещение топологического рисунка.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Наращивание эпитаксиальных пленок кремния проводилось на установке цилиндрического типа PE2061S фирмы LPE (Италия) при атмосферном давлении. Внешний вид установки представлен на рисунке 1. Температура осаждения варьировалась в диапазоне 1120–1200 °С. Поток ТХС изменялся в диапазоне от 2 до 25 л/мин. В качестве подложек использовались пластины монокристаллического кремния КДБ10 с ориентацией (111) диаметром 100 мм. Для контроля толщин и смещения топологического рисунка использовались подложки со сформированным скрытым слоем *n*-типа.

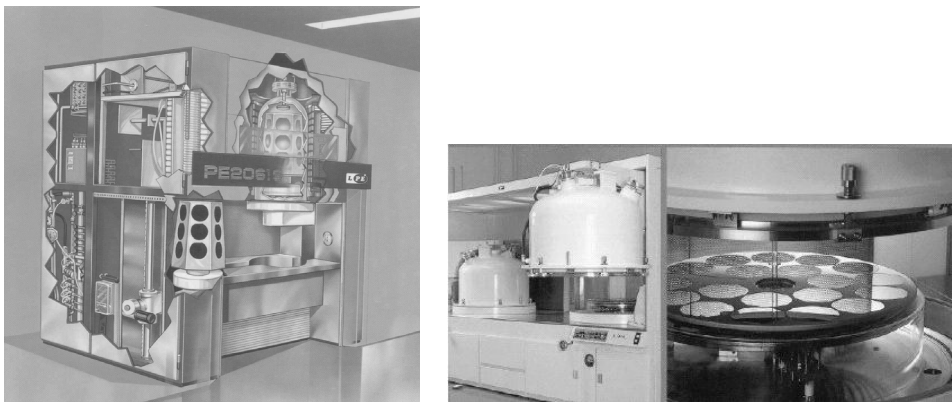


Рисунок 1. – Внешний вид установок PE2061 и DC6000E

Контроль толщины эпитаксиальных пленок кремния проводился методом ИК-Фурье спектроскопии на установке ECO-DX (Nicolet), а измерение удельного сопротивления при помощи ртутного зонда на установке SSM-495. Контроль смещения топологического рисунка проводился при помощи оптического микроскопа на косом шлифе путем декорирования (окрашивания) [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ



Рисунок 2. – Зависимость скорости роста от потока трихлорсилана при температурах 1200 °С

Зависимость скорости роста от потока ТХС представлена на рисунке 2. Видно, что скорость роста монотонно (линейно) возрастает от 0,23 до 1,5 мкм/мин с увеличением потока ТХС от 2,0 до 25 л/мин. Это свидетельствует о том, что процесс находится в режиме с диффузионным контролем, т.е. процессы массопереноса ограничивают скорость роста количеством подводимых к поверхности подложки реагентов [1, 3], при этом температура не оказывает влияния на скорость роста.

В используемом ранее процессе эпитаксиального наращивания кремния на установке DC6000E фирмы Kokusai Electric, Япония (рис. 1) с использованием дихлорсилана при температуре 1100 °С и скорости роста 0,5 мкм/мин величина смещения топологического рисунка составляет 100–120 % от толщины эпитаксиального слоя, а при скорости роста 0,2 мкм/мин – 45–60 %.

Зависимость смещения топологического рисунка от температуры осаждения при скорости роста 1 мкм/мин представлена на рисунке 3. Видно, что с увеличением температуры величина смещения топологического рисунка уменьшается. Величина смещения 100–120 % достигается при температуре осаждения 1200 °С. Зависимости смещения топологического рисунка от скорости осаждения при температурах 1120 и 1200 °С представлены на рисунке 4. Видно, что с уменьшением скорости осаждения смещение топологического рисунка уменьшается. При температуре осаждения 1200 °С значения смещения 100–120 %, достигаются при скорости осаждения около 0,9–1,0 мкм/мин, а при уменьшении скорости роста до 0,4–0,5 мкм/мин может быть достигнута величина смещения 45–60 %, необходимая (в соответствии с требованиями ТД) при эпитаксиальном наращивании пленок кремния толщиной менее 4 мкм. Полученные зависимости позволяют предположить, что величина смещения 45–60 % может быть достигнута и при температуре 1120 °С при скорости осаждения около 0,2 мкм/мин. Таким образом, при осаждении тонких эпитаксиальных слоев кремния возможно использование более низкой температуры с целью снижения ширины переходного слоя между подложкой и эпитаксиальным слоем.

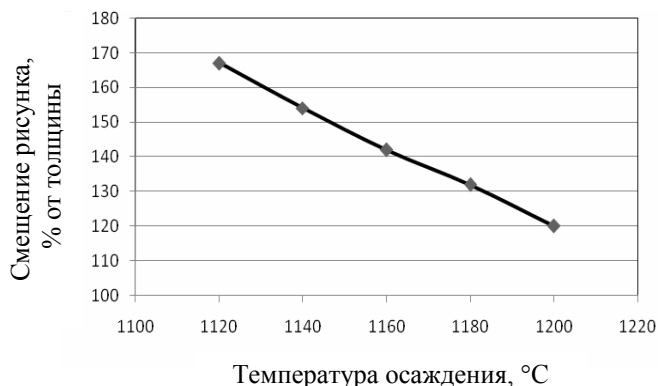


Рисунок 3. – Зависимость смещения топологического рисунка от температуры осаждения

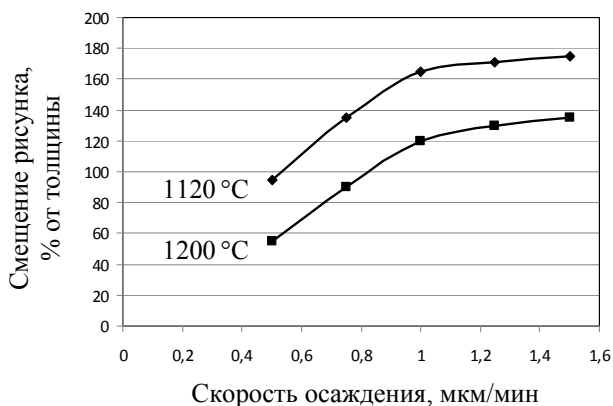


Рисунок 4. – Зависимость смещения топологического рисунка от скорости осаждения при различных температурах осаждения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены режимы эпитаксиального наращивания кремния с использованием трихлорсилана, обеспечивающие формирование эпитаксиальных пленок кремния со скоростью роста от 0,2 до 1,5 мкм/мин. Показана возможность выбора условий роста, обеспечивающих получение требуемой величины смещения топологического рисунка (от 100-120% при температуре осаждения 1200 °C до 45–60% при температуре осаждения 1200 °C и 1120 °C). Это позволило использовать имеющиеся комплекты фотошаблонов при производстве широкой номенклатуры ИС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Емельянов В.А., Эпитаксиальные слои кремния и германия для интегральных микросхем / В.А. Емельянов, А.С. Турцевич, О.Ю. Наливайко — Минск: Интегралполиграф, 2008. – 286 с.
2. Robinson M.D., Silicon Epitaxy in Microelectronics Materials and Processes // Ed. By R.A. Levy.- New York: by Kluwer Academic Publishers, 1989. – pp.25–78.
3. Технология СБИС : в 2-х кн. / под ред. С. Зи. – М. : Мир, 1986. — Кн. 1., с.74–120.

4. Hammond M.L., Silicon Epitaxy by Chemical Vapor Deposition *in* Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques / Ed. by K. Seshan. – Noyes Publications; 2 edition, 2001. – 430 p.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ЗНАКОВ СОВМЕЩЕНИЯ НА ИХ «ЧИТАЕМОСТЬ» ПОСЛЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО НАРАЩИВАНИЯ КРЕМНИЯ

О. Ю. Наливайко¹, Н. А. Бахматова¹, Н. С. Ковальчук¹,
А. С. Турцевич², А. К. Ратино¹

¹) ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
ул. Казинца И.П., 121А, Минск, Беларусь, e-mail: onalivaiko@integral.by

²) Министерство Промышленности РБ, пр. Партизанский, 2/4, 2200033 Минск, Беларусь

Установлено, что структура знака совмещения установок проекционной литографии существенно влияет на его «читаемость» после эпитаксиального наращивания кремния. Показано, что «читаемость» знаков совмещения в виде светорассеивающих или светопоглощающих полос зависит от глубины лунок. В то же время, для обеспечения хорошего контраста и «читаемости» знаков совмещения необходимо увеличивать расстояние между полосами, по крайней мере, до 15 мкм. Для установок проекционной литографии с дифракционными знаками совмещения для обеспечения устойчивого «чтения» знаков совмещения также целесообразно увеличить расстояние между центрами полос до 15–20 мкм.

Ключевые слова: эпитаксиальные слои кремния; знаки совмещения; «читаемость».

THE INFLUENCE OF ALIGNMENT MARK STRUCTURE ON THEIR READABILITY AFTER EPITAXIAL GROWTH OF SILICON LAYERS

O. Y. Nalivaiko¹, N. A. Bakhmatova¹, N. S. Kovalchuk¹,
A. S. Turtsevich², A. K. Ratino¹

¹) JSC "INTEGRAL" – Holding Management Company 121 A, Kazintsa I.P. Str.,
Minsk, 220108, Belarus

²) The Ministry of Industry of the Republic of Belarus, Partizansky av., 2/4, 2200033 Minsk, Belarus,
Corresponding author: O. Y. Nalivaiko (onalivaiko@integral.by)

It was defined that the structure of alignment marks of projection lithography systems have an significant influence on their readability after epitaxial growth of silicon layers. It was shown that readability of alignment marks in form of light-diffusing or light-absorbing strips depends on the hole depth. At the same time, to provide the good contrast and readability it is necessary to increase the distance between hole strips at least up to 15 micron. For projection lithography systems with diffractive alignment marks it is also reasonable to increase the distance between hole strips up to 15–20 micron.

Key words: epitaxial silicon layers; alignment marks; readability.