

Технологии формирования объёмных микроструктур

1. Условия задачи

Произвести компьютерное моделирование технологического процесса микрорезистивной технологии формирования металлического объёмного микроэлемента на кремниевой пластине.

2. Техническое задание

Моделирование технологического процесса провести дистанционно на предоставленном программном обеспечении. Требования к персональному компьютеру: с браузером Edge/Chrome/Firefox/Opera и эквивалентные с выпуском не ранее 2019 г., 2ГГц, 2 ГБ, ~15МБ диска для кэширования моделей, видеокарта или процессор с поддержкой OpenGL.

Модель объёмного элемента должна представлять собой вертикально расположенный на кремниевой пластине металлический цилиндр с высотой 5 мкм и диаметром верхней грани 30 мкм. При этом обеспечить пересечение осью цилиндра плоскости поверхности пластины в точке с координатами $x_{Ц} = 36$ мкм и $y_{Ц} = 54$ мкм относительно центра пластины.

Для моделирования технологического процесса использовать предоставленное меню выбора необходимых элементов из библиотеки элементов, опции задания режимов технологических процессов и выбора материалов.

При моделировании окисления поверхности кремниевой пластины сформировать окисел на поверхности кремниевой пластины толщиной не менее 400 нм с использованием атмосферы чистого кислорода. Провести моделирование формирования плёнки алюминия толщиной 5 мкм методом магнетронного напыления. Выбрать вязкость фоторезиста и провести моделирование нанесения фоторезиста толщиной 1,8 мкм методом центрифугирования с последующей сушкой. Сформировать модель маски (фотошаблона). Моделировать визуальное совмещение маски (фотошаблона) с пластиной с погрешностью 2 мкм. С учётом свойств выбранного фоторезиста провести моделирование его экспонирования и проявления. При моделировании процесса травления алюминия обеспечить целостность фоторезиста и боковое подтравливание не более 6,5 мкм. Провести моделирование удаления фоторезиста с использованием органических растворителей.

Необходимо составить технологический маршрут, выбрать материалы, задать режимы выполнения технологических операций, запустить процесс моделирования, получить результат.

3. Регламент исполнения модели

Запустить модель на исполнение по ссылке <https://dt.miet.ru/photo/> в пошаговом режиме, руководствуясь комментариями на экране. Перед запуском каждой из технологических операций ввести заранее выбранные материалы, рассчитанные параметры и режимы. Наблюдать визуально исполнение технологических операций на мониторе компьютера.

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников
Заключительный этап
Кейсовые задачи
Технологическое направление. Технологический профиль

В случае несоответствия заданным требованиям изменить параметры моделирования, повторить запуск пошагового моделирования. После достижения заданного результата запустить процесс моделирования в непрерывном режиме. Получить и продемонстрировать полученный результат.

4. Тестовые испытания

1. Предъявление технологической документации. Топология маски, технологический маршрут, режимы проведения технологических операций. Для каждого шага представляется расчёт, заданный в виде подставляемых численных значений, вспомогательных переменных и коэффициентов, считанные значения по таблицам или графикам.

2. Визуализация результата моделирования на мониторе компьютера. Осмотр модели объёмного элемента металлического цилиндра с высотой 5 мкм и диаметром 30 мкм на кремниевой пластине. Демонстрация измерения высоты и диаметра в режиме моделирования.

3. Визуализация технологических операций в пошаговом режиме моделирования с выводом параметров технологических процессов по требованию.

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников
Заключительный этап
Кейсовые задачи
Технологическое направление. Технологический профиль

5. Критерии оценивания выполнения задания командой участников олимпиады

Декомпозиция технологического маршрута	Умение работать с материалами и управлять технологическим режимами	Умение практически реализовать технологию	Умение осуществить контроль качества
<p>0 – технологическая документация не предъявлена, технологический маршрут заведомо ошибочный; 1 – технологическая документация предъявлена, технологический маршрут позволяет добиться цели, но имеет существенные недочёты; 2 – технологическая документация предъявлена, технологический маршрут позволяет добиться цели, имеет незначительные недочёты; 3 – технологическая документация предъявлена, технологический маршрут оптимален для выбранных материалов и режимов технологических операций.</p>	<p>0 – нет понимания принципов создания объёмных микроструктур, нет представления о моделировании техпроцесса; 1 – теоретические представления о принципах создания объёмных микроструктур усвоены; 2 – теоретические представления о принципах создания объёмных микроструктур усвоены, учтены свойства используемых материалов, есть понимание технологических режимов преобразования материалов; 3 – теоретические представления о принципах создания объёмных микроструктур усвоены, учтены свойства используемых материалов, есть представление о влиянии режимов на результат.</p>	<p>0 – технологический маршрут не выполнен (частично или полностью); 1 – весь технологический маршрут выполнен, нет ответов на вопросы по обоснованию выбора материалов и режимов технологических операций; 2 – весь технологический маршрут выполнен, частично предоставлены ответы на вопросы по обоснованию выбора материалов и режимов технологических операций; 3 – весь технологический маршрут выполнен, предоставлены ответы на все вопросы по обоснованию выбора материалов и режимов технологических операций.</p>	<p>0 – контроль качества не осуществлялся; 1 – произведено измерение части критериев, результаты не могут быть интерпретированы; 2 – оценены все параметры объёмных микроструктур, результаты интерпретированы неверно (или вообще не интерпретированы); 3 – оценены все параметры объёмных микроструктур, результаты интерпретированы верно.</p>

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников
Заключительный этап
Кейсовые задачи
Технологическое направление. Технологический профиль

6. Ссылки на рекомендуемые методические материалы

1. <http://equip.eltech.com/catalog/5911>
2. <https://ostec-micro.ru/catalog/equipment/termicheskie-protsessy3/vysokotemperaturnaya-pech-dlya-oksidirovaniya-si-i-sic-oxidator-150/>
3. <http://n2.insu.ru/manuals/1495869142.pdf>
4. https://www.dipaul.ru/upload/iblock/142/dipaul_microelectronics_catalog_2017.pdf
5. <https://www.zcvc.ru/cat/2355/86/%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5-%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%8B%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/-315-detail>
6. <http://www.ipsi.smr.ru/Lab/CKPO/Nanofot/doc/D12APosobie.pdf>
7. <http://www.vacuumel.ru/ru/our-projects.html?start=5>
8. https://zinref.ru/000_uchebniki/02600komputeri/008_00_00_Tekhnologia_mikroelektronnoy_promyshlennosti/011.htm
9. <https://habr.com/ru/post/233729/>
10. http://frast.ru/fr_industrial.html
11. <https://minateh.ru/equipment/technological/spin-coaters-and-developers/>
12. <http://frast.ru/podl.html>
13. <https://lektsii.org/5-19281.html>
14. <https://studfile.net/preview/1199869/page:5/>
15. <https://allrefrs.ru/1-3702.html>
16. http://window.edu.ru/resource/498/78498/files/miem_lapshinov.pdf
17. <http://frast.ru/rekposfr.html>
18. https://www.intech-group.ru/directions/semi/seriya_200/model_200ir/
19. https://www.tech-e.ru/2007_4_68.php
20. <https://himya.ru/fotorezisty.html>
21. <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/70/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%20%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BF%D1%80/Lr5.pdf>
22. <https://mash-xxl.info/info/63132/>
23. https://studbooks.net/2357746/tehnika/osobennosti_zhidkostnogo_travleniya_funktsionalnyh_sloyov
24. https://cchgeu.ru/upload/iblock/a2e/21_2016-osnovy-tekhnologii-ekb.pdf
25. <http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/normal1/00cxcwcuct0w34/CHEVYAKOV.pdf>
<http://base.safework.ru/iloenc?doc&nd=857200059&nh=0&ssect=2>