

МЕХАНІЗМИ СТИМУЛЮВАННЯ ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ТВЕРДОМУ ТІЛІ ПРИ ПРОТІКАННІ НА ЙОГО ПОВЕРХНІ ЕКЗОТЕРМІЧНОЇ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

Задача стимулювання дифузійних процесів є актуальною в електронній технології. Одним із напрямків стимулювання є дія енергії, що виділяється в результаті протікання на поверхні напівпровідникового кристала екзотермічної хімічної реакції. Енергія при цьому виділяється поблизу поверхні, тобто локально, що дуже зручно при створенні складних напівпровідникових структур.

В якості модельної було вибрана реакція рекомбінації атомів водню в молекули, в результаті якої виділяється 4,48 Ев на один акт рекомбінації. Виділення такої великої енергії в малому об'ємі (приблизно 10 нм^2) приводить до того, що локальна температура різко підвищується до декілька тисяч градусів. Це може привести до протікання різноманітних фізичних процесів, в т.ч. до розпилення, збудженню електронної підсистеми, амортизації, рекристалізації, генерації вакансії, виникненню дефектів по Шотткі і Френкелю, що може привести до прискоренню гетеродифузії.

Інтенсивність рекомбінації суттєво підвищує присутність невеликих кількостей металевих домішок на поверхні кристала-катализатора. Частина енергії, що виділяється, понесеться молекулою. Але більша частина передається кристалу. Ця енергія приводить до виникнення локальних коливальних станів атомів ґратки, які релаксують шляхом генерації фононів. Все це приводить до стимуляції дифузійних процесів в локальних приповерхневих шарах напівпровідникових структур.

В якості модельних використовувались структури металева плівка-напівпровідник. Використовувались метали: мідь, нікель, срібло, золото та індій. Ці метали дифундують в германії і кремнії різними механізмами: міжвузільним, дисоціативним і вакансійним, які можуть протікати одночасно, але з перевагою одного із них (все залежить від температури кристала).

На стимуляцію гетеродифузії впливають наступні процеси.

Генерація фононів.

Час виділення енергії хімічної взаємодії атомів водню $\tau \sim 10^{-10}$ с (час обмінної взаємодії), тому механізм виділення й дисипації енергії укладається в уявлення про Θ -спалах. Оскільки температура в області Θ -спалаху велика (порядку температури плавлення матеріалу), то це приводить до збільшення інтенсивності процесу дефектоутворення. Генерація фононів може призвести

до переходу атома із вузла ґрадки в міжвузілья, тобто виникнення пари вакансія-міжвузільний атом (дефект по Френкелю). Розпилення атома з поверхні приводить до виникнення поверхневої вакансії (дефект по Шотткі), яка може втягуватися в об'єм. Підвищена дефектність та висока локальна температура в області Θ -спалаху ускладнюють відвід тепла. При цьому зростає роль багатофонових процесів, що прискорює дифузію атомів. Прискорюється дифузія домішок, які переміщуються по вакансійному (нікель, срібло, золото, індій), міжвузільному (мідь – при високих температурах), дисоціативному (нікель, срібло, золото) механізмам.

Виникнення ґрадієнту температур.

При дії атомарного водню в приповерхневих шарах кристала виникає значний ґрадієнт температур. Це приводить к прискоренню дифузії домішок, особливо тих, що дифундують по міжвузільному та дисоціативному механізмам.

Збудження електронної системи.

Збудження електронної підсистеми навівпровідникових кристалах приводить до виникнення потоку електронів з поверхні в об'єм ("електронний вітер"), яка протікає при початку процесу обробки Н, а також виникненню електричних полів в приповерхневих шарах навівпровідника. Це прискорює гетеродифузію домішок, які дифундують у вигляді позитивних іонів, особливо по міжвузільному та дисоціативному механізмам (мідь, срібло, золото).

Таким чином, комплексна дія всіх механізмів приводить до значного стимулювання гетеродифузії всіх перерахованих домішок в навівпровідниковому кристалі.