

### 1. Abstract

Reactive Ion Etching (RIE) as one of dry etching methods is discussed. The Experiments are carried out on STS 320 PC equipment in TU - Ilmenau. Vacuum deposited layer of chromium is used as a masking material. In order to optimise the technological factors of the etching process. The following parameters are varied:

- electrical power;
- composition and proportions of the gas mixtures ( $SF_6/O_2/CHF_3$  and  $SF_6/O_2$ );
- process duration.

Реактивното йонно ецване бе използвано, за да се направят дълбоки структури в Si субстрати. Този начин на ецване се базира на двойно физическо и химическо ецване. Физическата реакция се дължи на разпрашване на материала от повърхността на ецвания субстрат. Химическото ецване се базира на химическата активност на реагиращите материали.

Използвани са следните видове газове смеси:  $SF_6/O_2$  и  $SF_6/O_2/CHF_3$ . Ефектът от прибавянето на  $O_2$  в плазмата е увеличаване на анизотропията на структурата. Степента на ецване се дължи първо на високата плътност на F атомите, след това се дължи на нарастването на  $Si_xO_yF_z$  и последващото му намаляване вследствие на размиването на F атомите. Дебелината напасивираният слой от  $Si_xO_yF_z$  е функция на плътността на кислородните атоми и локалната температура. Плътността на F атомите е функция на силата на потока от  $SF_6$  и RF-енергията.

В плазма  $SF_6/O_2/CHF_3$ ,  $SF_6$  произвежда F атоми за химическото ецване на Si формирайки летлив  $SiF_4$ .  $O_2$  създава O радикали, за да пасивира Si повърхност със  $Si_xO_yF_z$  и  $CHF_3$  са източник на  $CF_x$  и  $SF_x$  йони, отговорни за отстраняването на  $Si_xO_yF_z$  ниво по ниво формирайки летливи  $CO_xF_y$  или  $SO_xF_y$ .

Увеличаването на RF енергията е увеличаване на степента на ецване вследствие на по-добрата дисоциация на  $SF_6$  и увеличаването на разпрашването.

### 3. Резултати

За експериментите бе използвана RIE камера от системата STS 320 PC. Ецваните субстрати бяха 4" Si <111> със 150 nm Si маска. За по-добър термичен контакт между ецвания субстрат и държателя, два Si субстрата бяха поставени един над друг. Първият бе 5" плочка, свързана с държателя. Вторият ецван субстрат бе 4", свързан с 5" субстрат с специална смес (фиг.1). Температурата на повърхността на дъното бе установена на 10°C.

Генератора на мощност генерира RF мощност с честота 13.56 MHz и максимална стойност 560W.

Очаква се ефекта от добавянето на  $\text{CHF}_3$  към газовата смес от  $\text{SF}_6/\text{O}_2$  да е редуциране на формациите от чер силиций на дъното, премахвайки микромаските от Si причинени от  $\text{Si}_x\text{O}_y\text{F}_z$ , тъй като  $\text{CF}_3$  реагира много по-силно със силициев оксид отколкото със силиций. На приложените SEM фотографии може да се види, че в нашия случай няма видима редукция на черния силиций с повишаване на големината на тока от  $\text{CHF}_3$ , но е видимо намаляването на степента на ецване и намаляването на анизотропията. Причината за намаляването на степента на ецване с формирането на летлив HF, който е причина за намаляването на плътността на F атоми. Тези резултати показват, че плазмата  $\text{SF}_6/\text{O}_2/\text{CHF}_3$  е неизползваема за разглеждания процес.

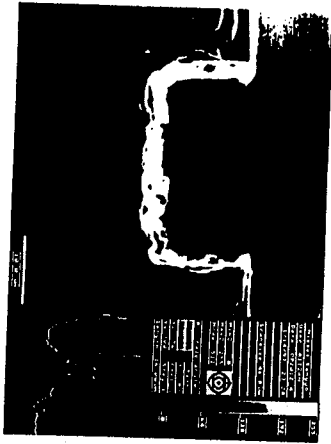
Определянето на съотношението между  $\text{SF}_6$  и  $\text{O}_2$  в газовата смес е много важно за получаване на структури с висока анизотропия и малко черен силиций на дъното. За този експеримент бе направена промяна в началните условия, в камера, където има повече свободни силициеви повърхности, около ецвания бяха поставени четири 4" субстрата без маски. Тоева бе направено с цел да се редуцира отражението на йони, но също така е причина за редукция на степента на ецване причинено от ефекта на натоварване. Увеличаването на кислорода е причина за увеличаване степента на ецване, увеличаването на черния силиций и анизотропията както се вижда от SEM фотографиите. Причината за увеличаването на степента на ецване бе разгледана в увода. Кислорода е причина за появата на повече микромаски причинени от формирането на дебели  $\text{Si}_x\text{O}_y\text{F}_z$  слоеве. Изглежда, че увеличаването на  $\text{O}_2$  силно увеличава анизотропията от 0.7 за 8 Sccm на 0.9 за 10 и 12 Sccm. За обясняването на този ефект са необходими по-нататъшни изследвания. Най-добри резултати се получават за съотношението на  $\text{SF}_6$  спрямо  $\text{O}_2$  равно на 4:1.

Бъ намерен процесът, който дава добра анизотропия и малко формации от чер силиций. Необходимо е да се направи компромис между степента на ецване, високата анизотропия и малкото количество черен силиций.

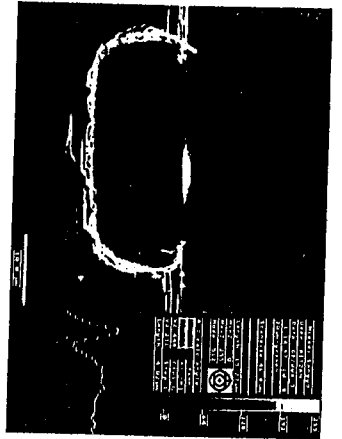
Литература:

1. Schwesinger, Hotovy, Sandig, Peizuz, The influence of gas composition and mask materials on the etch profile of dry etched structures. SPIE, Vol. 2879/95.
2. Lui, Jorne, Plasma etching of silicon in  $SF_6$ . J. Electrochem Soc., Vol.137, N11, Nov. 1990.
3. Данилин, кирисев, Кузнецов, Плазмохимическое и йонотхимическое травление микроструктур. Москва, „Радио и связь“, 1983.

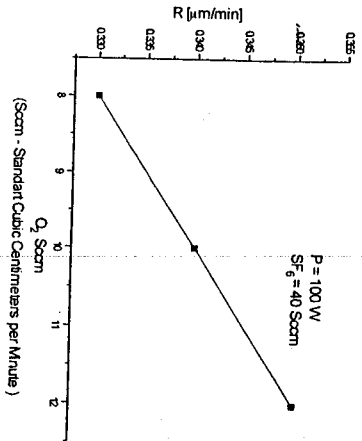
Influence of  $O_2$



$O_2$   
12 sccm

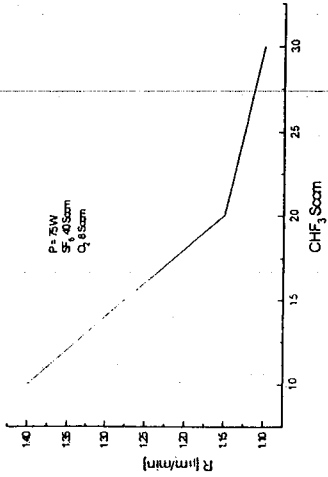
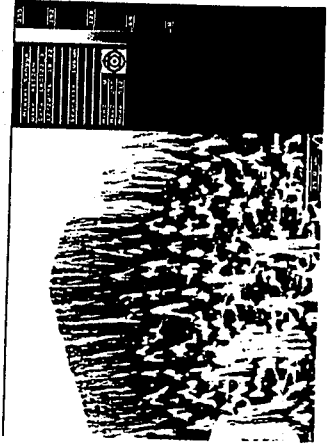
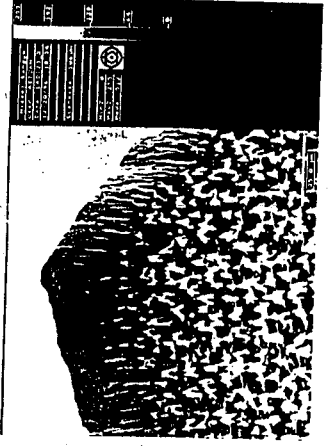


$O_2$   
8 sccm



CHF<sub>3</sub>  
1 Secm

CHF<sub>3</sub>  
0.5 Sec



Surface of CHF<sub>3</sub>