

**Използване на метални маски за изготвяне на
микромеханични елементи**

доц. В.Видеков , инж. Е.Козарова - ТУ-София, КТППМЕ
ст. н.с. С.Дончев ТЦ- ИМЕ София

**Application of metal masks for the production of
micromechanical elements**

V.Videkov , E. Kozarova - TU Sofia , S.Donchev - TC - IME

*In this article are concerned the possibilities of using Ni
and Ni alloys as a mask in deep Si etching in KOH. These masks could
be applied in the development and manufacturing of micromechanical
structures.*

*В доклада са разгледани
възможности за използване на
Ni и Ni съдържащи сплави като
маска при дълбоко ецване на Si в
KOH. Тези маски могат да бъдат
използвани при изготвяне на
микромеханични структури.*

Увод. В последните години изследванията в областта на микромеханиката намират все по-голямо приложение. Реализирани са различни микромеханични структури и системи [1]. Една от основните технологични операции в създаването на такива структури и сензори е ецването на Si [2]. Проведени са редица изследвания по използването на различни ецващи разтвори и защитни маски [3,4]. Едни от най-често ерещаните маски са от SiO₂ и Si₃N₄.

Задача: Поставя се въпросът възможно ли е използването на метални маски при дълбоко ецване на силиций за нуждите на микромеханиката. Основното предимство на такава маска би било значително по-ниската температура на получаване и лесното топологично структуриране.

Експериментална постановка: Използването на метална маска при ецването на Si е известно [4, 5]. Маски от Ag, Cu, Au, Ta, Cr са използвани при мокро ецване с прилагането на воден разтвор на EDP. Въпреки добрите резултати трябва да се

посочи основният недостатък на този процес - високата му токсичност. Последното е особено нежелателно при използването на процеса мокро ецване на Si в учебен процес. Във връзка с това бе прието експеримента да се провежда при използване на ецващ разтвор от KOH.

Схема на експеримента:

- Избор на метални слоеве и метод за получаване
- Избор на условия за ецване в KOH
- Изследване на устойчивостта на слоевете в ецващия разтвор
- Създаване на топологична рисунка
- Провеждане на дълбоко ецване
- оценка на резултатите

Основно съображение при избор на металния слой са неговата устойчивост към действието на KOH и високата адхезия към Si. Допуска се и висока адхезия към SiO₂, ако се използват тънко окислени пластини. В този смисъл използването на Au например изисква прилагането на адхезионен подслоя. След проучване изборът се насочва към Ni, NiCr, Ta, TaN и Au. Като методи за получаване се използват вакуумното нанасяне и електрохимично удебеляване.

Изборът на подложка върху която да се отлагат слоевете е предопределен от ецвания материал, Si. За сравнителни изследвания може да се прилага оптично полирана поликристална подложка (СТ-50). Сравнението е необходимо за да се провери дали израстването на слоя върху различна подложка влияе върху устойчивостта му на ецване.

Контролът на ецването (устойчивостта) на маската се контролира по няколко метода: оптичен (коефициент на пропускане, отражение), визуален - чрез наблюдение с микроскоп, електрически - чрез контрол на листовото съпротивление.

Експериментални резултати:

Върху подложка от СТ-50 чрез термично изпарение или катодно разпрашване се нанася слоеве от NiCr, NiCr-Ni, Ta, TaN, NiCr-Ni-Au. Върху част от подложките се извършва електрохимично удебеляване с Ni или Au. Дебелината на слоевете от Ni е около 3µm (измерено с механичен профиломер), а дебелината на Au е около 0,5µm. Подложките се инициализират по области (точки) след което се измерва

листовото съпротивление. В избраните точки се извършват няколко измервания и резултата се усреднява. Листовото съпротивление се измерва чрез четиризондова установка.

На фигура 1 са показани усреднените резултати от изменението на листовото съпротивление на подложки с нанесен NiCr- Ni след обработка в разтвор на $H_2O:KOH$ 2:1 и температура $60^\circ C$. Изменение на листовото съпротивление практически не се наблюдава.

При използване на електрохимично удебелени слоеве се извършва предварително няколкодневно отгряване при $270^\circ C$ за премахване на евентуални вътрешни напрежения в слоевете. Отгряването не показва наличие на големи вътрешни напрежения - промяната на R_s е между 0.057 и $0.059 \Omega/\square$ със σ 0.0009 .

След 6 часово ецване отново не се забелязва съществено увеличение на R_s - фигура 2.

При изследване на подложки със слой от Ta и TaN се получи значително увеличение на R_s от порядъка на 10 пъти за по-малко от час. Визуално се наблюдава разрушаване на слоя. Поради тази причина повече експерименти с Ta не са провеждани.

На фигура 3 са дадени обобщени резултати от ецване в продължение на 10 часа на слой от NiCr-Ni, нанесени върху SiO_2 . Практически слой е устойчив въпреки промените в началото на процеса и към 10-я час.

Общият извод е, че маската от NiCr и NiCr-Ni е устойчива на химическо въздействие на KOH. Поради това следващите експерименти са свързани с използване на горната маска и дълбоко ецване на Si. Използвани са пластини p тип с ориентация (100) и дебелина $330 \mu m$. Основният въпрос е дали маската от Ni (NiCr) ще издържи ецване на цялата дебелина на пластината. Използвани са тестови шаблони за двустранно ецване показани на фигура 4. От обратната страна пластините не са полирани.

На фигура 5 е показана профилограма на дъното на ецвана пластина след 3 часа, а на фигура 6 са показани фотографии на топологични фрагменти след ецване от 4 часа. Показани са лицева и тилна страна при наблюдение с отразена светлина.

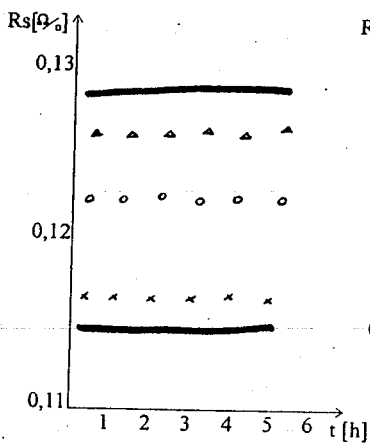
Заклучение. В резултат на проведените експерименти е доказано, че слоеве от NiCr и NiCr-Ni могат да се използват като метални маски в микромеханиката. Същите при дебелина 0.3 - 0.8 μ m са напълно достатъчни за дълбокоструктуриране, включително и за отвори. Не е изследван въпросът дали металната маска може да бъде използвана и като конструктивен елемент.

Литература: 1. Herbert Reichel, Anton Heuberger Micro System Technologies"94 4-th International Conference and Exhibition on Micro Electro, Opto, Mechanical Systems and Components Berlin X.1994

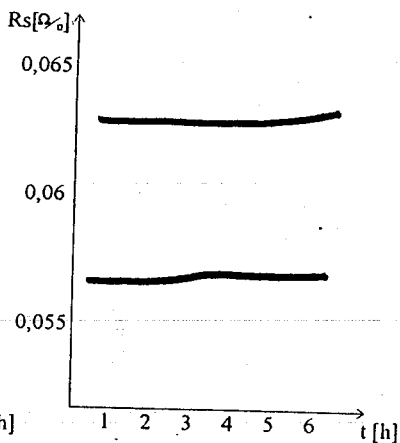
2. Sarro P. Van Verwaarden A. Silicon cantilever beams fabricated by electrochemically controlled etching for sensors applications J. Electrochemical soc. vol 133 N 8 August 1986

3. Seidel H. Csepregi L., Neuberger A., Baumgartel H. Anisotropic etching of crystalline silicon in alkaline solutions I Orientation dependence and behavior of passivation layers. J Electrochemical soc., vol 137 N 11 November 1990

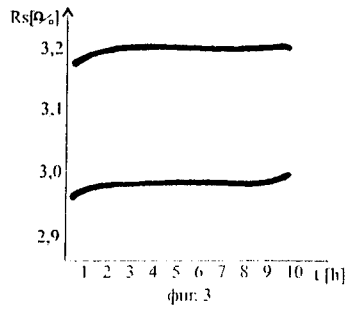
4. Petersen K. Silicon as a mechanical material
Proc IEEE 70, 1980



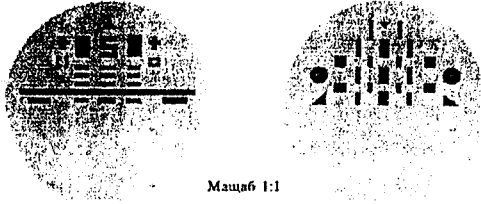
фиг. 1



фиг. 2

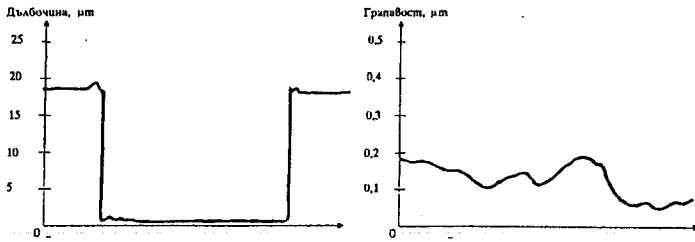


фиг. 3

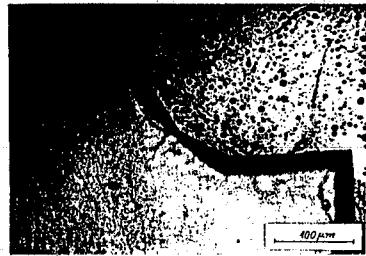
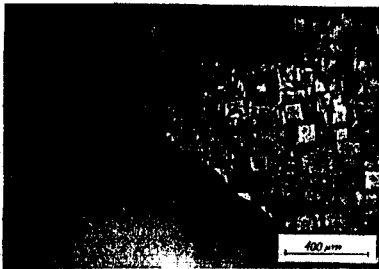


Масштаб 1:1

фиг. 4



фиг. 5



фиг. 6