ЭПИТАКСИАЛЬНОЕ НАРАСТАНИЕ TiN НА ТИТАНЕ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ АЗОТВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМОЙ

А.М.Чапланов, Е.Н.Щербакова
Институт электроники НАН Беларуси, 220841, г.Минск, Логойский тракт-22
Тел. (375 17) 265 33 32; факс: 00 375 17 265 25 41,e-mail: inel@inel.bas-net.by

Методами просвечивающей электронной микроскопии исследовались структурные и фазовые превращения в эпитаксиальных пленках титана при обработке азотводородной плазмой. Установлено, что при температурах облучения 500-600°С происходит образование поликристаллической пленки нитрида титана. При увеличении температуры облучения более 600°С наблюдается ориентированный рост TiN, образующаяся эпитаксиальная пленка нитрида имеет ориентацию (001), параллельную ($\bar{3}\,3\,\bar{5}$) титана. В целом в результате проведенных исследований установлены закономерности ориентированного роста нитрида титана на титане в зависимости от условий обработки азотводородной плазмой.

I. Введение

Последние исследования зарубежных и отечественных научных центров показали, что при переходе к субмикронным размерам перспективной является замена алюминиевой металлизации на медную. В связи с этим возникает необходимость по поиску материалов для создания контактно-барьерных слоев к активным элементам ИС при использовании металлизации на основе меди. Как показывают многочисленные исследования [1-4], необходимым требованиям для применения в качестве барьерных слоев, предотвращающих диффузию меди в кремний, удовлетворяет нитрид титана. Таким образом, исследование закономерностей формирования и роста TiN представляет не только научный, но также и практический интерес.

II. Методика эксперимента

В настоящей работе методами просвечивающей электронной микроскопии с помощью электронного микроскопа JEM-200 CX исследовались структурные и фазовые превращения в эпитаксиальных пленках титана при обработке азотводородной плазмой. Исходные пленки титана получали термическим осаждением в вакууме $3\bullet10^{-4}$ Па на свежесколотые кристаллы NaCl ориентации (001) при температуре 420 °С.

Облучение осуществлялось плазмой дугового разряда в течении 10 минут. Температура на поверхности пленок измерялась с помощью хромель-алюмелевой термопары и составляла 500, 600 и 700°С в зависимости от тока катода. Давление азот-водородной смеси поддерживалось на уровне 5-6 Па при исходной степени вакуума в рабочей камере $1.33\bullet10^{-2}$ Па. Процентное содержание водорода составляло 5 % [5]. Для определения ионного тока плазмы использовался зонд Ленгмюра. В условиях эксперимента плотность тока ионов составляла $J_i = 4.0 \pm 0.2$ мА/см^2. Доза облучения N_s рассчитывалась по формуле [6]:

$$N_s = J_i \bullet t/q$$

где t - время облучения,

III. Результаты и их обсуждение

Исходные пленки титана являются монокристаллическими, о чем свидетельствуют точечные рефлексы на электронограмме, и содержат большую концентрацию дефектов кристаллической решетки. Электронограмма исходных пленок представлена на рис.1а. Как следует из схемы ее идентификации (рис.1б), осью зоны является направление [$\bar{1}\,1\,\bar{1}$].

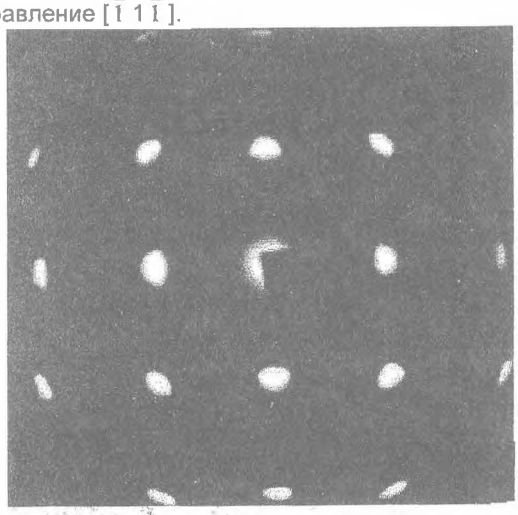
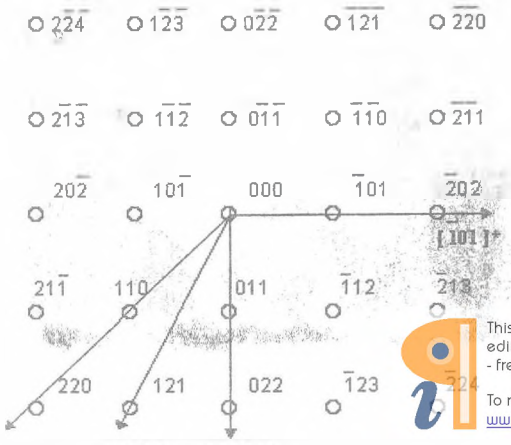


Рис.1. Электронограмма исходных пленок титана



This document has been edited with Infix PDF Editor - free for non-commercial use.
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

После облучения пленок титана азотводородной плазмой при T=500°C на электронограмме наряду с рефлексами, принадлежащими титану, возникают слабые по интенсивности кольца, принадлежащие нитриду титана TiN, причем присутствуют только наиболее интенсивные линии данного соединения. Это свидетельствует о появлении при данных режимах облучения в эпитаксиальной пленке титана зародышей нитрида титана, имеющих различную кристаллическую ориентацию.

С увеличением температуры облучения до 600°C интенсивность и количество колец, принадлежащих нитриду титана возрастает. Кольца на электронограмме становятся несколько текстурированными. Это свидетельствует о том, что происходит разориентированный рост зерен TiN (рис.3). На электронограмме наряду с линиями нитрида титана присутствуют также дополнительные кольца, возникающие в результате двойной дифракции вокруг основных рефлексов титана.

Иная картина наблюдается после облучения пленок Ti при температуре 700°C. Электронограмма представляет собой сложную картину рефлексов Ti, TiN и их двойных отражений (рис.4). Зерна нитрида титана покрыты муаровыми полосами, что свидетельствует об ориентированном нарастании нитрида титана. Схема расчета электронограммы приведена на рис.5.

Из анализа дифракционной картины следует, что при обработке эпитаксиальных пленок титана азотводородной плазмой при температуре 700°C на поверхности происходит ориентированное нарастание TiN таким образом, что (001) TiN // $(\bar{3}\,3\,\bar{5})$ Ti.

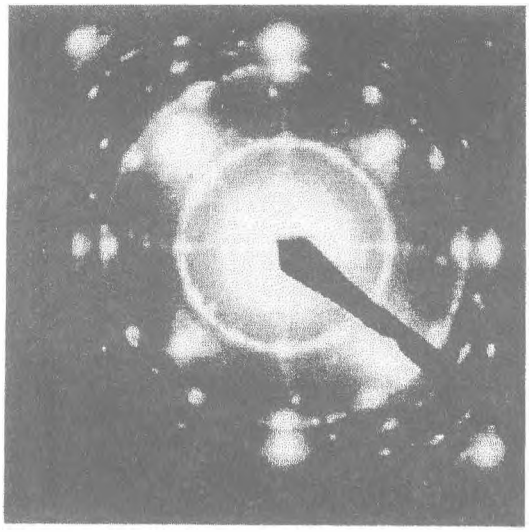


Рис.3. Электронограмма пленок титана после облучения азотводородной плазмой при температуре 600 °C

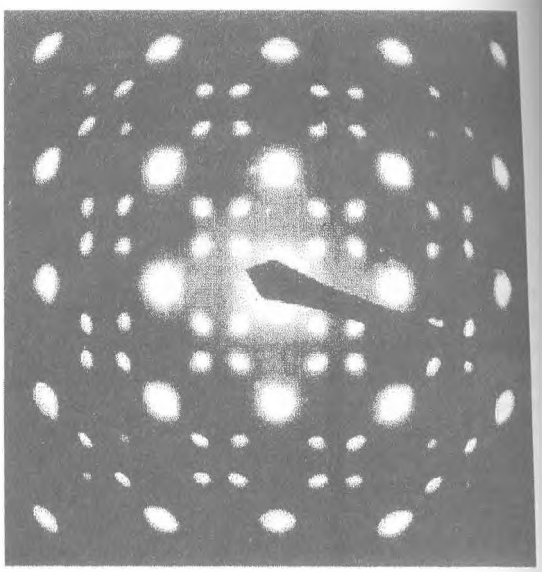


Рис.4. Электронограмма пленок титана после облучения азотводородной плазмой при температуре 700 ° C

Результаты расчетов, проведенных согласно [7], свидетельствуют о том, что между титаном и его нитридом наблюдаются следующие ориентационные соотношения для обратных решеток:

$[\bar{1}\,1\,2]^*$ Ti // $[010]^*$ TiN

$\}$ = $(\bar{1}\,1\,\bar{1})^*$ Ti // $(001)^*$ TiN

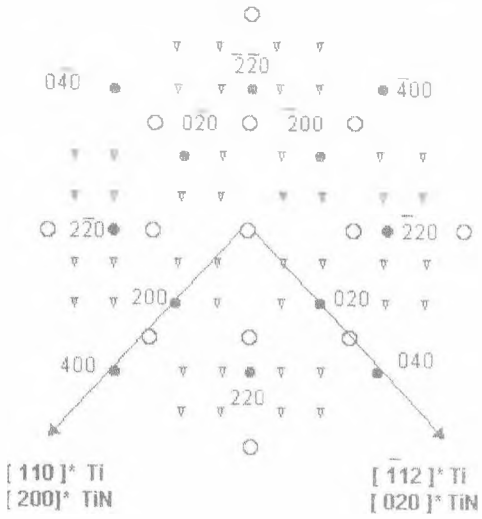
$[1\,1\,0]^*$ Ti // $[100]^*$ TiN

При переходе к атомной решетке получаем ориентационные соотношения:

$[\bar{5}\,5\,6]$ Ti // [010] TiN

$\}$ = $(\bar{3}\,3\,\bar{5})$ Ti // (001) TiN

[110] Ti // [100] TiN



○ - Ti ; ● - TiN ;
∇ - рефлексы двойной дифракции

Рис.5. Схема идентификации электронограммы пленок титана после облучения азотводородной плазмой при температуре 700 °C

This document has been edited with Infix PDF Editor - free for non-commercial use.
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

Заключение

В целом проведенные исследования показали, что при облучении эпитаксиальных пленок титана азотводородной плазмой при температурах 500-600°С происходит образование поликристаллической пленки нитрида титана TiN.

При увеличении температуры облучения более 600°С наблюдается ориентированный рост TiN, причем образующаяся эпитаксиальная пленка нитрида имеет ориентацию (001) параллельно $(3\bar{3}\bar{5})$ титана. В результате исследований определены ориентационные соотношения и установлены закономерности ориентированного роста нитрида титана на титане в зависимости от условий обработки.

Список литературы

1. *Patterson J.C., O'Reilly M., Crean G.M. Barrett J.* // Microelectronic Engineering -1997.- V. 33, № 1-4 - P. 65-73.
2. *Vispute R.D., Narayan J.* // Journal of electronic materials -1996 - V. 25, № 11- P.7916-7919.
3. *Ahrens C., Friese G., Ferretti R., Schwierzi B.* // Microelectronic Engineering -1997.-V. 33, № 1-4 - P. 301-307.
4. *Weber A.* // Appl.Phys.Lett.-1995.-67, № 20 - P.2934-2935.
5. *Арзамасов Б.Н.* Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах. -М.: Машиностроение, 1979. - 224 с.
6. *Тилл У., Лаксон Д.* Интегральные схемы: Материалы, приборы, изготовление. - М.: Мир, 1985. - 501 с.
7. *Утевский Л.М.* Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. – М.: Металлургия, 1973. - 584 с.

EPITAXYAL GROWTH OF TiN ON TITANIUM BY IRRADIATION WITH HYDRONITROGEN PLASMA

A.M.Chaplanov, E.N.Shcherbakova

Institute of Electronics NBAS ,22, Logoiski trakt, 220090 Minsk, Belarus

Tel.(375)172 65 33 32 , Fax.(375)172 65 25 41, e-mail: inel@inel.bas-net.by

Thin films of refractory metals and their compounds are now finding an ever increasing use in various branches of microelectronics. This paper studies structural and phase transformations in epitaxyal films of titanium under processing in hydronitrogen plasma. Titanium films were prepared by thermal vaporation in vacuum on fresh-cleaved NaCl crystals with orientation (001) by temperature 420°C. The structure and phase composition of the films were studied by method of transmission-diffraction microscopy an JEM-200CX.

Then titanium films were irradiated with arc discharge plasma containing nitrogen and hydrogen ions, processing time was 10 min. Surface temperature of the films was 500, 600, 700°C depending on the cathode current value.

The results of electron microscopy studies show that the titanium films obtained are unitcrystalline. When the films are exposed to hydronitrogen plasma at 500 - 600°C, polycrystalline nitride of titanium TiN is formed in films. As treatment temperature is increased to 700°C oriented growth TiN has a place. The formed epitaxyal film of nitride has crystallographic orientation (001). Between titanium and nitride following orientation relationship is observed:

$$\left.\begin{matrix}[556]\,Ti \,//\, [010]\,TiN \\ [110]\,Ti \,//\, [100]\,TiN\end{matrix}\right\} = (3\bar{3}\bar{5})\ Ti \,//\, (001)\,TiN$$

On whole the regularities of formation and oriented growth of nitride of titanium on titanium have been studied as a function of plasma irradiation parameters.

This document has been edited with Infix PDF Editor - free for non-commercial use.

To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm