

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Б-94

27/II-78

P13 - 11058

Ю.Бух, Я.Червенак

1026/2-78

ПОДАВЛЕНИЕ ГИСТЕРЕЗИСА
В ХАРАКТЕРИСТИКАХ МНП-СТРУКТУР,
ПОЛУЧЕННЫХ РЕАКТИВНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

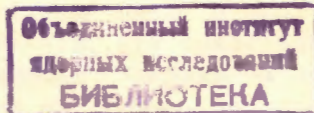
1977

P13 - 11058

Ю.Бух, Я.Червенак*

ПОДАВЛЕНИЕ ГИСТЕРЕЗИСА
В ХАРАКТЕРИСТИКАХ МНП-СТРУКТУР,
ПОЛУЧЕННЫХ РЕАКТИВНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Направлено в журнал "Микроэлектроника"



* Электротехнический институт САН, Братислава, ЧССР.

Бух Ю., Червенак Я.

P13 - 11058

Подавление гистерезиса в характеристиках МНП-структур, полученных реактивным напылением

Получены МНП-структуры (металл - нитрид - полупроводник) с реактивно напыляемыми пленками Si_3N_4 при давлении $2 \cdot 10^{-4}$ Тор. Вследствие образования естественного окисного слоя на Si-подложках (C-V)- и (G-V)-характеристики МНП-структур имеют гистерезис, который связан с перезарядкой ловушек вблизи образовавшейся границы раздела $\text{SiO}_2 - \text{Si}_3\text{N}_4$. Показано, что гистерезис в характеристиках можно исключить распылением окисного слоя перед напылением нитридной пленки и получить на одной Si-подложке структуры с разными (C-V) - и (G-V) -характеристиками.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Buch J., Červenak J.

P13 - 11058

Suppression of Hysteresis Effects in MNS Structures Prepared by Reactive Sputtering

The silicon nitride films in the MNS structures were prepared by reactive sputtering in nitrogen at pressure $2 \cdot 10^{-4}$ torr. In the C-V and G-V curves hysteresis effects were observed. Effects are related to the existence of a thin natural oxide layer and traps which are located at the new interface between oxide and nitride. These traps are charged and discharged during the measurement. The part of thin oxide layer can be presputtered just prior to the nitride deposition and MNS structures with different C-V and G-V curves on common silicon substrate may be received.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

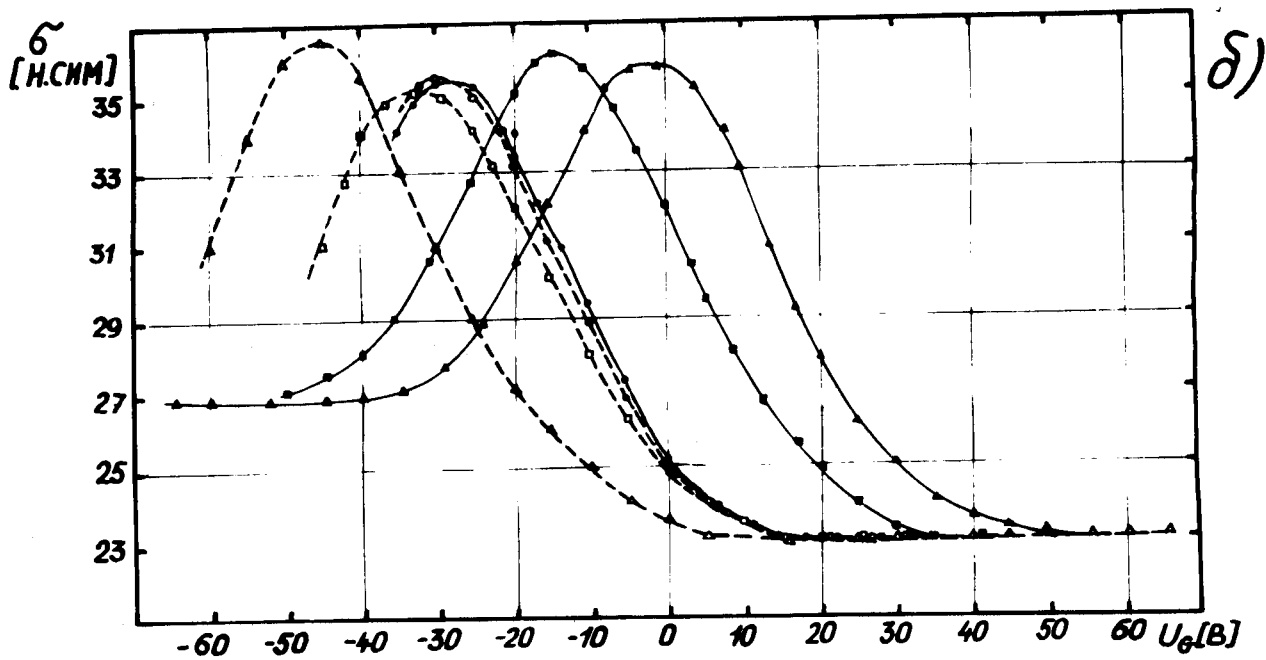
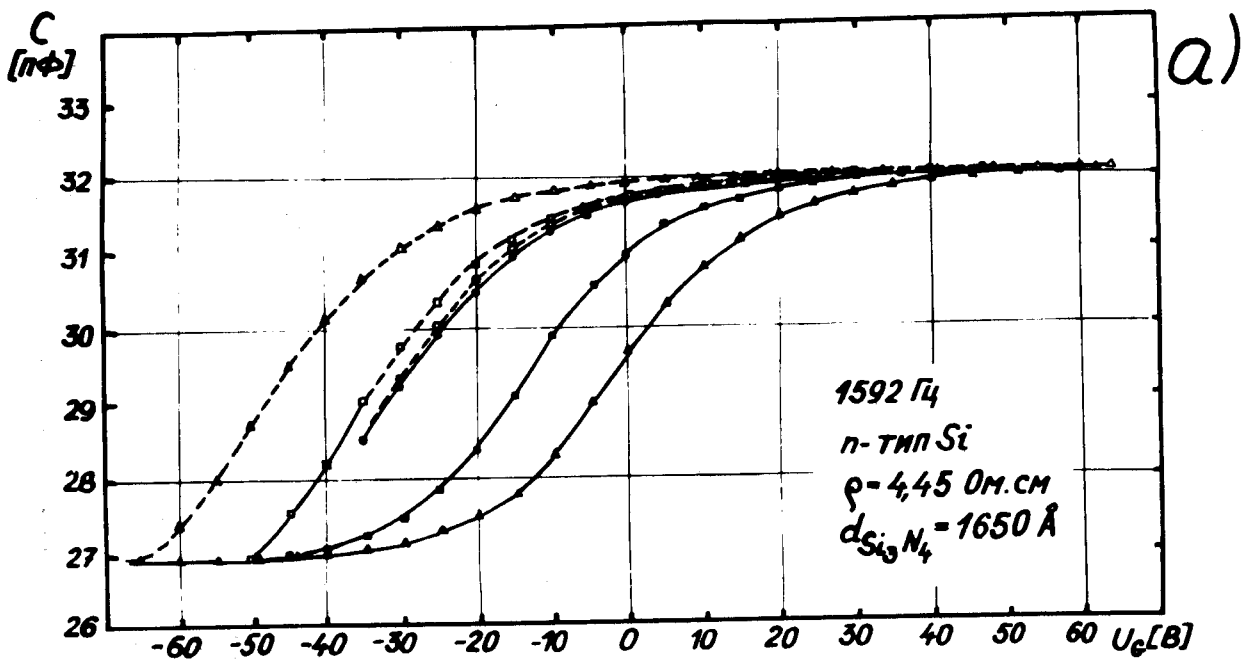
Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Исследования электрических явлений в МОП /металл - окисел - полупроводник/, МНП /металл - нитрид - полупроводник/ и МНОП /металл - нитрид - окисел - полупроводник/ структурах привели к созданию больших интегральных схем /БИС/ и приборов с зарядной связью /ПЗС/, которые используются для создания постоянных и оперативных запоминающих устройств для нового поколения ЭВМ^{1,2}.

В нашей работе нитридная пленка МНП - структуры была получена реактивным плазменным распылением монокристаллической кремниевой мишени в азотной среде при давлении $2 \cdot 10^{-4}$ Тор^{3,4} на подложке при комнатной температуре. Кремниевые подложки были изготовлены из n-Si с удельным сопротивлением $\rho = 4,0 - 6,5$ Ом.см и кристаллографической ориентацией /111/. Окончательная обработка поверхности подложек перед напылением проводилась химическим травлением в парах HCl.

Одновременное измерение вольт-емкостных (C-V)-характеристик и электрической проводимости (G-V) МНП-структур осуществлялось на полуавтоматическом мосте TESLA BM 484 при частоте 1592 Гц. Типичные (C-V)-и (G-V) -характеристики структур приведены на рисунке.

Все МНП-структуры имели отрицательное значение потенциала плоских зон, что свидетельствовало о присутствии положительного заряда на дефектах кристаллической структуры на границе полупроводник-диэлектрик. При малых напряжениях смещения /до 20 В/ не наблюдалось никаких гистерезисных явлений в (C-V)-и (G-V) -характеристиках. При постепенном дальнейшем



Гистерезис вольт-емкостных характеристик МИП-структур /а/ и соответствующей электрической проводимости /б/ при постепенном увеличении напряжения смещения до 35, 50 и 60 В.

увеличении напряжения до 35, 50 и 65 В гистерезис в характеристиках увеличивался и, следовательно, смешались значения потенциала плоских зон V_{FB} . При этом сдвиг V_{FB} имел иной характер, чем при вольт-температурных /В-Т/-циклах⁵, когда происходит перераспределение заряда вследствие миграции ионов или поляризации молекул в диэлектрике. При постепенном уменьшении напряжения гистерезис уменьшался. Такой характер эффектов не может быть объяснен только поверхностным состоянием на границе полупроводник - диэлектрик, энергетические уровни которого находятся в запрещенной зоне полупроводника. Поэтому предполагаем, что гистерезис (C-V)- и (G-V)-характеристик обусловлен туннельными эффектами при прохождении носителей заряда через тонкую окисную пленку, возникающую вследствие естественного окисления поверхности кремниевых подложек на воздухе в период между их травлением и последующим напылением нитридной пленки.

Для определения толщины окисной пленки на поверхности кремниевых подложек мы использовали метод упругого рассеяния высокоэнергетических ионов ^3He /3,0 МэВ/ на большие углы⁶. Анализ энергетических спектров от кремниевых подложек показывал присутствие кислорода на их поверхности. Была определена их поверхностная концентрация, которая составляла $1,60 \cdot 10^{16}$ атомов кислорода на см^2 . Если предположить, что кислород образует с материалом подложки пленку двуокиси кремния SiO_2 , то для насыщения химических связей атомов кислорода должна образоваться пленка SiO_2 из 10 мономолекулярных слоев, что определяет ее толщину около 35 Å. Итак, в действительности измеряем характеристики МНОП-структур с двойным диэлектриком с различными значениями диэлектрических постоянных ($\epsilon_{\text{SiO}_2} < \epsilon_{\text{Si}_3\text{N}_4}$) и электрических проводимостей. В таких структурах и наблюдаются гистерезисные эффекты в характеристиках, связанные с перезарядкой ловушек вблизи границы раздела $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$ ⁷⁻¹⁰.

Вакуумная установка дает возможность проводить ионную очистку кремниевых подложек перед напылением пленок нитрида. Ионное травление кремниевых подложек

осуществлялось в инертной среде аргона при давлении $5 \cdot 10^{-4}$ Тор и отрицательном напряжении на подложках /-500 В/ в течение 10 мин. Это приводило к распылению окисной пленки на кремниевых подложках. В МНП-структурах, приготовленных таким методом, не наблюдалось эффектов гистерезиса в (C-V)- и (G-V)-характеристиках.

Итак, реактивное напыление пленок Si_3N_4 дает возможность в течение одного вакуумного цикла получать на одной Si-подложке МНП- и МНОП-структуры с разными (C-V)- и (G-V)-характеристиками, которые могут быть в дальнейшем использованы для создания новых типов электронных приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Altman L., Mattera L. *Electronics*, 1977, 50, No. 4, p.81.
2. Zimmerman T., Barbe D. *Electronics*, 1977, 50, No. 7, p.97.
3. Guldán A. e.a. *Elektrotech. čas.*, 1973, 24, p.3.
4. Buch J. *Elektrotech. čas.*, 1973, 24, p.188.
5. Gregor L. *Sol. St. Tech.*, 1971, 14, p.37.
6. Бух Ю. и др. ОИЯИ, P14-10021, Дубна, 1976.
7. Chu T., Szedon J., Lee C. *Sol. St. Electr.*, 1967, 10, p.897.
8. Gereth R., Scherber W. *J. Elchem.Soc.*, 1972, 119, p.1248.
9. Плотников А. и др. *Микроэлектроника*, 1976, 5, с.132.
10. Мальцев А. и др. *Микроэлектроника*, 1976, 5, с.240.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 ноября 1977 года.