

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995 yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

1-2023

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

MATEMATIKA

O.X.Otaqulov, O.U.Nasriddinov, O.S.Isomiddinova

Ta'lim jarayonida differensial tenglamalarning yechimini maple dasturida topish 9

A.O.Mamanazarov, D.A.Usmonov

Soha chegarasida buziladigan to'rtinchi tenglama uchun aralash masala 13

FIZIKA– TEXNIKA

X.S.Daliyev, A.R.Turayev

N-Si, N-Si<Ni> va N-Si<Gd>namunalarning elektr xususiyatlariga har tomonlama gidrostatistik bosimning ta'sirini o'rganish 27

KIMYO

A.A.Ibragimov, N.I.Odilova*Tanacetum vulgare* l. O'simligining elementlar tarkibi va miqdorini o'rganish 34**I.R.Asqarov, M.D.Hamdanova**

Bug'doy kepagi asosida bioparchalanuvchan idishlar tayyorlash 39

I.R.Asqarov, K.T.Ubaydullayev

Xalq tabobatida parkinson kasalligini davolashda za'faronidan foydalanish istiqbollari 43

F.R.Saidkulov, R.R.Mahkamov, A.E.Kurbanbayeva, Sh.K.Samandarov, M.L.Nurmanova

Fenol asosida olingan yangi sirt faol moddalarning kalloid kimyoviy xossalrini o'rganish..... 49

N.Q.Usmanova, X.M.Bobakulov, E.X.BotirovO'zbekistonda o'sadigan *Melilotus officinalis* va *Melilotus albus*ning kimyoviy tarkibi..... 55**I.I.Achilov, M.M.Baltaeva**

Izobutilpiridin xloridni sellyuloza erituvchisi sifatida qo'llashning ilmiy va amaliy jihatlari..... 60

X.G'.Sidiqova, N.I.Mo'minova

Uglerod (II) oksidining yarimo'tkazgichli sensori uchun g'ovak gazsezgir materiallar sintez qilish va ularni tadqiq etish..... 63

X.T.Berdimuradov, E.K.Raxmonov, S.X.Sadullayev

Bug'doy donlarini navli un tortishga tayyorlashda qo'llaniladigan suvlarning uning texnologik xossalrilariga ta'siri 68

I.R.Askarov, N.Abdurakhimova, X.Isakov

Qovun urug'i va po'stlog'i tarkibidagi polisaxaridlar miqdorini va ularning fizik-kimyoviy usullar bilan aniqlash..... 75

A.U.Choriyev, A.K.Abdushukurov, R.S.Jo'raev, N.T.Qaxxorov

O-xloratsetilimol asosida optik faol birikmalar sintez qilish 79

F.Sh.Qobilov, X.T.Berdimuradov, E.K.Raxmonov

Non ishlab chiqarishda unning sifat ko'rsatkichlari 85

F.H.TursunovAralash erituvchi muhitida bir xil shakldagi TiO₂ kolloid zarrachalarining sintezi va morfografiyasi..... 90**R.A.Anorov, O.K.Rahmonov, S.B.Usmonov, D.S.Salixanova, B.Z.Adizov**

Neftni qayta ishlash zavodi chiqindi adsorbentlari asosida tayyorlangan burg'ulash eritmalarning asosiy ko'rsatkichlari..... 95

D.Q.Mirzabdullaeva, O.M.Nazarov*Prúnus armeniáca* l.o'simligining mineral tarkibini induktiv boslangan plazmali massa spektrometriya usuli bilan tadqiq qilish. 100**R.A.Anorov, O.K.Rahmonov, S.B.Usmonov, D.S.Salixanova, B.Z.Adizov**

Neftni qayta ishlash zavodi chiqindi adsorbentlari va mahalliy gillar asosida tayyorlangan burg'ulash eritmalarining issiqlik va tuzga chidamliligini o'rganish 104

A.M.Normatov, X.T.Berdimuradov, F.F.Shaxriddinov, E.K.Raxmonov

O'zbekiston va Belarus bug'doy navlari farqlari tahlili 108

N-Si, N-Si<Ni> VA N-Si<Gd>NAMUNALARINING ELEKTR XUSUSIYATLARIGA HAR TOMONLAMA GIDROSTATISTIK BOSIMNING TA'SIRINI O'RGANISH

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВСЕСТОРОННЕГО ГИДРОСТАТИСТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ N-Si, N-Si<Ni> И N-Si<Gd>

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF COMPREHENSIVE HYDROSTATISTICAL PRESSURE ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF N-Si, N-Si<Ni> AND N-Si<Gd> SAMPLES

Далиев Хожиакбар Султонович¹, Тураев Абдумажид Рахмонович²

¹Далиев Хожиакбар Султонович

– Toshkent shahridagi “MEI” Milliy tadqiqot universiteti professori, f-m.f.d

²Тураев Абдумажид Рахмонович

– Toshkent shahridagi “MEI” Milliy tadqiqot universiteti bo'lim boshlig'i, f-m.f.n

Annotatsiya

Nikel va gadolinii bilan kompensirlangan kremniy monokristallarining elektr xususiyatlariga har yoqlama gidrostatik siqishning ($0 \div 60 \cdot 10^8$ Pa) ta'siri tadqiq qilingan. n-Si<Ni> va n-Si<Gd> namunalarining solishtirma qarshiligining bosimga bog'liq o'zgarishi monoton bo'lmagan xarakterga ega bo'lib, solishtirma qarshilikning o'zgarishi past bosimlarda $\geq 2 \cdot 10^8$ Pa qaytmas bo'lib, nikel va gadolinii aralashmalii presipitatlarning parchalanishi bilan bog'liq bo'ladi.

Аннотация

Исследовано влияние всестороннего гидростатического сжатия ($0 \div 60 \cdot 10^8$ Па) на электрические свойства монокристаллов кремния, компенсированного никелем и гадолинием. Установлено, что зависимость удельного сопротивления образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd> от давления, измеренная в динамическом режиме, имеет немонотонный характер, причем изменения удельного сопротивления при малых давлениях $\geq 2 \cdot 10^8$ Па необратимы, что связано с распадом примесных преципитатов никеля и гадолия.

Abstract

The effect of all-round hydrostatic compression ($0 \div 60 \cdot 10^8$ Pa) on the electrical properties of silicon single crystals compensated with nickel and gadolinium has been studied. It has been established that the baric dependence of the resistivity of n-Si<Ni> and n-Si<Gd> samples, measured in the dynamic mode, is nonmonotonic, and the change in resistivity at low pressures $\geq 2 \cdot 10^8$ Pa is irreversible, which is due to decay of impurity deposits of nickel and gadolinium.

Kalit so'zlar: har yoqlama gidrostatik bosim, diffusion kuydirish, nikel, gadolinii, solishtirma qarshilik, presipitat, parchalanish.

Ключевые слова: всестороннее гидростатическое давление, диффузионный отжиг, никель, гадолиний, удельное сопротивление, преципитаты, распад.

Key words: all-round hydrostatic pressure, diffusion annealing, nickel, gadolinium, resistivity, precipitation, decay.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] было показано, что в процессе диффузионного отжига в монокристаллах Si подвергнутых резкой закалке, образуются скопления атомов Ni. Также авторами отмечается, что уменьшение скорости охлаждения образцов вызывает дополнительный приток атомов никеля и увеличивает размеры скоплений.

На основе результатов металлографических исследований показано, что образование преципитатов атомов Ni больших размеров приводит к сильной деформации и нарушению структуры кристаллической решетки Si, вследствие чего генерируются новые дислокации и в объеме кристалла образуются области нарушений значительных размеров.

Таким образом, быстрая закалка образцов Si<Ni> после диффузии фиксирует термодинамически-неравновесное для комнатной температуры состояние основной части атомов Ni в Si, которое благодаря образованию выделений второй фазы крупных размеров обнаруживается непосредственно прямыми наблюдениями на просвет с помощью ИК-микроскопа. На основе сопоставления результатов исследований определения общей концентрации введенных атомов Ni в Si ($\sim 7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$) и ее электрически активной части

($\sim 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$) доказано, что основная часть атомов в этих примесей находится электрически неактивном состоянии в виде выделений второй фазы.

Экспериментальная часть

Теперь рассмотрим результаты влияний температурной обработки на электрические свойства кремния компенсированного Ni. Во время низкотемпературной обработки в Si<Ni> происходит два процесса-распад пересыщенных твердых растворов Ni в Si и скольжение самих преципитатов.

В дислокационных образцах осаждение атомов Ni и подвижных преципитатов на дислокациях приводит к образованию упорядоченных линейных цепочек. В без дислокационных образцах происходит осаждение отдельных атомов Ni и преципитатов малых размеров вблизи различных дефектов или отдельных крупных преципитатов вследствие чего наблюдаются образования дислокационных петель. При более высоких температурах обработок расщепление преципитатов и осаждение их на дислокациях приводит к уменьшению деформации кристалл стремится к термодинамическому равновесию для данной температуры. Учитывая наличие области с повышенной концентрацией вакансий вблизи преципитатов /31/ можно полагать, что некоторая часть междоузельных атомов примеси, которые диффундируют к центрам распада, могут захватываться этими вакансиями и переходить в электрически активное состояние, что и наблюдается в экспериментах [2].

В процессе осаждения примеси на дислокациях из-за различий в параметрах решетки выделений и монокристалла будут возникать сдвиги напряжения, направленные по осям наиболее легкого скольжения. В рассматриваемом случае эти направления совпадают с осями {111}. По этим направлениям будет осаждаться выделяющаяся из раствора примесь.

Бездислокационных образцах скопления примесных атомов больших размеров создают вокруг себя поля упругих напряжений подобно дислокациям, в радиусе нескольких микрон и, вследствие взаимодействия поля упругих напряжений с другими скоплениями, приводит к образованию дислокационных петель. При этом наблюдающиеся неравномерности интенсивности почернения и даже разрыв линий в некоторых местах показывают, что осаждение происходит под действием поля упругих напряжений на нарушенных участках кристаллической решетки.

Как следует из изученных материалов, полупроводниковые монокристаллы с неоднородной примесной структурой являются чувствительными к различным внешним воздействиям, в том числе и внешнему давлению. Для получения необходимых для исследования структур образцы последующих низкотемпературных после высокотемпературной диффузии и термообработок подвергались резкому закаливанию. Большая скорость закалки образцов после диффузионного отжига обеспечила образование в их объеме неоднородно распределенных крупномасштабных скоплений атомов никеля в кремнии [3]. Легирование с гадолинием производилось при наращивании кремния, и электрическая активация атомов Gd в Si достигалась при последующей термообработке при температурах $800 \div 1100^\circ\text{C}$.

Такие примесные образования в кремнии сильно искажают ее кристаллическую структуру и сопутствуют образованию в ее объеме областей неоднородного потенциала электрических полей в поля упругих механических напряжений.

В работах [1-4] показано, что никель в кремнии обладает большим коэффициентом диффузии ($10^{-5} \div 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$) и сравнительно большой растворимостью ($7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$). Атомы никеля в решетке кремния могут находиться как в узлах, так и в междоузельных состояниях. Не смотря на такую высокую растворимость, лишь незначительная часть ($5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$) примесных атомов никеля в кремнии образуют твердый раствор замещения и является электрически активной. Атомы никеля в запрещенной зоне кремния создают два глубоких акцепторных уровня ($E_V + 0,2$ и $E_C - 0,4$ эВ). Основная часть атомов никеля в кремнии ($\sim 99\%$) присутствует в виде электронейтральных атомов, образуя примесные преципитаты.

Обсуждение полученных результатов

В данной работе приводятся экспериментальные результаты тензосопротивления исходных образцов $\rho \sim 15 \div 20 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и легированных образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd> (электрические параметры образцов приведены в таблице №1).

Измерения тензосопротивления образцов при всестороннем гидростатическом давлении (ВГД) проводились на установке ЛГ-16 в интервале давлений $P = 0 \div 12 \text{ кбар}$ и при комнатной температуре.

Таблица №1

| | Тип образца | $\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ см}$ | | |
|----|-------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| | | исход. | После T_0 $T = 1250^\circ\text{C}$ | После ВГД при $P=12\text{кбар}$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,5 \cdot 10^3$ | $6,9 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,34 \cdot 10^3$ | $6,8 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,41 \cdot 10^3$ | $6,7 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,36 \cdot 10^3$ | $6,9 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,46 \cdot 10^3$ | $6,8 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,51 \cdot 10^3$ | $7 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,43 \cdot 10^3$ | $6,6 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,48 \cdot 10^3$ | $7,1 \cdot 10^3$ |
| . | n-Si<Ni> | 20 | $1,5 \cdot 10^3$ | $7,3 \cdot 10^3$ |
| 0. | n-Si<Ni> | 20 | $1,52 \cdot 10^3$ | $7,5 \cdot 10^3$ |
| 1. | n-Si<Ni> | 15 | $1,2 \cdot 10^3$ | $6 \cdot 10^3$ |
| 2. | n-Si<Ni> | 15 | $1,15 \cdot 10^3$ | $5,9 \cdot 10^3$ |
| 3. | n-Si<Ni> | 15 | $1,12 \cdot 10^3$ | $5,7 \cdot 10^3$ |
| 4. | n-Si<Ni> | 15 | $1,3 \cdot 10^3$ | $6,1 \cdot 10^3$ |
| 5. | n-Si<Ni> | 15 | $1,21 \cdot 10^3$ | $5,6 \cdot 10^3$ |

На рис. 1 (крив. 1, 2, 3) приведены зависимости удельного сопротивления ρ от давления P соответственно для образцов n-Si<Ni> с $\rho_0 \sim 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и n-Si<Gd> с $\rho_0 \sim 500 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ (после T_0 при 800°C).

Как видно из рисунка (крив. 1,2) зависимость тензосопротивления при ВГД для образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd> имеет монотонный характер, т.е. удельное сопротивление данных образцов с ростом сжатия сначала уменьшается и достигает минимума при значении давления $P = 2 \text{ кбар}$, а затем значение удельного сопротивления начинает возрастать, достигнув максимума при определенных значениях давления ($P \approx 6 \text{ кбар}$ для образцов n-Si<Ni> и $P = 4 \text{ кбар}$ для образцов n-Si<Gd>).

В исходных образцах n-Si (крив. 1) удельное сопротивление с ростом сжатия незначительно увеличивается и достигнув максимума $P \approx 4 \text{ кбар}$ начинает медленно

уменьшатся. При этом относительное изменение удельного сопротивления, при сжатии в образцах n-Si<Ni> и n-Si<Gd> в несколько раз (4 ÷ 5) больше, чем в исходных образцах n-Si.

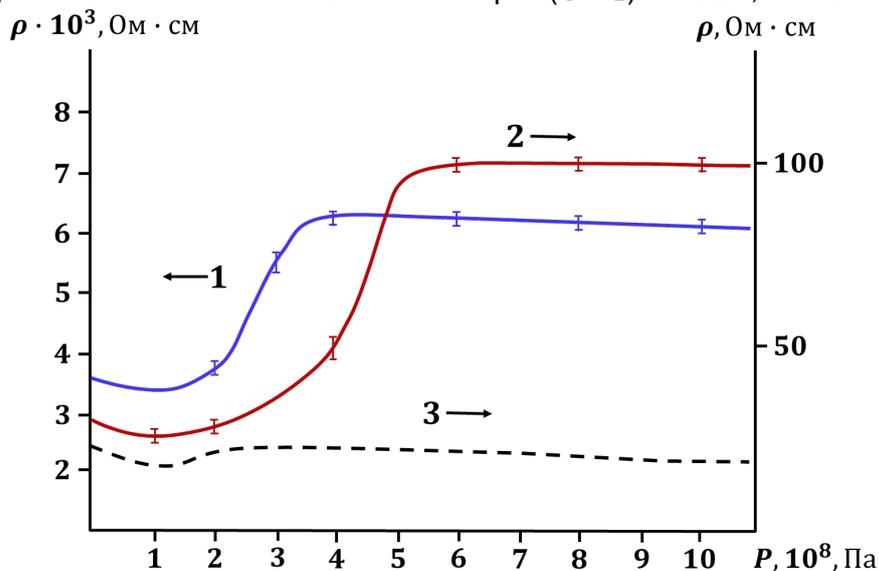


Рис. 1 Зависимость ρ от P для образцов n-Si<Ni> (крив. 1), n-Si<Gd> (крив. 2) и для n-Si (крив. 3) при ВГД.

Измерения тензосопротивления при ВГД, образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd>, показали, что при малых значениях давления (до $P \approx 2$ кбар) тензосопротивление является обратимым, а при давлениях $P > 2$ кбар тензосопротивление приобретает необратимый характер. То есть удельное сопротивление образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd>, после их обжатия несколько возрастает. При этом, чем выше значение давления обжатия, тем больше отклонение конечного значения удельного сопротивления от ее начального. Тензосопротивление исходных образцов n-Si во всем интервале сжатия является полностью обратимым. Для выяснения причины наблюдаемых остаточных эффектов после воздействия ВГД в образцах n-Si<Ni> и n-Si<Gd> нами была исследована тензосопротивления исследуемых образцов в более широком диапазоне давлений ($P = 0 + 60$ кбар). Измерение тензосопротивления образцов были проведены по методу «Триод» [5] в институте физики высоких давлений АН Российской Федерации.

Как видно из рис. 2 удельное сопротивление образцов n-Si<Ni> (крив. 1) при воздействии давления, имеет немонотонный характер и по мере увеличения давления в интервале $P = 2 + 40$ кбар наблюдается рост удельного сопротивления, а при дальнейшем увеличении давления ($P > 40$ кбар) удельное сопротивление заметно уменьшается.

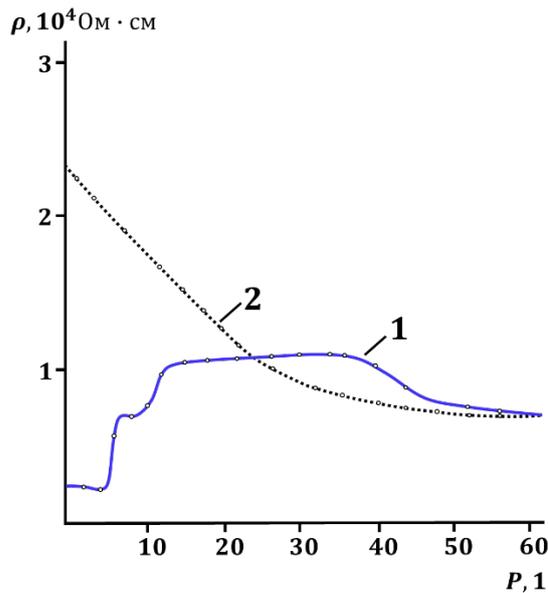


Рис. 2 Тензосопротивление образцов $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ при всестороннем гидростатическом сжатии (1 – с увеличением P , 2 – с уменьшением P).

На кривой зависимости $\rho = f(P)$, в $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ с увеличением давления (крив. 1), можно выделить шесть характерных участков, в данном значении давления:

1. Уменьшение удельного сопротивления $\Delta\rho_1 < 0$ ($\Delta\rho = \rho - \rho_0$) при $P = 0 + 3$ кбар;
2. Резкое возрастание удельного сопротивления $\Delta\rho_2 > 0$ при $P = 3 + 5$ кбар;
3. Тензосопротивление соответствует $\Delta\rho_3 = 0$ при $P = 5 + 10$ кбар;
4. Резк уд сопротивления $\Delta\rho_4 > 0$ при $P = 10 + 12$ кбар;
5. Медленное возрастание удельного сопротивления $\Delta\rho_5 > 0$ при $P = 12 + 40$ кбар;
6. Уменьшение удельного сопротивления $\Delta\rho_6 < 0$ при $P = 40 + 60$ кбар;

При снятии давления, т.е. в процессе уменьшения давления монотонность характера зависимости $\rho = f(P)$ исчезает и наблюдается только монотонный рост удельного сопротивления.

После полного снятия давления значение образца возрастает почти в 15 раз по сравнению с его начальным значением. При этом скорость возрастания удельного сопротивление при уменьшении давления в интервале ($P = 25 + 0$ кбар) существенно увеличивается, по сравнению с начальным участком (в интервале $P = 60 + 25$ кбар). Аналогичная картина зависимости $\rho = f(P)$ наблюдаются в указанном интервале сжатия давлений в образцах $n\text{-Si}\langle\text{Gd}\rangle$ (рис. 3). Необходимо отметить, что в образцах $n\text{-Si}\langle\text{Gd}\rangle$, в процессе возрастания давления на зависимости $\rho = f(P)$ выделяется только при характерных участка:

1. Уменьшение удельного сопротивления, $\Delta\rho < 0$, при $P = 0 + 2$ кбар;
2. Резкое возрастание удельного сопротивления $\Delta\rho > 0$, при $P = 2 + 6$ кбар;
3. Медленное уменьшение удельного сопротивления $\Delta\rho < 0$, при $P = 6 + 60$ кбар;

На рис. 1 приведены зависимости ρ от величины ВГД $\rho = f(P)$ образцов $n\text{-Si}\langle\text{Gd}\rangle$ с $\rho = 15 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ до (крив. 1) и после их термообработки в течение одного часа при температурах $T_1 = 600^\circ\text{C}$ (крив. 2) и $T_2 = 800^\circ\text{C}$ (крив. 3). Из рис. 1. видно что в начале процесса ВГД монокристаллического кремния улучшается проводимость для образцов $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ в области давлении до 2 кбар. При дальнейшем увеличении давления такой характер образцов не наблюдается. Так же было обнаружено что область улучшения характеристик образцов является обратимым процессом, так как при снятие ВГД удельного сопротивления возвращает своё исходное значение. Поскольку эти изменения токопроводимости связано с контактными явлениями полученных для данных исследуемых образцов. Данный процесс был обнаружен во всех образцах. По нашему мнению, этот процесс не связано с характеристиками примесных атомов.

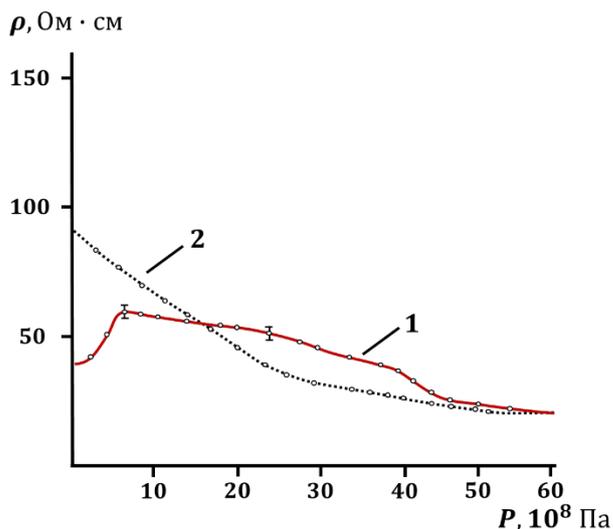


Рис. 3. Тензосопротивление образцов при всестороннем гидростатическом сжатии (1 – с увеличением P , 2 – с уменьшением P)

Как видно из рисунка зависимости $\rho = f(P)$ в исследуемом интервале P имеют также немонотонный характер, т.е. ρ во всех образцах с ростом величины сжатия сначала уменьшается, достигая минимума при $P \sim 2 \cdot 10^8$ Па, а затем начинает возрастать, достигнув максимума при $P \sim 4 \cdot 10^8$ Па, а далее опять начинает уменьшаться. При этом с ростом температуры термической обработки тензoeffект в образцах значительно усиливается. Наблюдаемые немонотонные зависимости $\rho = f(P)$ нельзя объяснить только с точки зрения изменения структуры энергетических зон, смещение глубоких уровней, при всестороннем сжатии (ВС), так как согласно [6] при воздействии ВС проводимость образцов кремния должна только возрастать. В работах [7] было показано, что после воздействия ВС в интервале давлений $P = (2 + 4) \cdot 10^8$ Па в образцах n-Si<Ni> и n-Si<Gd> наблюдается распад преципитатов никеля и гадолиния и некоторая часть атомов Ni и Gd, освободившихся от преципитатов переходит в электрически активное состояние.

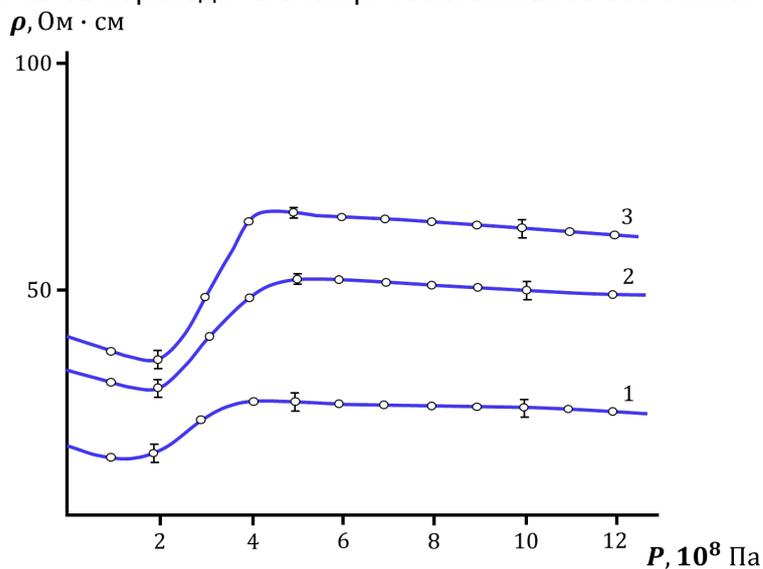


Рис. 4. Тензосопротивление образцов n-Si<Ni> при ВГД после их термообработки (1 – без T_0 , 2 – после T_0 при $T = 600^\circ\text{C}$, 3 – при $T = 800^\circ\text{C}$)

Заключение.

Исследовано влияние всестороннего гидростатического сжатия ($0 \div 60 \cdot 10^8$ Па) на электрические свойства монокристаллов кремния, компенсированного никелем и гадолинием.

FIZIKA-TEKNIKA

Установлено, что зависимость удельного сопротивления образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd> от давления, измеренная в динамическом режиме, имеет немонотонный характер, причем изменения удельного сопротивления при малых давлениях $\geq 2 \cdot 10^8$ Па необратимы, что связано с распадом примесных преципитатов никеля и гадолиния. Немонотонности изменения удельного сопротивления обусловлена результатом проявления двух встречных процессов –, первый переход атомов Ni и Gd а электрически активное состояние в результате распада примесных преципитатов, что приводит к росту удельного сопротивления образцов n-Si<Ni> и n-Si<Gd>. Второй уменьшение ширины запрещенной зоне кремния и энергии ионизации глубоких уровней Ni и Gd, приводящих к росту проводимости матричного материала.

Предложено технология получения образцов для изготовления тензодатчиков давления, на основе процесса приведенных на рис. 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУР.

1. Зайнабидинов С., Тураев А.Р., Фистуль В.И. и др. Распад преципитатов Ni в монокристаллах кремния под влиянием всестороннего сжатия. – ФТП. – В.12.1989. -С. 2118-2121.
2. Зайнабидинов С., Аюпов К.С., Карпов Ю.А. и др. Барический распад преципитатов гадолиния в кремнии // ФТП. – Т.21. В. 4. -1987. -С. 764-765.
3. Зайнабидинов С., Фистуль В.И. Барические необратимые эффекты в кремнии с примесными преципитатами // ФТП. -Т.21, В. 4.1987. -С. 766-767.
4. Зайнабидинов С., Тураев А.Р. Baric impurity effects in Silicon // Phys.St.Sol, [a], 136, P.337-349.
5. Zainabidinov S., Baransky P.I., Karimov I.N., Turaev A.R., Karimberdiev H.Kh. Effect of high hydrostatic pressure on the electrophysical properties of doped silicon crystals and devices based on them // Solid-State Electronics v.38, №3, pp. 693-695 Great Britain. 0038-1101(94)00098-0
6. Utamurodova Sh.B., Daliev Sh.Kh., Turaev A.R., Saparov F.A.Effect of pressure on surface morphology n-Si<Ni> // Actual Problems of Solid-State Physics: proc. Book IX Intern. Scient. Conf., (Minsk, November 22-26). 2 b. B.2/SSPA «Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus» УДК 539.21(082) ББК 22.3743
7. Zainabidinov S., Turaev A.R., F.B. Umarov, F.A. Saparov. Influence of pressures on the characteristics of the metal-semiconductor interface // Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research Vol. 4 Iss. 1 2022