

РЕЗЮМЕ. Статья представляет собой исследование, посвященное разработке алгоритма раннего обнаружения хромоты у крупного рогатого скота с использованием данных, полученных от шагомеров. Авторы предлагают модель, основанную на анализе показателей активности и движения животных, с целью выявления аномалий в шагах, которые могут свидетельствовать о начальных стадиях хромоты. Предлагаемая модель и процесс обработки данных для определения хромоты у крупного рогатого скота позволяют эффективно диагностировать данное заболевание на ранних этапах, что способствует более эффективному лечению и снижению потерь в животноводстве.

SUMMARY. The article is a study to develop an algorithm for early detection of lameness in cattle using data obtained from pedometers. The authors propose a model based on the analysis of activity and movement indicators of animals, with the aim of identifying anomalies in steps that may indicate the early stages of lameness. The proposed model and data processing process for determining lameness in cattle make it possible to effectively diagnose this disease in the early stages, which contributes to more effective treatment and reduction of losses in livestock production.

ВЛИЯНИЕ ОДНООСНОГО УПРУГОГО СЖАТИЯ НА УСЛОВИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ВОЛН В КОМПЕНСИРОВАННОМ КРЕМНИИ

Н.Ф.Зикриллаев – доктор физико-математических наук, профессор

А.А.Сатторов – кандидат педагогических наук, доцент

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Н.Норкулов – кандидат физико-математических наук, доцент

Национальный университет Республики Узбекистан имени Мирза Улугбека

Н.У.Абдуллаева – ассистент преподаватель

Ташкентская медицинская Академия

Б.С.Ибрагимова –старший преподаватель

Ташкентский государственный технический университет

Таянч сўзлар: кремний, диффузия, марганец, амплитуда, частота, бир ўкли босим, барик коэффициент, электрон, ковак.

Ключевые слова: кремний, диффузия, марганец, амплитуда, частота, одноосное сжатие, барический коэффициент, электрон, дырка.

Key words: silicon, diffusion, manganese, amplitude, frequency, uniaxial compression, pressure coefficient, electron, hole.

Введение. С развитием цифровой технологии расширяются возможности автоматического управления различными техническими средствами в том числе дистанционным контролем физических величин внешнего воздействия. Автоколебания тока обнаруженные в полупроводниках могут служить в качестве нового типа носителей информации внешнего воздействия и элементов памяти с амплитудно-частотным выходом [1-4].

Исследование влияния деформации на условия возбуждения и параметры (амплитуда, частота) рекомбинационных волн обнаруженных и исследованных в компенсированном кремнии представляют интерес для получения информации об изменении параметров глубоких энергетических уровней примесных атомов при деформации. Также эти исследования вызывают интерес для создания нового поколения чувствительных датчиков физических величин с амплитудно-частотным выходом и твердотельных генераторов электромагнитных сигналов [5-7].

При исследовании вольт-амперной характеристики образцов компенсированного кремния легированного примесными атомами в определенных значениях напряженности электрического поля возбуждались автоколебания тока с частотой $f=10^3\div10^5$ Гц. Автоколебания возникали в интервале температур $T=250\div350$ К и интервале значения приложенной напряженности электрического поля $E=100\div300$ В/см. На рис. 1 показана ВАХ образцов компенсированного кремния легированного примесными атомами марганца ($Si<B,Mn>$), область возбуждения автоколебаний тока (РВ) заштрихована. Влияние одноосного упругого сжатия на параметры автоколебаний тока исследовалось в образцах кремния с кристаллографической ориентацией $<100>$ и $<111>$. Результаты исследования показали, что условия возбуждения и характер изменений параметров автоколебаний тока зависят от направления сжатия относительно кристаллографической оси ориентации кремния. Из литературных данных известно, что в зависимости от соотношения между концентрацией и временем жизни основных и неосновных носителей заряда в полупроводниках наблюдаются быстрые и медленные рекомбинационные волны [8,9]. Нами исследовано влияние одноосного упругого сжатия на параметры мед-

ленных РВ в компенсированном кремнии р-типа проводимости, легированного примесными атомами марганца.

Технология получения образцов и результаты исследования

Для получения компенсированного кремния с максимальной электроактивной концентрацией легирующих атомов в качестве исходных образцов был использован промышленный монокристаллический кремний с кристаллической ориентацией $<111>$ и $<110>$ марки КДБ-1; 10; 100, где концентрация бора составляла $N_B=2\cdot10^{16}$, $2\cdot10^{15}$, $2\cdot10^{14}$ см⁻³ соответственно. Компенсированный кремний легированный примесными атомами марганца получали методом диффузии из газовой фазы в интервале температур $T=1050\div1250^\circ\text{C}$ в течение $t=1$ часа. Диффузия примесных атомов марганца проводилась в кварцевых ампулах откаченных до $P\approx10^{-6}$ мм.рт.стол. После диффузии примесных атомов марганца были получены компенсированные образцы кремния легированные примесными атомами марганца с различным удельным сопротивлением [10,11].

Согласно условиям возбуждения медленных рекомбинационных волн (РВ), пороговые значения электрического поля E_n и частоты f_n определяются следующими выражениями:

$$E_n = \sqrt{\frac{kT}{e}} \cdot \frac{1}{\mu_p \tau_p} \cdot \frac{1 + \sqrt{\alpha + 1}}{\sqrt{\alpha - 1}} \quad (1)$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi \tau_p} \cdot \sqrt{(\alpha - 1)(\alpha + 1)} \quad (2)$$

где k - постоянная Больцмана, T - температура, μ_p - подвижность дырок, α -коэффициент который определяется соотношением $\alpha = \frac{n\tau_p}{p\tau_n}$, здесь n , p , τ_n , τ_p -

соответственно концентрация и время жизни электронов и дырок в компенсированном кремнии. Как известно при воздействии одноосного упругого сжатия в полупроводнике происходит смещение границ энергетических зон и энергий залегания глубоких уровней примесных атомов марганца.

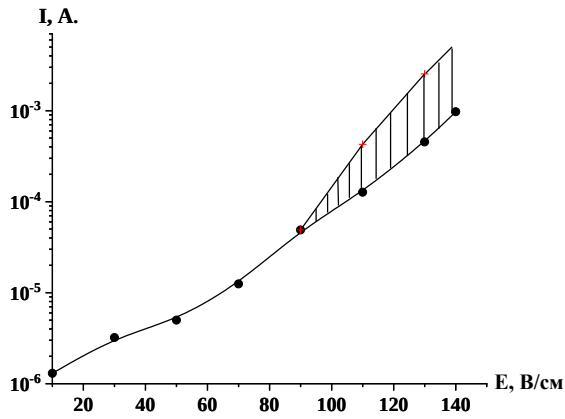


Рис. 1. Вольт -амперная характеристика компенсированного кремния легированного примесными атомами марганца с удельным сопротивлением $\rho \approx 10^4$ Ом·см, при $T=300$ К

При изменении ширины запрещенной зоны и смещении глубокого энергетического уровня примесных атомов марганца барический коэффициент определяется следующей формулой:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \exp \left[-\frac{E_{g0} + 2(E_{t0} - \gamma P)}{kT} \cdot \frac{\Delta E_g}{E_{g0}} \right] \quad (3)$$

где α_0 - значение барического коэффициента кремния в отсутствии деформации, $E_0 = E_c - 0,5$ эВ энергия ионизации глубокого энергетического уровня марганца в отсутствии деформации, $\gamma = 1,3 \cdot 10^{-10}$ эВ/Па коэффициент смещения глубокого уровня марганца и $\Delta E_g = \beta \cdot P$ изменение ширины запрещенной зоны при воздействии одноосного упругого сжатия Р.

Выражение пороговой напряженности электрического поля при котором возбуждаются автоколебания тока при одноосном упругом сжатии кремния примет следующий вид:

$$E_n = \sqrt{\frac{kT}{e}} \cdot \frac{1}{\mu_n \tau_n} \cdot \frac{\sqrt{\alpha_0 \exp \left[\frac{E_{g0} + 2(E_{t0} - \gamma P)\beta P}{kTE_{g0}} \right] + 1}}{\sqrt{\varepsilon_0 \exp \left[\frac{E_{g0} + 2(E_{t0} - \gamma P)\beta P}{kTE_{g0}} \right] - 1}} \quad (4)$$

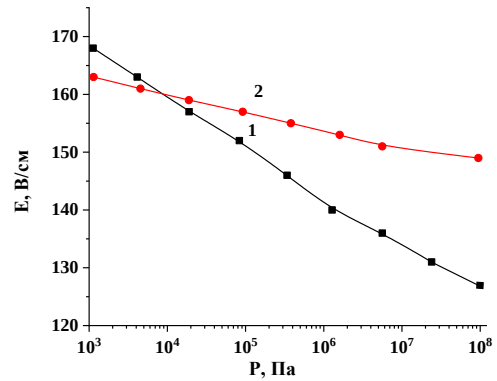
Выражение пороговой частоты автоколебания при одноосном упругом сжатии описывается следующей формулой:

$$f_n = \frac{1}{2\pi\tau_n} \cdot \sqrt{\alpha_0 \exp \left[\frac{E_{g0} + 2(E_{t0} - \gamma P)\beta P}{kTE_{g0}} \right] - 1} \cdot \left\{ \alpha_0 \exp \left[\frac{E_{g0} + 2(E_{t0} - \gamma P)\beta P}{kTE_{g0}} \right] + 1 \right\}^{1/4} \quad (5)$$

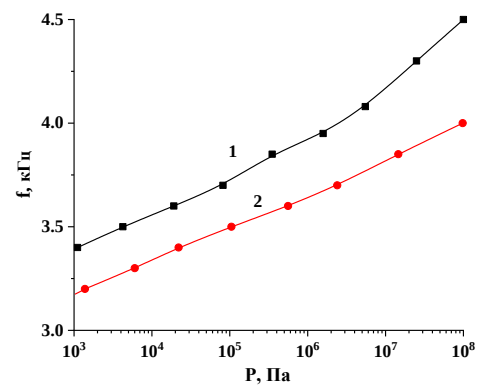
где f_n - пороговая частота автоколебаний тока типа рекомбинационных волн, Р - величина одноосного упругого сжатия, k - постоянная Больцмана, Т - температура, E_g -величина ширины запрещенной зоны кремния без воздействия одноосного сжатия.

Как видно из рис. 2 с увеличением величины одноосного упругого сжатия происходит уменьшение пороговой напряженности электрического поля (рис. 2 а) и увеличение пороговой частоты автоколебаний (рис. 2 б). Зависимость пороговой напряженности электрического поля E_n и пороговой частоты f_n рекомбинационных волн от величины одноосного упругого сжатия при условиях параллельного направления приложенной напряженности электрического поля относительно направления одноосного упругого сжатия в образцах

компенсированного кремния легированных примесными атомами марганца с кристаллическими направлениями $\langle 111 \rangle$ и $\langle 110 \rangle$ приведены на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. а) Зависимость порогового поля - E_n и б) Пороговой частоты- f_n от величины одноосного упругого сжатия в компенсированном кремния при $T=300$ К, с кристаллическим направлением: 1-<111>, 2-<110> с $\rho \approx 10^5$ Ом·см

Обсуждение результатов

Как видно из рис. 2, пороговая напряженность электрического поля E_n линейно уменьшается с увеличением величины одноосного сжатия Р. При этом скорость изменения E_n для образцов с кристаллическим направлением $\langle 111 \rangle$ больше, чем для образцов кремния с кристаллическим направлением $\langle 110 \rangle$. Пороговая частота f_n , независимо от кристаллического направления с увеличением величины воздействием одноосного упругого сжатия увеличивается по линейному закону. Из анализа экспериментальных результатов установлено, что характер зависимости параметров автоколебаний тока не зависит от кристаллического направления компенсированного кремния. В нашем случае в образцах компенсированного кремния с кристаллическим направлением $\langle 111 \rangle$ изменение параметров РВ при воздействии одноосного упругого сжатия проявляются больше чем в образцах кремния с кристаллическим направлением $\langle 110 \rangle$.

Результаты исследования показали, что скорость изменения параметров автоколебаний I и f (амплитуда и частота) в зависимости от величины одноосного упругого сжатия Р больше в образцах компенсированного кремния с кристаллическим направлением $\langle 111 \rangle$. Кроме этого, надо отметить, что в исследованных интервалах значений одноосного упругого сжатия $P=10^3 \div 10^8$ Па частота автоколебаний уменьшается незначительно от 2,7 кГц до 2,2 кГц, в то же время ампли-

туда автоколебаний I возрастает от 0,5 мкА до 7,7 мкА, т.е. увеличивается в 15÷20 раз. Эти результаты исследования показывают высокую чувствительность амплитуды автоколебаний тока к изменению величины одноосного упругого сжатия по сравнению с обычной тензочувствительностью образцов кремния легированного примесными атомами марганца ($\text{Si} < \text{B}, \text{Mn} >$). Поэтому из полученных результатов были вычислены коэффициенты тензочувствительности по амплитуде, что составило порядка $S_f \approx 4600$ и по частоте порядка $S_f \approx 400$. Барические коэффициенты изменения амплитуды и частоты автоколебаний тока от величины одноос-

ного упругого сжатия соответственно равны по амплитуде $k = 3,5 \cdot 10^{-8}$ мкА/Па и частоты $k = 3,2 \cdot 10^{-5}$ Гц/Па.

Заключение. Таким образом, в образцах компенсированного кремния легированного примесными атомами марганца при определенных условиях возбуждения рекомбинационных волн можно увеличить при комнатной температуре $T = 300$ К тензочувствительность кремния по амплитуде до 20 и частоте до 2 раз. При этом тензочувствительность разработанных тензодатчиков на основе образцов кремния легированного примесными атомами марганца имеет амплитудно-частотный выход.

Литература

1. Zikrillayev N.F., Ayupov K.S., Shoabdurakhimova M.M., Urakova F.E., Abduganiev Y.A., Sattorov A.A., Karieva L.S. Effect of compensation degree and concentration of impurity electroactive selenium atoms on current auto-oscillation parameters in silicon. East European Journal of Physics. 2023.
 2. Bakhadyrkhanov M.K., Azimkhuzhaev Kh., Zikrillayev N.F., Sabdullaev A.B., and Arzikulov É. Semiconductors, 34(2), 171 2000. <https://doi.org/10.1134/1.1187929>
 3. Балкарей Ю.И., Голик Л.Л., Елинсон М.И. Автоволновые среды. Использование в электронике. // "Радиоэлектроника и связь". 1983. Знание. -С. 64.
 4. Минин И.В., Минин О.В. Генератор электромагнитных колебаний. RU 2747116 С1. 2021.
 5. Бахадирханов М.К., Турсунов А.А., Зикриллаев Н.Ф., Аскаров Ш.И., Бугаева А.Ф. Твердотельный генератор инфранизких частот. Авторское свидетельство № 1342347. 1,06, 1987.
 6. Бондарь В.М., Сидоренко Э.А., Яковлев В.А. Термометр на основе осциллирующего эффекта. // ПТЭ. 1982. В. 2. -С. 229-230.
 7. Мелких А.В., Рыбаков Ф.Н., Повзнер А.А. Распределенная модель организации автоколебаний в полупроводнике вызванных Джоулевым саморазогревом. // Письма в ЖТФ. 2005 г. Т. 31. В. 16. -С. 67.
 8. Коломоец В.В., Сусь В.А. Установка для исследования электрофизических свойств полупроводниковых материалов в условиях низкотемпературной пластической деформации. // Приборы и техника эксперимента. 1975. № 4. -С. 214-215.
 9. Александрова Г.А., Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. Неустойчивости тока в эпитаксиальных слоях GaAs, компенсированных несколькими примесями с глубокими уровнями энергии. // Физика и техника полупроводников. 1975. Т. 9. В. 4. -С. 747.
 10. Holonyak N., Bevacqua S.F. Oscillation in semiconductors due to deep levels. Applied Physics Letters, 1963, Volume 2, № 4, -P. 71-73. <https://doi.org/10.1063/1.1753780>
 11. Юнусов М.С., Ахмадалиев А., Оксенгендлер Б.Л., Бегматов К.А. О некоторых закономерностях электронного спектра примесных центров d-элементов в кремнии. // ФТП. 1995 г. Т. 29. В. 4. -С. 714-717.
- РЕЗЮМЕ.** Таъриблар учун марганец киришма атомлари диффузия усули билан киритилган р-тур ўтказувчанликдаги $<111>$ ва $<110>$ кристаллография ўқ асосида ўстирилган кремний намуналари танлаб олинди. Таъриба натижаларининг таҳлили асосида бир ўқли босим рекомбинацион тўлқинларнинг амплитудаси ва частотасига кучли таъсир қилиши аниқланди. Бир ўқли босим таъсирида автотебраниш параметрларини ўзгаришини тушунтириш ва физик механизмини яратишда компенсацияланган кремнийдаги марганец киришма атомларининг заряд ҳолатига боғлиқ бир жинсли бўлмаган яримўтказгич материалларнинг сатҳлар диаграммасидан фойдаланилди.
- РЕЗЮМЕ.** Для исследования были полученные образцы кремния диффузионно легированные примесными атомами марганца с кристаллической ориентацией $<111>$ и $<110>$ с различным удельным сопротивлением р-типа проводимости. Из анализа результатов исследований установлено, что одноосное упругое сжатие сильно изменяет амплитуду и частоту рекомбинационных волн. Физический механизм изменения параметров автоколебаний тока объясняется моделью зонной диаграммы неоднородного полупроводника материала, которые образуется за счет зарядового состояния примесных атомов марганца в компенсированном кремнии.
- SUMMARY.** For the study, silicon samples were obtained, diffusion doped with impurity manganese atoms with crystal orientation $<111>$ and $<110>$ with different resistivity of p-type conductivity. From an analysis of the research results, it was established that uniaxial elastic compression greatly changes the amplitude and frequency of recombination waves. The physical mechanism for changing the parameters of self-oscillations of current is explained by the model of the band diagram of an inhomogeneous semiconductor material, which is formed due to the charge state of impurity manganese atoms in compensated silicon.

Biologiya. Zoologiya. Ekologiya

УДК 574 (575, 172)

ЭКОЛОГИК ТАРҒИБОТ ВА АТРОФ-МУҲИТ МУҲОФАЗАСИ

Қ.Қ.Байжанов – мустақил изланувчи

Я.И.Аметов – биология фанлари доктори, профессор

Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети

Н.Қ.Байжанова - Ўзбекистон экологик партияси аъзоси

Таянч сўзлар: экологик тарғибот, Орол денгизи, Оролбўйи, «Қизил китоб», Бирлашган Миллатлар Ташкилоти (БМТ), Биологик хилма-хиллик.

Ключевые слова: экологическое образование, Аральское море, Приаралье, «Красная книга», Организация Объединенных Наций (ООН), Биоразнообразие.

Key words: environmental promotion, Aral Sea, Aral Bay, "Red Book", United Nations (UN), Biodiversity.

Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш, аҳоли саломатлигини яхшилаш, Орол фожиаси салбий оқибатларини камайтириш, минтақада экологик хавфсизликни таъминлаш учун устувор вазифалар белгиланган. 2030-йилгача бўлган даврда Ўзбекистон

Республикасининг «Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш концепцияси» қабул қилинди ва концепция доирасида тизимли равишда «Йўл хариталари» ва давлат дастурлари амалга оширилмоқда. Айтиш жоизки, экологик муаммолар халқаро даражада илк маротаба 1972 йилда Стокгольмда ўтказилган БМТ