

*Худайбердиев Фарход Тохирович, старший преподаватель
Наманганский инженерно-технологический институт*

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР

Аннотация: Проведена исследования электрофизических параметров проводили на монокристаллах кремния, полученных методами Cz (КЭФ-0,7, КЭФ-4,5, КЭФ-7), *n* - и *p*-типа проводимости, а также нейтронного трансмутационного легирования (НТЛ) в интервале температур 300 – 1200K как при нагреве, так и при охлаждении со скоростью -5 K мин. Результаты исследования температурных зависимостей электропроводности у монокристаллов марки КЭФ в области температуры 1000K происходит смена знака постоянной Холла.

Ключевые слова: кремния, *n* - и *p*-тип, электрофизических параметр, легирования, постоянная Холла.

*Khudaiberdiev Farhod Tokhirovich, senior lecturer
Namangan Engineering Technological Institute*

ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SILICON SINGLE CRYSTALS IN A WIDE RANGE OF TEMPERATURES

Abstract: The study of the electrophysical parameters was carried out on silicon single crystals obtained by the Cz methods (KEF-0.7, KEF-4.5, KEF-7), *n*- and *p*-type conductivity, as well as neutron transmutation doping (NTD) in the range temperatures of 300 - 1200K both during heating and when cooling at a rate of -5 K min. Results of investigating the temperature dependences of electrical conductivity for KEF single crystals in the temperature range of 1000K, the sign of the Hall constant changes.

Key words: silicon, *n* - and *p*-type, electrophysical parameter, alloying, Hall constant.

В образцах с наибольшей концентрацией фосфора обнаружен гистерезис проводимости и подвижности носителей заряда (рисунок 1).

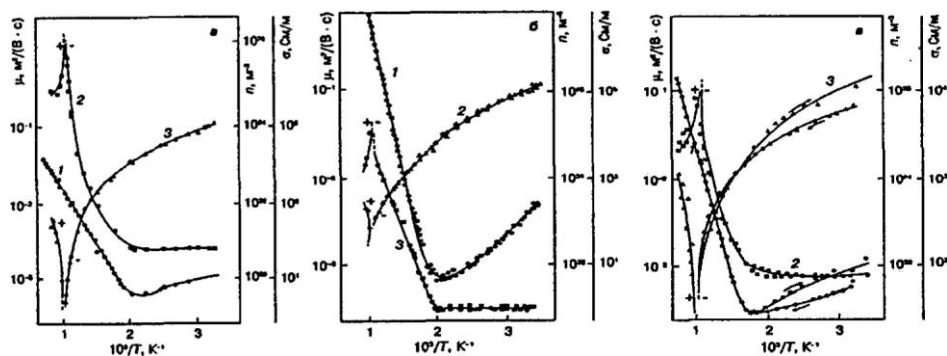


Рис.1 Температурные зависимости электропроводности σ (1), холловской концентрации носителей заряда n (2), подвижности (3) кремния, выращенного методом Чохральского: а-КЭФ-7,5; б-КЭФ-4,5; в-КЭФ-0,7

Монокристаллы, выращенные методом Fz, отличаются высокой степенью химической чистоты, имеют максимальное удельное сопротивление (более 30 КОм•см), что определяется присутствием бора в концентрации не более $2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$. Содержание же компенсирующих донорных примесей не превышает 10^{11} см^{-3} для кремния п-типа проводимости. На рисунке 1 (а) и (б) приведены зависимости электрофизических параметров от обратной температуры на образцах Fz кремния п-типа проводимости. На полученных зависимостях также наблюдается смена знака проводимости эффекта Холла.

На образцах кремния Fz р-типа проводимости (рисунок 3(в)) в процессе нагрева дважды наблюдается смена знака эффекта Холла: при температурах вблизи 373K и при 973K. Образцы отличаются не термостабильностью всех исследуемых параметров.

На рисунке 1(в) приведены результаты исследования образцов кремния, полученного методом НТЛ. Также видна смена знака эффекта Холла при той же температуре, как и у остальных образцов. Нагрев образца приводит к сильной искаженности кривых концентрации носителей заряда и подвижности при

температурах, близких к комнатной. Охлаждение образца приводит к плавному увеличению указанных параметров. На кривых электропроводности (нагрев – охлаждение) наблюдается гистерезис при температурах ниже 423 K.

Проведение для всех образцов последующих циклов (нагрев-охлаждение) приводит к стабилизации исследуемых параметров.

Установлено, что изменение знака проводимости наблюдается для всех исследуемых образцов кремния независимо от методов выращивания, поэтому обнаруженный эффект - инверсия знака проводимости при температурах—1000К, можно отнести к фундаментальным особенностям поведения кремния при высоких температурах.

По-видимому, изменение знака проводимости, наблюдаемое в монокристаллах кремния, связано со структурными превращениями, которые приводят к появлению полей упругих напряжений, которые, в свою очередь, перераспределяют концентрации точечных дефектов. Например, приводят к уменьшению концентрации вакансий и соответственно к изменению типа проводимости.

Термообработка кремния были проведем работы по исследованию влияния термообработки на концентрацию глубоких уровней и время жизни неосновных носителей заряда в высокоомном кремнии п-типа проводимости с удельным сопротивлением более 2 КОм•см, полученным методом Fz.

Термообработка (ТО) шлифованных, а затем химически полированных образцов, проводилась на воздухе при температурах 823к, 1073к и 1473к в течение 5 часов, таблица 4. из которой следует, что исходный кремний имеет невысокое время жизни τ 15мкс. Глубокие центры, обнаруженные в верхней половине запрещенной зоны (ловушки электронов E) имеют весьма низкую концентрацию $<5 \text{ см}^{-3}$ и с учетом их сечения захвата не могут быть причиной низкого T.

Литература

1. Кожитов Л.В., Ботавин ВВ., Шепель П.Н., Тимошина ГГ., Тимошина М.И. «Исследование кинетики распада кремния, легированного переходными и редкоземельными элементами»././Тезисы докладов. Международная конференция «Кремний-2002», Новосибирск, с. 129.

2. Кожитов Л.В., Дегтярев В.Ф., Тимошина М.И., Тимошина ГГ. «Влияние неоднородностей на параметры электронного переноса в кремнии»././ Вопросы атомной науки и техники, серия вакуум, чистые материалы, сверх проводник, г. киев, 2003г., с. 128-135.

3. Кожитов Л.В., Дегтярев В.Ф., Тимошина М.И., «Влияние кремния на процесс радиационного дефектообразования твердых растворах германий кремний п-типа проводимости». // Тезисы докладов. Третья Российская конференции по материаловедению и физико-химическим основам технологий получения легированных кристаллов кремния и приборных структур на их основе, «Кремния 2003», мисис, стр. 192.