

Структурные, оптические и фотоэлектрические свойства германия, гипердопированного примесью сурьмы

Р.И. Баталов, Г.А. Новиков, Р.М. Баязитов, И.А. Файзрахманов (КФТИ, ФИЦ «КазНЦ РАН», Казань)
К.Н. Галкин (ИАПУ ДВО РАН, Владивосток)



Аннотация

Слои германия (Ge), гипердопированные ($N > 10^{19} \text{ см}^{-3}$) донорными примесями (P, As, Sb), являются перспективным материалом для создания быстродействующих полевых КМОП транзисторов, излучателей света и фотоприёмников ближнего ИК-диапазона ($\lambda = 1.6\text{-}2.0 \text{ мкм}$), а также сенсоров химических веществ. Импульсный (наносекундный) отжиг через фазу расплава сильно легированных слоёв Ge является эффективным средством их рекристаллизации и повышения растворимости донорных примесей в Ge. В данной работе изучалось влияние импульсного ионного отжига (ИИО) на вакуумно-осажденные ионным распылением слои Ge:Sb. ВИМС-измерения показали глубокую диффузию примеси Sb в Ge при ИИО в расплаве (до $\sim 1 \text{ мкм}$). Методы РДСЛ и КРС подтвердили хорошую кристалличность слоя после ИИО. Слои Ge:Sb легированные до $\sim 7 \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$ показали высокий уровень деформации ($\sim 0.8\%$), концентрацию носителей $\sim 1.5 \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$, а также интенсивную ФЛ при 1.53 мкм (для $T = 77 \text{ К}$) и при 1.65 мкм (для $T = 300 \text{ К}$), обусловленную прямым переходом через Г-долину. Измерения ФП на диодной структуре n-Ge:Sb/p-Ge показали более интенсивный и расширенный до 2 мкм фотоотклик образца в сравнении с типовым Ge фотодиодом (ФД-10ГБ).

Детали эксперимента

Методы формирования слоёв Ge:Sb

- 1) Ионно-лучевое распыление мишени <Sb/Ge> Ge:Sb/p-Ge(111), Xe^+ , $E = 1.3 \text{ кэВ}$, $j = 150 \text{ мкА/см}^2$, 10 мин
- 2) Импульсный ионный отжиг (ИИО): $\text{C}^+(80\%), \text{H}^+(20\%)$, $E = 300 \text{ кэВ}$, $\tau = 100 \text{ нс}$, $W = 0.5\text{-}1 \text{ Дж/см}^2$

Методы исследования слоёв Ge:Sb

- 1) Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС)
- 2) Рентгеновская диффр. в скользящих лучах (РДСЛ)
- 3) ИК-спектроскопия на пропускание и отражение
- 4) Рамановская спектроскопия
- 5) Электрофизические измерения (ВАХ, Холл)
- 6) ИК фотолюминесценция (ФЛ), $T = 77\text{-}300 \text{ К}$
- 7) ИК фотопроводимость (ФП), $T = 300 \text{ К}$

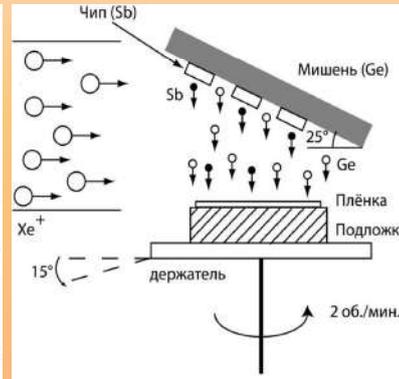
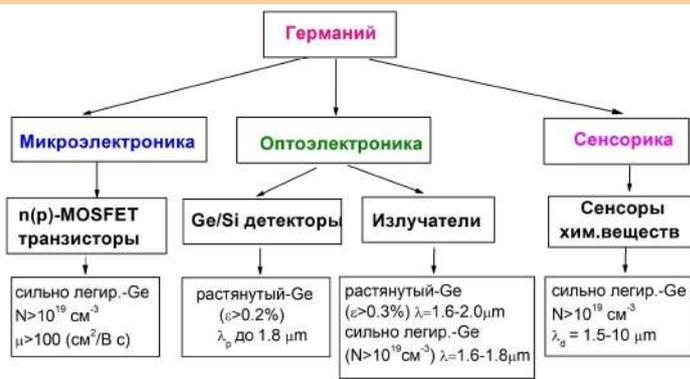


Рис.3 Фото импульсного ионного ускорителя ТЕМП, генерирующего мощный пучок ионов (C+/H+, 300 кэВ, 100 нс, 0.5-5 Дж/см²)

Рис.1. Возможные области применения напряженного и сильно легированного Ge.

Рис.2. Схематическое изображение процесса осаждения слоя Ge:Sb.

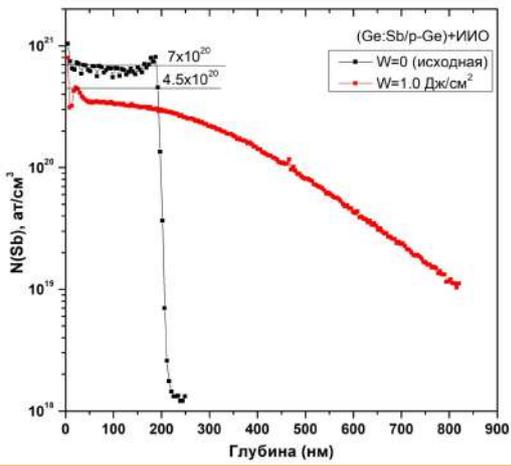


Рис.4. Глубинные профили Sb в Ge после вакуумного осаждения ($W=0$) и после ИИО ($W=1.0 \text{ Дж/см}^2$).

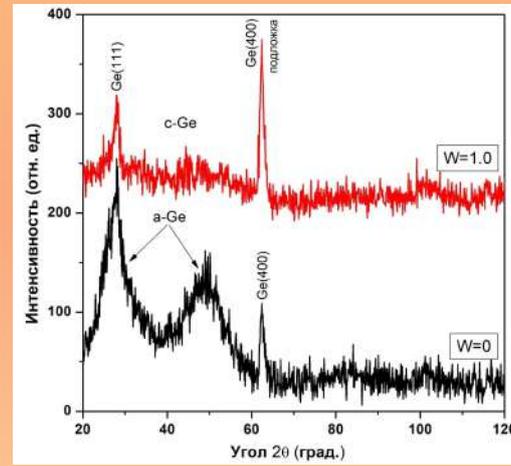


Рис.5. Спектры РДСЛ слоя Ge:Sb после вакуумного осаждения ($W=0$) и после ИИО ($W=1.0 \text{ Дж/см}^2$).

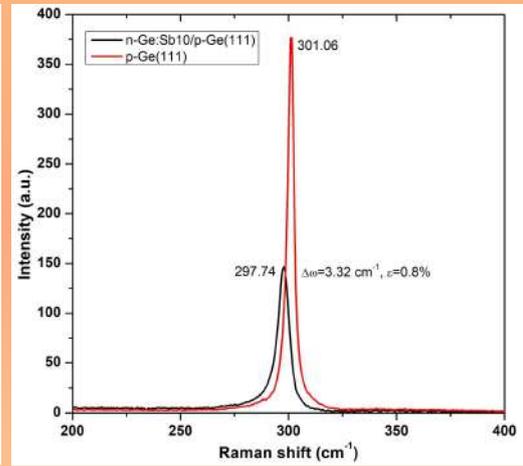


Рис.6. Рамановские спектры монокристалла p-Ge и слоя Ge:Sb после осаждения и ИИО ($W=1.0 \text{ Дж/см}^2$).

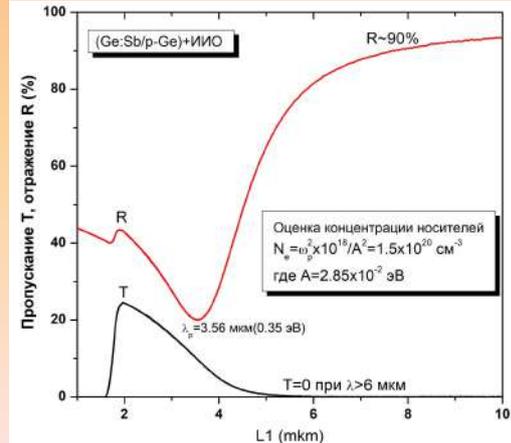


Рис.7. Спектры пропускания и отражения в ИК-области слоя Ge:Sb/p-Ge после ИИО ($W=1.0 \text{ Дж/см}^2$). Дана оценка конц. носит. из плазменной частоты.

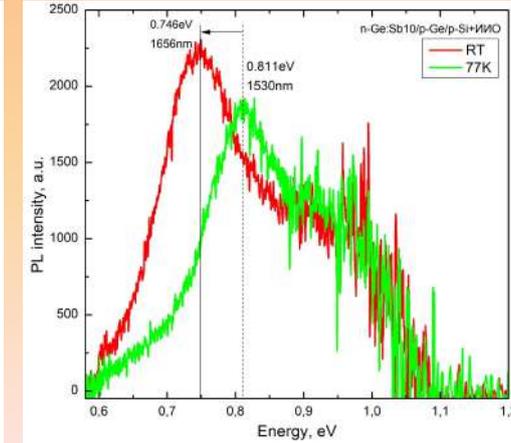


Рис.8. Спектры ФЛ слоя Ge:Sb на подложке p-Ge после ИИО ($W=1.0 \text{ Дж/см}^2$), записанные при $T=77$ и $T=300 \text{ К}$ при накачке ИК-лазером (808 нм).

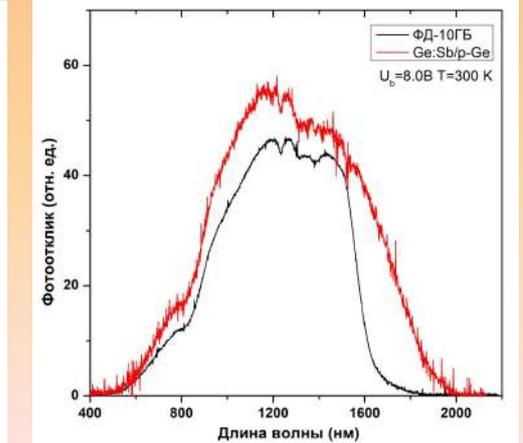


Рис.9. Спектральная зависимость фотоотклика образца n-Ge:Sb/p-Ge после ИИО в сравнении с промышленным Ge-фотодиодом ФД-10ГБ.