Диэлектрические свойства кремния и германия**Мусаев А.М.***ИФ ДНЦ РАН, 367003, Махачкала, ул. Ярагского, 96*

DOI 10.34077/Semicond2019-57

Неизученной областью физики ковалентных полупроводников Si и Ge является поляризация и ее дисперсия в диапазоне низких и средних частот при изменении таких параметров, как: концентрации акцепторных и донорных примесей, степень примесной компенсации, концентрация собственных носителей заряда в диапазоне частот 0-10⁸ Гц.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований поляризации Si, Ge в зависимости от температуры, частоты и всестороннего давления, которые являются эффективными способами управления поляризации. Полученные зависимости диэлектрической проницаемости в температурном диапазоне 4.2-300 K и гидростатическом давлении до 10 GPa кардинально отличаются от результатов известных работ как по знаку, так и по абсолютной величине. В работе проведена интерпретация результатов, указаны механизмы, обуславливающие поляризацию полупроводников. Описаны механизмы дисперсии диэлектрической проницаемости при изменении параметров полупроводников, как концентрации носителей, обусловленных ионизацией донорных и акцепторных примесей, концентрации собственных носителей заряда, ширины запрещенной зоны и т.д.

Измерения диэлектрической проницаемости проводились двумя методами:

1. Методом измерения барьерной ёмкости p - n –структур от давления $C_6(P)$, на структурах со ступенчатым изменением концентрации примесей N_p , N_n (сплавные структуры с базой из полупроводника n –типа) на частоте 10⁶ Гц, в диапазоне гидростатических давлений 0-10 GPa, в температурном диапазоне 77-300 K.

2. Резонансно-мостовым методом, на образцах с антизапорными контактами, на частотах: 10², 10³, 10⁵, 3·10⁵, 10⁶ Гц, при 300 K. На частоте 10³ Гц в температурном диапазоне 4.2-300 K.

В работе показано, что диэлектрическая проницаемость полупроводников Si и Ge обусловлена электронной и дипольной поляризацией. Электронная поляризация наблюдается в широком диапазоне частот до ~10⁸ Гц только при гелиевых температурах. При комнатных температурах, составляющая, обусловленная исключительно электронной поляризацией, наблюдается только в области высоких частот ~(10⁷-10⁸) Гц.

Дипольная поляризация имеет сильную зависимость от частоты и обусловлена следующими механизмами: -Относительная поляризация ковалентно связанных атомов полупроводника и атомов примеси при ионизации акцепторных примесей, находящихся в узлах кристаллической решетки. - Относительная поляризация ковалентно связанных атомов полупроводника и атомов примеси при ионизации донорных примесей, находящихся в узлах кристаллической решетки. -Поляризация ковалентно связанных атомов полупроводника и атомов примеси при ионизации примесей в компенсированном полупроводнике, когда донорные и акцепторные примеси находятся в узлах кристаллической решетки. -Поляризация, обусловленная ростом собственных носителей заряда. - Изменение поляризованности полупроводников вследствие теплового расширения кристалла.

Показано, что эффективная диэлектрическая проницаемость системы ϵ_s формируется не только суммой концентраций отдельных компонентов диэлектрической проницаемости, но и взаимодействием этих компонентов, которая зависит и от частоты приложенного электрического поля.