

НАБЛЮДЕНИЕ ФОТОЗАРЯДОВОГО ЭФФЕКТА, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Л. И. Бурмак

Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, г. Москва

Фотозарядовый эффект – это явление перераспределения заряда, возникающее под действием падающего излучения. Перераспределение заряда, расположенного вблизи поверхности, сопровождается соответствующим изменением электростатического потенциала двойного слоя [1]:

$$\varphi(x) = \varphi\{\langle E \rangle, \varepsilon(x), n_0(x), n(x)\},$$

где $\langle E \rangle$ – усредненная амплитуда электрического поля падающего излучения, $\varepsilon(x)$ – диэлектрическая проницаемость, $n(x)$ – концентрация электронов, $n_0(x)$ – концентрация положительных зарядов (ионов).

Таким образом, величина эффекта зависит от мощности излучения (E), свойств материала и состояния его поверхности ($\varepsilon(x)$ и $n_0(x)$, $n(x)$). Фотозарядовый эффект может найти применение в области бесконтактного измерения параметров полупроводниковых материалов и устройств. Так, например, известно, что функциональные характеристики полупроводниковых устройств зависят от чистоты материала и состояния поверхности. Фотозарядовый эффект чувствителен к наличию примесей, дефектов и пр. Поэтому его можно использовать для визуализации «электрической структуры» поверхности [2, 3].

Для наведения фотозарядового эффекта наиболее удобно применять лазерные источники излучения. Монохроматический узконаправленный пучок лазера даже небольшой мощности создает достаточную освещенность, чтобы вызвать изменения поверхностного заряда.

Схема установки для наблюдения фотозарядового эффекта представлена на рис. 1. Излучение лазера 1 модулируется механическим модулятором 2 и с помощью поворотных зеркал 3 через фокусирующий объектив 4 направляется на измерительную схему 5, в которую помещен исследуемый объект. Сигнал со схемы поступает на измерительный прибор 6 – синхронный детектор – и отображается на осциллографе 7. Детектор 6 и модулятор 2 синхронизированы по частоте.

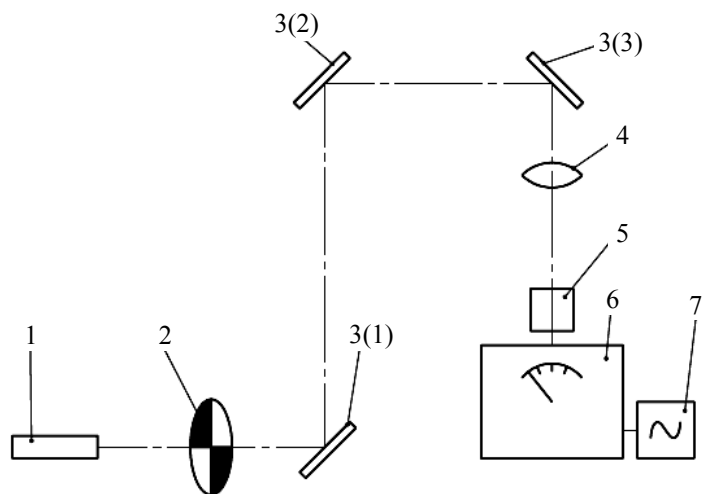


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – лазер, 2 – модулятор, 3 – поворотные зеркала, 4 – фокусирующий объектив, 5 – измерительная схема (см. рис. 2), 6 – синхронный детектор, 7 – осциллограф

Измерительная схема для случая несимметричного измерения представлена на рис. 2. Излучение через входное окно 5 попадает на исследуемый образец 1, вызывая перераспределение зарядов, расположенных вблизи поверхности, и накопление их на обратной, неосвещенной стороне. посредством емкостного взаимодействия на электроде 3 образуется заряд, который через разъем 4 поступает на измерительный прибор. Черная поглощающая бумага 2, расположенная между образцом и электродом, выступает в роли диэлектрика и исключает непосредственный контакт между ними, а также гарантирует, что излучение не попадает на электрод. Образец и электрод помещаются в заземленную металлическую коробку 6, которая экранирует их от внешних электрических наводок. На входном окне нанесено токопроводящее покрытие, находящееся в контакте с коробкой. Для усиления регистрируемого сигнала электрод выполнен в форме капли: в этом случае заряд должен «стекать» в сторону увеличения положительной кривизны (выпуклости) поверхности, т. е. на острие.

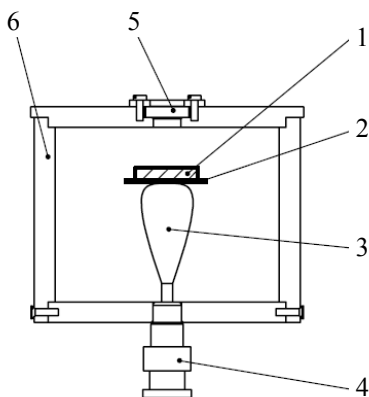


Рис. 2. Измерительная схема: 1 – исследуемый образец, 2 – черная бумага, 3 – электрод, 4 – разъем для соединения с измерительным прибором, 5 – входное окно, 6 – металлическая коробка

На рис. 3 представлены результаты эксперимента. В качестве источника излучения при эксперименте вместо непрерывного лазера с модулятором использовался импульсно-периодический лазер с диодной накачкой (длина волны $\lambda = 0,53$ мкм, мощность 22 мВт в импульсе длительностью 10 нс), настроенный на частоту 757 Гц и синхронизированный с измерительным прибором. При облучении исследуемых образцов из кремния Si (рис. 3,а), арсенида галлия GaAs (рис. 3,б) и германия Ge (рис. 3,в), был зарегистрирован отклик. Наиболее сильный отклик наблюдался на Si, однако сравнивать величину отклика с трех исследуемых образцов некорректно, т. к. они имели разную конфигурацию (форму, толщину).

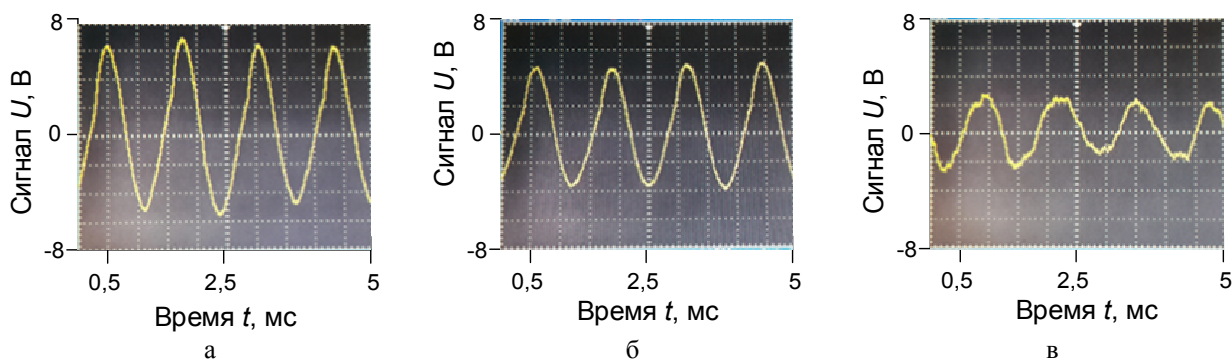


Рис. 3. Результаты эксперимента, где в качестве исследуемого образца выступали: а – Si, б – GaAs, в – Ge

Список литературы

1. Pustovoit V. I., Borissov M., Ivanov O. Surface photon-charge effect in conductors // Bulgarian journal of physics. 1990. Vol. 17(1). P. 32–40.
2. Das P., Mihailov V., Ivanov O., Gueorgiev V., Andreev S., Pustovoit V. I. Contactless characterization of semiconductor devices using surface photocharge effect // IEEE Electron device letters. 1992. Vol. 13(5). P. 291–293.
3. Abbate A., Rencibia P., Ivanov O., Masini G., Palma F., Das P. Contactless characterization of semiconductors using laser-induced surface photo-charge voltage measurement // Technical report ARCCB-TR-95004. US Army armament research, development and engineering center. 1995.