

06

Фотоэлектретное состояние без внешнего поляризующего поля в пленках Si:Ag

© Г.А. Набиев

Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан
E-mail: gulamnabi@mail.ru

В окончательной редакции 7 марта 2007 г.

Приводится технология получения, исследования фотоэлектретного состояния в пленках Si, легированных Ag, в которых фотонапряжение генерируется за счет дембер-эффекта.

PACS: 81.05.-t

Как известно [1], в полупроводниках фотоэлектретное состояние наблюдается при генерации в них свободных носителей, пространственном разделении электронов и дырок внешним электрическим полем, закреплении разделенных носителей на глубоких локальных уровнях.

В работе [2] была показана возможность образования фотоэлектрета нового типа в полупроводниках с $p-n$ -переходами формирующегося без внешнего поляризующего поля.

В [3] создана теория фотоэлектретного состояния в однородных полупроводниках с демберовским механизмом генерации фотонапряжения. Фотоэлектрет такого типа может быть создан, в отличие от традиционных и как в [2], без внешнего поля, в результате одного лишь освещения. Поляризующим фактором в данном случае является различие подвижностей электронов и дырок.

В данной работе приводятся результаты исследования фотоэлектретного состояния в пленках Si, легированных Ag, в которых фотонапряжение генерируется за счет дембер-эффекта.

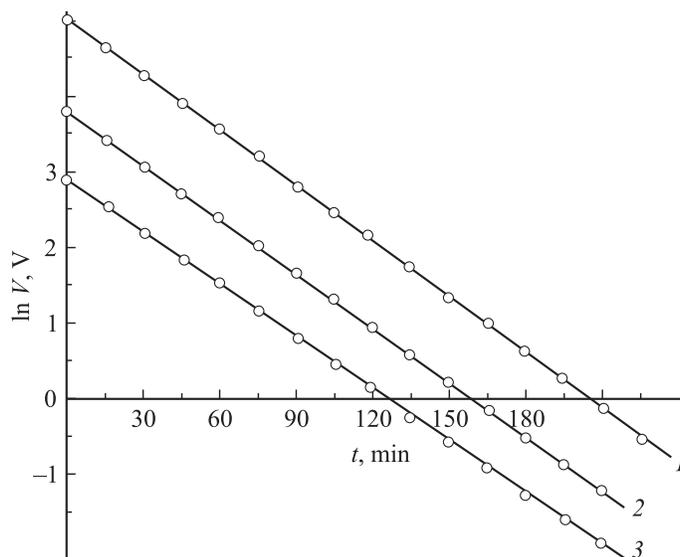


Рис. 1. Релаксация фотоэлектрического напряжения для трех пленок Si с примесью серебра.

В обычных структурах фотоэлектрическое напряжение не может превышать долей вольта. В АФН-пленках (пленки, генерирующие при освещении аномально большие фотонапряжения) [4], представляющих собой совокупность последовательно соединенных микрофотоэлементов, фотоэлектрическое напряжение может достигать сотен и тысячи вольт.

Образцы получали термическим испарением Ag из алундового Si из тигля BeO в вакууме $\sim 10^{-5}$ mm Hg на стеклянные подложки, предварительно обработанные в дистиллированной воде, ацетоне, спирте и просушенные на воздухе и прогретые в вакууме до 300° . Тигель нагревался джоулевым теплом. Сначала напылялось Ag, затем подложки поворачивали к тиглю с Si и получали АФН — пленки Si. Далее температуру пленки поднимали до определенной оптимальной температуры и при этом происходила диффузия Ag в Si.

Величины аномального фотонапряжения и фотоэлектрического напряжения (V) измерялись на электростатических вольтметрах С-50, С-95, а в необходимых случаях на электрометре СГ-1М.

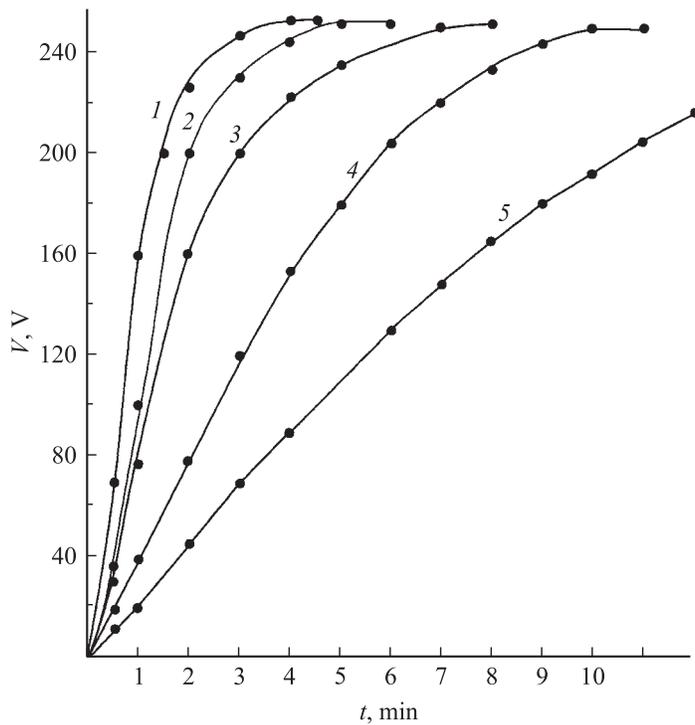


Рис. 2. Зависимость V от времени фотополяризации при различных значениях освещенности (W/cm^2): $I = 8 \cdot 10^{-2}$ (1), $I = 6 \cdot 10^{-2}$ (2), $I = 4 \cdot 10^{-2}$ (3), $I = 2 \cdot 10^{-2}$ (4), $I = 10^{-2}$ (5) для пленок Si с примесью серебра.

Исследование зависимости генерируемого фотонапряжения от угла падения света на пленку в пределах $0-180^\circ$ показало, что оно имеет инверсию знака. Согласно [4], это свидетельствует о демберовском механизме генерации фотонапряжения. Демберовская модель АФН-эффекта для пленок Si подтверждается и спектральными исследованиями генерируемого фотонапряжения [5], и результатами других авторов [4].

АФН-пленки кремния освещались светом в течение нескольких минут. После такой фотополяризации электроды закорачивались на землю и пленка несколько минут находилась в темноте. Когда один из электродов подключался к электростатическому вольтметру, в нем

появлялось фотоэлектрическое напряжение, значение которого, увеличиваясь со временем, достигает максимума и далее начинается медленная релаксация этого напряжения.

На рис. 1 приведены результаты изучения релаксации фотоэлектрического напряжения для трех пленок кремния с примесями серебра.

Изучение зависимости $\lg(I t)$ от $\lg I$ (где I — интенсивность света, t — время фотополяризации), на основе данных, приведенных на рис. 2, позволило заключить, что закон взаимозаместимости, обязательный для проявления фотоэлектрического состояния, выполняется.

Серебро образует в кремнии акцепторный уровень, который является ловушкой для электронов. При освещении в пленке кремния возбуждаются неравновесные носители заряда и часть из них оседает на глубоких уровнях, создаваемых примесями серебра. После выключения света происходит тепловая генерация носителей, локализованных на этих глубоких уровнях.

Релаксация фотоэлектрического напряжения происходит по закону [3]

$$V = V_0 \exp(-t/\tau^*), \quad (1)$$

где τ^* — характеристическое время жизни неосновных носителей. Из рис. 1 видно, что релаксация хорошо описывается такой зависимостью. По углу наклона прямой определено значение характеристического времени жизни неосновных носителей заряда. Для пленок, результаты которых представлены прямыми: 1 — $\tau^* = 42$ min, 2 — $\tau^* = 41$ min, 3 — $\tau^* = 46$ min.

Исследованные фотоэлектрические эффекты могут быть применены в системах оптоэлектроники, электрофотографии и для преобразования световой информации в электрическую.

Список литературы

- [1] Ковальский П.Н., Шнейдер А.Д. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках. Львов: Выша школа, 1977. 152 с.
- [2] Адирович Э.И. // ФТП. 1970. Т. 4. В. 4. С. 745–753.
- [3] Набиев Г.А. // Научно-технический журнал ФерПИ. 2004. № 3. С. 11–15.
- [4] Адирович Э.И. и др. // Фотоэлектрические явления в полупроводниках и оптоэлектроника. Ташкент: Фан, 1972. С. 143–229.
- [5] Набиев Г.А. Спектры фотовольтаического эффекта в полупроводниковых пленках / Деп. в ВИНТИ 14.06.88, № 4677-B88. 22 с.