

УДК 537.311.33:621.315.592

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Академик АН УзССР У. А. АРИФОВ, А. Х. АЮХАНОВ,
Н. АБДУЛЛАЕВ, И. А. ГАРАФУТДИНОВА

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ

В настоящее время известно, что в пленках некоторых полупроводников наблюдается эффект аномально больших фотонапряжений (АФН-эффект). Изучение этого явления представляет не только большой физический интерес (¹⁻³), но и перспективно в практическом применении (⁴).

В работах (⁵⁻⁸) нами сообщалось о получении и некоторых результатах исследования АФН-эффекта в пленках Si, Ge и CdTe. Целью настоящей работы является исследование возможности получения АФН-эффекта на пленках теллурида висмута, которая, как нам известно, до сих пор не изучалась. Изучение этого явления на пленках именно теллурида висмута вызвано рядом причин: Bi_2Te_3 имеет достаточно высокие термоэлектрические параметры; его свойства стабильны во времени; кроме того, Bi_2Te_3 более широко изучен, чем другие полупроводниковые соединения типа $\text{A}_2^{\text{V}}\text{B}_3^{\text{VI}}$.

Пленки получались напылением поликристаллического теллурида висмута *n*-типа из танталовой и BeO -подложки в вакууме 10^{-6} тор на предварительно обработанную по (⁹) подложку из стекла размером $10 \times 12 \times 1 \text{ мм}^3$. Угол между направлением молекулярного пучка и нормалью к подложке составляет $60-70^\circ$, температура подложек комнатная; средняя толщина пленок от 0,1 до 0,5 мкм, скорость формирования пленок 15–20 Å/сек. В качестве контактов использовали аквадаг, который наносили на концы подложек перед напылением пленок Bi_2Te_3 . Результаты измерений не зависели от природы контактов.

Непосредственно после нанесения пленок как в вакууме 10^{-6} тор, так и в воздухе значительной генерации фотонапряжения не обнаруживается. Однако эти же пленки после бомбардировки ионами Cs^+ генерируют высоковольтные фотонапряжения как в вакууме, так и в воздухе. При этом максимальные значения генерируемых фотонапряжений были получены после облучения пленок ионами Cs^+ с энергией 1–1,5 кэВ, с дозой 500–1000 мкк/см² (при плотности пучка 1 мка/см²). Принципиальная электрическая схема установки для изучения влияния ионной бомбардировки на свойства пленок приведена в работе (⁷).

Необходимо отметить, что применение ионов Li^+ и Na^+ в области энергий от 50 до 3000 эВ и с дозой до 10 000 мкк/см² не давали положительных результатов.

Ниже приведены основные параметры для ряда полученных с помощью ионной бомбардировки АФН-пленок Bi_2Te_3 , измеренные при комнатной температуре на воздухе ($I=2 \cdot 10^5$ лк), где $V_{\text{ф}}$ — генерируемые фотонапряжения, R — темновое сопротивление, $I_{\text{кз}}$ — ток короткого замыкания:

№ пленки	20	21	23	24	25	31	38
$V_{\text{ф}}$, в	58	10	8	23	11	17,5	26
R , ом	$2 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{11}$	$6 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$
$I_{\text{кз}} \cdot 10^{11}$, а	0,3	50	40	4	0,19	0,35	0,52

Результаты наших измерений показывают, что значения V_{ϕ} , R , $I_{кз}$ пленок Bi_2Te_3 как на воздухе, так и в вакууме (10^{-6} тор) не меняются. В этих же условиях пленки не обладают фотопроводимостью.

Пленки обладали полярностью как типа А (положительная полярность на толстом конце пленок), так и типа Б (отрицательная полярность на толстом конце пленок). При освещении белым светом интенсивностью $2 \cdot 10^5$ лк максимальное значение генерируемого фотонапряжения пленок Bi_2Te_3 доходит до 60–70 в при комнатных условиях.

Типичные зависимости фотонапряжения и тока короткого замыкания пленок теллурида висмута от интенсивности света изображены на рис. 1.

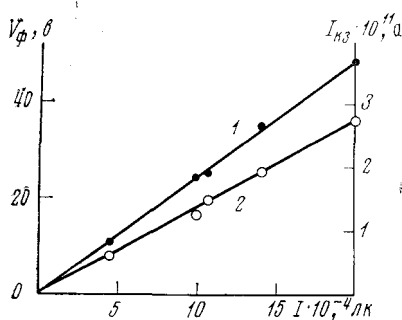


Рис. 1. Зависимость фотонапряжения V_{ϕ} и тока короткого замыкания $I_{кз}$ пленок от освещенности I ; 1 — фотонапряжение, 2 — ток короткого замыкания

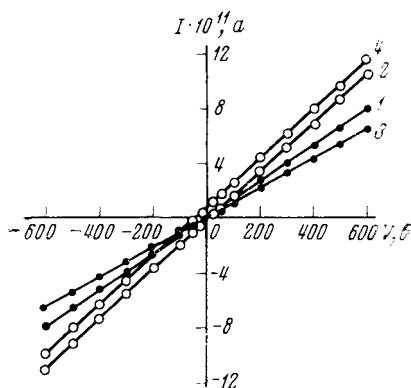


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики пленок Bi_2Te_3 : 1, 3 — при темноте, 2, 4 — при освещении

Здесь освещенность пленок изменялась с помощью нейтральных светофильтров типа НС. Видно, что V_{ϕ} и $I_{кз}$ пленок растет линейно с увеличением интенсивности освещения. Вольт-амперные характеристики пленок как в темноте, так и при освещении подчиняются закону Ома (рис. 2).

Как известно, при бомбардировке твердого тела ионами наблюдается целый ряд процессов: катодное распыление, рассеяние и внедрение первичных ионов, ионно-электронная эмиссия и др. В результате этого обычно происходит изменение состава поверхностного слоя тела и, следовательно, определенное изменение его физических свойств. В примененной нами области энергии облучения это изменение состава главным образом происходит на тонком поверхностном слое, так как ионы Cs^+ с $E=1-1,5$ кэВ проникают на несколько ангстрем.

Из этих рассуждений ясно, что возникновение АФН на пленках Bi_2Te_3 в основном связано с изменением состава поверхностных слоев пленок.

Таким образом, приведенные выше результаты показывают, что свежеполученные пленки Bi_2Te_3 , первоначально не генерирующие АФН, с помощью описанной в настоящей статье методики (методом бомбардировки ионами Cs^+) можно превратить в генерирующие АФН. Этот же метод, по-видимому, в дальнейшем может быть применен для получения АФН-эффекта на пленках из других полупроводниковых соединений, которые трудно получить обычным путем вакуумного испарения. Технологичность метода ионной бомбардировки полупроводниковых пленок очевидна.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Э. Абдукаримову за предоставление образцов Bi_2Te_3 .

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Э. И. Адирович, В. М. Рубинов, Ю. М. Юабов, ДАН, т. 164, 429 (1965). ² Э. И. Адирович, В. М. Рубинов, Ю. М. Юабов, ДАН, т. 174, 545 (1967). ³ I. R. Zhadko, V. A. Romanov, Phys. Stat. Sol., v. 28, 797 (1968). ⁴ Э. И. Адирович, В. М. Рубинов и др., Авт. свид. № 177557 и № 183844, Бюлл. изобр. № 1 (1965); № 14 (1966). ⁵ У. А. Арифов, Н. Абдуллаев, А. Х. Аюханов, Изв. АН УзССР, сер. физ.-матем. наук, № 5, 34 (1969). ⁶ У. А. Арифов, Н. Абдуллаев, А. Х. Аюханов, там же, № 5, 41 (1970). ⁷ У. А. Арифов, А. Х. Аюханов, Н. Абдуллаев, Физика и техн. полупроводников, т. 5, в. 9, 1687 (1971). ⁸ У. А. Арифов, Н. Абдуллаев, Приборы и техн. эксп., № 2, 210 (1972).