

ЗАПОМИНАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА
МНОП-СТРУКТУРЕ

А. Е. Кравченко, А. Ф. Плотников,
В. Н. Селезнев, В. Э. Шубин

УДК 681.327.67

Приведены результаты по записи оптической информации на структуре $\text{Au-Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}$ под действием излучения He-Ne и GaAs лазеров.

При энергии записи $1,3 \cdot 10^{-7}$ Дж наблюдалось изменение величины фотоэлектродвижущей силы в отношении $1 : 7$.

Известно, что структуры металл- $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}$ могут быть использованы в вычислительной технике для хранения электрической информации.

Для них характерно хорошее быстродействие (время цикла запись-считывание-стирание составляет сотни наносекунд) и длительное хранение информации (до нескольких тысяч часов) ^{1/1/}.

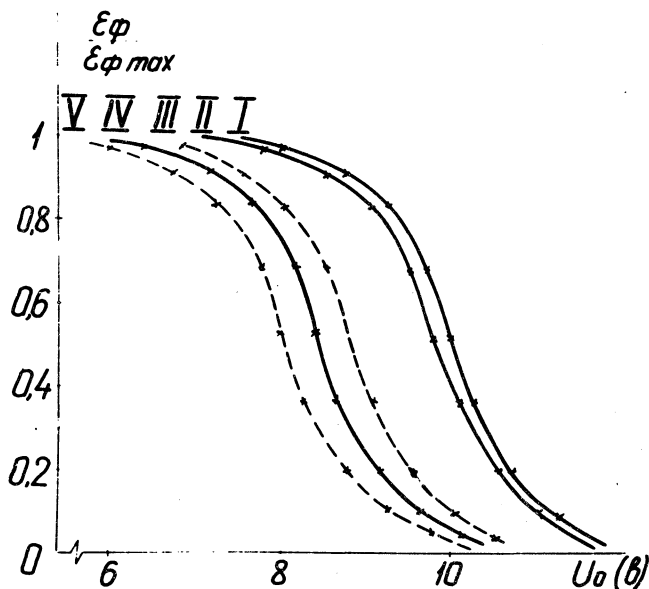
Представляет интерес рассмотреть возможность применения МНОП-структур в оптоэлектронных вычислительных системах для записи и считывания оптической информации. Для реализации этой возможности необходимо управлять переключением состояний структуры световым воздействием.

В работе /2/ сообщалось о записи оптической информации на структуре металл- $\text{CdSe-Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}$ лучом лазера, где чувствительность к свету обеспечивалась введением дополнительного слоя фотопроводника CdSe. Необходимость использования в таких системах высокоомных фотопроводников приводит к ограничению их быстродействия.

О принципиальной возможности запоминания оптического сигнала на обычной МНОП-структуре сообщалось в работе /3/, однако при этом не приведено каких-либо количественных оценок.

В настоящей работе исследовалось переключение структуры $\text{Au-Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}$ под действием света лазера.

Образцы, изготовленные в НИИ Физических проблем, представляют собой пластинки Si n-типа с удельным сопротивлением около 10 ом.см, на которые последовательно наращиваются слой двуокиси кремния толщиной 20 - 30 Å, слой нитрида кремния толщиной 1000Å



Р и с. 1. Зависимость фотоэлектродвижущей силы от постоянного смещения. I - амплитуда напряжения, приложенного к структуре, < 35 в; II - амплитуда напряжения 37 в; III - амплитуда напряжения 34 в, структура освещена излучением GaAs-лазера, энергия импульса $1,8 \cdot 10^{-7}$ Дж; IV - амплитуда напряжения 42 в; V - амплитуда напряжения 34 в, структура освещена светом He-Ne лазера ($\lambda = 0,63$ мк) мощностью 13 мвт, длительность импульса 100 мксек

и напыляется полупрозрачный слой золота. Площадь золотого электрода составляет $0,5 \text{ мм}^2$. Контактom к кремнию служил напыленный слой Al.

Переключение структуры из одного состояния в другое обусловлено изменением заряда ловушек на границе слоев $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$.

Оно происходит при приложении к слою диэлектрика напряжения выше некоторой пороговой величины и является следствием туннелирования заряда через слой SiO_2 в полупроводник. Заряд ловушек вызывает изменение потенциала поверхности полупроводника, что позволяет судить о состоянии структуры по величине фотоэлектродвижущей силы $\varepsilon_{\text{ф}}$, возникающей на контактах структуры при освещении ее импульсом света. На рисунке I для исследуемых нами образцов представлена зависимость величины $\varepsilon_{\text{ф}}$ от внешнего постоянного напряжения U_0 , приложенного к структуре.

При приложении к электродам структуры импульсов напряжения длительностью 100 мксек и амплитудой $U < 35$ в не было отмечено перезарядки ловушек. Кривая (I) соответствует исходному состоянию структуры.

При увеличении амплитуды импульсов $U > 35$ в наблюдается изменение приповерхностного потенциала полупроводника, и как следствие, наблюдается сдвиг кривых, характеризующих зависимости фотоэлектродвижущей силы от внешнего смещения (кривые II, IV).

Величина сдвига ΔU пропорциональна изменению заряда ловушек Q на границе $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$:

$$\Delta U = \frac{Q}{C(\text{Si}_3\text{N}_4)},$$

где $C(\text{Si}_3\text{N}_4)$ - емкость слоя Si_3N_4 .

В исследуемых структурах величина ΔU достигала 20-25 в. Заряд ловушек можно изменить, если на структуру одновременно с импульсом напряжения, величина которого меньше пороговой, действует импульс света с длиной волны, соответствующей области собственного поглощения Si . Приложенное к структуре напряжение делится между слоем диэлектрика $U_{\text{д}}$ и слоем пространственного заряда $U_{\text{пз}}$. При облучении светом электронно-дырочные пары, образующиеся в приповерхностной области полупроводника, экранируют поле, что приводит к уменьшению $U_{\text{пз}}$ на величину $\Delta U_{\text{св}}$.

Соответственно, возрастает напряжение на диэлектрике

$$U'_{\text{д}} = U_{\text{д}} + \Delta U_{\text{св}}.$$

Подбирая параметры светового импульса, можно получить напряжение на диэлектрике, превышающее пороговую величину.

В наших экспериментах на структуру подавался импульс $U = 34$ в длительностью 100 мксек.

В отсутствие света перезарядки ловушек не отмечалось (кривая I).

Если одновременно с импульсом поля ($U = 34$ в) структура освещалась светом He-Ne лазера мощностью 12 мВт, наблюдалась существенная перезарядка (кривая У). Сдвиг характеристики $\epsilon_{\Phi} = f(U_0)$ составил 2 вольта, что при внешнем смещении $U_0 = 10$ в соответствует изменению величины ϵ_{Φ} в отношении 1:7.

Аналогичные результаты получены при использовании в качестве источника света полупроводникового инжекционного лазера GaAs. При энергии импульса света $1,8 \cdot 10^{-7}$ Дж сдвиг характеристики $\Delta U = 1,2$ в, а изменение величины фотоэлектродвижущей силы составило 1:4 (кривая III).

При увеличении количества квантов света, поглощаемых в полупроводнике, сдвиг характеристики $\epsilon_{\Phi} = f(U_0)$ может быть увеличен. Однако для уверенного считывания информации полученный сдвиг в несколько вольт можно считать приемлемым.

Таким образом, в наших экспериментах показана принципиальная возможность использования излучения He-Ne и GaAs лазеров для записи и считывания информации на структурах $Au-Si_3N_4-SiO_2-Si$.

Авторы выражают благодарность В. В. Поспелову за предоставленные структуры и Ю. М. Попову за внимание к работе.

Поступила в редакцию
25 июня 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. J. T. Wallmark, I. H. Scott. RCA Review, 30, 335 (1969).
2. Ю. М. Попов, А. Ф. Плотников, В. В. Поспелов. ФТИ, в печати.
3. G. F. Vanstone. Electronics Letts., 8, 13 (1972).