

METAL-OKSİD-YARIMKEÇİRİCİ YADDAŞ ELEMENTLİ YÜK ƏLAQƏLİ CİHAZ ƏSASINDAKI YADDAŞ QURĞULARINDA İNFORMASIYANIN OXUNMASI

E.Ə. KƏRİMOV, S.N. MUSAYEVA*

Milli Aerokosmik Agentliyi, Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu,

S.S. Axundov küç. 1, AZ 1115

Azərbaycan Texniki Universiteti, H. Cavid pros. 25, AZ 1073*

Məqalədə enerjidən asılı olmayan metal-oksit-yarımkeçirici (MOY) yaddaş elementli yük əlaqəli cihaz (YƏC) əsasında yaddaş qurğusunda informasiyanın sayılması üsuluna baxılmışdır. Çıxış signalının qiyməti, təztəsir, istifadə olunan güc qiymətləndirilmişdir. İnformasiyanın sayılması zamanı yaddaş qurğusunun (YQ) işləmə rejiminin optimallaşdırılması kriteriyası alınmışdır.

Açar sözlər: doldurucu, registr, yük əlaqəli cihaz, çıxış signalı, gücləndirici, məntiqi sıfır, məntiqi vahid.

UOT: 621.383.5

PACS: 73.40.Ns, 73.40.Sx, 72.10.-d

MOY – yaddaş özəklərinin YƏC-lə uzlaşması enerjidən asılı olmayan yüksək sıxlıqlı informasiya yazılışlı YQ-ların yaradılmasına geniş imkanlar yaradır [1,2]. Saxlama elementi MOY – kondensator olan qurğuların yaradılması zamanı həlli vacib olan məsələlərdən əsası strukturda saxlanılan yükün miqdarının qeyd olunmasıdır. Bu zaman yazılan informasiya dağılmamalı, istifadə olunan güc minimal olmalı, informasiyanın oxunması tempi mümkün qədər yüksək olmalıdır. Məqalə, müxtəlif tip doldurucuların yaradılması zamanı tətbiq oluna biləcək MOY-YƏC əsasında yaddaş qurğusunda informasiyanın oxunması üsullarının analizinə həsr olunmuşdur.

Eksperimental olaraq sayma rejimi hər bir elektrodunun yanında MOY – kondensator yerləşən *p*-tip silisium əsasında 4 taktlı YƏC – registr əsasında doldurucuda öyrənilmişdir. Yükün registrə daxil edilməsi üçün diffuziya oblastı istifadə edilmiş, çıxış signalı xətti gücləndirici vasitəsi ilə qeyd edilmişdir (şəkil 1).

MOY – struktura yazılan istənilən işarəli yük silisium nitridə olan tələlərdə istənilən müddət saxlanıla bilər. Hesab edəcəyik ki, kifayət qədər amplituda malik mənfii gərginlik verildikdə tələlər tərəfindən tutulan müsbət yüklər məntiqi sıfır, müsbət gərginlik verildikdə isə mənfii yükün (qeyri-əsas yük daşıyıcıları) tutulması məntiqi vahid halına uyğun gəlir. Yazılan yük MOY – strukturun sərhəd gərginliyini dəyişir, ona görə də struktura yoxsullaşdırıcı gərginlik verildikdə yaranan potensial çuxurun tutumu məntiqi sıfır və məntiqi vahid hallarında müxtəlif olacaq. MOY – strukturda saxlanıla bilən qeyri-əsas daşıyıcıların maksimal yükü:

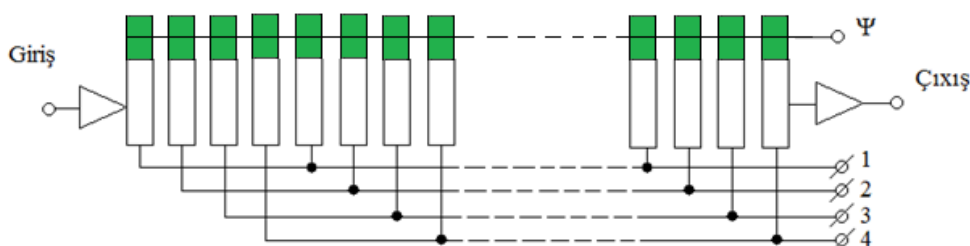
$$Q_{\max} = c_g S (U - U_{ser}) \quad (1)$$

burada, U – struktura tətbiq edilən gərginlik, U_{ser} – MDY (metal-dielektrik-yarımkeçirici) – strukturun sərhəd gərginliyi, c_g – dielektrikin xüsusi tutumu, S – elementin sahəsidir. Məntiqi vahid və məntiqi sıfır hallarında saxlanılan yüklər arasındakı fərq aşağıdakı qiyməti ala bilər:

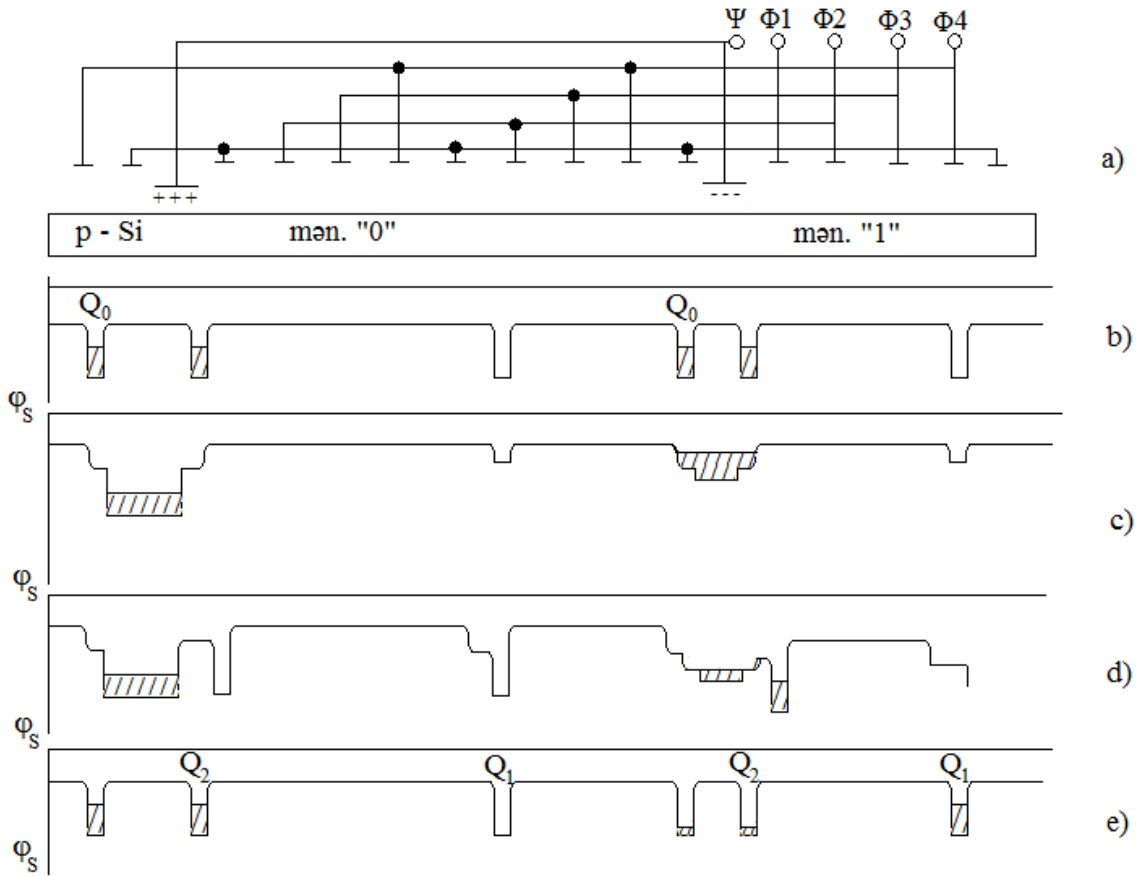
$$\Delta Q_{\max} = c_g S (U_{ser}^1 - U_{ser}^0) \quad (2)$$

MOY-YƏC-də informasiyanın sayılması üçün yaddaş elementinin saxlama qabiliyyətinin qiymətləndirilməsinə əsaslanan bir neçə üsul göstərilir. Aparılan işdə doldurucunu YƏC-in köməyi ilə yüklə tam doldurmaq, sonra isə yoxsullaşdırıcı gərginlik verməklə doldurucunu MOY – elementlərinin altına gətirmək təklif olunur. Belə ki, yoxsullaşdırıcı gərginlik elə seçilə bilər ki, məntiqi vahid halında yük elektrod altında qala bilmir və rekombinasiya olunur. Bir müddət sonra uyğun ardıcılıqla takt impulsları tətbiq edərək informasiya yükünü YƏC-dən çıxarmaq və gücləndiricinin köməyi ilə saymaq olar. Bu üsulun əsas çatışmazlıqlarından biri, çox kiçik təztəsir və yük rekombinasiya etməyib, onun tutulmasının mümkünüyüdür. Digər üsullar strukturda injektor və idarəedicilərin kimi əlavə elementlərin olmasını tələb edir ki, bu da sxem tərəfindən tutulan sahənin böyüməsinə gətirir [3,4,5].

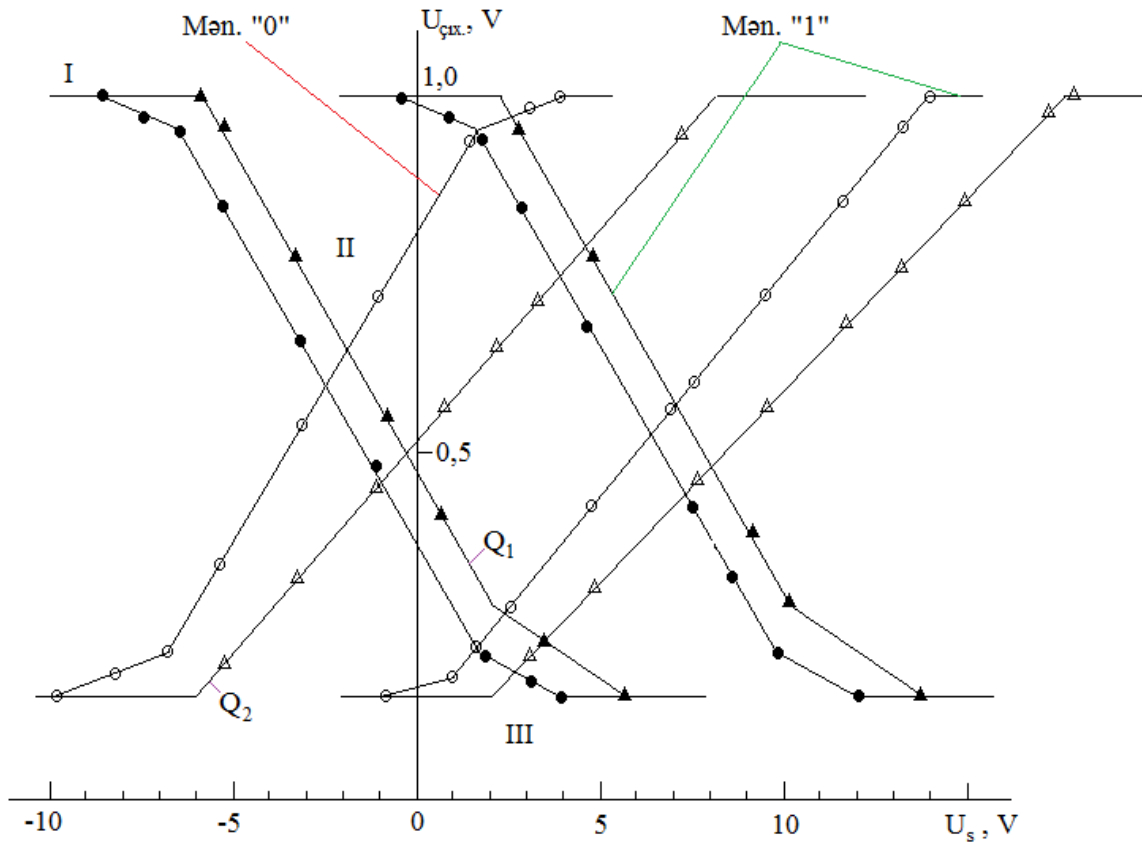
Tərəfimizdən bütün hallarda soruşulan yükü kənarlaşdırın üsul təklif və tətbiq olunmuşdur ki, bu üsul əlavə elementlər tələb etmir və YƏC-in registrinin təztəsinə bərabər təztəsirə malikdir. Strukturunun en kəsiyi şəkil 2-də göstərilmiş doldurucunun soruşulma prosesinə baxaq.



Şəkil 1. MOY – YƏC əsasında YQ – doldurucusunun sxemi.



Şəkil 2. Strukturun kəsiyi və informasiyanın sayılması prosesində səthi potensialın profilinin zaman diaqramları.



Şəkil 3. Məntiqi sıfır və məntiqi vahid hallarında çıxış gərginliyinin sayma gərginliyindən asılılığı:
 $\Delta \blacktriangle$ – eksperiment; $\bullet \circ$ – hesablama.

Burada Ψ - MOY– kondensatorlar Φ_1 –daşınma elektrodunun yanında yerləşmişdir. Soruşan yük YƏC – registrinə takt impulsları verildikdə Φ_1 – elektrodunun altına gətirilir (şəkil 2 b), sonradan daşınma elektrodunda gərginlik U_d - dayaq qiymətinə qədər azalır və eyni zamanda Ψ – elektroduna yoxsullaşdırıcı impuls verilir (şəkil 2 c). Φ_1 - və Ψ - elektrodları arasında soruşan yükün paylanması baş verdikdən sonra Φ_2 – elektroduna U_r – amplitudalı takt impulsu tətbiq edilir (şəkil 2 d). Müstəvi zonaların $U_{m.z.}$ – gərginliyinin qiymətindən asılı olan yükün bir hissəsi Φ_2 – elektrodu altında potensial çuxura axacaq, digər hissəsi isə Ψ – elektrodu altında qalacaq və çıxışa takt tezliyinin bir periodu qədər gecikərək gələcək (şəkil 2 e).

Çıxışa birinci gələn yükü Q_1 , bir period gecikən yükü isə Q_2 ilə işarə edək. Q_0 – soruşan yükün, U_d – dayaq

gərginliyin, Ψ – elektroduna verilən U_s – sayma gərginliyin, Φ və Ψ elektrodların sahələrinin nisbətinin, $U_{m.z.}$ – müstəvi zonalar gərginliyinin qiymətindən asılı olaraq yük müxtəlif cür paylana bilər. Şəkil 3-də Q_0 və U_d -in fiksə olunmuş qiymətlərində çıxış siqnalının sayma gərginliyindən hesablanmış və eksperimental alınmış asılılıqları verilmişdir. ayrılar üç xarakterik sahəyə malikdirlər. I sahədə Ψ altındakı səthi potensial Φ_1 altındakı qeyri- bərabər səthi potensialdan azdır və bütün yük Φ_2 altına axır ($Q_1 = Q_0$, $Q_2 = Q_1$).

Φ_2 – səthi potensialın artması ilə Q_1 və Q_2 – yüklərinin paylanması (II sahə) baş verir. U_s və U_d – xarici gərginliklərin hər bir qiyməti üçün bu sahədə yüklərin qiyməti aşağıdakı ifadədən tapıla bilər:

$$Q_1 = Q_0 - Q_2 \quad (3)$$

$$Q_2 = c_\Psi S_\Psi \left\{ \left[U_s - U_{m.z.} + \frac{eN_a \epsilon_s}{c_\Psi^2} - \frac{1}{c_\Psi} \left[2eN_a \epsilon_s (U_s - U_{m.z.}) + \left(\frac{eN_a \epsilon_s}{c_\Psi} \right)^2 \right] \right]^{\frac{1}{2}} - U_d + \frac{eN_a \epsilon_s}{c_\Phi^2} - \frac{1}{c_\Phi} \left[2eN_a \epsilon_s U_0 + \left(\frac{eN_a \epsilon_s}{c_\Phi} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (4)$$

burada, N_a – aşqarın konsentrasiyası, ϵ_s – isə yarımkeçiricinin dielektrik nüfuzluğudur.

$S_\Psi c_\Psi (\varphi_\Psi - \varphi_\Phi) = Q_0$ olduğu zaman bütün yük bir takt periodu qədər gecikəcək, yəni $Q_1 = 0$, $Q_2 = Q_0$ (III sahə). $\Delta U_{m.z.}$ – kəmiyyətinin qiymətləndirilməsi Q_1 və Q_2 -nin hər hansı bir dayaq səviyyəsi və ya öz aralarında qiymətlərinin müqayisəsi ilə həyata keçirilə bilər. Ən əlverişli sayma üsulu məntiqi sıfır və məntiqi vahid hallarında siqna-

lın maksimal fərqlənməsini və konstruktiv parametrlərin və qidalandırıcı gərginliklərin nominal qiymətlərdən ən çox kənaraçıxmasını təmin edən sayma üsuludur. Hesab edəcəyik ki, işçi nöqtə, yəni U_s , U_d və Q_0 elə seçilib ki, $\Delta U_{m.z.}$ dəyişməsi bu nöqtəni xarakteristikaların xətti sahəsindən kənara çıxarmır. Q_1 və Q_2 -nin müqayisəsindən çıxış siqnalının səpələnməsi aşağıdakı şəkil alacaq:

$$\Delta Q_{12} = \Delta Q_{çix} = \Delta (Q_1 - Q_2) = \Delta Q_0 + 2 \left[(\varphi_\Psi + \varphi_{m.z.} - \varphi_\Phi) \Delta S_\Psi c_\Psi + c_\Psi S_\Psi (\Delta \varphi_\Psi + \Delta \varphi_{m.z.} + \Delta \varphi_\Phi) \right] \quad (5)$$

və məntiqi sıfır və məntiqi vahid halında siqnallar fərqlənməsinin maksimumu:

$$Q_{çix}^0 - Q_{çix}^1 = S_\Psi c_\Psi \Delta U_{m.z.} \quad (6)$$

olacaq. Q_1 - in dayaq siqnalı ilə müqayisəsi zamanı çıxış siqnalının səpələnməsi:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_0 + (\Delta \varphi_\Psi + \Delta \varphi_{m.z.} + \Delta \varphi_\Phi) S_\Psi c_\Psi + (\varphi_\Psi + \varphi_{m.z.} - \varphi_\Phi) \Delta S_\Psi c_\Psi \quad (7)$$

Q_2 - nin dayaq siqnalı ilə müqayisəsi zamanı isə:

$$\Delta Q_2 = \Delta Q_1 - \Delta Q_0 \quad (8)$$

Çıxış siqnalının maksimal qiyməti:

$$Q_{çix} - Q_d = \frac{S_\Psi c_\Psi \Delta U_{m.z.}}{2} \quad (9)$$

Beləliklə, çıxış siqnalının maksimal qiyməti Q_1 və Q_2 - nin öz aralarında çıxış siqnalının ən kiçik səpələnməsi isə Q_2 - nin dayaq siqnalı ilə müqayisəsi zamanı alınır. Daha etibarlı sayma üçün aşağıdakı şərt ödənilməlidir:

$$Q_{çix}^0 - Q_{çix}^1 - \Delta Q_{çix} > Q_{ser.} \quad (10)$$

burada, $Q_{ser.}$ – gücləndiricinin sərhəd həssaslığıdır. Yazılış zamanı müstəvi zonaların $U_{m.z.}$ – gərginliyinin qiyməti-

nin dəyişməsi elə olmalıdır ki, Q_2 və Q_1 – in müqayisəsi zamanı aşağıdakı şərt ödənilsin:

$$\Delta U_{m.z.} > \frac{Q_{ser.} + \Delta Q_{12} - Q_0}{2c_{\psi} S_{\psi}} + (\varphi_{\psi} - \varphi_{\Phi}) \quad (11)$$

əgər Q_2 dayaq səviyyəsi ilə ($Q_0/2$) müqayisə olunursa:

$$\Delta U_{m.z.} > \frac{2(Q_{ser.} + \Delta Q_2)}{2c_{\psi} S_{\psi}} + (\varphi_{\psi} - \varphi_{\Phi}) \quad (12)$$

(11) və (12)- nin müqayisəsindən və (5) və (8)-dən istifadə etsək, aşağıdakı mülahizələr alınır: əgər $Q_{ser.} > \Delta Q_0$ olarsa, informasiyanın sayılması Q_1 və Q_2 -nin müqayisə-

sindən; əgər $Q_{ser.} < \Delta Q_0$ olarsa, Q_2 -nin dayaq signalı ilə müqayisəsindən daha əlverişlidir. MOY – kondensatorun özəyinin ölçüsü 25 mkm^2 və $\Delta U_{m.z.} = 4V$ olarsa, gücləndiricinin sərhəd həssaslığı $0,12-0,13 \text{ pKl}$ olmalıdır. U_0 – gərginliyi elə seçilir ki, soruşan Q_0 – yükünü saxlamaq mümkün olsun, yəni $c_{\Phi} U_0 \geq Q_0$ şərti ödənilsin.

Sayma prosesində təztəsir maksimal qiyməti $\varepsilon Q_0 n = Q_{ser.}$ ifadəsindən təyin olunan ε – daşınmanın qeyri-effektivliyi ilə məhduddur. Burada n – yükün daşınması taktlarının sayıdır. Sayma prosesində soruşan YƏC-in potensial çuxurunun $10-15\%$ -ni doldurduğundan, kristalda səpilən güc o qədər də böyük deyildir. ε_e – kəmiyyəti $P = N f_T Q_0 U_T$ formulundan qiymətləndirilə bilər: burada, N – taktların sayı, f_T –takt tezliyidir. Baxdığımız halda 1 MHz s tezlik üçün bir bit informasiyanın sayılması zamanı səpilən güc 5 mKvT təşkil edir.

- [1] *A.B. Вениаминов, В.Н. Михайлов.* Оптические системы записи, хранения и отображения информации. 2009, №2, 10-20.
- [2] *М.Г. Весноватов, Г.А. Карацуба, В.В. Павлов.* Перспективные однокристалльные ЭВМ. 1997, № 2, 7-9.
- [3] *Т.Р. Блейкли.* Проектирование цифровых

- устройств с малыми и большими интегральными схемами. 1991, №3, 332-336.
- [4] *Ю.Р. Носов.* Приборы зарядовой связи. М., Знание, 1999, с. 120-132.
- [5] *С.И. Седлавский.* Электрорадиоэлементы и устройства функциональной электроники. 2015, с. 4-6.

E.A. Kerimov, S.N. Musayeva

INFORMATION READING IN THE STORAGE UNIT BASED ON METAL-OXIDE-SEMICONDUCTOR ON CCD

The article describes the method of information reading in non-volatile memory devices based on metal-oxide-semiconductor (MOS) on the CCD. Signal output, speed and power consumption are estimated. At reading the information, a criterion of optimization of the operating mode of the memory device is obtained.

Э.А. Керимов, С.Н. Мусаева

СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОКИСЬ-ПОЛУПРОВОДНИК НА ПРИБОРАХ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

В статье рассмотрен метод считывания информации в энергонезависимых запоминающих устройствах на основе металл-окись-полупроводник (МОП) на приборах с зарядовой связью (ПЗС). Оценены выходной сигнал, быстродействие, потребляемая мощность. При считывании информации получен критерий оптимизации режима работы запоминающего устройства.

Qəbul olunma tarixi: 20.09.2016