

Օ.Ա. ЗАДОЯН, Л.А. АРУТЮНЯН, А.М. ЗАДОЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ МДП (МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК-ПОЛУПРОВОДНИК) ТРАНЗИСТОРА НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА

С целью получения структуры короткоканального МДП транзистора на основе графена исследованы возможность получения наноразмерных канавок методом двухлучевой интерференционной литографии, введения в них алюминия, формирования на поверхности оксида алюминия, нанесения графена и образования золотых выступов по краям, зависимости длины канала от различных факторов.

Ключевые слова: графен, кремниевая подложка, алюминиевый затвор, подзатворный диэлектрик оксида алюминия, золотые выступы.

Օ.Ա. ZADROYAN, L.A. HARUTUNYAN, A.M. ZADROYAN

STUDYING THE PRODUCTION OF GRAPHENE-BASED MDS (METAL-DIELECTRIC-SEMICONDUCTOR) TRANSISTOR

In order to obtain the structure of a short channel MDS transistor based on graphene, the possibility of obtaining nanoscale grooves by means of two-beam interference lithography, the introduction of aluminum into them, the formation of aluminum oxide on the surface, the formation of graphene and the formation of gold protrusions on the edges, the possibility of obtaining MDS transistors, the dependence of the length of channel of the grooves on various factors is investigated.

Keywords: graphene, silicon substrate, aluminum gate, subgate aluminum dioxide dielectric, gold outputs.

ՀՏԴ 004.8:621.3.049.77

Ա.Ա. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ա.Մ. ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ

ԽԱՌԸ ԱԶԴԱՆՇԱՆԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԻՆԵՄԱՆԵՐՈՒՄ ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՈՒՄԸ ԱՐՇԵՍԱԿԱՆ ԲԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

Խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաներում առաջ են գալիս մի շարք խնդիրներ, որոնք կապված են լինում տարրերի տեղաբաշխման հետ: Այս խնդիրները լուծելու համար էլեկտրոնային ավտոմատացված նախագծման գործիքներում մշակված են մի շարք ալգորիթմներ, որոնց կիրառումը կարող է հանգեցնել խնդիրների, և լուծման համար կարող է անհրաժեշտ լինել նախագծման ցիկլի կրկնություն: Աշխատանքում ներկայացված ալգորիթմի միջոցով հնարավոր է ստանալ կարգավորումների ցանկ, ինչը չի հանգեցնի նախագծման ցիկլի կրկնության:

Առանցքային բառեր. տեղաբաշխում, որոշումների ծառ, լարման անկում, ժամանակային պարամետրեր:

Ներածություն: Մուրի օրենքն ունի ակյունաքարային նշանակություն գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների նախագծման ոլորտում: Ըստ այդ օրենքի՝ ինտեգրալ

սխեմաներում տրանզիտորների քանակը կրկնապատկվում է երկու տարին մեկ: Ներկայումս ինտեգրալ սխեմաներում տրանզիտորների քանակը հասել է 40 միլիարդի, ինչն էլ հանգեցրել է նոր խնդիրների [1]:

Խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաների նախագծման թվային հոսքուղին կազմված է մի քանի փուլերից. դրանք են՝ հատակագծումը, սնուցման ցանցի նախագծումը, տեղաբաշխումը, սինքրոազդանշանի ծառի սինթեզը և ծրագրումը: Ինտեգրալ սխեմաները նախագծելիս տեղաբաշխումն ունի կարևորագույն նշանակություն. վատ տեղաբաշխման արդյունքում առաջանում են մի շարք խնդիրներ: Դրանցից են, օրինակ.

- Ժամանակային պարամետրերը. տեղաբաշխման ժամանակ պետք է համոզված լինել, որ կրիտիկական ուղիներն ունեն նվազագույն հապաղում [2]:

- Էներգասպառումը. խիտ տեղաբաշխման կամ հեռու տեղաբաշխման հետևանքով հնարավոր է ունենալ երկար ծրագծումներ, ինչը կարող է հանգեցնել մեծ ունակությունների [3, 4]:

Ներկայացված խնդիրները լուծելու համար գրականությունում առկա են մի քանի մեթոդներ՝

- տեղաբախման հաջորդական ալգորիթմ,
- բազմապարամետրական նախնական տեղաբաշխում,
- տարրերի ժամանակային տեղաբաշխում:

Էլեկտրոնային ավտոմատացված նախագծման տեղաբաշխման գործիքներում ինտեգրալ սխեմաների տեղաբաշխման որակի վրա կարող է զգալիորեն ազդել տեղաբաշխման գործիքներում առկա տարբեր ընտրանքների և կոնֆիգուրացիաների կիրառումը: Ներկայումս էլեկտրոնային ավտոմատացված նախագծման գործիքներում առկա են հազարավոր ընտրանքներ և կարգավորումներ, համապատասխանաբար՝ նրանց ընտրությունը կարող է մեծ ժամանակ պահանջել, ինչ կարող է ազդել դեպի շուկա դուրս գալու ժամանակի վրա: Աշխատանքում ներկայացված է նոր ալգորիթմ, որի կիրառմամբ տրված նախագծի համար հնարավոր կլինի գտնել կիրառելի կարգավորումներ՝ որոշումների ծառի կիրառմամբ:

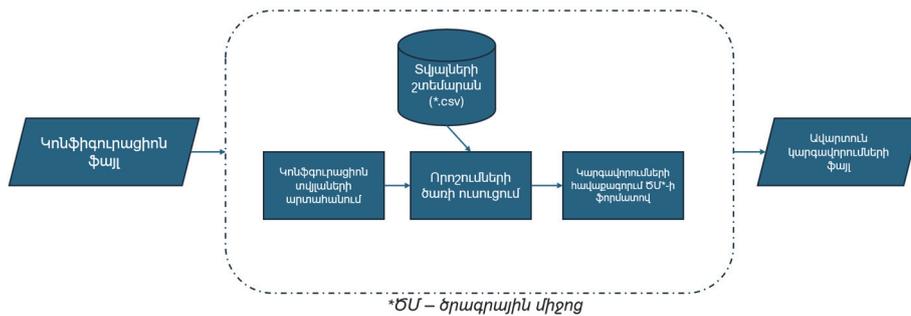
Որոշումների ծառը մեքենայական ուսուցման հայտնի ալգորիթմներից մեկն է, որը նախատեսված է դասակարգման և ռեգրեսիայի խնդիրներ լուծելու համար: Գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների նախագծման դեպքում այն կարող է նախագծման փուլերում որպես օրինակ կիրառվել՝

- օպտիմալացման գործընթացներում,
- սխալանքերի հայտանաբերման գործընթացում,
- տոպոլոգիայի նախագծման գործընթացում:

Որոշումների ծառի կիրառումն ունի մի շարք առավելություններ, դրանցից են՝ մեկնաբանությունը, բազմակողմանիությունը և այլն [5, 6]:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Ինչպես նկարագրված է վերևում, տեղաբաշխման գործիքին ճշգրիտ ընտրանքներ և կարգավորումներ տալը մեծ ազդեցություն ունի տեղաբաշխման որակի վրա, սակայն դրանց ընտրությունը ժամանակատար է, իսկ նախագծման տեսանկյունից կարող է հանգեցնել նախագծի կրկնության կամ նախագծման ցիկլերի կրկնության:

Որոշումների ծառի հիման վրա տեղաբաշխման մշակումը կարելի է ներկայացնել հետևյալ ալգորիթմով՝ սկզբնական փուլում կատարվում է անհրաժեշտ տվյալների հավաքագրում հաջողված նախագծերից. հաջողված են համարվում այն նախագծերը, որոնք տեղաբաշխման խնդիրներ չունեն: Հաջորդիվ կատարվում է որոշումների ծառի ուսուցում: Ներկայացված ալգորիթմը ցույց է տրված նկ. 1-ում:



Նկ. 1. Ալգորիթմի կառուցվածքային սխեման

Անհրաժեշտ տվյալները հավաքվել են ~1500 հաջողված նախագծերից, իսկ հավաքագրված տվյալները պահվել են CSV ձևաչափով: CSV (Comma-Separated Values) լայնորեն կիրառվում է տվյալների պահման համար՝ պարզության և ճկունության շնորհիվ: CSV ֆորմատով հավաքագրված կարգավորումներից մի հատված ցույց է տրված նկ. 2-ում:

technology	gate_count	frequency	macro_count	app_option	value	tool
saed14	3265461	3500	4	place_opt.flow.optimize_layers	true	icc2
saed14	654563	1457	2	place_opt.initial_place.two_pass	true	icc2
saed14	165748	2510	5	place_opt.initial_drc.global_route_based	1	icc2
saed14	457881	2453	3	place_opt.place.congestion_effort	high	icc2
saed14	1245478	3450	6	place_opt.final_place.effort	high	icc2

Նկ. 1. Կարգավորումների տվյալների շտեմարանից մի հատված

Տվյալների հավաքագրումից հետո կատարվել են տվյալների ընթերցում և մշակում՝ python-ի pandas գրադարանի կիրառմամբ: Մշակման ժամանակ

տվյալների շտեմարանից ջնջվել են համարժեք տվյալները, ինչպես նաև տվյալները բաժանվել է 80% վերապատրաստման և 20% թեստավորման համար: Տվյալների ընթերցումից և մշակումից հետո իրականացվել է որոշումների ծառի ուսուցում:

Ավարտումն փուլում ալգորիթմը մեզ հետ է վերադարձնում TCL ձևաչափով նկարագրություն, ինչը կարող ենք միանգամից օգտագործել էլեկտրոնային ավտոմատացված նախագծման գործիքներում: Նկարագրության օրինակը ցույց է տրված նկ. 3-ում:

```
# Inputs from conf are: technology <saed32>, gate_count <124514>, frequency <1500>, macro count <0>, tool <icc2>
set_app_options -name place_opt.flow.optimize_layers -value true
set_app_options -name refine_opt.flow.clock_aware_placement -value true
set_app_options -name place.coarse.congestion_driven_max_util -value 0.6
set_app_options -name place.legalize.access_check_extra_layer -value false
```

Նկ. 3. Գեներացված ֆայլի օրինակ

Աշխատանքում ներկայացված է կարգավորումների ավտոմատացված գեներացման համակարգ, որի արդյունավետությունն ապացուցելու համար կատարվել են թեստային նախագծումներ մի քանի սխեմաների համար: Ստացված արդյունքները ներկայացված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Ստացված արդյունքները

Տեխնոլոգիական գործընթաց	Տրամաբանական փականների քանակ	Մտավոր սեփականության բլոկների քանակ	Ստատիկ լարման անկում (մուցման լարման արժեք) (%)	Դինամիկ լարման անկում (մուցման լարման արժեք) (%)	Նախագծման ցիկլերի քանակ
14	164382	1	0,0123 (0,825)	0,072(0,825)	1
7	117546	3	0,01234(0,825)	0,079(0,825)	1
14	354871	4	0,0115(0,825)	0,0841(0,825)	1

Եզրակացություն: Աշխատանքում ներկայացված է տեղաբաշխման կարգավորումների և ընտրանքների ավտոմատացված ընտրման համակարգ՝ որոշումների ծառի հիման վրա: Նկարագրված մեթոդի կիրառումը հնարավորություն է տալիս ստանալ օպտիմալ տեղաբաշխում: Տեղաբաշխման ալգորիթմի կիրառմամբ նախագծման ցիկլերի քանակը, ինչպես և ստատիկ լարման անկումը <2%-ից, դինամիկինը՝ <15%-ից չեն ավելանում, ինչը նորմատիվային արժեք է խառը ազդանշանային ինտեգրալ սխեմաների նախագծման դեպքում:

