

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра лазерной физики и спектроскопии**

**БАРТЕЛЬ**  
Евгений Александрович

**ВЛИЯНИЕ РЕТИКУЛЯРНОЙ ПЛОТНОСТИ И УРОВНЯ  
ЛЕГИРОВАНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНИЯ**

Реферат дипломной работы

Научный руководитель:  
инженер 1 категории  
ГЦ «Белмикроанализ» ОАО  
«ИНТЕГРАЛ» - управляю-  
щая компания холдинга  
«ИНТЕГРАЛ»  
А. А. Омельченко

Минск, 2021

## Реферат

**Бартель Е. А.**

**Влияние ретикулярной плотности и уровня легирования на оптические характеристики кремния.**

**Научный руководитель** – инженер 1 категории ГЦ «Белмикроанализ» ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», Омельченко Анна Александровна.

Дипломная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка исследуемых источников (23) и занимает 51 страницу. В дипломной работе представлено 32 рисунка и 4 таблицы.

**Ключевые слова:** спектральная эллипсометрия, быстрая термическая обработка (БТО), ретикулярная плотность, уровень легирования, кристаллографическая ориентация, ковалентный радиус.

**Объекты исследования:** кремниевые пластины марок КДБ12, КДБ0.005, КЭС0.015 ориентации  $\langle 100 \rangle$  и КДБ10 ориентации  $\langle 111 \rangle$ , диаметром 100 мм, прошедшие стандартную химико-механическую полировку.

**Цель исследования:** исследование влияния быстрой термообработки на оптические характеристики кремния в области Г-точки зоны проводимости в зависимости от типа проводимости кремниевых пластин, уровня их легирования, ковалентного радиуса легирующих примесей, а также ориентации поверхности пластины.

**Метод исследования:** спектральная эллипсометрия.

**Полученные результаты:** установлено, что для образцов исходного кремния существенное влияние на его оптические характеристики, а именно коэффициент поглощения, оказывает концентрация легирующей примеси, ее ковалентный радиус и коэффициент диффузии. Показано, что проведение БТО образцов кремния с высокой концентрацией бора приводит к более значительному уменьшению коэффициента преломления и поглощения, чем в случае кремния с низкой его концентрацией из-за более значительного обеднения поверхности кремния бором в первом случае в результате диффузионных процессов на границе кремний-двуокись кремния. Установлено, что увеличение концентрации легирующей примеси в кремнии и размера ковалентного радиуса легируемой примеси приводят к изменению положения Г-точки после процесса БТО, обусловленное возможным образованием объемного заряда в естественной двуокиси кремния за счет диффузии в нее примеси из подложки.

## Рэферат

**Бартэль Я. А.**

**Ўплыў ратыкулярнай шчыльнасці і ўзроўню легіравання на аптычныя характарыстыкі крэмнія.**

**Навуковы кіраўнік** – інжынер 1 катэгорыі ГЦ «Белмікрааналіз» ААТ «ІНТЭГРАЛ» – кіруючая кампанія холдынгу «ІНТЭГРАЛ», Амельчанка Ганна Аляксандраўна.

Дыпломная праца складаецца з ўвядзення, 3 глаў, заключэння, спісу доследных крыніц (23) і займае 51 старонкі. У дыпломнай працы прадстаўлена 32 малюнка і 4 табліцы.

**Ключавыя словы:** спектральная эліпсометрыя, хуткая тэрмічная апрацоўка (ХТА), ратыкулярная шчыльнасць, узровень легіравання, крышталяграфічная арыентацыя, кавалентны радыус.

**Аб'екты даследавання:** крамянёвыя пласціны марак КДБ12, КДБ0.005, КЭС0.015 арыентацыі <100> і КДБ10 арыентацыі <111>, дыяметрам 100 мм, якія прайшлі стандартную хіміка-механічную паліроўку.

**Мэта даследавання:** даследаванне ўплыву хуткай тэрмаапрацоўкі на аптычныя характарыстыкі крэмнія ў вобласці Г-кропкі зоны праводнасці ў залежнасці ад тыпу праводнасці крамянёвых пласцін, ўзроўню іх легіравання, кавалентнага радыусу легіруючых прымешак, а таксама арыентацыі паверхні пласціны.

**Метад даследавання:** спяктральная эліпсаметрыя.

**Атрыманыя вынікі:** устаноўлена, што для узораў зыходнага крэмнія істотны ўплыў на яго аптычныя характарыстыкі, а менавіта каэфіцыент паглынання, аказвае канцэнтрацыя легіруючых прымешкі, яе кавалентны радыус і каэфіцыент дыфузіі. Правядзенне ХТА узораў крэмнія з высокай канцэнтрацыяй бору паказана, што прыводзіць да больш значнага памяншэння каэфіцыента праламлення і паглынання, чым у выпадку крэмнія з нізкай яго канцэнтрацыяй з-за больш значнага збяднення паверхні крэмнія борам у першым выпадку ў выніку дыфузійных працэсаў на мяжы крэмній-двухвокіс крэмнію. Устаноўлена, што павелічэнне канцэнтрацыі легіруючых прымешкі ў крэмніі і памеру кавалентнага радыусу легіруемых прымешкі прыводзяць да змены становішча Г-кропкі пасля працэсу ХТА, абумоўленае магчымым адукацыяй аб'ёмнага зарада ў натуральнай двухвокісу крэмнія за кошт дыфузіі ў яе прымешкі з падкладкі.

## Abstract

**Bartel E. A.**

**Influence of the reticular density and the doping level on the optical characteristics of silicon.**

**Scientific supervisor** – engineer of the first category of the GC «Belmikroanalysis» of OJSC «INTEGRAL» – the management company of the holding «INTEGRAL», Omelchenko Anna Aleksandrovna.

Diploma paper consists of an introduction, 3 chapters, a conclusion, a list of research sources (23) and occupies 51 pages. Diploma paper contains 32 figures and 4 tables.

**Keywords:** spectral ellipsometry, rapid thermal treatment (RTT), reticular density, doping level, crystallographic orientation, covalent radius.

**Objects of research:** silicon plates of the grades KDB12, KDB0.005, KES0.015 of the orientation  $\langle 100 \rangle$  and KDB10 of the orientation  $\langle 111 \rangle$ , with a diameter of 100 mm, passed the standard chemical-mechanical polishing.

**The purpose of the study:** investigation of the effect of rapid thermal treatment on the optical characteristics of silicon in the region of the G-point of the conduction band, depending on the type of conductivity of silicon wafers, the level of their doping, the covalent radius of alloying impurities, and the orientation of the wafer surface.

**Research method:** spectral ellipsometry.

**The results obtained:** established that the concentration of the dopant, its covalent radius, and the diffusion coefficient have a significant effect on the optical characteristics of the initial silicon, namely, the absorption coefficient. It is shown that conducting RTT of silicon samples with a high concentration of boron leads to a more significant decrease in the refractive index and absorption than in the case of silicon with a low concentration due to a more significant depletion of the silicon surface with boron in the first case as a result of diffusion processes at the silicon-silicon dioxide interface. It is found that an increase in the concentration of the alloying impurity in silicon and the size of the covalent radius of the doped impurity lead to a change in the position of the G-point after the RTT process, due to the possible formation of a volume charge in natural silicon dioxide due to the diffusion of the impurity into it from the substrate.