

Д. т. н. Ю. В. ТРУБИЦЫН, д. т. н. Д. И. ЛЕВИНЗОН

Украина, г. Запорожье, ГНИПИ титана, Гуманитарный университет "ЗИГМУ"
E-mail: niititan@lab1.zssm.zp.ua

Дата поступления в редакцию
25.03 2002 г.

ПРОИЗВОДСТВО ОПТОВОЛОКОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА УКРАИНЕ

Приведен анализ состояния производства и рынка потребления оптоволоконных материалов и полупроводниковых соединений на Украине и в мире.

Оптоволоконные материалы

Сравнительно новым объектом применения хлоридных соединений Si и Ge являются волоконные световоды с малыми оптическими потерями.

Успехи в области химии высокочистых веществ во многом предопределили бурное развитие современных отраслей науки и техники, в частности, волоконно-оптической связи (ВОЛС). Последняя характеризуется высокой пропускной способностью, которая, например, при использовании одномодовых оптических волокон на основе кварцевого стекла составляет несколько гигабит в секунду и отличается низкими потерями, не превышающими 0,5 дБ/км в диапазоне длин волн несущего излучения 1,1 — 1,5 мкм.

Выбор материалов для изготовления волоконных световодов определяется необходимостью удовлетворять одновременно многим требованиям. Это способность вытягиваться в тонкую нить, обладающую высокой прочностью и гибкостью; возможность варьирования в достаточно широком интервале показателя преломления для создания различных типов оптических сред; низкие оптические потери на несущей частоте излучения; высокая радиационная стойкость и т. д. По определяющему набору показателей этим требованиям удовлетворяют кварцевые стекла (SiO₂), легированные оксидами бора, германия и фосфора (B₂O₃, GeO₂, P₂O₅).

Требованиям высокой чистоты получаемых оксидов и сохранению этой чистоты во всех технологических операциях, вплоть до получения световода, удовлетворяет газофазный метод получения кварцевого стекла по реакции окисления тетрахлорида кремния. Одновременно для регулирования величины показателя преломления стекла вводятся добавки тетрахлорида германия, трихлорида бора и оксихлорида фосфора. Естественно, что чистота хлоридов и участвующих компонентов, применяемых для получения световодов, в значительной мере определяет высокое качество последних по всем контролируемым параметрам, т. к. они должны относиться к кате-

гории «высокочистые вещества» и соответствовать понятию «высокие технологии». Требования к чистоте хлоридов формулируются, в основном, при изучении механизмов оптических потерь в стекле, поскольку основные механизмы потерь обусловлены примесями в стекле, т. е. не являются собственными.

Метод получения высокочистых веществ через их летучие соединения широко используется в практике. Например, летучие хлориды Si, Ge, P, B, As, Ti являются исходными веществами для получения соответствующих элементов, а также различных их соединений в высокочистом состоянии. Указанные хлориды — это агрессивные и токсичные соединения. Они легко гидролизуются с образованием хлористого водорода и взаимодействуют со многими веществами. В связи с этим их получение в высокочистом состоянии представляет собой достаточно сложную задачу, решение которой возможно с использованием эффективных методов глубокой очистки и при соблюдении необходимых мер безопасности.

Известные отечественные и зарубежные технологии получения высокочистых исходных материалов для производства волоконных световодов многостадийны, а финишные операции требуют применения техники чистых зон и аппаратуры для очистки и осушки инертных газов. Как следствие этого, стоимость указанных материалов на мировом рынке достаточно велика и составляет \$1000 — 3000 за 1 кг в зависимости от типа хлорида.

Для глубокой очистки тетрахлоридов Si и Ge, трихлорида бора и оксихлорида фосфора используются экстракционные, адсорбционные, химические, а также дистилляционные и кристаллизационные методы. Наиболее широкое применение нашел метод ректификации, характеризующийся высокой эффективностью, производительностью и сравнительной простотой аппаратного оформления.

Процесс очистки жидкостей дистилляционными методами обусловлен неравномерным распределением примесей между жидкостью и паром, которое определяется величиной коэффициента разделения. При этом одни примеси концентрируются в жидкой фазе (высококипящие вещества), другие — в паровой (низкокипящие вещества). Следовательно, в процессе ректификации примеси выше- и нижекипящих веществ концентрируются в противоположных концах ректификационной колонны. Для глубокой очистки

Публикуется в порядке обсуждения.

летучих жидкостей целесообразно использовать ректификационные колонны (насадочные, тарельчатые, ситчатые) со средним питающим резервуаром, работающие в периодическом режиме. При этом процесс предпочтительнее проводить, отбирая из колонны не очищаемое вещество, а примеси сверху и снизу колонны. Работа последней в таком режиме исключает загрязнение целевого продукта при случайных отклонениях от требуемых параметров, а также позволяет получить экономию времени и энергии.

Примеси ионов переходных металлов в кварце имеют достаточно интенсивные полосы поглощения, попадающие, главным образом, в рабочий интервал значений длин волн несущего излучения. Причем наиболее интенсивные и широкие полосы поглощения имеют ионы таких элементов как V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni. Остальные переходные металлы имеют более узкие линии поглощения и вносят меньший вклад в величину потерь.

Интенсивность поглощения отдельного химического элемента определяется его концентрацией и степенью его окисления в стекле. Исследованиями установлена взаимосвязь величины поглощения с концентрацией ионов металлов в кварцевом стекле. Однако установление подобных закономерностей осложнено тем, что поглощение, обусловленное атомом отдельного элемента, не только зависит от его концентрации, но и определяется составом кварцевого стекла и технологией его изготовления. Поэтому опубликованные данные о значениях коэффициентов поглощения примесей переходных металлов в стеклах полезны лишь для приближенной оценки их вклада в общий уровень потерь и выработки базовых требований по предельному содержанию примесей в исходных хлоридах кремния, германия, бора и фосфора. Достоверно можно утверждать, что этот уровень должен быть не более 10^{-7} — 10^{-8} мас.дол.%. В настоящее время этой проблемой заняты два отраслевых института — Государственный институт стекла (г. Константиновка) и Государственный научно-исследовательский и проектный институт титана (г. Запорожье).

На основании предварительных исследований можно сделать выводы о том, что предпочтительным технологическим направлением дальнейших исследований по созданию технологии получения оптоволоконного кварцевого стекла в Украине следует считать следующие этапы:

- модернизация существующей технологии получения технического Si карботермическим методом (высший по примесной чистоте Si металлургического качества как исходное сырье для синтеза хлоридных соединений Si полупроводниковой чистоты);

- синтез хлоридных соединений Si высокой чистоты (трихлорсилан и тетрахлорид кремния (ТК) как исходное сырье для получения кварцевого оптического волокна);

- создание нового направления технологии очистки хлоридных соединений Si от красящих (металлических) и органических примесей для получения оптического кварца (развитие и усовершенствование существующей технологии очистки хлоридных соединений Si уровня полупроводниковой чистоты);

- развитие технологии разделения хлоридных соединений Si с выделением высокочистого ТК в замкнутом цикле обращения химических компонентов;

- развитие технологии получения высокочистого диоксида Si для кварцевого стекла парофазным гидролизом ТК;

- создание технологии легирования специальными добавками на ранних стадиях получения хлоридных соединений кремния для придания кварцевому стеклу заданных оптических характеристик;

- развитие технологии получения тетрахлорида германия и его очистки до уровня требований волоконной оптики.

Необходимой основной опытно-промышленной инфраструктурой и достаточным научно-производственным опытом в получении хлоридов Si и Ge полупроводниковой чистоты (идентичных по некоторым параметрам требованиям ВОЛС) обладает ГНИПИ титана и Запорожский титано-магний комбинат (ЗТМК), в частности, его полупроводниковая площадка, предназначенная для производства монокристаллических Si и Ge по хлоридной и гидридной технологиям. Таким образом, Украина располагает промышленным потенциалом для производства высокочистых химических компонентов технологии получения волоконного стекла на основе оптического кварца. Кроме того, дополнительным положительным моментом развития этого направления является решение проблемы утилизации ТК. При производстве полупроводникового поликристаллического кремния (Сименс-процесс) на 1 мас. дол. основного продукта суммарно образуется 14 мас. дол. ТК.

Как отмечает газета «Financial Times» [1], ежегодные темпы роста мирового рынка ВОЛС в конце 1990-х гг. вполне сопоставимы с соответствующими показателями на первоначальном этапе развития компьютерной индустрии. Одновременно с непрерывным увеличением пропускной способности ВОЛС происходит и снижение удельной стоимости передачи информации. Один из наиболее важных результатов НИОКР в отрасли в конце 1990-х гг. заключается в создании технологического стандарта «OC 786», который обеспечивает рост пропускной способности до 40 Гбит/с, что в 4 раза превышает соответствующий показатель у современной технологии «OC 192» последнего поколения.

В настоящее время ведущие фирмы-операторы приступили к внедрению технологии «OC 786» на своих линиях связи. Совершенствование этой технологии осуществляют все ведущие мировые поставщики средств ВОЛС, в частности, «Lucent Technologies», «Nortel Networks», «Markoni», «Alcatel», «Siemens» и «Ericsson», причем проведенные испытания уже обеспечивают пропускную способность одной нити ВОЛС (толщиной с человеческий волос) в Тбит/с.

Американская компания «Corning» (число занятых — примерно 33 тыс.) является ведущим мировым поставщиком оптического волокна. Удельный вес этой продукции в общих продажах составляет около 70%. Оборот компании в 2000 г., по оценке, равнялся \$7 млрд. (по сравнению с \$4,7 млрд. в предыдущем году), а сегодня этот показатель, как пола-

гают, достигнет \$10 млрд. В конце предыдущего десятилетия удельный вес затрат на НИОКР увеличился с 5 до 8% общего оборота. Инвестиции компании возросли с \$580 млн. в 2000 г. до \$750 млн. в 2001 г. и \$1 млрд. в 2002 г.

“Corning” осуществляет интенсивную перестройку своей деятельности, причем основное внимание уделяет разработке и выпуску продукции для информационных и телекоммуникационных технологий (оптическое волокно, оптоэлектроника, сетевые компоненты, экраны для жидкокристаллических дисплеев). В конце 2000 г. рыночная капитализация “Corning” достигла \$55 млрд., включая покупку отделения “Pirelli” с получением технологии оптоволоконна из ниобата лития с пропускной способностью 40 Гбит/с и отделения “Siemens” по выпуску оптического кабеля. “Corning” придает большое значение повышению эффективности производственных процессов. Согласно ее расчетам, издержки производства оптического волокна на предприятиях компании являются минимальными (на ~50 % ниже по сравнению с конкурентами).

На рынке технического Si, являющегося основным сырьем для производства хлорсиланов [2, 3], существенного изменения цен не наблюдается. Европейский рынок стабилизировался на уровне \$1230—1250 за тонну, а китайские производители удовлетворяются ценами \$780—800 за тонну. Китай в последние годы играет существенную (а во многих случаях и определяющую) роль на мировом рынке многих материалов. Очередное подтверждение этой тенденции представляет собой Si. К сожалению прочих производителей, экспортная политика китайских промышленников характеризуется непропорционально крупными партиями по откровенно демпинговым ценам.

В целом мировой рынок технического Si выглядит достаточно благоприятно для производителей и потребителей. По данным Roskill Information Service [4], в последние годы глобальный спрос на него возрастал со скоростью 2,6% в год, поднявшись от 800 тыс. тонн в 1995 г. до 910 тыс. тонн в 2001 г. Наиболее высокими темпами (порядка 6% в год) при этом расширялся объем потребления Si в химической промышленности. В 2000 г. на него приходилось около 44% спроса. Эта доля и далее будет расти, т. к. потребление Si в традиционной металлургии в последнее время практически не повышается.

Среди производителей технического Si на первое место вышел Китай, совершивший впечатляющий скачок, доведя годовое производство с 25 тыс. тонн в 1985 г. до свыше 400 тыс. тонн в 2000 г. Так как внутренний рынок технического Si в Китае относительно узок, большая часть этого объема (порядка 300 тыс. тонн в 2000 г.) предназначена на экспорт [5]. Динамика мировых поставок технического Si [6] приведена в табл. 1. В табл. 2 показана динамика спроса на технический кремний.

Современная база данных по месторождениям кварца различного генезиса для производства элитного кремния и его производных, которая дает возможность оценить минерально-сырьевую базу Рос-

Таблица 1

Структура поставок технического кремния на мировой рынок, тыс. тонн

Годы	1997	1998	1999	2000
Всего	923	901	925	965
Производство в промышленно развитых странах	684	684	684	724
Экспорт из Китая	200	176	200	200
Экспорт из России	39	41	41	41

Таблица 2

Структура спроса на технический кремний на мировом рынке, тыс. тонн

Годы	1997	1998	1999	2000
Всего	904	873	888	933
Европа	316	318	318	339
Северная Америка	280	272	272	278
Япония	161	150	160	181
Прочие азиатские страны	59	45	50	—
Прочие страны	88	88	88	135

сии и сопредельных стран, включая Украину, приведена в работе [7]. Средне- и низкотемпературные гидротермальные кварцевые жилы, многие из которых содержат хрусталеносную минерализацию, сосредоточены в Кольской, Украинской, Закавказской, Уральской, Казахстанской, Среднеазиатской, Верхоянской, Прибайкальской кварцевых провинциях. Авторами [7] предложена оригинальная методика прогноза обогащаемости любого потенциального сырья для получения высокочистого кварцевого концентрата, что, кстати, говорит о необходимости коренного пересмотра подхода к определению и оценке минерально-сырьевой базы производства кремния и его соединений.

По данным Roskill’s Letter from Japan [8], мировые цены на диоксид германия в период с начала 2001 г. по апрель выросли с \$550—620 за кг до \$700. Наблюдаемый рост обусловлен повышением спроса на тетрахлорид германия со стороны американских и европейских производителей оптических волокон. Тетрахлорид германия (GeCl₄) для оптических волокон производится либо из диоксида германия, либо, что более распространено, из металлического Ge. Поскольку разница в ценах на металлический Ge и диоксид сократилась, американские производители перерабатывают металлический Ge. Японские же производители предпочитают использовать диоксид германия. Потребление тетрахлорида германия в США, где выпускаются оптические волокна, намного превышает соответствующий показатель в Японии, производящей только одномодовые волокна. Суммарное производство оптических волокон в Японии возросло в 2000 г. на 21% — до 9,26 млн. км, и на ближайшее будущее также прогнозируется его значительный рост.

Полупроводниковые соединения

В последнее десятилетие GaAs прочно занял третью позицию в иерархии полупроводниковых материалов по объемам потребления, а исследования в

данной области составляют содержание основного направления развития современной электроники. Темпы роста объема продаж полупроводниковых компонентов на основе гетероструктур A_3B_5 — лазеров, светодиодов, фотоприемников, солнечных батарей, быстродействующих транзисторов в 2000 г. составили 25—30%, для наиболее бурно развивающихся телекоммуникационных лазеров — 60—70%, для отдельных типов полупроводниковых лазеров, таких как лазеры с радиальным выводом излучения, — 100—140%. Это сейчас наиболее бурно развивающаяся отрасль полупроводниковой индустрии на Западе и Востоке [9].

Приборы на основе GaAs многократно превосходят кремниевые приборы по быстродействию, обладают высокой радиационной стойкостью в сочетании со способностью функционировать в широком интервале температур. Уникальным свойством GaAs является непосредственное преобразование электрического сигнала в когерентный свет, которое сегодня эффективно используется в большой гамме приборов — от инъекционных лазеров и фотоэлектронных умножителей до сигнальных светофоров и мобильных телефонов.

Крупнейшим производителем и экспортером полупроводниковых соединений является Япония. Только в 2000 г. количественный рост экспорта составил 29% — 58,2 т. Основным адресатом отгрузок является Тайвань, который становится мировым центром производства светодиодов и на который приходится 44% японского экспорта. Географическая структура японской внешней торговли полупроводниковыми соединениями представлена в табл. 3 [10].

Таблица 3
Динамика и структура японской внешней торговли полупроводниковыми соединениями, млн. цен

Годы	1997	1998	1999	2000
Экспорт, в т. ч. поставки в страны:	17014	17036	19733	28262
Тайвань	8115	7589	8528	12513
США	4842	4937	5128	6347
ФРГ	2051	2119	2245	3129
Сингапур	299	347	1020	1731
Корея	705	813	1376	1652
Прочие страны	1002	1231	1436	2890
Импорт, в т. ч. из стран:	1240	1520	2453	4466
США	864	957	1774	3246
Тайвань	66	78	82	533
Франция	137	192	194	291
Великобритания	131	184	263	142
ФРГ	11	14	24	97
Прочие страны	31	95	116	157

В течение последних 10 лет рынок GaAs стабильно и поступательно идет на подъем при сбалансированных объемах потребления и поставок. Начиная с 2000 г. ситуация на рынке (главным образом, в связи с ростом производства сотовых телефонов) резко изменилась из-за острого дефицита галлия. Оптовые цены на рафинированный галлий, составлявшие в начале 2000 г. около \$500 за кг, буквально взлетели до \$2500 в конце года [11].

Основным источником (90%) получения Ga являются бокситы, около 10% составляют отходы цинкового производства. Черновой Ga получают при переработке бокситов как относительно недорогой в производстве побочный продукт при выпуске глинозема — сырья для производства алюминия. Однако высококачистый Ga можно получить лишь после многостадийного рафинирования, что значительно удорожает конечный продукт.

Вплоть до последнего времени мало кто из производителей глинозема утруждал себя выделением Ga вследствие сложности его очистки и невысокого спроса. Теперь же, в связи с резким скачком спроса на Ga, приходится радикально пересматривать свои позиции. К потенциальным источникам извлечения Ga также относятся фосфатные руды и нефелиновые сиениты (США, Россия, Украина), золы от сжигания углей (Канада, Югославия, США, Украина), щелочные эффузивные месторождения Брокмен (Австралия), золы битуминозных песчаников и сланцев, а также железные руды (КНР).

Согласно оценкам Горного бюро США, на начало 1991 г. количество галлиевых руд (подтвержденных) составляет 424 тыс. т. Ресурсы Ga, исходя из мировых запасов бокситов, можно оценить в 3—4 млн. т со средним содержанием Ga 50 г/т. Текущая региональная структура мирового спроса и производства Ga, постоянно анализируемая компанией «Dowa Mining» (Япония), приведена в табл. 4 [12].

Таблица 4
Динамика и структура мирового спроса и производства Ga, т

Годы	1997	1998	1999	2000	2001
Спрос, в т. ч.:	164	156	175	195	216
Япония	113	101	116	132	149
США	36	38	41	43	46
Европа	9	10	11	12	13
Прочие страны
Производство, в т. ч.:	164	165	168	187	212
Япония	66	75	73	87	104
СНГ	26	34	33	35	35
Европа	25	30	28	29	35
США	18	20	24	26	28
Прочие страны	18	6	10	10	10

Япония является и крупнейшим в мире потребителем Ga. В 2000 г. на ее долю пришлось около 68% мирового спроса. В 2001 г. потребление Ga в Японии составило 61,8 т. Крупным импортером Ga являются также США. Динамика импорта этого металла характеризуется следующими показателями: 1997 г. — 19,1 т; 1998 г. — 26,3 т; 1999 г. — 26,0 т.

В условиях высокого спроса на GaAs для использования в производстве компонентов сотовых телефонов и компьютеров типа «ноутбук» производители этого соединения в 2001 г. удвоили свои производственные мощности. Рост спроса на Ga обуславливается расширением его потребления в производстве кристаллов GaAs на 26% (до 49 т) и светоизлучательных диодов на основе GaAs на 24% (до 52 т). Кроме

того, повышение спроса на высокочистый Ga продолжится в результате расширения производства мощностей по выпуску монокристаллических подложек на основе GaAs и по изготовлению эпитаксиальных пластин. В указанных сферах потребления спрос повысится соответственно на 20% (до 59 т) и на 19% (до 60 т) [13]. По прогнозу "Dowa Mining", дефицит поставок галлия на мировой рынок составит 8 т, при этом мировой спрос на металл возрастет на 11,4% (до 195 т), а его производство — на 11,3% (до 187 т).

Мировое производство первичного Ga в 2001 г. превысило 90 т, из которых 14 т приходится на Японию, 20 т на Казахстан, 5 т на Китай и 5 т на Венгрию. Николаевский глиноземный завод (Украина) объявил о запуске технологической линии по производству чернового Ga (99,99%) мощностью 10 т/год. 50—60% прироста спроса на Ga будет удовлетворяться за счет вторичного металла. Крупнейшим в мире производителем первичного Ga является компания GEO Specialty Chemicals (США), сделавшая весомую заявку на лидерство в мировом рынке началом строительства в Австралии нового завода стоимостью \$40 млн., который должен войти в строй во втором квартале 2002 г. Производственная мощность этого предприятия составит 100 т/год, что доведет годовой объем выпуска Ga компанией GEO до 133 т [14].

Украина обладает уникальным предприятием — ОАО «Чистые металлы», которое было введено в строй в 1962 г. как основа для создания многопрофильного комплекса по производству двойных и тройных полупроводниковых соединений, а также по очистке ряда металлов (Hg, In, Cd, Te, Zn) до элементарного состояния. В настоящее время, несмотря на прове-

денную реструктуризацию и выделение производств в отдельные дочерние предприятия, комплекс бездействует.

На сегодняшний день, несмотря на значительный опыт и технический потенциал, судьба как электронной промышленности, так и отрасли, производящей полупроводниковые материалы и компоненты, зависит, главным образом, от государственной политики приоритетов, что многократно подтверждалось ходом развития электроники в развитых странах.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. БИКИ, № 49—50, 5.V 2001.
2. Металлы мира. Международное обозрение.— 2000.— № 6.
3. Металлы мира. Международное обозрение.— 2001.— № 1.
4. Металлы мира. Международное обозрение.— 2000.— № 12.
5. Металлы мира. Международное обозрение.— 2001.— № 6.
6. БИКИ, № 78, 28.VII 2001. ЕЕ.
7. Ясаманов Н. А., Юрьев В. А. Новый подход к определению МСБ кварца для производства чистого кремния // Разведка и охрана недр.— 2000.— № 3—4.— С. 17—21.
8. БИКИ, № 77, 12.VII 2001. ЕЕ.
9. "Світ", березень 2001, № 9—10, с. 6.
10. БИКИ, № 89, 9.VIII 2001. ВН.
11. Металлы мира. Международное обозрение.— 2001.— № 6.
12. БИКИ, № 143, 7.XII 2000. ЕЕ.
13. БИКИ, № 26, 10.III 2001. ЕЕ.
14. Металлы мира. Международное обозрение.— 2001.— № 4.

С e B I T - 2 0 0 3

С 12 по 19 марта 2003 года в городе Ганновере, Германия, пройдет очередная выставка CeBIT.

CeBIT — это не только крупнейшая международная специализированная выставка по информационным технологиям, телекоммуникации, услугам и программному обеспечению, это самая крупная выставка в мире вообще. 7500 фирм-экспонентов из 60 стран, 700000 посетителей из 125 стран мира и выставочная площадь более 400000 квадратных метров, одним словом, CeBIT — это больше, чем просто выставка. CeBIT — это уникальное связующее звено между информационными технологиями и телекоммуникацией, отражение мирового рынка, его предложения и спроса. Здесь сконцентрированы практически все существующие приборы, системы, частные и комплексные решения и идеи. Всеобъемлющее предложение и удоб-

ная структура отличают CeBIT от других выставок отрасли.

CeBIT — это не только ежегодная встреча руководителей и экспертов отрасли, на выставку съезжаются ученые, политики и представители прессы со всего мира (около 12000 журналистов из 75 стран).

Структуру выставки определяет интеграция в области обработки данных и информации, телекоммуникации, компьютерных сетей, решений для Интернета и услуг, IT-инжиниринга и технологий безопасности, банковских и карточных технологий, а также научных исследований. Тенденция к интегрированным прикладным решениям во всех отраслях экономики проявляется и на CeBIT: никакая другая выставка не демонстрирует процессы и изменения на рынке и направления будущего развития в таком объеме и взаимосвязи.

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

CeBIT — это главная платформа для презентации новых технологий, инноваций, усовершенствований и исследований, что делает ее единственной выставкой по информационным технологиям и телекоммуникации, на которой можно открыть для себя зарождающиеся перспективные рынки.

CeBIT охватывает структуры и элементы, представленные лишь частично на других выставках данной отрасли, либо не представленные вообще. Каждый раздел CeBIT сам по себе является выставкой № 1 по соответствующей тематике. Взятые вместе, эти разделы объединяются в уникальное событие в мире бизнеса.

CeBIT нельзя сравнить с другими выставками, ее невозможно повторить, как невозможно и отказаться от нее, ведь здесь рождаются новые идеи, решения, технологии и продукты.