

(タイトルページ)

本稿は、アメリカ合衆国労働省職業安全衛生局（Occupational Safety and Health Administration:略称 US-OSHA）が、その関連するウェブサイトで公開している、ガリウムヒ素 Semiconductors（半導体）に関する解説記事について、「英語原文—日本語仮訳」の形式で紹介するものです。その内容としては、全体の概要、OSHA の基準、半導体製造における OSHA の安全対策の概要、半導体製造工程における潜在的な危険有害性及び可能な解決策等を含んでいます。

なお、シリコン半導体については、本稿とは別の解説記事を作成しておりますので、併せて参考にしていただきたい。

○本稿の作成年月：2026 年 1 月

○本稿の作成者 中央労働災害防止協会技術支援部国際課

事項	英語原文	左欄の日本語仮訳
原典の名称	Gallium Arsenide Device Manufacturing、US-OSHA	アメリカ合衆国労働省職業安全衛生局におけるガリウムヒ素製造装置に関する解説記事
原典の所在	https://www.osha.gov/semiconductors/gallium-arsenide	—
発行者	US-OSHA	アメリカ合衆国労働省職業安全衛生局
著作権について	Freedom of Information Act（情報の自由法）によって、自由に利用できます	—

Processes and Related Hazards	プロセス及び関連する危険有害性
Semiconductor manufacturing for gallium arsenide devices includes four main operations: (1) ingot growing, (2) wafer processing, (3) epitaxy, and (4) device fabrication. The links below provide further information on the various processes, related hazards, and controls for each of these main operations. Additional links refer to various topics contained in the OSHA Safety and Health Topics website. Information on this page is general; actual processes will vary with each production facility. A complete hazard inventory should be based on the hazard analysis of the actual process in question.	ガリウムヒ素デバイス向け半導体製造には、主に 4 つの工程が含まれます：(1) インゴット成長、(2) ウエハー加工、(3) エピタキシー、(4) デバイス製造。以下のリンクでは、これらの主要工程ごとの各種プロセス、関連する危険有害性及び管理策に関する詳細情報を提供しています。追加リンクは、OSHA 安全衛生トピックウェブサイトに掲載されている様々なトピックを参照しています。本ページの情報は一般的なものであり、実際のプロセスは各生産施設によって異なります。完全な危険要因リストは、対象となる実際のプロセスの危険性分析に基づいて作成する必要があります。

Ingot Growing	インゴット成長
<p>In the Gallium Arsenide ingot and wafer growth process, elemental forms of gallium (Ga) and arsenic (As), plus small quantities of dopant material (silicon, tellurium, or chromium) react at elevated temperatures to form ingots of doped single crystal GaAs. Three generalized methods of ingot production are used:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Horizontal Bridgeman (HB) 2. Gradient Freeze (GF) 3. Liquid Encapsulated Czochralski (LEC Cz) <p>The reaction of As vapor with Ga metal at elevated temperatures, in sealed</p>	<p>ガリウムヒ素インゴット及びウエハーの成長プロセスでは、元素状態のガリウム (Ga) とヒ素 (As) 及び微量のドーパント材料（シリコン、テルル又はクロム）が高温で反応し、ドーピングされた単結晶 GaAs インゴットを形成する。インゴット製造には主に 3 つの方法が用いられる：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 水平ブリッジマン法 (HB) 2. 勾配凍結法 (GF) 3. 液体封入式チョクラルスキー法 (LEC Cz)

quartz ampoules, form the bulk polycrystalline GaAs compound. Typically, an As reservoir contained at one end of the ampoule is heated to approximately 600°C. This generates approximately 1 atm of As vapor pressure in the system, a prerequisite for obtaining stoichiometric GaAs. The As vapor reacts with the Ga metal which is heated to approximately 1260°C and located at the other end of the ampoule in a quartz board. After the reaction is complete, single-crystal growth begins by programmed cooling (Gradient Freeze) or by physically moving either the ampoule or furnace to provide proper temperature gradients for growth (Horizontal Bridgeman). This indirect approach (Arsenic transport) for compounding and growth of GaAs is used because of the high vapor pressure of As at its melting point and at the melting point of GaAs, about 20 atm at 812°C, and 60 atm at 1238°C, respectively.

Another approach to the commercial production of bulk single-crystal GaAs that is gaining favor is the liquid encapsulated Czochralski technique (LEC Cz). A Cz crystal puller is loaded with chunk GaAs in a quartz ampoule with an outer graphite receptor. The bulk GaAs melts at temperatures close to 1238°C, and the crystal is pulled in a pressurized atmosphere of approximately 100 atm. A viscous glass, B2O3, completely encapsulates the melt, which prevents melt dislocation when the dissociation vapor (As) is less than or equal to the pressure of an inert gas (argon, typically) applied in the puller chamber.

The following description delineates processing steps in use in LED production facilities. The Horizontal Bridgeman (HB) and Gradient Freeze (GF) methods of single-crystal gallium arsenide ingot growth are the dominant techniques in use in LED production.

Charge Preparation

A long cylindrical quartz ampoule is loaded with elemental arsenic in chunk form in a locally exhausted laminar flow hood. A smaller quartz boat is

高温下で密封された石英アンプル内において、砒素蒸気とガリウム金属とが反応し、バルク多結晶 GaAs 化合物を形成する。通常、アンブルの一端に収容された砒素貯蔵部は約 600°Cまで加熱される。これによりシステム内に約 1 気圧の砒素蒸気圧が生じ、これは量論的 GaAs を得るための前提条件である。約 1260°Cに加熱された Ga 金属（アンブルの反対側の石英基板上に配置）と As 蒸気とが反応する。反応完了後、単結晶成長はプログラム冷却（勾配凍結法）又はアンブル若しくは炉の物理的移動による適切な温度勾配形成（水平ブリッジマン法）によって開始される。この間接法（ヒ素輸送）による GaAs の化合物化・成長が採用される理由は、ヒ素の蒸気圧が融点及び GaAs の融点において極めて高いためである。具体的には、812°Cで約 20 気圧、1238°Cで約 60 気圧に達する。

塊状単結晶 GaAs の商業生産において支持を集めている別の手法が、液体封入式 チョクラスキー法（LEC Cz）である。Cz 結晶引上げ装置には、外側に黒鉛受容器を備えた石英アンブルに塊状 GaAs が装入される。バルク GaAs は約 1238°Cで溶融し、結晶は約 100 気圧の加圧雰囲気下で引き上げられる。粘性ガラスである B2O3 が溶融物を完全に封入し、これにより結晶引き上げ装置のチャンバー内に導入される不活性ガス（通常はアルゴン）の圧力以下で分離蒸気（As）が存在する場合でも、溶融物の転位が生じるのを防止する。

以下の説明は、LED 製造施設で使用されている加工工程を概説するものである。単結晶ガリウムヒ素インゴット成長における水平ブリッジマン法（HB）及び勾配凍結法（GF）は、LED 製造において主流の技術である。

充填準備

長い円筒形の石英アンブルに、局所排気式層流フード内で塊状の元素ヒ素を充填する。小型の石英ボートに液体ガリウム、ドーパント及び小さな GaAs 単結晶

<p>charged with liquid gallium, dopant, and a small GaAs single-crystal seed. The quartz boat is then loaded into the other section of the quartz ampoule already containing the elemental arsenic.</p> <p>The following are potential hazards for charge preparation.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arsenic <p>Ampoule Load and Seal</p> <p>First, the quartz ampoules are attached to an oil-diffusion vacuum pump assembly. The system is evacuated and the ampoule is heated with a hydrogen/oxygen torch. Finally the end of the ampoule is sealed, which creates a charged and sealed quartz ampoule ready for furnace growth.</p> <p>The following are potential hazards for ampoule load and seal.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arsenic ▪ Flammable Gases, Fire <p>Flammable Gases, Fire</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible ignition of flammable gases, resulting in fire and/or explosion. Employees may also be exposed to gases above permissible limits. <p><i>Possible Solutions</i></p>	<p>の種結晶を充填する。その後、この石英ボートを、既に元素ヒ素が充填されている石英アンプルの別のセクションに挿入する。</p> <p>以下の物質は、試料調製における潜在的な危険性があります。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ヒ素 <p>アンプル充填及び封止</p> <p>まず、石英アンプルを油拡散式真空ポンプアセンブリに取り付ける。システムを排気した後、水素/酸素トーチでアンプルを加熱する。最後にアンプルの端部を封止し、炉内成長に備えた充填済み密封石英アンプルを完成させる。</p> <p>アンプルの装填及び密封に関する潜在的な危険性は次のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ヒ素 ● 可燃性ガス、火 <p>可燃性ガス、火災</p> <p>潜在的な危険性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可燃性ガスの引火により、火災及び／又は爆発が発生する可能性。被雇用者が許容濃度を超えるガスにばく露される可能性もある。 <p>可能な解決策</p>
---	--

- See [Possible Solutions: Flammable Gases, Fire](#).
- Use appropriate equipment, safety devices, and work practices associated with the hydrogen/oxygen torch.

Furnace Growth

The two dominant methods of single-crystal ingot growth (HB and GF) use charged and sealed quartz ampoules in a high temperature furnace enclosure which is vented to a wet scrubber system.

The HB system consists of a two zone furnace in which the sealed quartz ampoule has separate temperature zones: the arsenic "cold" finger end at 610°C, and the quartz gallium/dopant/seed-crystal boat containing the melt at 1240°C. The basic principle in HB involves traversing two heated zones (one above the melting point of GaAs, and one below the melting point), over a boat of GaAs to provide the precisely controlled freezing of molten GaAs. The seed crystal, maintained at all times in the freeze zone, provides the initial crystal starting structure defining direction and orientation of the crystalline structure within the boat. Silicon-carbide liners called support tubes, which allow the resistance heater assembly to mechanically move the full distance of the ampoule, suspend the quartz boat and ampoule of gallium and arsenic within the heater chamber. Additionally, the ampoule rests on a table which must be raised and lowered during growth to provide the proper interface of the GaAs melt with the seed crystal.

GF is the second ingot growth method in use. A high-temperature furnace utilizing resistance heating is kept at 1200-1300°C, with 1237°C being the melt/freeze point of GaAs. The total ingot growth process duration is three days, comprised of the following steps:

- 「可燃性ガス、火災」の可能な解決策を参照。
- 水素／酸素トーチに関連する適切な装置、安全装置、作業手順を使用すること。

炉内成長

単結晶インゴット成長の二大手法（HB 法及び GF 法）は、高温炉内容器内で帯電し、及び密封された石英アンブルを用い、湿式スクラバーシステムへ排気される。

HB システムは、密封された石英アンブルが別々の温度ゾーンを持つ二ゾーン炉で構成される。ヒ素の「低温」フィンガー端部は 610°C、石英製ガリウム/ドーパント/種結晶ボート（溶融物を収容）は 1240°C である。HB の基本原理は、GaAs ボートを 2 つの加熱ゾーン（1 つは GaAs の融点以上、もう 1 つは融点以下）を通過させることで、溶融 GaAs の精密な凍結制御を実現することにある。凍結ゾーンで常に維持される種結晶は、ボート内の結晶構造の方向と配向を決定する初期結晶構造を提供する。サポートチューブと呼ばれる炭化ケイ素ライナーが石英ボートを吊り下げ、抵抗ヒーターアセンブリがアンブル全長を機械的に移動できるようにする。

GF 法は現在使用されている第二のインゴット成長法である。抵抗加熱を利用した高温炉は 1200～1300°C に維持され、1237°C が GaAs の融点/凝固点である。インゴット成長プロセス全体の所要時間は 3 日間で、以下のステップで構成される：

<ol style="list-style-type: none"> 1. Furnace firing to temperature 2. GaAs synthesis 3. Seed melt 4. Cool down 5. <p>The quartz ampoule is also raised and lowered during the growth process by the use of a scissor-type manual jack.</p> <p>The following are potential hazards for furnace growth.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ampoule Explosion/Implosion ▪ Arsenic ▪ Toxic Exhaust Gases ▪ Thermal Burns <p>Ampoule Explosion/Implosion</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible explosion or implosion of ampoules during ingot growth, resulting in personnel injury and/or damage to equipment and facilities. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identify and eliminate possible causes of explosion/implosion. Use a Process Hazard Analysis (PHA) for identifying and controlling such 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 炉の昇温 2. GaAs 合成 3 種結晶溶解 4. 冷却 <p>石英アンプルは成長工程中、はさみ式手動ジャッキを用いて昇降される。</p> <p>炉内成長における潜在的な危険性は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● アンプル破裂／内破 ● ヒ素 ● 有毒排気ガス ● 熱傷 <p>アンプル爆発／内破</p> <p>潜在的な危険性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● インゴット成長中にアンプルが爆発又は内破する可能性があり、これにより作業員の負傷及び／又は設備・施設の損傷が生じるおそれがある。 <p>可能な解決策</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 爆発/内破の潜在的な原因を特定し排除する。プロセスハザード分析（PHA）
--	---

<p>hazards.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implement appropriate emergency procedures, including ventilation and PPE controls in the event of an explosion/implosion. <p><i>Additional Information</i></p> <p>OSHA Safety and Health Topics Page:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Process Safety Management <p>Ampoule Breakout</p> <p>After the single-crystal GaAs ingot is grown within the sealed quartz ampoule, the quartz boat containing the ingot, plus the seed crystal, is removed from the ampoule, either by cutting off the sealed end of the ampoule with a wet circular saw, or heating and cracking the ampoule with a hydrogen/oxygen torch. The quartz ampoules are recycled by wet etching the condensed arsenic on the interior surface with HCl/HNO₃ or H₂SO₄/H₂O₂.</p> <p>The following are potential hazards for ampoule breakout.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flammable Gases, Fire ▪ Arsenic ▪ Machinery ▪ Acid and Caustic Solutions 	<p>を用いて当該危険を特定・管理する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 爆発/内破発生時の換気対策や個人用保護具（PPE）管理を含む適切な緊急手順を実施する。 <p>追加情報</p> <p>OSHA 安全衛生トピックページ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● プロセス安全管理 <p>アンプルからの取り出し</p> <p>密封された石英アンプル内で単結晶 GaAs インゴットが成長した後、インゴットと種結晶を含む石英ボートをアンプルから取り出す。方法は、湿式丸鋸でアンプルの密封端を切断するか、水素/酸素トーチで加熱してアンプルを割るかのいずれかである。石英アンプルは、内面に付着したヒ素を延さん/庄さんまたは硫酸/過酸化水素による湿式エッチングで除去し再利用する。</p> <p>アンブルブレイクアウトにおける潜在的な危険要因は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可燃性ガス、火災 ● 砒素 ● 機械設備 ● 酸性・アルカリ性溶液
---	--

<p>Flammable Gases, Fire</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible ignition of flammable gases, resulting in fire and/or explosion. Employees may also be exposed to gases above permissible limits. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Flammable Gases, Fire. ▪ Use appropriate equipment, safety devices, and work practices associated with the hydrogen/oxygen torch. <p>Acid and Caustic Solutions</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to acid and caustic solutions used for etching ampoules for recycling. Solutions of HCl, H₂SO₄, HNO₃, and H₂O₂ are commonly used. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Acid and Caustic. <p><i>Additional Information</i></p>	<p>可燃性ガス、火災</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可燃性ガスの引火により、火災及び／又は爆発が発生する可能性。被雇用者が許容濃度を超えるガスにばく露される可能性もある。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「可燃性ガス、火災」の可能な解決策を参照。 ● 水素／酸素トーチに関連する適切な装置、安全装置、作業手順を使用すること。 <p>酸及びアルカリ溶液</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● アンプルをリサイクルするためにエッチングに使用される酸及びアルカリ溶液への被雇用者のばく露の可能性。HCl、H₂SO₄、HNO₃、H₂O₂の溶液が一般的に使用される。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「可能な解決策：酸及びアルカリ」を参照 <p><i>追加情報</i></p>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. US Department of Health and Human Services (DHHS), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Publication No. 81-123, (1981, January). Provides a table of contents of guidelines for many hazardous chemicals. The files provide technical chemical information, including chemical and physical properties, health effects, exposure limits, and recommendations for medical monitoring, personal protective equipment (PPE), and control procedures. <p>Ingot and Remelt Sandblasting/Cleaning</p> <p>The single-crystal GaAs ingots and polycrystalline defects must be sandblasted and cleaned to remove exterior oxides and contaminants. The sandblasting is done in a glove-box type bead blaster utilizing either silicon carbide or calcined alumina blasting media. Wet cleaning is done in wet chemical baths provided with local exhaust ventilation and utilizing HCl/HNO₃ or alcohol rinses (isopropyl and/or methyl).</p> <p>The following are potential hazards for ingot and remelt sandblastin/cleaning.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arsenic ▪ Chemicals <p>Chemicals</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to chemicals used for cleaning. Acid solutions of HCl/HNO₃ and isopropyl/methyl alcohol solutions are 	<ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質の危険性に関する職業衛生ガイドライン。米国保健社会福祉省 (DHHS)、国立労働安全衛生研究所 (NIOSH) 刊行物番号 81-123 (1981 年 1 月)。多数の有害化学物質に関するガイドラインの目次を提供。各ファイルには、化学的・物理的特性、健康影響、ばく露限界値、医療モニタリング、個人用保護具 (PPE) 及び管理手順に関する推奨事項を含む技術的化学情報が記載されている。 <p>インゴット及び再溶解用サンドブラスト/洗浄</p> <p>単結晶 GaAs インゴット並びに多結晶欠陥は、外部の酸化物及び汚染物質を除去するためにサンドブラスト処理及び洗浄を行う必要がある。サンドブラスト処理は、グローブボックス型のビードブラスターを用いて、炭化ケイ素又は焼成アルミナのブラスト媒体を使用して実施する。湿式洗浄は、局所排気装置を備えた湿式化学浴槽で行い、塩酸/硝酸又はアルコール (イソプロピル及び／又はメチル) によるリンスを使用する。</p> <p>インゴット及び再溶解のサンドブラスト/洗浄における潜在的な危険性は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ヒ素 ● 化学薬品 <p>化学物質</p> <p>潜在的な危険性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 清掃に使用される化学物質への被雇用者のばく露の可能性。塩酸/硝酸の酸性溶液及びイソプロパノール/メタノール溶液が一般的に使用される。
---	---

<p>commonly used.</p> <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> See Possible Solutions: Chemicals. <p><i>Additional Information</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. US Department of Health and Human Services (DHHS), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Publication No. 81-123, (1981, January). Provides a table of contents of guidelines for many hazardous chemicals. The files provide technical chemical information, including chemical and physical properties, health effects, exposure limits, and recommendations for medical monitoring, personal protective equipment (PPE), and control procedures. 	<p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 「化学物質に関する可能な解決策」を参照。 <p><i>追加情報</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 化学物質危険性に関する職業衛生ガイドライン。米国保健社会福祉省（DHHS）、国立労働安全衛生研究所（NIOSH）刊行物 No. 81-123（1981 年 1 月）。多くの有害化学物質に関するガイドラインの目次を提供。ファイルには化学的・物理的特性、健康影響、暴露限界値、医療モニタリング、個人用保護具（PPE）、管理手順に関する推奨事項を含む技術的化学情報が記載されている。
--	---

Wafer Processing	ウエハー加工
<p>Ingot Evaluation and Machining</p> <p>As in silicon ingot processing, the crystalline structure of the GaAs ingot is determined by the use of an x-ray diffraction unit. The ends of the single-crystal ingot are then cropped using a water-lubricated single-bladed diamond saw, with various coolants added to the water.</p> <p>The following are potential hazards of ingot evaluation and machining.</p>	<p>インゴットの評価及び加工</p> <p>シリコンインゴットの処理と同様に、GaAs インゴットの結晶構造は X 線回折装置を用いて決定される。その後、単結晶インゴットの両端は、水に様々な冷却剤を添加した水潤滑式単刃ダイヤモンドソーを用いて切断される。</p> <p>インゴット評価及び加工における潜在的な危険性は以下のとおりである。</p>

<ul style="list-style-type: none"> ▪ X-Ray Radiation ▪ Machinery ▪ Arsenic 	<ul style="list-style-type: none"> ● X線放射線 ● 機械装置 ● ヒ素
---	---

<p>Arsenic</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to gallium arsenide (arsenic). The GaAs slurry presents a considerable dermal hazard, and there is potential for an airborne hazard if the slurry becomes dry. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Arsenic. 	<p>ヒ素</p> <p>潜在的な危険性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 被雇用者がガリウムヒ素（ヒ素）にばく露する可能性。GaAs スラリーは皮膚への重大な危険性を有し、スラリーが乾燥した場合、空気中の危険性がある。 <p>可能な解決策</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「ヒ素に関する可能な解決策」を参照。
<p>Wafer Preparation</p> <p>The gallium arsenide ingots are wax-mounted to a graphite beam and sawed into individual wafers with the use an automatic inner diameter blade saw. Lubricants used in this operation generate a gallium arsenide slurry, which is collected, centrifuged, and recycled.</p> <p>The wafers are then dismounted from the wax and graphite beam to prepare for cleaning. Cleaning consists of sequentially dipping the wafers in wet chemical baths containing methanol, de-ionized water, and an acid mixture of sulfuric acid, hydrogen peroxide, and water, in a 5:1:1 concentration. A visual inspection is also performed at this stage.</p>	<p>ウェハー準備</p> <p>ガリウムヒ素インゴットはグラファイトビームにワックス固定され、自動内径ブレードソーを用いて個々のウェハーに切断される。この工程で使用される潤滑剤はガリウムヒ素スラリーを生成し、これは回収・遠心分離され再利用される。</p> <p>その後、ウェハーはワックスとグラファイトビームから取り外され、洗浄準備が整えられる。洗浄工程では、メタノール、脱イオン水及び硫酸、過酸化水素、水を 5:1:1 の濃度で混合した酸溶液を含む湿式化学浴にウェハーを順次浸漬する。この段階で目視検査も実施される。</p>

<p>After cleaning, the wafers are wax-mounted to a lapping machine. The lapping machine operates at a set rotational speed and pressure and uses a lapping slurry containing aluminum oxide, glycerin, and water. After lapping, the wafers are dismounted on a hot plate, rinsed in a soap solution, and wiped dry.</p> <p>Finally, the wafers are physically mounted to a mechanical polishing machine, and polished using a slurry consisting of sodium bicarbonate, 5 percent chlorine, water, and colloidal silica slurry.</p> <p>The following are potential hazards of wafer preparation.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Machinery ▪ Arsenic ▪ Chemicals 	<p>洗浄後、ウエハーはラップ盤にワックスマウントされる。ラップ盤は設定された回転速度と圧力で作動し、酸化アルミニウム、グリセリン及び水を含むラップスラリーを使用する。ラップ後、ウエハーはホットプレート上で取り外され、石鹼溶液で洗浄され、拭き取られて乾燥される。</p> <p>最後に、ウエハーは機械研磨機に物理的に取り付けられ、重炭酸ナトリウム、5%塩素、水及びコロイド状シリカスラリーからなるスラリーを用いて研磨されます。</p> <p>ウエハー前処理における潜在的な危険性は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 機械 ● ヒ素 ● 化学薬品
--	--

<p>Arsenic</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to gallium arsenide (arsenic). The GaAs slurry presents a considerable dermal hazard, and there is potential for an airborne hazard if the slurry becomes dry. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Arsenic. 	<p>ヒ素</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 被雇用者がガリウムヒ素（ヒ素）にばく露する可能性。GaAs スラリーは皮膚への重大な危険性を有し、スラリーが乾燥した場合、空気中の危険性がある。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「ヒ素に関する可能な解決策」を参照。
--	---

<p>Chemicals</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Possible employee exposure to chemicals used for cleaning. Common chemicals include acids (H₂SO₄), caustics (H₂O₂), and methanol. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> See Possible Solutions: Chemicals. <p><i>Additional Information</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. US Department of Health and Human Services (DHHS), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Publication No. 81-123, (1981, January). Provides a table of contents of guidelines for many hazardous chemicals. The files provide technical chemical information, including chemical and physical properties, health effects, exposure limits, and recommendations for medical monitoring, personal protective equipment (PPE), and control procedures. 	<p>化学物質</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 清掃に使用される化学物質への被雇用者のばく露の可能性。一般的な化学物質には酸（H₂SO₄）、アルカリ剤（H₂O₂）、メタノールが含まれる。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 「可能な解決策：化学物質」を参照。 <p><i>追加情報</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 化学物質の危険有害性に関する職業衛生ガイドライン。米国保健社会福祉省（DHHS）、国立労働安全衛生研究所（NIOSH）刊行物 No. 81-123（1981 年 1 月）。多くの有害化学物質に関するガイドラインの目次を提供。ファイルには化学的・物理的特性、健康影響、ばく露限界値、医療モニタリング、個人用保護具（PPE）及び管理手順に関する推奨事項を含む技術的化学情報が記載されている。
<p>Epitaxy</p>	<p>エピタキシー（ある<u>結晶</u>表面に、<u>構造</u>のよく似た他の結晶が成長する現象）</p>
<p>Introduction</p> <p>The single-crystal GaAs wafers are used as substrates for the growth of very thin layers of the same or other III-V compounds having the desired electronic or optical properties. The crystal structure of the grown layer matches that of the substrate. Epitaxy is the process of growing thin films of</p>	<p>はじめに</p> <p>単結晶 GaAs ウエハーは、所望の電子的又は光学的特性を持つ同一若しくは他の III-V 族化合物の極薄層を成長させるための基板として用いられる。成長層の結晶構造は基板のそれと一致する。エピタキシーとは、基板が成長層の結晶性と結晶方位を決定する結晶薄膜の成長プロセスである。III-IV 系ディスプレイ</p>

crystals, in which the substrate determines the crystallinity and orientation of the grown layer. A variety of epitaxial growth techniques are used in III-IV display and device production. The two most common techniques are Vapor Phase Epitaxy (VPE) and Liquid Phase Epitaxy (LPE).

VPE uses a heated stream of gaseous elements or compounds that interact at the surface of the substrate to form the crystalline layer. VPE is primarily used in LED epitaxy. In LPE, the crystalline layer is formed by exposing the substrate to a heated metallic solution saturated with the desired layer components. This method is primarily used in microwave IC epitaxy.

In addition to VPE and LPE, vacuum epitaxy in the form of molecular beam epitaxy (MBE) has developed as an extraordinarily versatile technique. MBE of GaAs consists of an ultra-high vacuum system containing sources for atomic or molecular beams of Ga and As and a heated substrate wafer. The molecular beam sources are usually containers for liquid Ga or solid As. The sources have an orifice that faces the substrate wafer. When the container is heated, atoms of Ga or molecules of As effuse from the orifice. For GaAs, growth usually takes place with a substrate temperature above 450 °C.

VPE is the primary method in use and is discussed in this section. There are two major techniques of VPE, based on two different chemistries:

- The III-halogens (GaCl_3) and V-halogens (AsCl_3) or V-hydrogen (AsH_3 and PH_3).
- The III metal-organics and V-hydrogen, such as $\text{Ga}_3(\text{CH}_3)$ and AsH_3 .

The thermochemistries of these techniques are very different. The halogen reactions are usually "hot" or "cold", in which the III-halogen is generated in a hot zone by reaction of the III element with HCl, and then diffuses to the cold zone, where it reacts with the V species to form III-V material. The

イ及びデバイス製造では、様々なエピタキシャル成長技術が用いられる。最も一般的な技術は、気相エピタキシー (VPE) と液相エピタキシー (LPE) との二つである。

VPE は、基板表面で相互作用する気体元素または化合物の加熱流を用いて結晶層を形成する。VPE は主に LED エピタキシーに用いられる。LPE では、所望の層成分で飽和した加熱金属溶液に基板をばく露することで結晶層を形成する。この方法は主にマイクロ波 IC エピタキシーに用いられる。

VPE 及び LPE に加え、分子線エピタキシー (MBE) という形態の真空エピタキシーが極めて汎用性の高い技術として発展した。GaAs の MBE は、Ga 及び As の原子ビーム又は分子ビームの発生源と加熱基板ウエハーを備えた超高真空システムで構成される。分子ビーム源は通常、液体 Ga 又は固体 As の容器である。源には基板ウエハーに向けた開口部がある。容器を加熱すると、Ga 原子又は As 分子が開口部から拡散する。GaAs の場合、成長は通常、基板温度が 450°C 以上で進行する。

VPE は現在主に使用されている手法であり、本節で論じる。VPE には主に二つの技術があり、それぞれ異なる化学反応に基づいている：

- III 族ハロゲン (GaCl_3) と V 族ハロゲン (AsCl_3) 又は V 族水素 (AsH_3 及び PH_3)。
- III 族金属有機化合物と V 族水素 (例： $\text{Ga}_3(\text{CH}_3)$ 及び AsH_3)。

これらの手法の熱化学的特性は大きく異なる。ハロゲン反応は通常「高温」又は「低温」で行われ、高温領域で III 族元素と HCl の反応により III 族ハロゲンが生成され、それが低温領域へ拡散した後、V 族種と反応して III-V 材料を形成する。金属有機化学は高温壁プロセスであり、III 族金属有機化合物が有機基を分解又は熱分解し、残った III 族元素と水素化 V 族元素とが反応して III-V

metal-organic chemistry is a hot wall process in which the III metal-organic compound cracks or pyrolyzes away the organic group, and the remaining III and hydride V react to form III-V.

Reactor Load and Unload

To begin, the degreased and polished wafers initially receive a pre-epitaxy etch and cleaning step. This involves a sequential wet chemical dipping operation using sulfuric acid, hydrogen peroxide, and water (5:1:1); a de-ionized water rinse; and finally, an isopropyl alcohol clean/dry.

The primary technique in use for VPE in LED processing is the III-halogen and V-hydrogen system. It involves a two-cycle process; first, growing the epitaxial layer of GaAsP on the GaAs substrate, next, an etch cycle to clean the quartz reactor chamber of impurities. During the epitaxial growth cycle, the pre-cleansed GaAs wafers are loaded into a vertical quartz reactor chamber containing an upper reservoir of elemental liquid gallium over which anhydrous HCl gas is metered, forming GaCl₃. A V-hydrogen-hydride gas mixture of 10%-AsH₃ and 5%-PH₃/H₃ carrier is also metered into the reaction chamber with the addition of 50 ppm dimethyl telluride and 25 ppm diethyl telluride gaseous dopants. The chemical species in the "hot zone" of the quartz reactor react, and in the "cold zone" form the desired layer of GaAsP on the wafer substrate as well as on the interior of the reactor chamber. Effluents from the reactor are routed to a hydrogen torch system for pyrolysis and vented to a wet scrubber system or other exhaust conditioning system.

The etch cycle is performed at the end of the grow cycle and on new quartz reactors to clean the interior surface of impurities. Undiluted hydrogen chloride gas is metered into the chamber for periods of 5-15 minutes. The effluents are vented to the wet scrubber system for neutralization. At the end of both the growth and etch cycles, an extended nitrogen purge is used

化合物を形成する。

反応器の装入及び取り出し

まず、脱脂及び研磨済みのウエハーはエピタキシー前エッチング及び洗浄工程を受ける。これは硫酸、過酸化水素及び水（5:1:1）を用いた連続的な湿式化学浸漬処理、脱イオン水による洗浄、そして最終的にイソプロパノールによる洗浄及び乾燥からなる。

LED プロセスにおける VPE の主要技術は III・ハロゲン及び V・水素システムである。これは 2 サイクルプロセスを伴う：まず GaAs 基板の上に GaAsP エピタキシャル層を成長させ、次に石英反応器チャンバーの不純物を除去するためのエッチングサイクルを実施する。エピタキシャル成長サイクルでは、事前に洗浄された GaAs ウエハーを垂直型石英反応器チャンバーに装入する。チャンバー上部には元素状液体ガリウムの貯留槽があり、これに無水塩酸ガスを計量供給することで GaCl₃ を生成する。さらに、10% AsH₃ と 5% PH₃/H₃ キャリアとからなる V 水素化水素ガス混合物も反応室に計量供給され、50ppm のジメチルテルル化物と 25ppm のジエチルテルル化物ガス状ドーパントが添加される。石英反応器の「高温ゾーン」では化学種が反応し、「低温ゾーン」ではウエハー基板上及び反応器内壁に目的の GaAsP 層が形成される。反応器からの排出ガスは水素トーチシステムで熱分解処理され、湿式スクラバーシステムまたはその他の排気処理システムへ排出される。

エッチングサイクルは、成長サイクル終了時及び新規石英反応器において、内部表面の不純物を除去するために実施される。無希釈塩化水素ガスを 5～15 分間、チャンバー内に計量供給する。排出ガスは中和のため湿式スクラバーシステムへ排出される。成長サイクル及びエッチングサイクル終了時には、反応器チャンバー内の有毒・腐食性ガスを除去するため、長時間窒素パージを行う。

<p>to flush the reactor chamber of toxic and corrosive gases.</p> <p>The following are potential hazards of reactor load and unload.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Chemicals ▪ Flammable Gases, Fire ▪ Toxic, Irritative, and Corrosive Gases ▪ Arsenic 	<p>反応器のロード及びアンロードにおける潜在的な危険性は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質 ● 可燃性ガス、火災 ● 有毒、刺激性及び腐食性ガス ● ヒ素
<p>Chemicals</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to chemicals used for pre-cleaning. Common chemicals include acids (H₂SO₄), caustics (H₂O₂), and isopropyl alcohol. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Chemicals. <p><i>Additional Information</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. US Department of Health and Human Services (DHHS), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Publication No. 81-123, (1981, January). Provides a table of contents of guidelines for many hazardous chemicals. The files provide technical chemical information, including chemical and physical properties, health effects, exposure limits, and recommendations for medical monitoring, personal protective equipment (PPE), and control 	<p>化学物質</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 前処理洗浄に使用される化学物質への被雇用者のばく露の可能性。一般的な化学物質には酸 (H₂SO₄)、アルカリ剤 (H₂O₂)、イソプロパノールが含まれる。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「化学物質に関する可能な解決策」を参照。 <p><i>追加情報</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質危険有害性に関する職業衛生ガイドライン。米国保健社会福祉省 (DHHS)、国立労働安全衛生研究所 (NIOSH) 刊行物 No. 81-123 (1981 年 1 月)。多くの有害化学物質に関するガイドラインの目次を提供。ファイルには化学的・物理的特性、健康影響、ばく露限界値、医療モニタリング、個人用保護具 (PPE) 及び管理手順に関する推奨事項を含む技術的化学情報が記載されている。

procedures.	
-------------	--

<p>Flammable Gases, Fire</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible ignition of flammable gases, resulting in fire and/or explosion. Possible exposure to gases above permissible limits. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Flammable Gases, Fire. ▪ Provide PPE as appropriate to prevent contact with gases. [29 CFR 1910 Subpart I] ▪ Use gas monitoring systems with automatic shut-offs and alarm systems, as appropriate. ▪ Design and use specialized processing, material handling, and storage equipment for gases. Consider both normal use and emergency scenarios. <p><i>Additional Information</i></p> <p>OSHA Safety and Health Topics Pages:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Compressed Gas and Equipment 	<p>可燃性ガス、火災</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可燃性ガスの引火により火災及び／又は爆発が発生する可能性。許容濃度を超えるガスへのばく露の可能性。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「可燃性ガス、火災」の可能な解決策を参照。 ● ガスとの接触を防ぐため、適切な個人用保護具（PPE）を提供する。[29 CFR 1910 Subpart I] ● 自動遮断機能付きガス監視システム及び警報システムを適切に使用すること。 ● ガス専用の処理・運搬・貯蔵設備を設計し、及び使用すること。通常使用時と緊急時との双方のシナリオを考慮すること。 <p><i>追加情報</i></p> <p>OSHA 安全衛生トピックページ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 圧縮ガス及び関連機器
--	--

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personal Protective Equipment (PPE) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 個人用保護具 (PPE)
<p>Toxic, Irritative, and Corrosive Gases</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to toxic, irritative, and corrosive gases, including HCl, AsH₃, and PH₃. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Toxic, Irritative, and Corrosive Gases and Liquids. <p><i>Additional Information</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. US Department of Health and Human Services (DHHS), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Publication No. 81-123, (1981, January). Provides a table of contents of guidelines for many hazardous chemicals. The files provide technical chemical information, including chemical and physical properties, health effects, exposure limits, and recommendations for medical monitoring, personal protective equipment (PPE), and control procedures. 	<p>有毒ガス、刺激性ガス及び腐食性ガス</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 被雇用が HCl、AsH₃、PH₃ 等の有毒ガス、刺激性ガス及び腐食性ガスにばく露される可能性があります。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 解決策：有毒ガス、刺激性ガス、腐食性液体を参照してください。 <p><i>追加情報</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質の危険性に関する労働衛生ガイドライン。米国保健福祉省 (DHHS)、国立労働安全衛生研究所 (NIOSH) 発行 No. 81-123 (1981 年 1 月)。多くの有害化学物質に関するガイドラインの目次を掲載しています。このファイルには、化学的及び物理的性質、健康への影響、ばく露限界、医療モニタリング、個人用保護具 (PPE) 及び管理手順に関する推奨事項等、化学物質に関する技術的な情報が記載されています。
<p>Reactor Cleaning</p> <p>After each growth cycle, the VPE reactors must be opened, the wafers removed, and the lower portion of the reactor physically cleaned. The EPI operator performs the cleaning process by scraping the lower quartz reactor and the base plate using a metal tool. The operator collects the particulate material (mixture of GaAs, GaAsP, arsenic oxides, phosphorous oxides, and</p>	<p>反応器洗浄</p> <p>成長サイクルごとに、VPE 反応器を開き、ウェハーを取り出し、反応器下部を物理的に洗浄する必要があります。EPI オペレーターは、金属製の工具を用いて下部の石英反応器及びベースプレートをこすり落とすことで洗浄プロセスを実施します。オペレーターは、垂直反応器の下部に設置された金属製容器に粒子状物質 (GaAs、GaAsP、ヒ素酸化物、リン酸化物及び閉じ込められた水素</p>

<p>entrapped hydride gases) in a metal container positioned below the vertical reactor, and uses a high-efficiency vacuum for the final cleanup.</p> <p>The following are potential hazards of reactor cleaning.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arsenic ▪ Toxic, Irritative, and Corrosive Gases and Liquids 	<p>化物ガスの混合物) を回収し、高効率真空を用いて最終的な洗浄を行います。</p> <p>反応器洗浄の潜在的な危険性は次のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ヒ素 ● 毒性、刺激性及び腐食性のガス並びに液体
---	---

Device Fabrication	装置の構成
<p>Nitride Deposition</p> <p>A high-temperature chemical vapor deposition (CVD) of silicon nitride (Si_3N_4) is performed, using a standard diffusion furnace. The gaseous sources are silane (SiH_4) and ammonia (NH_3) with a nitrogen carrier gas. (See Silicon Device Manufacturing - Device Fabrication - Deposition)</p> <p>The following are potential hazards of nitride deposition.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Electricity ▪ Flammable, Explosive, and Pyrophoric Gases ▪ Toxic, Irritative, and Corrosive Gases ▪ Radiofrequency (RF) and Infrared (IR) Radiation ▪ Thermal Burns 	<p>窒化物堆積</p> <p>標準的な拡散炉を用いて、高温化学気相成長 (CVD) 法でシリコン窒化物 (Si_3N_4) を成膜します。ガス源は、シラン (SiH_4) とアンモニア (NH_3) で、キャリアガスは窒素です。(シリコンデバイス製造 - デバイス製造 - 成膜を参照)</p> <p>窒化物成膜における潜在的な危険性は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 電気 ● 可燃性、爆発性及び自然発火性のガス ● 毒性、刺激性及び腐食性のガス ● 高周波 (RF) 及び赤外線 (IR) 放射 ● 熱傷

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reaction-Product Residues 	<ul style="list-style-type: none"> ● 反応生成物の残留物
---	---

<p>Toxic, Irritative, and Corrosive Gases</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to toxic, irritative, and corrosive gases, including SiH₄ and NH₃. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Toxic, Irritative, and Corrosive Gases. <p>Photolithography</p> <p>The standard photoresist, aligning, exposure, developing and stripping process is used as in silicon device processing. (See Silicon Device Manufacturing - Device Fabrication)</p> <p>Wet Etching</p> <p>Various mixtures of wet chemical acid solutions are used in plastic baths in locally exhausted etch stations, some provided with laminar HEPA filtered supply systems which are vertically mounted. The primary acids in use are H₂SO₄, HF, HCl and H₃PO₄. As in silicon processing, H₂O₂ is used with H₂SO₄ and NH₄OH to provide a caustic etch. A cyanide solution (sodium or potassium) is also used for etching aluminum. (See Silicon Device Manufacturing - Device Fabrication - Etching)</p>	<p>有毒、刺激性及び腐食性ガス</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● SiH₄、NH₃ 等の有毒、刺激性、腐食性ガスに被雇用者がばく露委される可能性があります。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 解決策：有毒、刺激性及び腐食性ガスを参照してください。 <p>フォトリソグラフィ</p> <p>シリコンデバイスの製造工程と同様に、標準的なフォトレジスト、アライメント、露光、現像、剥離のプロセスが使用されます。（「シリコンデバイス製造 - デバイス製造」を参照）</p> <p>ウェットエッチング</p> <p>局所排気型エッチングステーションのプラスチック槽では、様々な混合液のウェットケミカル酸溶液が使用されています。一部のステーションでは、垂直に設置された層流 HEPA フィルター供給システムを備えています。使用される主な酸は、H₂SO₄、HF、HCl、H₃PO₄ です。シリコン加工と同様に、苛性エッチングには H₂O₂ が H₂SO₄ 及び NH₄OH と併用されます。アルミニウムのエッチングには、シアン化物溶液（ナトリウム又はカリウム）も使用されます。（シリコンデバイス製造 - デバイス加工 - エッチングを参照）</p>
--	---

<p>The following are potential hazards of wet etching.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acids and Caustics 	<p>ウェットエッチングの潜在的な危険性は次のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 酸及び苛性物質
<p>Toxic, Irritative, and Corrosive Gases</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to toxic, irritative, and corrosive gases, including SiH₄ and NH₃. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Toxic, Irritative, and Corrosive Gases. <p>Photolithography</p> <p>The standard photoresist, aligning, exposure, developing and stripping process is used as in silicon device processing. (See Silicon Device Manufacturing - Device Fabrication)</p> <p>Wet Etching</p> <p>Various mixtures of wet chemical acid solutions are used in plastic baths in locally exhausted etch stations, some provided with laminar HEPA filtered supply systems which are vertically mounted. The primary acids in use are H₂SO₄, HF, HCl and H₃PO₄. As in silicon processing, H₂O₂ is used with H₂SO₄ and NH₄OH to provide a caustic etch. A cyanide solution (sodium or potassium) is also used for etching aluminum. (See Silicon Device Manufacturing - Device Fabrication - Etching)</p> <p>The following are potential hazards of wet etching.</p>	<p>有毒、刺激性及び腐食性ガス</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● SiH₄、NH₃ 等の有毒、刺激性、腐食性ガスに被雇用者がばく露される可能性があります。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可能な解決策：有毒、刺激性及び腐食性ガスを参照してください。 <p>フォトリソグラフィ</p> <p>シリコンデバイスの製造工程と同様に、標準的なフォトレジスト、アライメント、露光、現像及び剥離のプロセスが使用されます。（「シリコンデバイス製造 - デバイス製造」を参照）</p> <p>ウェットエッチング</p> <p>局所排気型エッチングステーションのプラスチック槽では、様々な混合液のウェットケミカル酸溶液が使用されています。一部のステーションでは、垂直に設置された層流 HEPA フィルター供給システムを備えています。使用される主な酸は、H₂SO₄、HF、HCl 及び H₃PO₄ です。シリコン加工と同様に、苛性エッチングには H₂O₂ が H₂SO₄ 及び NH₄OH と併用されます。アルミニウムのエッチングには、シアン化物溶液（ナトリウム又はカリウム）も使用されます。（シリコンデバイス製造 - デバイス加工 - エッチングを参照）</p>

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acids and Caustics 	<p>ウェットエッチングの潜在的な危険性は次のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 酸及び苛性物質
--	---

<p>Metals and Solvents</p> <p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to metals and solvents during evaporator cleaning, bell jar cleaning, and maintenance operations. Typical metal exposures include gold and silver. Methanol is a popular cleaning solvent. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Solvents ▪ substitution of water for methanol as a cleaning solvent, when feasible. <p><i>Additional Information</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Toxic Metals. OSHA Safety and Health Topics Page. 	<p>金属及び溶剤</p> <p><i>潜在的な危険性</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 蒸発器洗浄、ベルジャー洗浄及びメンテナンス作業中に、被雇用者が金属及び溶剤にばく露される可能性があります。ばく露される金属としては、金や銀等が挙げられます。メタノールは一般的な洗浄溶剤です。 <p><i>可能な解決策</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 考えられる解決策：溶剤の項を参照 ● 可能であれば、洗浄溶剤としてメタノールの代わりに水を使用する。 <p><i>追加情報</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 有毒金属。OSHA 安全衛生トピックページ
---	--

<p>Alloying</p> <p>A final alloying step is performed in a low-temperature diffusion furnace, utilizing a nitrogen inert atmosphere. (See Silicon Device Manufacturing - Metallization - Alloying and Annealing)</p>	<p>合金化</p> <p>最終的な合金化工程は、窒素不活性雰囲気を用いた低温拡散炉で行われます。（シリコンデバイス製造・メタライゼーション・合金化及びアニール（不動態化）を参照）</p>
<p>Backlapping</p> <p>Backlapping is done to remove deposited materials (GaAsP, Si₃N₄, etc.) from the backside of the wafer. The wafers are wax-mounted to a lapper plate and wet-lapped with a colloidal silica slurry. Then the wax is removed by wet-stripping the wafers in an organic stripper containing phenol, sulfonic acid, and chlorobenzenes in a locally exhausted wet chemical etch station. The wafers then receive a final cleaning. (See Silicon Device Manufacturing - Metallization - Backlapping and Backside Metallization)</p> <p>The following are potential hazards of backlapping.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arsenic ▪ Nuisance Dust ▪ Machinery ▪ Chemicals ▪ Solvents 	<p>バックラッピング</p> <p>バックラッピングは、ウェハー裏面に堆積した物質（GaAsP、Si₃N₄ 等）を除去するために行われます。ウェハーはラッピングプレートにワックスマウントされ、コロイダルシリカスラリーを用いてウェットラッピングされます。次に、局所排気ウェットケミカルエッチングステーションにおいて、フェノール、スルホン酸及びクロロベンゼンを含む有機剥離液を用いてウェハーをウェットストリップすることでワックスを除去します。その後、ウェハーは最終洗浄されます。（シリコンデバイス製造・メタライゼーション・バックラッピング及び裏面メタライゼーション【金属化】を参照）</p> <p>バックラッピングの潜在的な危険性は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ヒ素 ● 有害粉じん ● 機械類 ● 化学物質 ● 溶剤

Chemicals	化学物質
------------------	-------------

<p><i>Potential Hazard</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible employee exposure to chemicals used for wet chemical etching. Common chemicals include phenol, sulfonic acid, and chlorobenzenes. <p><i>Possible Solutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ See Possible Solutions: Chemicals 	<p>潜在的な危険性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ウェットケミカルエッチングに使用される化学物質への被雇用者のばく露の可能性。一般的な化学物質には、フェノール、スルホン酸、及びクロロベンゼン等があります <p>可能な解決策</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 可能な解決策：化学物質を参照
<p>Final Test</p> <p>As in silicon device processing, the completed LED circuits are computer-tested and marked. (See Silicon Device Manufacturing - Non-Fabrication Processing)</p>	<p>最終テスト</p> <p>シリコンデバイスの製造工程と同様に、完成した LED 回路はコンピュータでテストされ、マークが付けられます。</p> <p>(シリコンデバイス製造 - 非製造工程を参照)</p>

Definitions	定義
<p>Alloying:</p> <p>The process of forming a low-resistance contact between the aluminum metal and silicon substrate on a metallized semiconductor wafer. See Metallization - Alloying and Annealing.</p>	<p>合金化：</p> <p>メタライズされた半導体ウェハ上アルミニウム金属とシリコン基板との間に低抵抗の接点を形成するプロセス。メタライゼーション・合金化及びアニーリングの項を参照。</p>
Annealing:	アニーリング：

<p>The process of combining hydrogen with uncommitted atoms at or near the silicon-silicon dioxide interface on a metallized semiconductor wafer. See Metallization - Alloying and Annealing.</p>	<p>メタライゼーションされた半導体ウエハー上のシリコン-二酸化シリコン界面又はその近傍において、水素を未結合原子と結合させるプロセス。メタライゼーション・合金化及びアニーリングの項を参照。</p>
<p>Backlapping:</p> <p>The process of mechanically thinning the backside of a finished semiconductor wafer. See Metallization - Backlapping and Backside Metallization.</p>	<p>バックラッピング:</p> <p>完成した半導体ウエハーの裏面を機械的に薄くするプロセス。メタライゼーション・バックラッピング及び裏面メタライゼーションを参照。</p>
<p>Backside metallization:</p> <p>The process of depositing a metal layer on the backside of a finished wafer. See Metallization - Backlapping and Backside Metallization.</p>	<p>裏面メタライゼーション:</p> <p>完成したウエハーの裏面に金属層を堆積するプロセス。メタライゼーション・バックラッピング及び裏面メタライゼーションを参照</p>
<p>Chip:</p> <p>he final integrated semiconductor circuit. See Non-Fabrication Processing.</p>	<p>チップ:</p> <p>最終的な半導体集積回路。非製造プロセスを参照。</p>
<p>Crystal pulling:</p> <p>The process of forming a crystal ingot; a seed crystal of silicon is attached to a rod and "pulled" out of a silicon melt to form an ingot. See Substrate Manufacture - Single Crystal Ingot Growth.</p>	<p>結晶引き上げ:</p> <p>結晶インゴットを形成するプロセス。シリコンの種結晶を棒に取り付け、シリコン融液から「引き上げ」でインゴットを形成する。「基板製造・単結晶インゴットの成長」を参照。</p>
<p>Czochralski method:</p> <p>The crystal pulling method used to form crystal ingots. See Substrate Manufacture - Single Crystal Ingot Growth</p>	<p>チョクラルスキー法:</p> <p>結晶インゴットの形成に用いられる結晶引き上げ法。基板製造・単結晶インゴットの成長を参照。</p>
<p>Chemical vapor deposition:</p> <p>The process of applying a thin film to a substrate using a controlled chemical</p>	<p>化学蒸着法:</p> <p>制御された化学反応を用いて基板に薄膜を形成するプロセス。デバイス製造・</p>

reaction. See Device Fabrication - Deposition .	蒸着の項を参照。
Deposition: A general term used to describe the addition of material layers on a semiconductor wafer. See Device Fabrication - Deposition .	堆積: 半導体ウェハー上に材料層を追加することを指す一般的な用語。デバイス製造 - 堆積の項を参照。
Die: An individual device or chip cut from a semiconductor wafer. See Non-Fabrication Processing - Die Separation .	ダイ: 半導体ウェハーから切り出された個々のデバイス又はチップ。「非製造プロセス - ダイ分離」を参照。
Diffusion: A doping process; a high-temperature furnace is used to diffuse an applied layer of dopant into the wafer surface. See Device Fabrication - Doping (Junction Formation) .	拡散: ドーピングプロセス。高温炉を用いて、塗布したドーパント層をウェハー表面に拡散させる。デバイス製造 - ドーピング（接合形成）を参照。拡散：
Doping: The process of introducing impurity elements (dopants) into a semiconductor wafer to form regions of differing electrical conductivity. The two most common doping processes are diffusion and ion implantation. See Device Fabrication - Doping (Junction Formation) .	ドーピング: 半導体ウェハーに不純物元素（ドーパント）を導入し、異なる電気伝導性を持つ領域を形成するプロセス。最も一般的なドーピングプロセスは、拡散法とイオン注入法です。デバイス製造 - ドーピング（接合形成）の項を参照してください。
Epitaxy: A specific chemical vapor deposition process used to form a thin elemental crystal layer on top of an identical substrate crystal. See Device Fabrication - Deposition .	エピタキシー: 同一の基板結晶上に薄い元素結晶層を形成するために用いられる特殊な化学気相成長プロセス。デバイス製造 - 堆積の項を参照。
Etching: The process of removing silicon dioxide layers, accomplished by "wet	エッチング: 二酸化シリコン層を除去するプロセス。化学薬品を用いた「ウェットエッチン

<p>etching" with chemicals or by "dry etching" with ionized gases. See Device Fabrication - Etching.</p>	<p>グ」又はイオン化ガスを用いた「ドライエッチング」によって行われます。デバイス製造・エッチングの項を参照してください。</p>
<p>Evaporation:</p> <p>A process used to deposit conducting metal layers on a substrate. Heat is used to evaporate a metal source which then condenses on the cooler wafer surface. See Metallization - Metal Deposition.</p>	<p>蒸着：</p> <p>基板上に導電性金属層を堆積するプロセス。熱を用いて金属源を蒸発させ、その後、より低温のウエハー表面に凝縮させる。「メタライゼーション・金属堆積」を参照。</p>
<p>Ingot:</p> <p>A polycrystalline silicon cylinder formed by crystal pulling. See Substrate Manufacture - Single Crystal Ingot Growth.</p>	<p>インゴット：</p> <p>結晶引き上げによって形成された多結晶シリコンの円筒。基板製造・単結晶インゴットの成長を参照してください。</p>
<p>Lapping:</p> <p>The process of mechanically grinding the surface of a sliced wafer. See Substrate Manufacture - Wafer Preparation.</p>	<p>ラッピング：</p> <p>スライスされたウエハーの表面を機械的に研削する工程。「基板製造・ウエハー準備」を参照。</p>
<p>Lead frame:</p> <p>The die attachment surface and lead attachment points that a die or chip is attached to prior to wire bonding and packaging. See Non-Fabrication Processing - Die Attach and Bonding.</p>	<p>リードフレーム：</p> <p>ワイヤボンディング及びパッケージングの前に、ダイ又はチップが取り付けられるダイアタッチ面及びリードアタッチポイント。「非製造プロセス・ダイアタッチ及びボンディング」を参照してください。</p>
<p>Oxidation:</p> <p>The process of oxidizing the wafer surface to form a thin layer of silicon dioxide. See Device Fabrication - Oxidation.</p>	<p>酸化：</p> <p>ウエハー表面を酸化させて二酸化ケイ素の薄い層を形成するプロセス。デバイス製造・酸化の項を参照。</p>
<p>Photolithography:</p> <p>The process of creating patterns on a silicon substrate. The main steps of the process include photoresist application, mask alignment, photoexposure,</p>	<p>フォトリソグラフィ：</p> <p>シリコン基板上にパターンを形成するプロセス。主な工程は、フォトレジスト</p>

developing, and etching the portions of the substrate that are unprotected by the resist. See Device Fabrication	の塗布、マスクのアライメント、露光、現像、そしてレジストで保護されていない基板部分のエッチングです。デバイス製造の項を参照。
Photomask: A mask that delineates the pattern applied to a substrate during photolithography. See Device Fabrication - Mask Alignment and Photoexposure .	フォトマスク： フォトリソグラフィ工程で基板に塗布されるパターンを描画するマスク。デバイス製造 - マスクアライメントと露光を参照してください。
Photoresist: A photosensitive material applied to a wafer and exposed to a device pattern during photolithography. See Device Fabrication - Photoresist Application .	フォトレジスト： フォトリソグラフィ工程でウェハー上に塗布され、デバイスパターンに露光される感光性材料。デバイス製造 - フォトレジスト塗布の項を参照。
Polycrystalline silicon: An amorphous form of silicon with randomly oriented crystals, used to produce silicon ingots. See Substrate Manufacture - Polycrystalline Silicon Production .	多結晶シリコン： シリコンインゴットの製造に使用される、結晶がランダムに配向した非晶質シリコン。「基板製造 - 多結晶シリコン製造」を参照。
Quartzite: Silica sand used as a raw material to produce metallurgical grade silicon. See Substrate Manufacture - Polycrystalline Silicon Production .	珪岩： 冶金グレードのシリコンを製造するための原料として使用される珪砂。「基板製造 - 多結晶シリコン製造」の項を参照。
Reactive ion etching: An etching process that uses physical sputtering and chemically reactive species to remove metal layers. See Metallization - Metal Etch .	反応性イオンエッチング： 物理的なスパッタリングと化学的に反応性のある種を用いて金属層を除去するエッチングプロセス。「メタライゼーション - 金属エッチング」を参照。
Silicon: A semimetallic element used to create a wafer. See Substrate Manufacture .	シリコン（ケイ素）： ウェハーの製造に使用される半金属元素。「基板製造」を参照

Silyation: The process of introducing silicon atoms into the surface of an organic photoresist in order to harden the photoresist. See Metallization - Silyation .	シリコン化： 有機フォトリソグレイスの表面にシリコン原子を導入し、フォトリソグレイスを硬化させるプロセス。メタライゼーション・シリコン化を参照。
Sputtering: The process of depositing a metal layer onto a wafer by bombarding a target metal material with an argon plasma. The metal is dislodged and deposited on the wafer. See Metallization - Metal Deposition .	スパッタリング： アルゴンプラズマをターゲット金属材料に照射することで、ウェハー上に金属層を堆積するプロセス。金属は剥離され、ウェハー上に堆積します。「メタライゼーション・金属堆積」の項を参照。
Wafer: A silicon disc used to form the substrate of a semiconductor device. See Substrate Manufacture - Wafer Preparation .	ウェハー： 半導体デバイスの基板を形成するために使用されるシリコンディスク。「基板製造・ウェハー準備」を参照してください。