Ljutovič, A. S.:

Ionenaktivierte Filmkristallisation - Vorwort

Deutsche Auszugsübersetzung aus:

Ionenaktivierte Filmkristallisation. Taškent: FAN, 1982, S. 3 - 4.
(Akademie der Wissenschaften der Uzbekischen SSR. U. A. Arifov-Elektronik-Institut)

Russisch:

Ионно-активированная кристаллизация пленок - Предисловие

Ionno-aktivirovannaja kristallizacija plenok - Predislovie

Übersetzung Nr Ü/529 der Übersetzungsstelle der Universitätsbibliothek Stuttgart

Vorwort

In den letzten Jahren ist das Interesse an Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der nichtthermischen Aktivierung von Kristallisationsvorgängen bedeutend gewachsen.

Bei der Kristallisation von Dünn- und Epitaxieschichten aus der Dampfphase im Vakuum sind alle Komponenten der Bildungs- und Wachstumsprozesse, d. h. Adsorption, Oberflächendiffusion, die Bildung und Entwicklung von Keimen unterkritischer Größe sowie die Koaleszenz der Keime, in hohem Maße energieabhängig. Durch Bestrahlung der Kristallisationsfläche mit Licht, Elektronenbeschuß, Einwirkung mit durchdringenden Strahlungsquellen und energetische Anregung der Atome des Abscheidungsgases kann man den Kristallisationsprozeß beeinflussen und das eine oder andere Wachstumsstadium freilegen.

Die Durchführung der Kristallisation unter den Bedingungen äußerer Einwirkung kann dieses Verfahren wesentlich optimieren. In dieser Hinsicht ist die Bestrahlung der Wachstumsfläche mit schweren geladenen Teilchen, d. h. mit Ionen, am effektivsten. Dabei geht der Hauptanteil der übertragenen Energie in die oberflächennahe Schicht über, wo die Energieausbreitung intensiver abläuft.

Bis heute wurden viele Erfahrungen in der Arbeit mit Ionenstrahlen gesammelt. Die Abscheidung der Filme und Epitaxieschichten aus Ionenmolekularströmen im Vakuum eröffnet prinzipiell neue Wege zur Herstellung von mikroelektronischen Schaltkreisen: Es bietet sich die Möglichkeit, in einem einzigen technologischen Prozeß mit Hilfe von Ionenbeschuß die Substratätzung vorzunehmen, die Kristallisation aus dem Ionenmolekularstrom zu realisieren, indem man dessen Energie und Dichte variiert und auf diese Weise das Wachstumstempo und die Eigenschaften der Schichten verändert, lokale Züchtung durchzuführen und ein vorgegebenes Relief auf der Oberfläche zu erzeugen, die Dotierung vorzunehmen, indem man verschiedene Ionenquellen und massenspektrometrische Systeme benutzt, und auch mehrschichtige Strukturen mit abrupten *p-n*-Übergängen, Heteroübergänge, ohmsche Metallkontakte usw. zu erzeugen. Ein Vorzug der genannten Verfahren ist deren optimale Eignung für die Steuerung und Automatisierung, außerdem lassen sie sich mit ionenelektronischen Kontrollverfahren für die Struktur und Oberflächenzusammensetzung kombinieren.

Die Bestrebungen zur Erforschung und Entwicklung von Verfahren für das Niedertemperaturwachstum von Epitaxieschichten und Filmen rühren zum einen daher, daß es möglich ist, elementare Etappen ihrer Bildung und ihres Wachstums in reinster Form zu beobachten. Das Verständnis der physikalischen Vorgänge und chemischen Prozesse, die zur Bildung von Kristallen einer gegebenen Zusammensetzung und Struktur führen, läßt uns die jetzt schon nicht mehr spürbare Grenze überschreiten, die die Wissenschaft vom Wachstum der Halbleiterkristalle und -filme von der Technologie der integrierten Elektronik trennt.

Zum anderen kann durch den Verzicht auf Hochtemperaturtechnologien die Qualität elektronischer Bauelemente deutlich verbessert werden (wegen der Erhaltung der hohen Lebensdauer und Beweglichkeit der Träger, dem Ausbleiben unkontrollierbarer Diffusionsvorgänge usw.). Auch prinzipiell neue technologische

Wege sind möglich, z. B. die Erzeugung von metastabilen Filmphasen mit guten oder sogar einzigartigen Eigenschaften, wie z. B. amorphem Silizium, Supraleitern und diamantähnlichem Kohlenstoff.

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Tendenz zur Anwendung extrem dünner Epitaxieschichten (weniger als 1 μm) hat die Möglichkeit, früheste Kristallisationsstadien beeinflussen zu können, große Bedeutung gewonnen, was den Ionenstrahl zu einem unersetzlichen Werkzeug für die Forschung und Einflußnahme macht.

Auch die Stellung, die die betrachteten Fragen innerhalb der Problematik der Allunions- und internationalen wissenschaftlichen Konferenzen einnehmen, zeugt von deren Aktualität.

Auf den internationalen Vakuumkongressen (1974 in Kioto, 1977 in Wien, 1980 in Paris) ist die Zahl der Beiträge zur Abscheidung von Schichten und Filmen aus Ionenmolekularströmen ständig gestiegen. Auf dem V. Symposium zu Wachstumsprozessen und Syntheseverfahren bei Halbleiterkristallen und -filmen (1978 in Novosibirsk) und der Internationalen Konferenz "Niedrigenergie-Ionenstrahlen" (1980 in London) arbeiteten spezielle Sektionen auf dem Gebiet des Schichtwachstums. Auch bei der 6. Internationalen Konferenz zum Kristallwachstum (1980 in Moskau) nahmen ähnliche Untersuchungen einen bedeutenden Platz ein.

Ende 1979 wurde vom Präsidium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR ein spezieller Beschluß über die Entwicklung der fundamentalen und anwendungsbezogenen Arbeiten auf dem Gebiet der Oberflächenphysik und -chemie gefaßt, in welchem den Ionenstrahlverfahren eine wichtige Stellung zugewiesen wird.

Nun ist die Verallgemeinerung, Analyse und Systematisierung der Einzeldaten zur ionenaktivierten Filmkristallisation aktuell notwendig geworden, die auch Zielstellung dieser dem Leser vorgelegten Monographie war. Da es noch keine ausgearbeitete Theorie zu diesem Verfahren gibt, ist eine solche Verallgemeinerung recht schwierig, und unser Versuch ist nur als ein erster Schritt in diese Richtung zu betrachten.

Der Autor dankt dem korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften der Usbekischen SSR, Herrn Saidov, und dem Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, Herrn Radžabov, für die wertvollen Anmerkungen, die beim Durchsehen des Konzepts gemacht wurden. Bei der Gestaltung waren Frau Achmedova und Frau Almatova eine große Hilfe, denen der Autor seine aufrichtige Anerkennung ausdrücken möchte.

Stuttgart, den 15. 01. 1999

Die Übersetzer bedanken sich für die sachkundige Unterstützung durch Herrn Prof. Ljutovič und Herrn Oberbeck.

Übersetzt von:

Sören Ludwig

Ottmar Pertschi
(Diplomübersetzer)

Ljutovič, A.S.
Ionenaktivierte Filmkristallisation.
/Ionno-aktivirovannaja kristallizacija plenok; russ./.
Taškent: FAN, 1982, 148 S.
(Akademie der Wissenschaften der Uzbekischen SSR. U.A. Arifov-Elektronik-Institut)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3
Kapitel 1. Nichtthermische Aktivierung der Kristallisationsvorgänge 5
§ 1. Einfluß der elektrischen Felder auf den Kristallisationsvorgang 5
§ 2. Optische Einwirkung auf die Kristallisationsvorgänge 9
§ 3. Ionenimplantation 12
Kapitel 2. Kristallisation von Filmen und Halbleiterschichten aus Molekularströmen in verdünnter Gas-Atmosphäre 14
§ 1. Elektrochemisches Polieren und Gas-Ätzen der Substrate 14
§ 2. Gas-Ätzen von Silizium 18
§ 3. Einfluß der Temperbedingungen von Silizium-Substraten für die Epitaxie auf die elektrophysikalischen Kennwerte von oberflächennahen Schichten 22
§ 4. Silizium-Epitaxie aus Molekularströmen in verdünnter Wasserstoff-Atmosphäre 28
§ 5. Anfangswachstumsstadien der expitaktischen Schichten aus Molekularströmen 48
§ 6. Die elektrophysikalischen Eigenschaften dünner epitaktischer Siliziumschichten 53
§ 7. Epitaktische Schichten auf ionendotierten Schichten 57
Kapitel 3. Schichtwachstum und Niedertemperaturepitaxie von Halbleitern aus Ionenmolekularströmen 61
§ 1. Wirkung der Ionen auf das Kristallwachstum. Charakteristiken der Abscheidungskennwerte 61
§ 2. Geräte und Versuchsanlagen zur Abscheidung von Filmen und epitaktischen Schichten aus Ionenmolekularströmen 64
§ 3. Die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten des Wachstums von Filmen und epitaktischen Schichten aus Ionenmolekularströmen 80
§ 4. Energiespektrum beschleunigter Ionen, die die Wachstumsfläche bombardieren, und ihr Einfluß auf das Epitaxie-Wachstum 93
§ 5. Abhängigkeit der Anfangsbildungsstadien dünner und epitaktischer Schichten von der Wachstumstemperatur und der Oberflächenbestrahlung durch Ionen 97

§ 6. Wachstumsmechanismus epitaktischer Halbleiterschichten aus Ionenmolekularströmen 106
§ 7. Dotieren von Schichten während des Wachstums aus Ionenmolekularströmen 115
Kapitel 4. Eigenschaften und Verwendung von Halbleiterstrukturen, die durch ionenaktivierte Kristallisation gewonnen wurden 127
§ 1. Chemische Zusammensetzung der Schichten. Ionenstrahlstimulierte Phasen- und allotrope Übergänge 127
§ 2. Elektrophysikalische Eigenschaften der Schichten 128
§ 3. Durch Abscheidung ionisierter Cluster gewonnene Solarzellen 134
§ 4. Künftige Entwicklung des Abscheidungsvorgangs aus Ionenmolekularströmen 136
Literatur 143