



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **776101**

A

4(5D) C 30 B 9/00; G 05 D 27/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 2678878/23-26

(22) 24.07.78

(46) 15.05.85. Бюл. № 18

(72) В.С. Лейбович, В.А. Сухарев,
В.М. Шушков, В.А. Федоров

и О.Г. Иванов

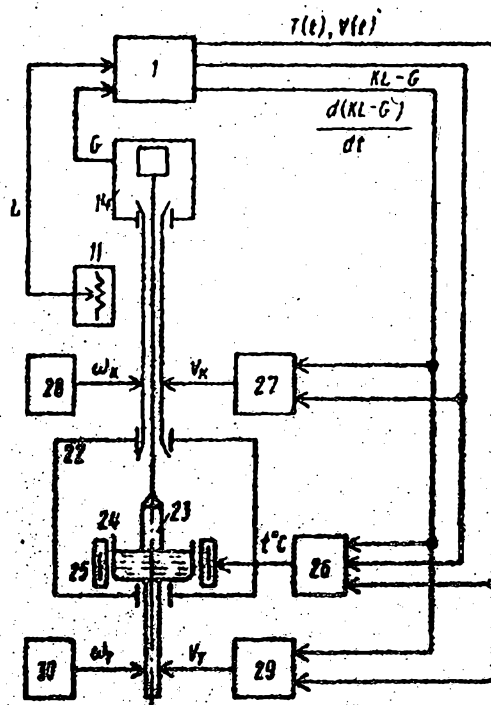
(53) 66.012-52(088.8)

(56) 1. Патент Великобритании
№ 1434527, кл. В 01 J 17/18, 1976.

2. Журнал "Приборы и системы
управления", № 5, 1975, с. 7-9.

(54)(57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИ-
ЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИАМЕТРА

КРИСТАЛЛА, выращиваемого из распла-
ва, содержащее датчики длины и мас-
сы кристалла, регулятор диаметра
кристалла с дифференциатором,
включающим интегратор и усилитель,
отличающееся тем, что,
с целью повышения точности регули-
рования за счет уменьшения помех,
оно дополнительно содержит усили-
тель-фильтр, соединенный последо-
вательно с дифференциатором, снаб-
женным аттенуатором, вход которого
соединен с выходом интегратора, а
выход - с входом усилителя.



(19) **SU** (11) **776101**
A

Изобретение относится к технологии выращивания кристаллов из расплава и может быть, в частности, использовано для выращивания монокристаллов полупроводниковых соединений, булей сапфира, рубина и других.

Известно устройство для автоматического регулирования диаметра кристалла, выращиваемого из расплава, содержащее датчики длины и массы кристалла, регулятор диаметра кристалла и регуляторы контуров стабилизации технологических параметров процесса выращивания [1].

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является устройство для автоматического регулирования диаметра кристалла, выращиваемого из расплава, содержащее датчики длины и массы кристалла, регулятор диаметра кристалла с аналого-дискретным дифференциатором, включающим интегратор и усилитель [2].

При использовании аналого-дискретного дифференциатора вследствие запоминания входного сигнала на интеграторе и вычисления оценки производной в виде разности текущего и запомненного значений сигнала возникают помехи, соизмеримые по амплитуде с амплитудой полезного сигнала, что приводит к большим ошибкам регулирования.

Цель изобретения - повышение точности регулирования за счет уменьшения помех.

Поставленная цель достигается тем, что устройство снабжено усилителем-фильтром, соединенным последовательно с дифференциатором, снабженным attenuатором, вход которого соединен с выходом интегратора, а выход - с входом усилителя.

На фиг. 1 изображена структурная схема устройства для автоматического регулирования диаметра кристалла; на фиг. 2 - функциональная схема регулятора диаметра кристалла; на фиг. 3 - структурная схема дифференциатора с непрерывным преобразованием сигналов и усилителем-фильтром сигнала производной.

Устройство для автоматического регулирования диаметра кристалла содержит регулятор 1 диаметра кристалла с аналоговым дифференциатором 2, включенным последовательно с уси-

лителем-фильтром 3, задатчики 4 и 5, операционный усилитель 6, блок программ 7, связанный через переменные сопротивления с выходными операционными усилителями 8-10. С электроприводом перемещения кристалла кинематически связан датчик 11 длины, содержащий потенциометры 12 и 13. Выходной сигнал потенциометра 13 включен встречно с сигналом датчика 14 массы. Аналоговый дифференциатор 2 (см. фиг. 3) состоит из усилителя 15, вход которого через attenuатор 16 связан с выходом интегратора 17.

Выход усилителя 15 дифференциатора 2 подключен к входу усилителя 18 следящей системы 3, которая используется в качестве усилителя-фильтра сигнала производной. Второй вход усилителя через attenuатор 19 подключен к выходу основного интегратора 20. Выход усилителя 18 непосредственно соединен с интегратором 20. Для уменьшения ошибки оценивания сигнала производной следящей системы 3 содержит дополнительный интегратор 21, который подключен к входу основного интегратора 20.

На фиг. 1 показаны также водохлаждаемая камера 22, находящийся в ней кристалл 23, выращиваемый из тигля 24 с расплавом, нагреватель 25 с силовым блоком 26, электроприводы с регулятором 27 перемещения и регулятором 28 вращения кристалла, с регулятором 29 перемещения и регулятором 30 вращения тигля.

Введены следующие обозначения:

$V_k, \omega_k, V_f, \omega_f$ - скорости перемещения, вращения кристалла и тигля соответственно;

$t^\circ\text{C}$ - температура нагревателя;

$K - L/G$ - сигнал небаланса;

$\frac{d(KL-G)}{dt}$ - производная сигнала небаланса;

G - масса кристалла;

L - длина кристалла;

$T(t), V(t)$ - функции изменения температуры нагревателя и скорости выращивания во времени соответственно.

Устройство автоматического регулирования кристалла работает следующим образом.

После вакуумирования камеры 22 и расплавления металла, загруженного в тигель 24 с помощью нагревателя 25 и силового блока 26, включаются электроприводы с регуляторами 27-30 и начинается процесс выращивания кристалла 23. После затравления и разращивания конусной части кристалла оператор производит установку нулевых значений по длине кристалла L и сигнала небаланса $KL-G$, что соответствует началу программы по длине кристалла и его массе. Затем оператор включает устройство автоматического регулирования диаметра кристалла, и далее процесс поддержания необходимых технологических параметров по скорости перемещения кристалла и тигля, температуре нагревателя ведется автоматически без вмешательства оператора.

Потенциометр 13 (см. фиг. 2), задающий программу изменения массы кристалла, включен встречно с датчиком 14 его массы. Сигнал небаланса через задатчик 4 диаметра кристалла поступает на вход аналогового дифференциатора 2 регулятора 1 диаметра кристалла. На выходе усилителя 15 (см. фиг. 3) формируется производная сигнала небаланса

$$\frac{d(KL-G)}{dt}, \text{ содержащая аддитивную}$$

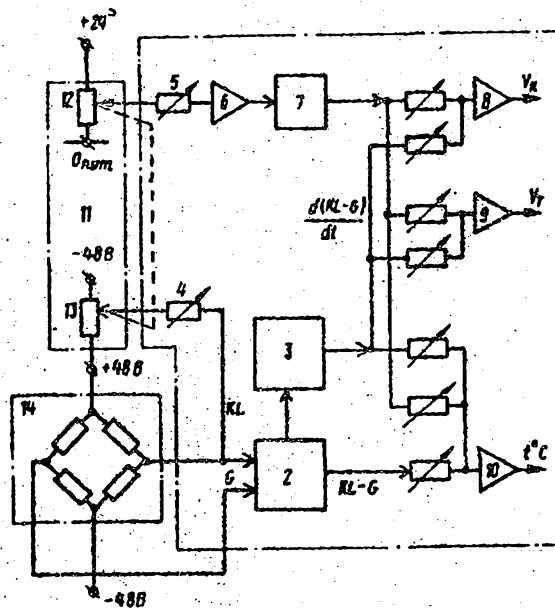
помеху. На выходе интегратора 17 имеем сигнал небаланса $KL-G$, отфильтрованный от помех.

Для восстановления и усиления полезного сигнала производной служит аналоговая следящая система 3.

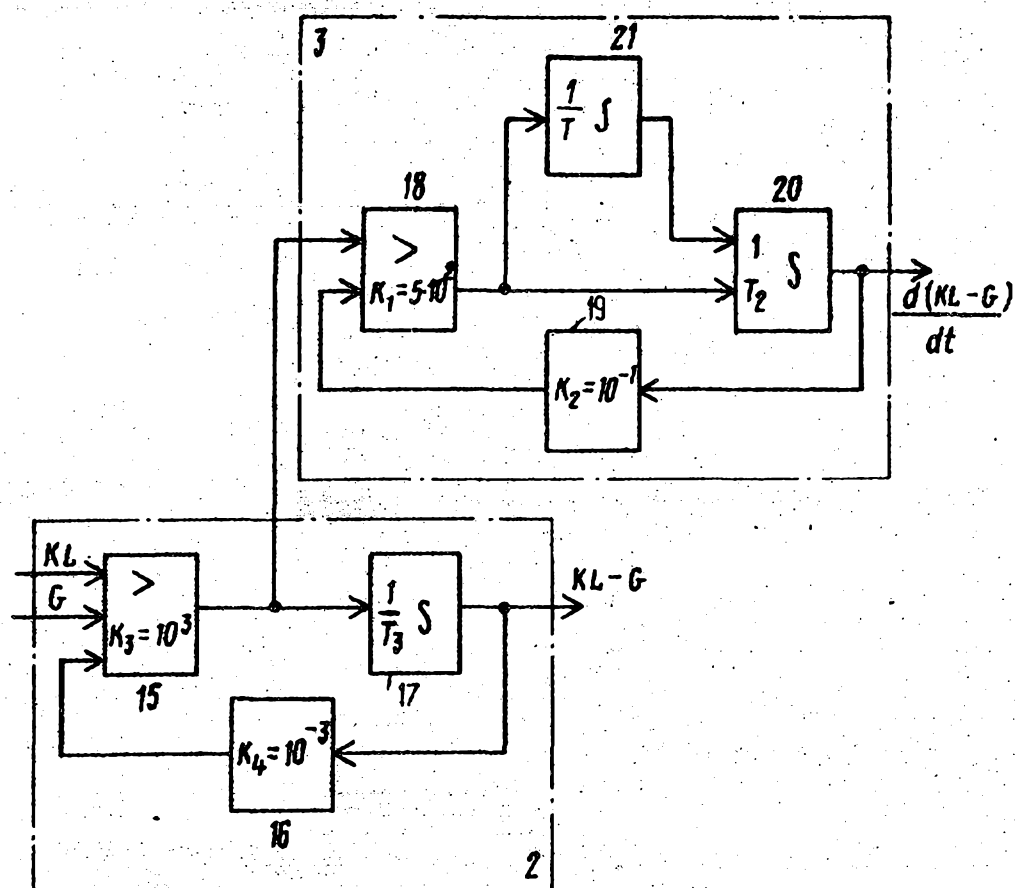
На выходе интегратора 20 имеем восстановленную от помех производную сигнала небаланса.

С потенциометра 12 датчика 11 длины снимается напряжение, пропорциональное длине кристалла, и через задатчик 5, необходимый для изменения параметров $T(t)$ и $V(t)$ в зависимости от диаметра кристалла и массы загруженного материала в тигель, этот сигнал поступает на вход операционного усилителя 6, а с его выхода - на блок программ 7, позволяющий реализовать нелинейные программы по длине кристалла. На вход выходных операционных усилителей 8-10 по соответствующим каналам управления через переменные сопротивления, необходимые для подбора настроек по каждому параметру, поступают сигналы с дифференциатора и блока программ.

Автоматическое регулирование указанных выше технологических параметров обеспечивает поддержание бездислокационного роста кристалла с отклонением его диаметра на $\pm 1,5\%$.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор С. Титова

Техред Ж. Кастелевич

Корректор И. Эрдейи

Заказ 2851/4

Тираж 357

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4